

# **ESTUDO EXPLORATÓRIO DO VALOR DA ALAVANCAGEM OPERACIONAL ATRAVÉS DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO E DAS OPÇÕES REAIS**

**MARCO ANTONIO PEREIRA**

USP - Universidade de São Paulo  
marcoap@fia.com.br

**JOSÉ ROBERTO SECURATO**

USP - Universidade de São Paulo  
securato@usp.br

# ESTUDO EXPLORATÓRIO DO VALOR DA ALAVANCAGEM OPERACIONAL ATRAVÉS DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO E DAS OPÇÕES REAIS

## 1. INTRODUÇÃO

Uma importante preocupação dos administradores é com decisões de investimento que se mostrem acertadas em diversas circunstâncias. Especialmente quando se trata de ativos reais, pois os mesmos adquirem maior irreversibilidade e dificultam a liquidação do investimento sem a ocorrência de perdas financeiras. Os ativos reais incluem os ativos tangíveis destinados à produção ou reserva de valor, como também ativos intangíveis. Pode ser a construção de uma unidade de produção, o desenvolvimento de uma nova tecnologia ou a compra de uma companhia.

A técnica mais difundida de avaliação econômico-financeira de projetos, a do valor presente líquido, permite incorporar, ao seu modelo de avaliação, análises de risco com o uso de cenários e de simulações.

No entanto, suas limitações, de natureza determinística, tendem a gerar uma percepção incompleta do valor gerado pelo projeto em condições de risco. Isto é percebido especialmente nas situações em que projetos com características diferentes são avaliados com a mesma taxa de desconto. Como resultado, seus retornos não se apresentam ponderados pelo risco do projeto, levando a vieses na decisão.

Outro aspecto é que as técnicas tradicionais de análise de investimentos partem da premissa que um retorno superior é condição para aceitação do projeto, deixando de lado as flexibilidades inerentes ao projeto, como por exemplo, a opção expansão ou a de abandono. Segundo Kandel e Pearson (2002, p. 342) elas se mostram ingênuas à medida que erram ao não incorporar tais custos de oportunidade.

Esses autores sugerem a utilização da teoria de opções aplicada a ativos reais, ou TOR. Dentre os trabalhos pioneiros em disseminar a sua aplicação está o de Dixit e Pindyck (1994), em que abordam uma diversidade de tipos de opções reais observáveis nas avaliações de investimentos. Com esse intuito, o de propagar a técnica, outras obras foram publicadas, com destaque para Copeland e Antikarov (2001), em que abordam aspectos práticos de sua utilização.

Neste sentido, artigos publicados sobre TOR apresentam-se iminentemente práticos ou referenciam exemplos de aplicação (Brandão e Dyer, 2009; Swinand *et al*, 2005; Brandão *et al*, 2005; Minardi, 2000; Majd e Pindyck, 1987). Esse formato atende à necessidade de formação dos analistas e tomadores de decisão de investimentos com uma nova abordagem.

O artigo aborda um tema inerente à atividade econômica. A alavancagem operacional insere a assunção de riscos muitas vezes não bem quantificados pelos modelos tradicionais. Com este enfoque, dedica-se à análise de risco de projetos com diferentes níveis de alavancagem operacional. Sendo assim, explora-se a utilização de técnicas tradicionais e de opções reais verificando-se os resultados obtidos sob a lógica financeira.

## 2. OBJETIVO

A seleção de investimentos a partir de técnicas de análise tradicionais pode resultar em situações de indefinição quanto à melhor alternativa, especialmente se houver dificuldade de estabelecer os níveis de risco intrínseco de cada uma.

O artigo tem por objetivo estudar a aplicação de técnicas de avaliação especialmente a técnica de opções reais e como ela pode contribuir para o entendimento do risco de projetos de investimento e na identificação de seu valor para o investidor. Para isso, procura responder às seguintes perguntas:

- Projetos com maior alavancagem operacional têm maior risco e retorno exigido, traduzidos em valor, comparados com projetos de menor alavancagem? Qual o efeito desse risco na taxa de desconto ou custo de oportunidade do capital?

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A decisão de investir é uma aposta de que no futuro o capital invertido seja recuperado com um lucro que compense o seu custo de oportunidade. Diversas técnicas são utilizadas para fundamentar uma decisão: valor presente líquido, taxa interna de retorno, período de retorno do investimento (*payback*), valor das opções reais, etc.

O valor presente líquido é uma das técnicas mais utilizadas para racionalizar a decisão de investimento. Parte-se da identificação de todos os fluxos de caixa líquidos esperados do projeto ( $CF_t$ ) e do custo de oportunidade das fontes de capital ( $k$ ) para a determinação do valor presente líquido (VPL) do projeto. Em termos gerais, é assim postulado:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t}$$

A vantagem desta técnica, em relação a outras, deve-se à possibilidade analítica com que um projeto pode ser estudado e apresentado. Isso permite a elaboração de cenários a partir de conjuntos coesos de parâmetros, adicionando possibilidades de valores presentes para a análise de risco do projeto de investimento.

Outra técnica cada vez mais difundida é o das opções reais. A partir da teoria proposta por Black & Scholes em 1973, de avaliação de opções sobre ativos financeiros, houve um desenvolvimento na direção de aplicá-la também a ativos reais.

Sendo assim, por exemplo, se uma empresa detiver direitos exclusivos para o desenvolvimento de um projeto de investimento, durante certo período de tempo, isto equivale a possuir uma opção de compra sobre um ativo real.

