ANÁLISE DE VIABILIDADE DA OPÇÃO REAL DE REQUALIFICAÇÃO DE UM ENGENHO EM PERNAMBUCO: UMA APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Valéria Saturnino
Mestranda em Administração do PROPAD/UFPE
valerialouise@gmail.com

Odilon Saturnino
Mestre e Doutorando em Administração do PROPAD/UFPE
odilon.saturnino@gmail.com

Jussara Andrade
Gerente de Relacionamento Pessoa Jurídica do Banco Santander S.A.
jussara_djudju@hotmail.com

Michele Saito
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção da UFPE
michele.ufpe@gmail.com

Amanda Aires
Doutoranda pela Université Laval
amandaires@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como propósito estruturar uma metodologia de análise de investimentos em projetos de Opções Reais que considere os riscos inerentes ao mesmo. Para tanto, realizou-se um estudo das principais técnicas que poderiam ser utilizadas, identificando quais eram adequadas para a construção do método. Sendo assim, foram coletados dados de um projeto real de requalificação de um engenho em Pernambuco, e a partir dos mesmos, foi estimado o seu fluxo de caixa e estabelecidas variações mínimas e máximas para cada uma das variáveis. Após esta etapa, os dados foram lançados no *software Crystal Ball*, para a realização da Simulação de Monte Carlo. Através da mesma, foi possível coletar os dados de VPL Probabilístico e de volatilidade do mesmo. Estas informações foram fundamentais para a elaboração da árvore de eventos, que fornece na sua regressão o valor da flexibilidade gerencial para determinação do VPL expandido esperado. Os resultados mostram que o projeto em análise é viável e tem o VPL expandido maior que o VPL determinístico.

Palavras chave: Teoria das Opções Reais; Simulação de Monte Carlo; Fluxo de Caixa; Análise de Viabilidade; Árvore de Decisão.

ABSTRACT

This work aimed to structure a methodology of analysis investment in projects of Real Options, considering the inherent risks to the same. For this, we have conducted a study of the main techniques that could be used by identifying which were suitable for the construction method. Thus, data were collected on a real project of redevelopment of a mill in Pernambuco, and from them, was estimated the cash flow variations and set minimum and maximum for each variable. After this step, the data were entered into software Crystal Ball, to perform the Monte Carlo Simulation. Through it, was possible to collect data of Probabilistic

NPV and volatility of the same. This information was fundamental for the development of tree events, which provides in its regression the value of managerial flexibility to determining the expected expanded NPV. The results show that the project analysis is feasible and has expanded NPV greater than the deterministic NPV.

Keywords: Theory of Real Options, Monte Carlo Simulation; Cash Flow; Viability Analysis; Decision Tree.

1. Introdução

A análise de viabilidade engloba uma série de técnicas para avaliação de investimentos, sendo este processo de fundamental importância, principalmente quando se trata de Opções Reais, pois o ativo está sujeito ao mercado globalizado, dinâmico e complexo em que vivemos.

Todavia, a análise de viabilidade não deve se limitar aos tradicionais métodos de fluxo de caixa descontado como a única forma de verificação do lucro real do investimento no valor presente, pois muitos outros fatores além da taxa de juros influenciam na rentabilidade do mesmo, tais como inflação, valorização imobiliária (se o projeto envolver algum imóvel), previsões de reajustes de receitas e despesas, dentre outros fatores.

Um dos métodos que considera a análise de outros fatores impactantes da rentabilidade do investimento é a análise de cenários, mas este ainda desconsidera a variabilidade dos mesmos, pois são estabelecidos intervalos para cada fator e analisados seus limites mínimos e máximos, e nunca a possibilidade de ocorrer qualquer valor entre eles.

Esta análise completa de todos os valores correspondentes a um determinado intervalo de um fator impactante só é considerada através da Simulação, que têm o objetivo geral de representar o mundo real, onde se tenta prever que em determinadas condições qualquer evento pode acontecer dentro de certo intervalo.

Dentre os métodos de simulação do mundo real, um dos mais conhecidos e utilizados é o da Simulação de Monte Carlo, que utiliza números ao acaso para as diversas variáveis impactantes do resultado do investimento, combinando diversos valores como diferentes alternativas possíveis, fornecendo uma distribuição estatística do Valor Presente Líquido.

A partir dos dados de desvio padrão fornecidos pela Simulação de Monte Carlo, é possível montar uma árvore de decisão para ilustrar cenários que podem ocorrer ao longo do projeto, identificando o potencial real do mesmo, ou seja, o quanto é possível otimizar seus lucros.

Sendo assim, este trabalho tem como proposta demonstrar de uma maneira abrangente uma metodologia de análise de viabilidade de investimentos, considerando o foco no gerenciamento do risco, verificando sempre as possibilidades de sucesso ou fracasso do mesmo. Como forma de esclarecer a utilização dos métodos, estes serão aplicados em um estudo de caso, analisando dados reais de um projeto de requalificação de um engenho em Pernambuco.

A metodologia utilizada consiste em elaborar a previsão do fluxo de caixa do projeto com base nas informações que foram fornecidas acerca do mesmo; selecionar e aplicar fatores que impactam no resultado utilizando-se da análise de cenários; realizar a Simulação de Monte Carlo através do software *Crystal Ball*, com um número escolhido de 10.000 simulações; e aplicar o método da árvore de decisão para otimizar o resultado do projeto.