Uma das formas de avaliar uma opção real é através da utilização do referido modelo de Black & Scholes. Este foi desenvolvido para avaliar opções de compra financeiras européias, que não permitem ao detentor dos direitos a antecipação do vencimento. A fórmula é a seguinte (Copeland e Antikarov, 2002):

$$C = S.N(d_1) - K.e^{-r_f.T}.N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + r_f.T}{\sigma.\sqrt{T}} + \frac{1}{2}.\sigma.\sqrt{T} \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma.\sqrt{T} \quad (3)$$

Onde:

K: preço de exercício  
 S: valor do ativo subjacente  
 $\sigma^2$ : variância do ativo subjacente  
 T: prazo de vencimento  
 $r_f$ : taxa de juros livre de risco  
 C: valor da opção

As probabilidades  $N(d_1)$  e  $N(d_2)$  são obtidas usando-se uma distribuição cumulativa normal padrão, com média igual a zero e desvio-padrão igual a um, dos valores de  $d_1$  e  $d_2$  calculados pela fórmula de Black & Scholes. Essas probabilidades indicam se uma opção irá gerar fluxos de caixa positivos no exercício, ou seja, se o valor presente do ativo (S) será maior que o seu investimento (K) (Damodaran, 2006).

A aplicação do modelo de opções para ativos reais requer uma análise da correspondência entre seus elementos. Um investimento que tenha características de uma opção de compra apresenta as seguintes correspondências (Damodaran, 2010; Mun, 2006; Buckley *et al*, 2002; Copeland e Antikarov, 2001; Copeland, 2002; Minardi, 2000; Luehrman, 1998):

a) preço de exercício: é o valor do investimento no projeto que deve permanecer constante em termos de valor presente;

b) valor do ativo subjacente: é baseado na estimativa dos fluxos de caixa livres do projeto;

No caso de não se ter o ativo gêmeo, deve-se fazer uma estimativa do valor presente do projeto usando a técnica do fluxo de caixa descontado (Copeland *et al*, 2002).

c) variância do ativo subjacente: é a incerteza em relação à estimativa do fluxo de caixa o que torna volátil o valor presente do ativo subjacente;

Há, segundo Damodaran (2006), diversas fontes de incerteza, entre elas, desconhecimento do potencial de mercado para o produto, atualizações tecnológicas que podem mudar a estrutura de custo, a lucratividade do produto, entre outras.

O cálculo pode ser feito pela estimativa da variância nos fluxos de caixa de projetos similares, na arbitragem de probabilidades para vários cenários ou para cada entrada no projeto (tamanho do mercado, participação de mercado e margem de lucro), como também, na variância do valor de firmas do mesmo segmento de negócio. Podem também ser usadas simulações para estimar a variância dos valores presentes.

d) prazo de vencimento: é o período de tempo no qual a firma tem o direito explícito a um projeto, por meio de uma licença ou patente, mas também, a estimativa do número de anos nos quais a firma possa manter vantagens competitivas que impliquem no recebimento integral dos fluxos de caixa;

e) taxa de juros livre de risco: é a taxa de juros livre de risco para o prazo da opção; e

f) valor da opção: é a incógnita do modelo, resulta no valor presente da opção.

As mudanças no valor da opção real são as mesmas que ocorrem no valor de uma opção financeira em função de aumento das variáveis que compõem a fórmula. Elas podem ser visualizadas no quadro a seguir:

Quadro 1 – Causas de aumentos no valor das opções

Aumento no	Valor da Opção de Compra
Valor presente do projeto (S)	Aumenta
Investimento (K)	Diminui
Variância do VP do projeto ( $\sigma^2$ )	Aumenta
Prazo dos direitos ao projeto (T)	Aumenta
Taxa de juros livre de risco ( $r_f$ )	Aumenta
Pagamento de dividendos	Diminui

Fonte: Damodaran, 1996, adaptado pelo autor.

A aplicação da teoria de opções financeiras às opções reais não é, contudo, isenta de simplificações. Copeland e Antikarov (2002) explicam que há diversos pressupostos sobre o modelo de Black & Scholes, muitas vezes relaxados na aplicação das opções reais, entre eles:

- a opção só pode ser exercida no vencimento (opção européia);
- existe apenas uma fonte de incerteza e um único ativo subjacente;
- não há pagamento de dividendos;
- existe histórico sobre os preços de mercado;
- a variância do retorno sobre o ativo subjacente é constante ao longo do tempo; e
- o preço de exercício é obtido pelo valor presente e constante.

Damodaran (2006) também cita alguns problemas ao avaliar uma opção de diferimento:

- o preço do ativo-objeto pode não ter histórico de negociações, o que torna difícil estimar seu valor presente e a sua variância;
- o histórico de preços pode não se adaptar à trajetória de preço adotada pelos modelos de precificação de opções; e
- pode não haver um período determinado quanto à exclusividade de direitos sobre o ativo.

Embora o uso da fórmula de Black & Scholes proporcione alguma facilidade na aplicação, Copeland e Antikarov (2002) sugere, no entanto, que a opção de adiamento de desenvolvimento seja equivalente a uma opção de compra americana, pois o direito de desenvolver um projeto pode ser exercido à qualquer momento. Damodaran (2006, p. 718) também concorda que uma opção real pode ser exercida antecipadamente, porém lembra que as opções “[...] normalmente são de longo prazo, estendendo-se por anos, tornando difícil estimar dados, como a variação no valor do ativo-objeto”.