Considera-se a importância deste projeto na proposta em tornar acessível uma metodologia de gerenciamento de riscos em projetos de Opções Reais, verificando a viabilidade do investimento e diminuindo as incertezas em se realizar o mesmo.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos além desta introdução: a) O Referencial Teórico, que baliza todo o método da análise de viabilidade do investimento b) a Metodologia, onde serão descritos os procedimentos técnicos utilizados na análise da viabilidade; c) a Análise dos Resultados, onde serão demonstrados os valores resultantes da aplicação do método proposto, identificando a viabilidade do projeto através do VPL calculado em diversos cenários considerados pela simulação; d) as Conclusões do trabalho, ressaltando a importância da aplicação do método; e e) as Referências Bibliográficas.

2. Referencial Teórico

Nesta seção será apresentado o marco teórico que norteia o trabalho na elaboração de um método de análise da viabilidade do investimento que considere o gerenciamento dos riscos inerentes à execução de uma Opção Real.

De acordo com Gitman (2010), as Opções Reais são oportunidades de investimentos em projetos de capital, ou seja, ativos reais e não financeiros. A análise da viabilidade de implantação desses projetos se inicia na previsão de seus fluxos de caixa. Segundo Brigham e Ehrhardt (2008, p. 543), a projeção dos fluxos de caixa é "o passo mais importante, mas também o mais difícil no processo de orçamento de capital". Isto se deve ao fato de que essa projeção envolve muitas variáveis de entradas (receitas) e saídas (despesas), além daquelas externas que influenciam nesses valores, tais como inflação, taxa de juros, dentre outros.

Ainda de acordo com estes mesmos autores, é importante salientar que em um projeto o que é válido para decidir acerca de implantá-lo ou não são os seus fluxos de caixa relevantes adicionais, ou seja, os fluxos de caixa livres que são gerados pelo projeto e que a empresa não teria acesso aos mesmos caso não executasse o projeto (BRIGHAM E EHRHARDT, 2008).

Além disso, de acordo do Assaf Neto (2006), a análise global dos fluxos de caixa incrementais que o projeto proporciona é insuficiente, pois é necessário saber também a distribuição desses fluxos ao longo do tempo de vida útil do projeto. Além disso, este autor enfatiza também que os projetos devem ser avaliados por seu fluxo de caixa e não por seu fluxo financeiro (lucros), pois é o primeiro que demonstra a real capacidade de pagamentos e de realização de investimentos.

Para avaliar a viabilidade desses investimentos, os métodos mais utilizados são aqueles baseados no Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Segundo Saito (2010, p. 15), os métodos que tem como base o FCD estimam "o valor de uma empresa ou de um projeto através do custo de capital. Ele determina o valor futuro estimado para os fluxos de caixa, descontando-os do custo de capital apropriado".

De todos os métodos baseados no FCD, os mais utilizados são o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa Interna de Retorno – TIR. De acordo com Gitman (2010), o Valor Presente Líquido é o saldo líquido do projeto a valores presentes, sendo calculado através da subtração do investimento inicial do valor presente das entradas de caixa do projeto, sendo que estas são descontadas a uma taxa de custo de capital para a empresa.

Já a Taxa Interna de Retorno, segundo o mesmo autor, se traduz na "taxa de retorno composta" do projeto, prevendo-se que a empresa irá investir e receber todos os recursos e fluxos de caixa planejados. A TIR consiste em uma taxa de desconto que iguala os recebimentos ao investimento inicial no valor presente (op. cit., 2010).

Na teoria, estas duas técnicas são as das mais refinadas no processo de orçamento de capital para verificar a viabilidade dos investimentos; na prática, as constantes mudanças do dinâmico e complexo mercado no qual está inserido os projetos atuais exige dos gestores uma flexibilidade maior no gerenciamento dos projetos e dos riscos, identificando qual a melhor época para realizar o investimento e quais as variações que podem ocorrer no resultado.

Sendo assim, estas duas técnicas são muito limitadoras, pois não consideram os riscos inerentes aos projetos, e ainda mais quando se trata de uma Opção Real, ou seja, um ativo não financeiro, pois é um projeto diferenciado sem um histórico para balizar a análise de viabilidade do mesmo.

Parte-se do princípio que, quanto maior a incerteza, mais aperfeiçoadas devem ser as ferramentas que irão avaliar esse risco. Segundo Saito (2010), esta escala se inicia com o fluxo de caixa descontado, técnica que ignora os riscos, indo para análise de cenários e de sensibilidade, bem como a realização de simulações, passando a analisar os riscos, finalizando com as ferramentas de gestão de risco, como a Opção Real.

Falando acerca da análise de cenários, o Centro de Pesquisa em Finanças (2009) informa que esta tem como objetivo entender os riscos inerentes a cada uma das situações e que, para isso, se analisa o melhor e o pior cenário, bem como se utiliza de um conjunto maior de cenários ponderados.

A análise de cenários traz dados muito importantes para a empresa na medida em que é realizada de acordo com perspectivas realistas de combinação de variáveis. Quando bem elaborada, permite à empresa uma antecipação aos fatores que trazem à mesma o risco de

chegarem ao cenário péssimo. Além disso, quando são utilizados múltiplos cenários, a escolha de variáveis-chave permite uma análise global de sensibilidade da empresa em relação às mesmas, identificando o cenário mais provável de ocorrência (op. cit., p. 310).