Segundo Copeland *et al* (2002, p. 405) a flexibilidade é mais valiosa “[...] quando a capacidade de reação e a probabilidade de recebimento de nova informação são altas”.

Este trabalho se baseou nos casos práticos envolvendo ativos reais identificados como opções de compra européias apresentados por Copeland e Antikarov (2002) e Damodaran (2010).

O problema envolve a avaliação de dois projetos que possuem alavancagens operacionais distintas. O seu estudo envolve o resultado a partir da relação entre receita e custos de produção, fixos e variáveis.

Pode-se entender a alavancagem operacional a partir de seus custos totais de produção divididos em custos que não variam com a quantidade produzida (fixos) e custos que variam diretamente com a quantidade produzida (variáveis). Desta maneira, a alavancagem

operacional produz maiores margens de contribuição, à medida que a quantidade vendida se eleva, conquanto os custos fixos permaneçam constantes, como também maior variância de resultados.

Do ponto de vista da análise de risco, os projetos que têm alavancagem operacional apresentariam maior risco do que os seus equivalentes sem alavancagem. Em outras palavras, segundo Gitman (2004, p. 434): “Em geral, aumentos de alavancagem resultam em elevações de retorno e risco, ao passo que diminuições de alavancagem provocam reduções de retorno e risco.”

Evidentemente, essa questão tem implicações estratégicas para as firmas que desejam gerir seu valor e sua sobrevivência aos ciclos de alta e baixa demanda. Conforme colocado por Guerra *apud* Martins (2007, p. 228):

Estruturas diferenciadas em termos de composição de Custos e Despesas Fixos e Variáveis provocam diferenciadas condições de resistência a oscilações nos volumes e preços de venda. Empresas com maior MC (margem de contribuição) unitária tendem a ser mais resistentes, vencendo normalmente suas concorrentes, apesar de correrem maior risco se seu faturamento estiver na faixa de prejuízo. Aí a situação inverte.

Em síntese, a escolha da alavancagem operacional, que é afetada pela incerteza quanto aos níveis de demanda e pela tecnologia de produção, é um elemento crítico na determinação da posição de risco-retorno dos acionistas (Shrieves, 1981, p.701).

O problema pode ser resolvido como uma opção de compra, pois a firma fará a sua contratação somente se o valor presente do projeto ( $S$ ) for superior ao investimento ( $K$ ), ou em outras palavras, se o valor presente líquido for maior do que zero ( $S - K$ ). Isto pode ser ilustrado com a situação abaixo.

Resultado do investimento no projeto de tecnologia será o valor de:

$$S - K, \text{ se } S > K, \text{ ou}$$

$$0, \text{ se } S \leq K$$

Simplificadamente,  $\text{Max}[S - K, 0]$ .

Tomando-se dois projetos de investimento, I e II, cuja tecnologia I apresenta maior alavancagem operacional que a tecnologia II, pode-se relacionar as hipóteses de pesquisa:

- a tecnologia I tem maior risco que a tecnologia II; e
- a tecnologia I tem maior retorno exigido que a tecnologia II.

### 3. METODOLOGIA

Utilizou-se um modelo para ilustrar a aplicação da técnica de avaliação por opções reais de uma situação hipotética em que uma firma esteja decidindo a melhor tecnologia de produção a ser utilizada tendo em vista a incerteza proveniente do nível de demanda para seus produtos no mercado.

As duas tecnologias de processos de produção em análise proporcionam diferentes e significativos custos fixos unitários. A tecnologia I possui maior parcela de custo fixo em relação ao custo total, resultando em custos fixos unitários maiores, do que a tecnologia II que possui a maior proporção de custo variável em relação ao custo total. Assim, a tecnologia I, de acordo com o conceito, proporciona maior alavancagem operacional. Isto significa que em momentos que a demanda é elevada, mantidos constantes os preços e outras variáveis, a

tecnologia I deverá proporcionar um maior lucro unitário do que a tecnologia II. Por outro lado, com uma demanda baixa, a tecnologia II será mais capaz de proporcionar lucros unitários maiores.

O modelo utilizado para o estudo tem a seguinte formulação:

$$FCOpL_t = (\text{Preço}_t \cdot \text{Qtde}_t - \text{Custo fixo}_t - \text{Custo variável}_t - \text{Depreciação}_t) \cdot (1 - \text{IR}) + \text{Depreciação}_t$$

Onde o Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOpL) é o caixa líquido gerado na operação, o Preço é o preço de venda do produto, o Custo fixo é a soma dos custos indiretos de produção, o Custo variável é a soma dos custos variáveis, a Depreciação é a despesa com depreciação e o IR é a alíquota de imposto sobre o lucro. A equação fornece o caixa líquido para cada período t em anos.

Para a tecnologia I, tem-se:

$$FCOpL-I = (100 \cdot \text{Qtde} - 30.000,00 - 2,00 \cdot \text{Qtde} - 20.000,00) \cdot (1 - 34\%) + 20.000,00$$

Para a tecnologia II, tem-se:

$$FCOpL-II = (100 \cdot \text{Qtde} - 0,00 - 42,00 \cdot \text{Qtde} - 20.000,00) \cdot (1 - 34\%) + 20.000,00$$

Considerando que a incerteza quanto aos níveis de demanda é um elemento crítico no processo de escolha do projeto, pois ela pode, com igual probabilidade, ser de 1.000 ou 500 unidades, foi desenvolvido três análises envolvendo: a) a técnica do valor presente líquido (VPL) tradicional baseado em cenários; b) a técnica do valor presente líquido (VPL) probabilístico determinado com a utilização de uma variável estocástica (nível de demanda); e c) a técnica das opções reais (TOR).

Outros dados do problema: a duração do projeto é de cinco anos; o custo de capital da empresa é de 15% a.a.; e o investimento a ser realizado é de \$100.000.

### 3.1 Avaliação das tecnologias pela técnica do VPL tradicional

Para a aplicação do VPL tradicional foram estimados os fluxos de caixa anuais conforme as equações dadas e trazidos a valor presente pelo custo de capital. Três cenários foram estabelecidos em função das quantidades demandadas. O primeiro, cenário otimista tem um nível de demanda para o período do projeto de 1.000 unidades; o segundo, cenário pessimista tem um nível de demanda de 500 unidades; e o terceiro, cenário intermediário, ou mais provável, tem um nível de demanda de 750 unidades.

O risco refletido pelo custo de capital da empresa foi mantido constante para as duas alternativas tecnológicas nesta etapa do desenvolvimento.

O quadro a seguir detalha o cálculo do valor pelo cenário otimista. Nele pode ser observado que a tecnologia I gera o maior valor presente líquido (\$73.239) em relação à tecnologia II (\$51.115).

a) Cenário Otimista:

Quadro 2 – Avaliação pelo Cenário Otimista

Cenário otimista	0	1	2	3	4	5
Preço		100	100	100	100	100
Quantidade		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Investimento Fixo	(100.000)					
Depreciação		(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)
<b>Tecnologia I - Fixo Alto</b>						
Custo fixo no período		30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Custo variável unitário		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
% de custo fixo		94%	94%	94%	94%	94%
Receita		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
(-) Custos totais incorridos		(32.000)	(32.000)	(32.000)	(32.000)	(32.000)
Lucro Bruto		68.000	68.000	68.000	68.000	68.000
(-) IR		(16.320)	(16.320)	(16.320)	(16.320)	(16.320)
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>51.680</b>	<b>51.680</b>	<b>51.680</b>	<b>51.680</b>	<b>51.680</b>
<b>VPL</b>	<b>73.239</b>					
<b>Tecnologia II - Variável Alto</b>						
Custo fixo no período		-	-	-	-	-
Custo variável unitário		42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
% de custo variável		100%	100%	100%	100%	100%
Receita		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
(-) Custo total		(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)
Lucro Bruto		58.000	58.000	58.000	58.000	58.000
(-) IR		(12.920)	(12.920)	(12.920)	(12.920)	(12.920)
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>45.080</b>	<b>45.080</b>	<b>45.080</b>	<b>45.080</b>	<b>45.080</b>
<b>VPL</b>	<b>51.115</b>					

Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado no Quadro 2, os custos fixos para produzir com a tecnologia I são de 94% do custo total, enquanto que na tecnologia II não há custos fixos. Em um cenário em que as quantidades demandadas pelo mercado são elevadas, a tecnologia que proporciona a maior alavancagem tem o melhor resultado financeiro.

b) Cenário Pessimista:

Quadro 3 – Avaliação pelo Cenário Pessimista

Cenário pessimista	0	1	2	3	4	5
Preço		100	100	100	100	100
Quantidade		500	500	500	500	500
Investimento Fixo	(100.000)					
Depreciação		(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)
<b>Tecnologia I - Fixo Alto</b>						
Custo fixo no período		30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Custo variável unitário		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
% de custo fixo		97%	97%	97%	97%	97%
Receita		50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
(-) Custo total		(31.000)	(31.000)	(31.000)	(31.000)	(31.000)
Lucro Bruto		19.000	19.000	19.000	19.000	19.000
(-) IR		340	340	340	340	340
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>19.340</b>	<b>19.340</b>	<b>19.340</b>	<b>19.340</b>	<b>19.340</b>
<b>VPL</b>	<b>(35.169)</b>					
<b>Tecnologia II - Variável Alto</b>						
Investimento Fixo	(100.000)					
Depreciação		(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)
Custo fixo no período		-	-	-	-	-
Custo variável unitário		42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
% de custo variável		100%	100%	100%	100%	100%
Receita		50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
(-) Custo total		(21.000)	(21.000)	(21.000)	(21.000)	(21.000)
Lucro Bruto		29.000	29.000	29.000	29.000	29.000
(-) IR		(3.060)	(3.060)	(3.060)	(3.060)	(3.060)
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>25.940</b>	<b>25.940</b>	<b>25.940</b>	<b>25.940</b>	<b>25.940</b>
<b>VPL</b>	<b>(13.045)</b>					

Fonte: Elaboração própria.