O Centro de Pesquisa em Finanças (2009) também trata da análise de sensibilidade, conceituando-a como sendo útil para "verificar o impacto das variáveis" isoladamente, mantendo as demais constantes para verificar o impacto de cada uma no resultado final. Dessa forma, uma empresa pode ser considerada como mais ou menos segura dependendo do nível de influência das diversas variáveis no resultado final.

Pode-se afirmar, entretanto, que uma das principais deficiências dos métodos de análise de cenários e de sensibilidade é que seus resultados são estáticos, ou seja, demonstram apenas algumas situações futuras que podem ocorrer, quando diante da complexidade do mundo e dos mercados atuais, a empresa pode ter um resultado intermediário entre qualquer um dos cenários, caracterizando uma volatilidade nos resultados.

Segundo Saito (2010), a volatilidade "pode ser definida como a intensidade das variações", sendo esta intensidade mensurada pela variância ou pelo desvio-padrão, que são medidas estatísticas de dispersão. Segundo Smailes e McGrane, a variância mensura "a posição de cada observação em relação ao valor médio de um conjunto de dados" (2010, p. 98). Ainda de acordo com estes mesmos autores, o desvio-padrão, ao ser mensurado pela raiz quadrada da variância, traz os dados às suas unidades originais, sendo uma medida mais fácil de interpretação da volatilidade.

No caso, por exemplo, do lucro de um projeto, do seu Valor Presente Líquido e da sua Taxa Interna de Retorno, é possível criar diversas situações para avaliar a volatilidade através de uma simulação. De acordo com Saito, "as simulações têm por objetivo representar o mundo real, ou seja, elas são utilizadas quando se tenta prever em determinadas condições o que aconteceria no mundo real" (2010, p. 23).

Portanto, a simulação é considerada uma ferramenta que analisa os riscos, pois estabelece limites de variações para cada variável e verifica a volatilidade do resultado desejado. Um método de simulação bastante utilizado é o de Monte Carlo que, segundo Bruni (2008), é uma técnica que se utiliza de uma amostra artificial, simulando valores aleatórios para as variáveis dentro de determinados limites e calculando o resultado final esperado e a sua volatilidade, fornecendo como principal resultado as distribuições de probabilidades aproximadas das variáveis de resultado.

Ainda de acordo com este mesmo autor, o método de Monte Carlo se baseia no Teorema do Limite Central e na Lei dos Grandes Números, onde o valor esperado se estabiliza na dispersão associada à volatilidade do projeto quanto maior a quantidade de simulações que forem realizadas (BRUNI, 2008).

A Simulação de Monte Carlo permite mensurar a probabilidade de sucesso de um investimento, ao medir a probabilidade relativa dos valores de resultados serem iguais ou superiores a zero.

O método de Monte Carlo é, portanto, de uma utilidade inestimável ao mensurar a volatilidade, pois analisa a amplitude do risco de investimento em determinado projeto. Entretanto, não chega ao nível de gerenciar os riscos, pois não dá a flexibilidade de reagir às incertezas, mas apenas analisa as mesmas.

Segundo Saito (2010), a Teoria das Opções Reais (TOR) é um modelo de precificação de projetos que permite gerenciar os riscos, pois possibilita uma flexibilidade de reação diante das incertezas do mercado. Alguns tipos de flexibilidade que a Teoria das Opções Reais oferece são de investir no projeto, postergar o investimento ou de abandonar o mesmo, conforme resultados obtidos.

A precificação de uma Opção Real é útil no cálculo do Valor Presente Líquido Expandido, decorrente da flexibilidade de gerenciar os riscos, e é calculado a partir da soma do VPL tradicional com o preço da Opção, significando o VPL que o projeto pode ter ao considerar o gerenciamento de riscos.

O preço da Opção Real é tradicionalmente calculado através de dois modelos: O Modelo de Black e Scholes e o Modelo Binomial. De acordo com Hull (2009), o Modelo de Black e Scholes foi desenvolvido em 1970, com o intuito de calcular o preço teórico de uma Opção européia para uma ação.

De acordo com este mesmo autor, alguns dos pressupostos básicos do Modelo de Black e Scholes são: (i) o comportamento do preço da ação corresponde a um modelo lognormal; (ii) não há custos de transação nem pagamentos de dividendos e; (iii) os empréstimos disponíveis no mercado são à uma taxa de juros livre de risco (op. cit., p. 298).

Apesar do grande avanço que estes pesquisadores trouxeram para a precificação de opções, estes pressupostos ainda limitam muito a utilização deste modelo, pois nem sempre o comportamento de um fluxo de caixa analisado é lognormal, e sempre há custos de transação nas operações, com taxas de juros acima da taxa livre de risco. Além disso, Saito (2010) informa que o Modelo de Black e Scholes considera apenas um único intervalo de tempo, desconsiderando a possibilidade de mudança da decisão ao longo do tempo de execução do projeto. Em outras palavras, considera apenas a opção européia de execução da opção apenas na data de vencimento, e desconsidera a opção americana, que pode ser executada antecipadamente.

Uma alternativa bastante coerente ao Modelo de Black e Scholes é o Modelo Binomial, que foi desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein em 1979, com o intuito de oferecer um modelo que também precificasse opções americanas e, sendo menos complexo do que o Modelo de Black e Scholes, se tornou mais acessível, inclusive na precificação de opções reais.