No Quadro 3, o resultado financeiro é melhor para a tecnologia II devido à sua capacidade de somente incorrer em custos variáveis em momentos de demanda baixa.

c) Cenário Intermediário:

Quadro 4 – Avaliação pelo Cenário Intermediário

Cenário intermediário	0	1	2	3	4	5
Preço		100	100	100	100	100
Quantidade		750	750	750	750	750
Investimento Fixo	(100.000)					
Depreciação		(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)	(20.000)
<b>Tecnologia I - Fixo Alto</b>						
Custo fixo no período		30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Custo variável unitário		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
% de custo fixo		95%	95%	95%	95%	95%
Receita		75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
(-) Custo total		(31.500)	(31.500)	(31.500)	(31.500)	(31.500)
Lucro Bruto		43.500	43.500	43.500	43.500	43.500
(-) IR		(7.990)	(7.990)	(7.990)	(7.990)	(7.990)
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>
<b>VPL</b>	<b>19.035</b>					
<b>Tecnologia II - Variável Alto</b>						
Custo fixo no período		-	-	-	-	-
Custo variável unitário		42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
% de custo variável		100%	100%	100%	100%	100%
Receita		75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
(-) Custo total		(31.500)	(31.500)	(31.500)	(31.500)	(31.500)
Lucro Bruto		43.500	43.500	43.500	43.500	43.500
(-) IR		(7.990)	(7.990)	(7.990)	(7.990)	(7.990)
<b>Fluxo Caixa Op. Líq.</b>	<b>(100.000)</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>	<b>35.510</b>
<b>VPL</b>	<b>19.035</b>					

Fonte: Elaboração própria.

Em síntese, a análise do VPL tradicional fornece os seguintes resultados a partir do estabelecimento dos cenários de projeção da demanda, denominados de cenário otimista, intermediário e pessimista:

Tabela 1 – Resumo dos resultados da análise de cenários

	Otimista		Intermediário		Pessimista	
	I	II	I	II	I	II
VPL	73.239	51.115	19.035	19.035	(35.169)	(13.045)
Investimento	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Retorno	73,2%	51,1%	19,0%	19,0%	-35,2%	-13,0%
Custo de capital	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%

Fonte: Elaboração própria.

Tendo o pressuposto de que os cenários de projeção de demanda, otimista e pessimista, têm iguais chances de ocorrência, o cenário intermediário representa a projeção de demanda média ou esperada para os projetos. Isto equivale à utilização apenas da projeção da demanda esperada para o cálculo do VPL do projeto.

Sendo assim, os resultados mostram ser indiferente a escolha dos projetos I e II em termos de risco-retorno, pois ambos proporcionam o mesmo valor presente líquido esperado de \$19.035. Ao fazer isso, a decisão de investimento baseada em fluxos de caixa descontados pelo custo de capital empresarial perde a capacidade de avaliar e diferenciar o risco do projeto, individualmente.

Ademais, no caso de otimismo exagerado, com a realização apenas do estudo otimista da demanda futura, a decisão recairia na tecnologia I, que possui o maior valor presente. No entanto, tal estudo ainda conteria um viés, pois parte do pressuposto que os projetos têm riscos idênticos.

A análise de cenários não foi suficiente para eliminar a subjetividade da decisão, pois está focada no risco sistêmico. Desta forma, foi desenvolvida uma análise do grau de risco de cada projeto nos próximos tópicos.

### 3.2 Avaliação das tecnologias pela técnica do VPL probabilístico

Neste tópico é ilustrada uma grade de possibilidades de demanda, que pode ser de 1.000 ou 500 unidades. Sendo que, em cinco anos, há exatamente  $2^5 = 32$  possibilidades de composição das quantidades a cada ano, também haverá 32 valores presentes possíveis na valoração do projeto. Note-se que a grade é simétrica para as quantidades, porém, assimétrica para a grade de fluxos de caixa a valor presente, pois a cada  $t$ , o fator de desconto  $(1 + i)^t$  torna cada um dos 32 conjuntos de fluxos de caixa do projeto únicos.

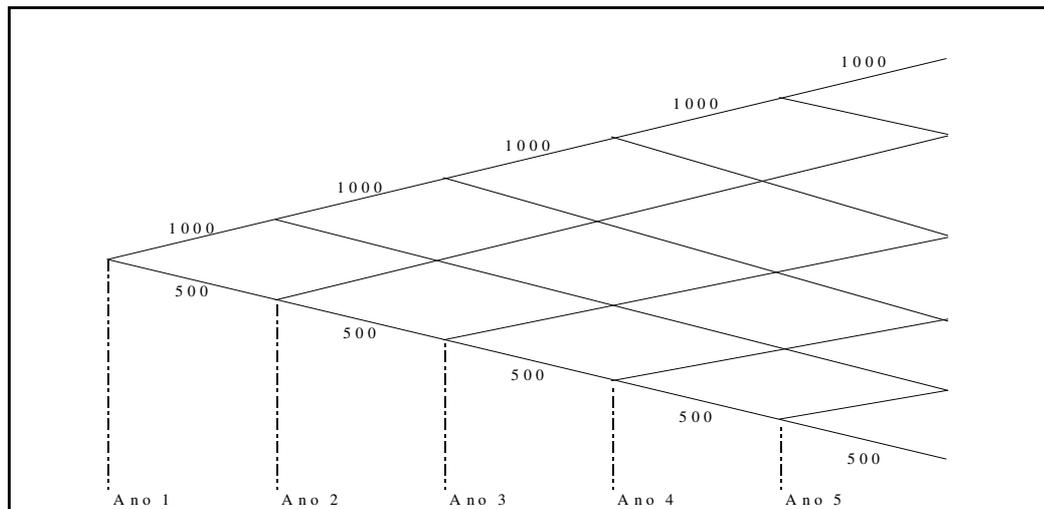


Ilustração 1 – Grade de possibilidades da demanda

Fonte: Elaboração própria.

A estatística descritiva da distribuição dos retornos (relação entre o valor presente do projeto e seu investimento) é a seguinte:

Tabela 2 – Estatística descritiva das tecnologias I e II

Variável	N	Média	Desvio-Padrão	Variância	CoefVar	Assimetria	Curtose
I	32	0,1904	0,2510	0,0630	131,87	-0,00	-0,33
II	32	0,1904	0,1486	0,0221	78,04	0,00	-0,33

Fonte: Elaboração própria.

Assim, dado que as curvas seguem uma normal com  $N(0, 1)$ , procura-se saber a probabilidade que o VPL seja negativo, i.é,  $P(Z \leq 0)$ . Verifica-se, portanto, que a distribuição acumulada de probabilidade  $P(\text{VPL-I} < 0)$  é igual a 22,4% e a  $P(\text{VPL-II} < 0)$  é igual a 10,0%.

Isto indica que a tecnologia I tem maior risco do que a II, pois tem uma maior probabilidade de seus resultados serem negativos, situação também revelada pelo coeficiente de variação (CoefVar, base 100) com 131,87 contra 78,04, respectivamente. Sendo que, o coeficiente de variação é a razão entre o desvio-padrão e a média.

A análise indicou que a tecnologia I possui maior risco, medido pelo desvio-padrão, corroborando com a teoria financeira sobre alavancagem operacional. No entanto, ela não diferencia as duas alternativas em termos de retorno exigido em razão do maior risco incorrido.

Na realidade, a decisão do melhor investimento baseado em dados de probabilidade contém viés decisório. Embora o coeficiente de variação indique a tecnologia I como a mais arriscada, a comparação do retorno exigido pelo risco, através do inverso do coeficiente de variação, pode sugerir a alternativa II como a melhor porque menos risco estaria sendo assumido por uma mesma unidade de retorno, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos resultados do VPL probabilístico

Tecnologia	Retorno Médio	Probabilidade ( VPL < 0 )	Inverso do CoefVar
I	19,04%	22,36%	0,76
II	19,04%	10,03%	1,28

Fonte: Elaboração própria.

Embora o VPL probabilístico tenha apontado corretamente as diferenças de risco, pela probabilidade acumulada  $P(VPL < 0)$ , a decisão recai sobre um julgamento subjetivo associado às preferências de risco-retorno do investidor. A causa novamente parece estar relacionada à utilização de uma taxa de desconto que não reflete o risco de cada tecnologia.

Conseqüentemente, obter uma resposta em termos de retorno ponderado pelo risco de cada tecnologia parece ser o caminho e estará sendo abordada no próximo tópico.

### 3.3 Avaliação das tecnologias pela teoria de opções reais

Considerando que os projetos funcionam como se fossem opções de compra e que se deseja conhecer qual tecnologia é a opção mais valiosa, foi aplicado o modelo de opções reais de acordo com Damodaran (2006) que utiliza as opções reais para decisões de diferimento de projetos:

- Preço de exercício (K): é o valor do investimento que dá direito aos fluxos de caixa futuros do projeto, no valor de \$100.000;

- Valor do ativo subjacente (S): é o valor presente esperado do projeto, no valor de \$119.035 para a tecnologia I e de \$119.035 para a tecnologia II;

- Variância do ativo subjacente ( $\sigma^2$ ): é a variância dos valores presentes do projeto, de 0,0630 para a tecnologia I e de 0,0221 para a tecnologia II. Estes dados foram obtidos a partir da distribuição de valores presente do item 3.2.

- Prazo de vencimento (T): é a duração da validade da opção de 5 anos;

- Taxa livre de risco ( $r_f$ ): é a taxa de juros livre de risco, estimada em 5% a.a.;

- Valor da opção (Cv): é o valor da opção de diferimento.

A Tabela 4, a seguir, indica o valor da opção para cada tecnologia.

Tabela 4 – Resumo dos resultados da análise de opções reais

Tecnologia	T	S	K	$\sigma$	$r_f$	$d_1$	$N(d_1)$	$d_2$	$N(d_2)$	Cv
I	5	119.035	100.000	0,2510	5,0%	1,04	0,85	0,48	0,68	48.014
II	5	119.035	100.000	0,1486	5,0%	1,44	0,93	1,11	0,87	42.669

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a teoria de opções reais, o valor da opção (Cv) representa um direito sobre o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo ativo subjacente (S) e, para exercer esse direito, implica em um investimento de \$100.000 na data de exercício. Dado que as duas alternativas diferem essencialmente na variância de seus retornos, em razão da volatilidade dos valores presentes, a fórmula de Black & Scholes pondera a probabilidade de  $S > K$ , i.é., de o projeto ter valor presente líquido maior que zero. Dado que a volatilidade da demanda pode ser mais favorável à tecnologia I, a consideração de que há tempo para que novas

informações sobre o mercado de produtos se tornem disponíveis e apontem para o cenário otimista indicam que a tecnologia baseada na alavancagem operacional é a mais valiosa.

Desta maneira, para a tecnologia I, a opção de compra vale \$48.014 e, para a tecnologia II, \$42.669. Isto é, a tecnologia I é mais valiosa que a tecnologia II em \$5.345.

A escolha da tecnologia I representa o direito mais valioso considerando o risco de cada alternativa. Esses resultados estão em conformidade com a teoria da alavancagem e indica um maior potencial de retorno ponderado pelo risco para a alternativa I.

### 3.4 Proposição de uma taxa de desconto ajustada ao risco

Há diversos artigos que sustentam que a alavancagem operacional está positivamente relacionada com o beta da empresa (Grundy e Martin, 2001; Sudarsanam, 1992; Mandelker e Rhee, 1984; Thompson II, 1976; Lev, 1974; Rubinstein, 1973). Também, Danthine e Donaldson (2002) disseram que a alavancagem operacional justificaria um substancial prêmio de risco. O problema está em ajustar adequadamente a taxa de desconto do projeto.