De acordo com Hull (2009), o modelo pode ser explicado como o cálculo de duas possibilidades do retorno de uma ação para um determinado período, que são as possibilidades de alta e de baixa.

O modelo da árvore binomial está explicitado abaixo, conforme informações fornecidas por Figueiredo (2002), sendo:

S = preço da opção real na data zero
f = preço da opção na data zero
t = tempo para o vencimento
r = taxa de juro livre de risco

u = coeficiente multiplicativo do movimento de subida = $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$

d = coeficiente multiplicativo do movimento de descida = $e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$

p = probabilidade de uma oscilação ascendente = $\dfrac{e^{rt} - d}{u - d}$

q = probabilidade de uma oscilação descendente = 1 - p

O modelo da árvore binomial pode ser representada através da figura 01, abaixo.

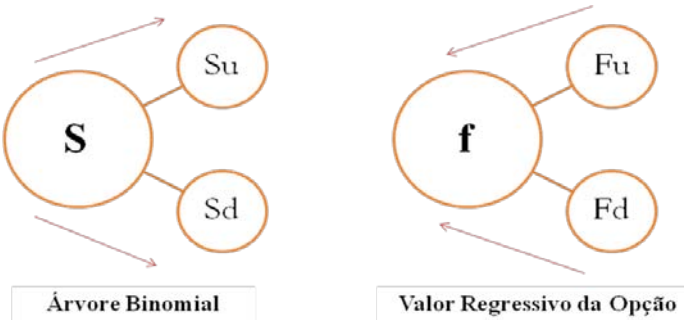

Figura 01 – Representação da Árvore Binomial
Fonte: Adaptado de Figueiredo (2002).

Para o cálculo desses valores, o S e o coeficiente sigma serão determinados através da Simulação de Monte Carlo, onde S será a média ou VPL Probabilístico o sigma é a volatilidade, calculada pela razão entre o desvio-padrão e a média.

Sendo assim, a análise de uma Opção Real se inicia com a previsão dos seus fluxos de caixa, calculando o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno. Depois, parte-se da análise de cenários e de sensibilidade para avaliar os limites máximos e mínimos de variações para cada variável. A partir deste ponto, é possível realizar a Simulação de Monte Carlo de forma a determinar seu VPL Probabilístico e sua volatilidade, para então se utilizar do modelo da árvore binomial de eventos para calcular o valor da Opção Real.

3. Metodologia

Conforme dito anteriormente, a proposta deste estudo é apresentar um método de gerenciamento de riscos em projetos de Opções Reais para diminuir a incerteza na análise da viabilidade de realização do investimento. Como exemplificação do método, será realizado um estudo de caso com dados de um projeto de requalificação de um engenho em Pernambuco.

A critério de contextualização, a proposta de requalificação do engenho em questão consiste em revitalizar a área e o patrimônio histórico existente no local, desenvolvendo atividades turísticas e culturais que permitam a sustentabilidade financeira do projeto.

Os dados de receitas e despesas previstas são reais, fornecidos pela Instituição responsável pelo projeto. Entretanto, os nomes do projeto e do órgão não podem ser divulgados, devido ao fato de não se ter obtido autorização do mesmo.

De posse dos dados de receitas e despesas previstas para o projeto, o primeiro passo foi fazer a projeção dos seus fluxos de caixa em um horizonte temporal de vinte anos. Esta previsão considera a realização total do investimento inicial no Ano “0”, dois anos de fase de obras decorrentes deste investimento inicial (Anos 01 e 02) e 18 anos de previsão de receitas e despesas ajustadas, respectivamente, pelo Índice Geral de Preços de Mercado – IGP-M e pela meta de inflação reajustada em 2011. Estes percentuais foram escolhidos considerando que este é mais comumente utilizado no reajuste de receitas, e a do centro da meta reajustado pelo Banco Central no início de 2011 tendo em vista a perspectiva de alta da inflação atual.

Sendo assim, o valor percentual de reajuste da receita foi estabelecido em 5,87% ao ano, segundo expectativa para o IGP-M nos próximos doze meses de acordo com o Relatório Focus de 25 de março de 2011, e o valor de 5,45% ao ano para reajuste de despesas, conforme previsão de aumento da meta de inflação para os próximos anos.

Elaborada a previsão dos fluxos de caixa, foi necessário estabelecer a Taxa Mínima de Atratividade - TMA do negócio, estabelecida em um valor semelhante à taxa básica de juros da economia brasileira, a Selic. Sendo a expectativa de mercado que a Selic chegue ao final de 2011 em 12,25% ao ano, foi estabelecida uma TMA de 12% ao ano, que pode variar dois pontos percentuais para mais ou para menos durante a simulação. Portanto, esta também é a taxa utilizada para o cálculo do Valor Presente Líquido do projeto.

Da mesma forma que as previsões de reajustes de receitas, para fins de realização da Simulação de Monte Carlo, foram estabelecidos percentuais de variação mínima (redução de investimentos, receitas e despesas) e de variação máxima (aumento dos investimentos, receitas e despesas), conforme Tabela 01 que segue abaixo.