O desenvolvimento a seguir explora um possível ajuste considerando algumas premissas. A primeira é a utilização da projeção esperada de demanda refletida no cenário intermediário. Neste cenário, as tecnologias proporcionam o mesmo valor futuro, de \$239.422, onde se utilizou o custo de capital da empresa para ambas alternativas. A segunda é a consideração de que o valor da diferença entre a opção de maior risco e a de menor risco, de \$5.345 (\$48.014 - \$42.669), representa o custo de oportunidade que o investidor recebe por assumir maior risco, pois é um valor que está diretamente relacionado com a ponderação de risco que o modelo de opções reais realiza em seu cálculo.

Sendo assim, ao considerar que a opção real da tecnologia I é mais valiosa em \$5.345, ajusta-se o investimento na mesma proporção, passando para \$94.655 (\$100.000 - \$5.345).

Ao variar a taxa de desconto, a condição é de que os valores presentes líquidos médios se igualem, resultando em um acréscimo de cerca de 1 ponto percentual à taxa de desconto original, conforme pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 5 – Diferenciação da taxa de desconto das tecnologias I e II

Fluxo de caixa	0	1	2	3	4	5
Tecnologia I	(94.655)	-	-	-	-	239.422
Taxa de desconto	**16,03%					
VPL	*16.552					
Tecnologia II	(100.000)	-	-	-	-	239.422
Taxa de desconto	15,00%					
VPL	* 16.552					

Fonte: Elaboração própria.

\* O valor de \$16.552 provém do cálculo do VPL a 15% a.a. do fluxo de caixa do projeto Tecnologia II.

\*\* A taxa de desconto ajustada foi calculada pela função Solver do Excel.

Interpreta-se o resultado de 1,03% (16,03% - 15,00%) como sendo o diferencial de risco intrínseco da tecnologia I (risco maior) em relação à tecnologia II (risco neutro).

Ao aplicar novas taxas de desconto aos respectivos projetos, o cenário intermediário, que estabelece a projeção esperada da demanda, também terá valores presentes diferentes para as duas tecnologias. A tecnologia II aparece com um valor presente líquido de \$19.035 e a tecnologia I, com um valor presente líquido de \$16.197.

### 3.5 Extensão dos cálculos contemplando (de)crescimento da demanda

Os cálculos foram refeitos desta vez assumindo mais duas possibilidades denominadas de vieses de alta e baixa: i) que a grade original de possibilidades de demanda tenha um crescimento anual de 5%, viés de alta e ii) que a grade original de demanda tenha um decréscimo anual de 5%, viés de baixa. A grade original foi denominada de viés neutro.

Tabela 6 – Projeção de vendas por viés e cenário (em quantidades)

Ano	Projeção de Vendas (Quantidades)				
	1	2	3	4	5
<b>VIÉS NEUTRO</b>					
Cenário Otimista	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Cenário Intermediário	750	750	750	750	750
Cenário Pessimista	500	500	500	500	500
<b>VIÉS DE ALTA</b>					
Cenário Otimista	1.000	1.103	1.158	1.216	1.276
Cenário Intermediário	750	827	869	912	957
Cenário Pessimista	500	551	579	608	638
<b>VIÉS DE BAIXA</b>					
Cenário Otimista	1.000	903	857	815	774
Cenário Intermediário	750	677	643	611	581
Cenário Pessimista	500	451	429	407	387

Fonte: Elaboração própria.

A tabela abaixo apresenta os resultados.

Tabela 7 – Resultados consolidados dos testes desenvolvidos

Viés	Alta		Neutro		Baixa		
	I	II	I	II	I	II	
<b>Tecnologia</b>							
<b>Estatística Descritiva dos retornos</b>							
Média	40,5%	31,7%	19,0%	19,0%	0,3%	8,0%	
Desvio-Padrão	28,1%	16,6%	25,1%	14,9%	22,7%	13,4%	
Variância	7,9%	2,8%	6,3%	2,2%	5,1%	1,8%	
Coefficiente de Variação	69,3%	52,3%	131,9%	78,0%	7016,7%	168,6%	
1/ Coeficiente de Variação	144,3%	191,0%	75,8%	128,1%	1,4%	59,3%	
<b>Análise VPL Probabilístico</b>							
P(VPL<0)	7,5%	2,8%	22,4%	10,0%	49,4%	27,7%	
<b>Análise pela TOR</b>							
Valor da Opção	68.547	55.170	48.014	42.669	31.176	32.000	
Resultado do ajuste da taxa desconto	16,03%	15,00%	16,03%	15,00%	16,03%	15,00%	
<b>Cenário</b>							
<b>Análise pelo VPL</b>		<b>Otimista</b>		<b>Intermediário</b>		<b>Pessimista</b>	
		I	II	I	II	I	II
VPL (viés neutro)		73.239	51.115	19.035	19.035	(35.169)	(13.045)
VPL (viés alta)		101.860	68.054	40.488	40.488	(20.884)	(4.590)
VPL (viés baixa)		48.305	36.358	323	323	(47.658)	(20.437)
Taxa de desconto utilizada		15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%

Fonte: Elaboração própria.