Tabela 01 – Percentuais de Variação Mínima e Máxima utilizados na Simulação

Descrição	Variação Mínima	Variação Máxima
Investimento Inicial	10,00%	12,50%
Receitas	15,00%	10,00%
Despesas	15,00%	10,00%

Fonte: Elaboração Própria

Após a definição destes percentuais de variação, os dados foram lançados no *Software Crystal Ball*, um suplemento do *Microsoft Excel*, para ter como resultado o Valor Presente Líquido Probabilístico da Opção e seu respectivo Desvio-Padrão, onde a divisão deste por aquele fornece a volatilidade do VPL Probabilístico. Esta volatilidade foi utilizada na aplicação da Teoria das Opções Reais para, através de uma árvore de decisão, ser calculado o valor da Opção e, portanto, o VPL expandido esperado do projeto.

4. Análise e Discussão dos Resultados

Primeiramente, vale demonstrar através da Tabela 02 o Fluxo de Caixa Projetado do projeto de requalificação de um engenho em Pernambuco a preços de mercado, baseado em informações reais que, entretanto, não podem ser divulgadas, por motivos já citados.

Tabela 02 – Fluxo de Caixa do Projeto (Preços de Mercado)

Período		Entradas		Saídas		Resultado	
Ano 0	2011	R$	-	R$	(7.951.742,52)	R$	(7.951.742,52)
Ano 1	2012	R$	-	R$	-	R$	-
Ano 2	2013	R$	-	R$	-	R$	-
Ano 3	2014	R$	2.291.378,22	R$	(918.988,77)	R$	1.372.389,45
Ano 4	2015	R$	2.425.882,12	R$	(969.073,65)	R$	1.456.808,47
Ano 5	2016	R$	2.568.281,40	R$	(1.021.888,17)	R$	1.546.393,23
Ano 6	2017	R$	2.719.039,52	R$	(1.077.581,07)	R$	1.641.458,45
Ano 7	2018	R$	2.878.647,14	R$	(1.136.309,24)	R$	1.742.337,90
Ano 8	2019	R$	3.047.623,72	R$	(1.198.238,09)	R$	1.849.385,63
Ano 9	2020	R$	3.226.519,24	R$	(1.263.542,07)	R$	1.962.977,17
Ano 10	2021	R$	3.415.915,92	R$	(1.332.405,11)	R$	2.083.510,80
Ano 11	2022	R$	3.616.430,18	R$	(1.405.021,19)	R$	2.211.408,99
Ano 12	2023	R$	3.828.714,63	R$	(1.481.594,85)	R$	2.347.119,78
Ano 13	2024	R$	4.053.460,18	R$	(1.562.341,77)	R$	2.491.118,41
Ano 14	2025	R$	4.291.398,29	R$	(1.647.489,39)	R$	2.643.908,90
Ano 15	2026	R$	4.543.303,37	R$	(1.737.277,56)	R$	2.806.025,81
Ano 16	2027	R$	4.809.995,28	R$	(1.831.959,19)	R$	2.978.036,09
Ano 17	2028	R$	5.092.342,00	R$	(1.931.800,97)	R$	3.160.541,04
Ano 18	2029	R$	5.391.262,48	R$	(2.037.084,12)	R$	3.354.178,36
Ano 19	2030	R$	5.707.729,59	R$	(2.148.105,20)	R$	3.559.624,38
Ano 20	2031	R$	6.042.773,31	R$	(2.265.176,94)	R$	3.777.596,38
Total		**R$**	**69.950.696,59**	**R$**	**(34.917.619,88)**	**R$**	**35.033.076,71**

Fonte: Elaboração Própria

Através da análise da Tabela 02, foi possível verificar que o Valor Presente Líquido Determinístico do Projeto foi de R$ 3.235.438,49[1], o que o torna viável apenas considerando esta técnica. Esta viabilidade é confirmada pela Taxa Interna de Retorno, no valor de 16,47% e, portanto, maior do que a Taxa Mínima de Atratividade de 12% utilizada para o cálculo do fluxo de caixa descontado.

A partir deste ponto, vale salientar que a opção que está sendo avaliada é a de implantação do projeto. Então, os dados de entrada (Investimento, Receitas e Despesas) foram lançados no *Crystal Ball*, juntamente com as variações mínimas e máximas e selecionado o tipo

[1] Para o cálculo do Valor Presente Líquido, foi utilizada a seguinte fórmula:
$VPL = \frac{FC_1}{1+i} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + ... + \frac{FC_n}{(1+i)^n} - II$ onde i = 12% a.a. (TMA), FC é igual ao resultado líquido de cada período e II é igual ao investimento inicial.

de distribuição triangular, de forma a diminuir a distorção do modelo. Além disso, também foram selecionadas as variáveis de saída, ou seja, aquelas a serem calculadas pelo *software* com base na simulação. Neste caso, trata-se do VPL e da TIR.

No intuito de demonstrar como acontece a entrada dos dados no *Crystal Ball* para a distribuição triangular, segue como figura 02 a modelagem da variável "investimento inicial".

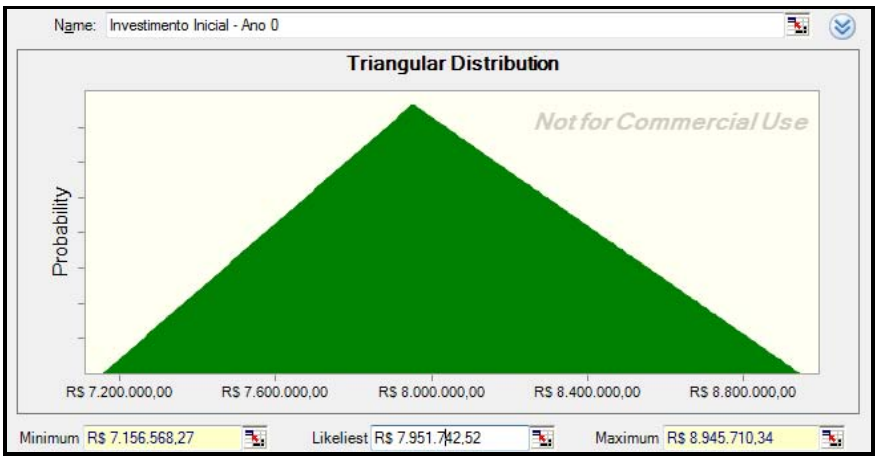

Figura 02 – Modelagem da 1ª Variável de Entrada, "Investimento Inicial"
Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

Rodadas as 10.000 simulações no *Crystal Ball*, é possível obter um Resumo Estatístico da Simulação de Monte Carlo (Tabela 03) e a distribuição de probabilidade do Valor Presente Líquido (Figura 03).

Tabela 03 – Resumo Estatístico da Simulação de Monte Carlo

Descrição	Valores Projetados	
Número de Simulações		10.000
Média	R$	3.041.894,96
Mediana	R$	3.015.571,70
Desvio-Padrão	R$	874.804,06
Assimetria		0,1871
Curtose		2,68
Coeficiente de variação		0,2876
Mínimo	R$	605.634,05
Máximo	R$	5.960.381,30
Erro Padrão da Média	R$	8.748,04

Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

Conforme está exposto na Tabela 03, o Valor Presente Líquido Médio da Simulação foi de R$ 3.041.894,96, portanto menor do que o VPL Determinístico. O Desvio-Padrão encontrado na simulação foi de R$ 874.804,06. Com estes dois valores, é possível calcular a volatilidade do VPL Probabilístico, conforme fórmula demonstrada na literatura. Esta volatilidade foi determinada em 0,2876.

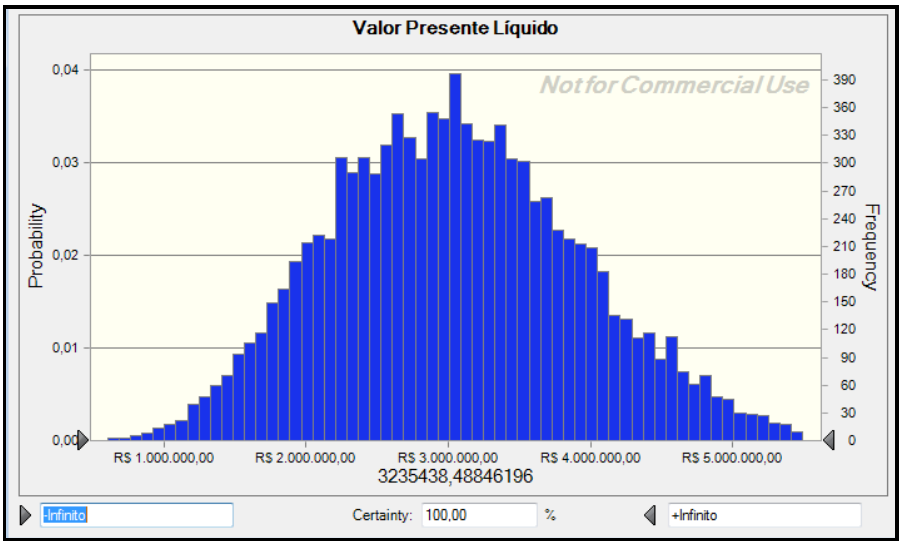

Figura 03 – Distribuição de Probabilidade do Valor Presente Líquido
Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

A partir da distribuição de probabilidade demonstrada na figura 03, é possível avaliar que, por exemplo, 48,66% dos valores encontrados para o VPL estão acima do valor médio. Já a distribuição de freqüência acumulada, demonstrada na figura 04, pode demonstrar qual a probabilidade de se obter um VPL acima de determinado valor. Por exemplo, é certo que o investidor deste projeto tem 71,57% de chances do VPL do mesmo ser acima de R$ 2.500.000,00.

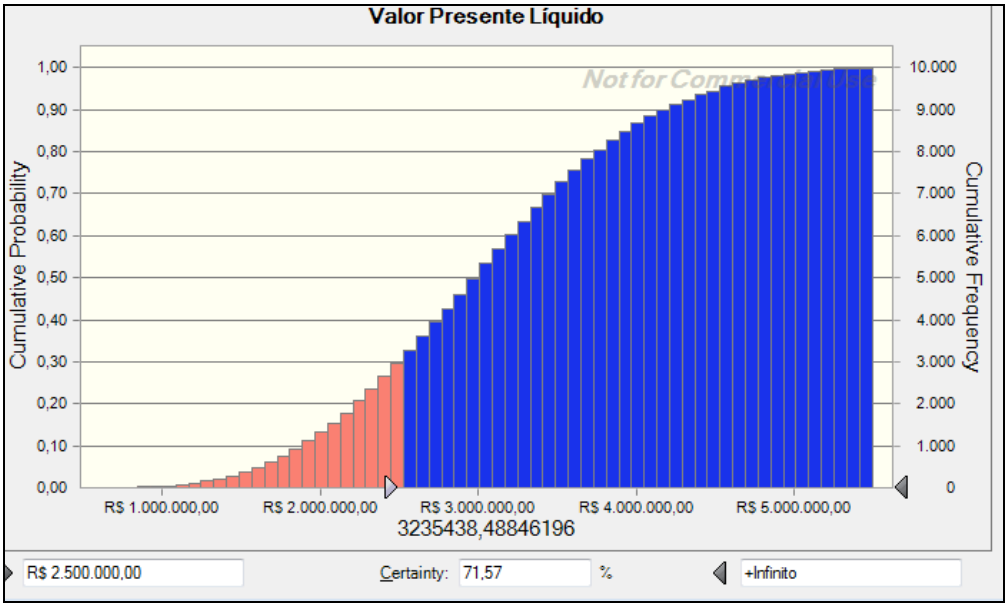

Figura 04 – Distribuição de Probabilidade Acumulada do Valor Presente Líquido
Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

Através do *Crystal Ball*, é possível analisar também a sensibilidade das variáveis definidas na simulação. Para exemplificar, segue abaixo a Figura 05, que demonstra a sensibilidade das variáveis de entrada em relação à variável de saída que corresponde à Taxa Interna de Retorno.

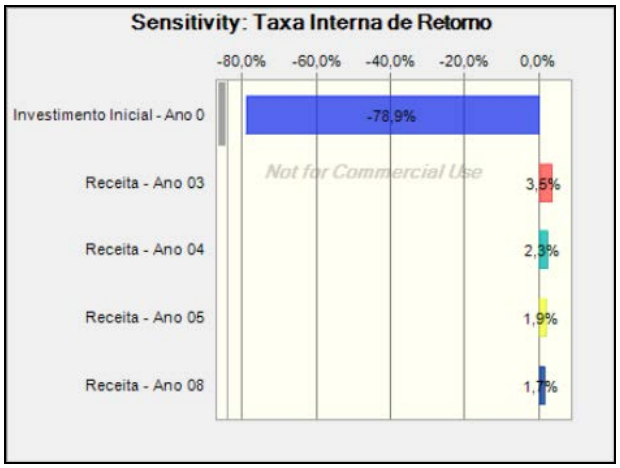

Figura 05 – Contribuição das variáveis para a variância da Taxa Interna de Retorno
Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

Conforme demonstra a figura, o investimento inicial é a variável que mais contribui para a variação da Taxa Interna de Retorno, seguida de quatro variáveis da receita de anos alternados. Isto pode ser explicado pelo seu alto valor já na data inicial, o que realmente impacta de forma significativa no cálculo final da TIR.

A partir deste ponto, é possível iniciar a avaliação da Simulação de Monte Carlo. A Tabela 04 faz um comparativo entre o VPL Determinístico e o VPL Probabilístico, indicando a sua volatilidade, conforme já foi calculado.

Tabela 04 – Resumo da Simulação de Monte Carlo

Investimento Inicial	R$	7.951.742,52
VPL DETERMINÍSTICO	R$	3.235.438,49
VPL PROBABILÍSTICO	R$	3.041.894,96
Volatilidade do VPL PROB.		0,2876

Fonte: Elaboração Própria, com o auxílio do *Crystal Ball*

Tomando como base estas variáveis, foi possível criar uma árvore binomial de eventos para depois calcular o valor regressivo da opção, conforme demonstra a figura 06 abaixo.

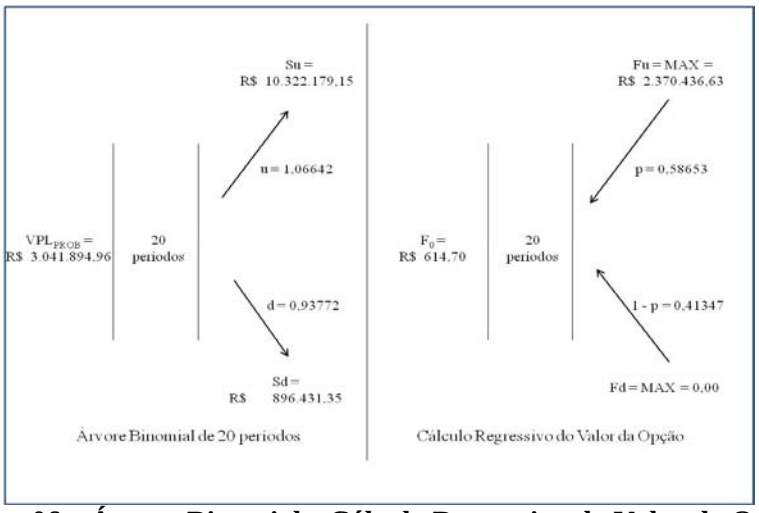

Figura 06 – Árvore Binomial e Cálculo Regressivo do Valor da Opção
Fonte: Adaptado de Saito (2010).

A partir da análise da mesma, é possível calcular o VPL expandido do projeto, conforme demonstra a seguinte fórmula:

$$VPL_{EXPANDIDO} = VPL_{TRADICIONAL} + VALOR_{FLEXIBILIDADEGERENCIAL}$$

Portanto, o VPL expandido deste projeto, que se trata de uma requalificação de um engenho em Pernambuco, tem um valor de

$$VPL_{EXPANDIDO} = R\$3.235.438,49 + R\$614,70 = R\$3.236.053,19$$

demonstrando, portanto, a viabilidade do projeto em questão.

Sendo assim, conclui-se a discussão dos resultados, que demonstra em termos práticos uma metodologia de análise da viabilidade de investimentos considerando o fator risco. Esta consideração é essencial na avaliação de projetos de opções reais nos dias de hoje, tendo em vista que o mercado é muito dinâmico, globalizado e está sujeito a mudanças repentinas, sendo necessário, portanto, investigar até que pontos os lucros superam os riscos.

5. Conclusões

Através deste estudo, é possível estabelecer uma metodologia adequada de avaliação de investimentos em Opções Reais considerando o risco do empreendimento. Esta avaliação começa na correta projeção dos fluxos de caixa do mesmo.

Nesta projeção, é essencial utilizar taxas reais e adequadas de reajuste das receitas e despesas. Caso estas estejam superestimadas, comprometem a análise do potencial real do projeto; caso subestimadas, comprometem todo o restante da análise, tendo em vista que os fluxos líquidos de caixa, quando trazidos a valor presente, sejam menores do que o estimado.

Após a montagem do fluxo de caixa, lançar os valores corretamente no *software Crystal Ball* é essencial; definir corretamente variáveis de entrada e de saída corresponde a realizar a simulação rapidamente. Neste sentido, vale salientar que as variáveis de saída devem ser aquelas que serão a base para a análise do projeto. Geralmente o Valor Presente Líquido é a variável mais utilizada, podendo também ser escolhida a Taxa Interna de Retorno ou até mesmo ambas.

O *Crystal Ball* fornece amplas maneiras de análise dos resultados da simulação, incluindo desde dados estatísticos até gráficos dinâmicos, inclusive destacando a análise de sensibilidade das variáveis, identificando quais delas impactam mais na variância das variáveis de saída. No caso da análise realizada, a variável que mais impacta é o investimento inicial, conforme dito anteriormente.

Isto demonstra a importância de se projetar corretamente esta variável em projetos de opções reais, pois qualquer variabilidade não esperada compromete o andamento do projeto e inclusive a viabilidade do mesmo.

É fundamental complementar a análise da Simulação de Monte Carlo aplicando a Teoria das Opções Reais, utilizando-se assim da árvore binomial de eventos para calcular o VPL expandido projetado. Tendo confiabilidade as informações projetadas e sendo bem gerenciado o projeto, é bem provável que o mesmo alcance este valor.

As limitações desta pesquisa são das mais diversas, mas não a inviabiliza. Para o leitor, a limitação da restrição quanto à origem dos dados impede que o mesmo possa se aprofundar no assunto relativo à projeção dos fluxos de caixa tentando utilizar os mesmos dados. Todavia, o espectro amplo que a pesquisa propicia pode auxiliá-lo a montar outra base de dados e utilizar a mesma metodologia.

Para os pesquisadores, a limitação de tempo e de espaço impede a demonstração de outros resultados fornecidos pelo *Crystal Ball*, *software* que atende muito bem para os fins desta análise e fornece muitos outros resultados que poderiam ser explorados caso não fosse esta a

limitação. Além disto, esta mesma limitação impossibilita a análise de outras opções para o mesmo projeto, tais como postergar ou cancelar o projeto.

Por fim, a limitação do método em si faz com que o pesquisador restrinja a simulação de acordo com variações específicas para cada variável, que estão demonstradas na tabela 01. Isto remete a novas perguntas de pesquisa, tais como: como avaliar um projeto caso não seja possível determinar percentuais de variação para cada variável de análise? Seria possível confirmar em termos práticos a confiabilidade do método, acompanhando os gestores e realizando várias simulações durante o andamento do projeto? Estes questionamentos são propostas de trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

6. Referências

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BRIGHAM, Eugene F.; EHRHARDT, Michael C. **Administração Financeira: Teoria e Prática.** São Paulo: Cengage Learning, 2008.

BRUNI, Adriano Leal. **Avaliação de Investimentos.** São Paulo: Atlas, 2008. Série Finanças nas Prática.

CEPEFIN – Centro de Pesquisa em Finanças, Equipe de Professores do INEPAD. **Análise financeira fundamentalista de empresas.** São Paulo: Atlas, 2009. Série Finanças Corporativas.

FIGUEIREDO, Antônio Carlos. **Introdução aos derivativos.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira.** 12ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

KASSAI, J. Roberto. **Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial.** 2. Ed., São Paulo: Atlas, 2000.

HULL, John C. **Fundamento dos mercados futuros e de opções.** São Paulo: BM&FBOVESPA – Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros, 2009.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MATARAZZO, Dante Carmine. **Análise Financeira de Balanços: abordagem básica e gerencial**. São Paulo: Atlas, 2003.

OLIVEIRA, Djalma de P. R. de. **Planejamento estratégico: Conceitos, metodologias e práticas**. 6º Ed., São Paulo: Atlas, 1992.

SAITO, Michele Bezerra. **Teoria das opções reais:** uma aplicação considerando-se o valor da flexibilidade gerencial a projetos de investimento em inovação tecnológica. 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SMAILES, Joanne; MCGRANE, Angela. **Estatística Aplicada à Administração com Excel.** São Paulo: Atlas, 2010.