Com os novos cálculos, verificou-se a confirmação dos resultados das três técnicas de análise obtidos anteriormente. Destaca-se que, em um cenário pessimista e com taxas de crescimento negativas, o valor da opção da tecnologia II se tornou mais valiosa do que o da tecnologia I, \$32.000 contra \$31.176, respectivamente.

Além disso, o diferencial de risco, que ajusta a taxa de desconto de cada projeto aqui estudado, manteve-se constante em 1,03%, pois o risco é medido pela variância relacionada com o valor presente dos fluxos de caixa de cada projeto. Essa constância, que pode ser observada pela razão entre a variância da tecnologia I em relação à tecnologia II, foi constante em 2,855 (0,079 / 0,028) para todos os cenários. Uma mudança posterior na taxa de desconto para aferir a diferença entre risco dos projetos deve eliminar essa constância.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As três técnicas de análise de projetos, ao serem aplicadas de acordo com as práticas correntes, mostraram diferenças ao testar sua conformidade com a teoria financeira sobre alavancagem operacional, objetivo do artigo. Em suma, os resultados das três técnicas são:

Quadro 5 – Resumo dos resultados das técnicas de análise

Técnica	Escolha	Ênfase na Decisão	Alinhamento com a Teoria	Viés na Decisão
Cenários	I ou II	Diferença entre retornos	Parcial	Presente
VPL Probabilístico	II	Retorno comparado ao risco	Parcial	Presente
TOR	I	Retorno ponderado pelo risco	Total	Ausente

Fonte: Elaboração própria.

A técnica do VPL por Cenários classificou adequadamente os resultados dos cenários otimista e pessimista, porém foi indiferente na escolha de alternativas quando utilizado o cenário intermediário.

O VPL probabilístico classificou adequadamente as alternativas em função do risco, porém, foi indiferente ao classificá-las em termos de retorno exigido e causou um possível viés de decisão ao comparar de forma simples a assunção do risco no retorno do projeto.

A TOR mostrou alinhamento com a teoria ao identificar a alternativa de maior retorno e maior risco, a despeito da utilização de um custo de capital idêntico às duas tecnologias.

No entanto, deve-se repetir as limitações trazidas por diversos autores a esses resultados: i) a aplicação está sujeita às mesmas simplificações na aplicação do modelo citadas por Copeland (2002) e Damodaran (2006); ii) a dinâmica do investimento em uma opção financeira é diferente da opção real; iii) as duas tecnologias foram inicialmente descontadas à mesma taxa utilizando o custo de oportunidade da firma e iv) consideraram-se os projetos como opções européias.

Destaca-se que a técnica do VPL por Cenários diferenciou as alternativas logo após o ajuste da taxa de desconto. Como resultado, o cenário intermediário apresentou que a tecnologia II, de menor risco, seria a mais valiosa. Embora os resultados apresentados pela TOR indiquem o valor da opção da tecnologia I como a mais valiosa, eles consideram o valor da flexibilidade, isto é, a possibilidade de empreender o projeto em momento mais oportuno.

A decisão de aceitar um dos projetos pela firma deveria estar condicionada ainda ao resultado da combinação dos fluxos de caixa da firma com o projeto. Segundo May (1995), as políticas que afetam o risco da firma, como a alavancagem operacional e projetos de investimento arriscados, devem refletir na variância dos retornos do patrimônio. Assim, avançar em projetos que tenham uma correlação negativa com a empresa pode resultar em redução de seu risco corporativo. Por outro lado, a escolha de projetos com alta correlação com a empresa pode implicar na manutenção do risco corporativo.

Avaliar a opção de investimento implica em verificar as condições futuras do mercado, pois o seu valor é afetado pela distribuição de valores do projeto. Em cenários de crescimento negativo do mercado, as opções mais valiosas indicam serem aquelas que têm menores custos fixos, desde que sejam equivalentes em outros aspectos. Em ambas as situações, o nível de alavancagem operacional é determinante.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de avaliação de investimentos têm incorporado inúmeras ferramentas que permitem a migração de uma visão determinística para uma visão probabilística das variáveis que afetam o valor da empresa. Com isso, o valor presente de um fluxo de caixa passa a ter

média e variância que podem ser utilizados em modelos baseados em opções reais de modo a verificar a alternativa mais valiosa.

Estratégias de expansão, diversificação e reestruturação envolvendo projetos de investimento em ativos operacionais podem ser avaliadas pela técnica de opções reais com ganhos na geração e na análise de informações relevantes ao processo de decisão, mas para isso é necessário que os participantes do mercado estejam atualizados na técnica.

O artigo verificou a confirmação da teoria na qual um projeto com maior alavancagem operacional, em relação a outro, em condições semelhantes, também tem maior risco e maior retorno exigido, um problema conhecido em finanças corporativas, mas desta feita, com a utilização da teoria de opções reais.

Também foi realizado um ajuste para identificar uma taxa apropriada de desconto para o projeto com maior risco a partir da comparação de risco entre alternativas. Se não foi possível determinar com precisão a taxa de desconto de cada projeto, verificou-se quanto de risco o projeto mais arriscado incorpora em relação ao menos arriscado.

O trabalho discutiu a aplicação de técnicas conhecidas e de técnicas que se apresentam em fase de exploração. O entendimento delas e o reconhecimento de suas limitações são elementos essenciais para o processo de decisão empresarial.

Como sugestão de estudos adicionais da alavancagem operacional, sugere-se a aplicação de uma análise empírica.

## REFERÊNCIAS

BLACK, F., M. SCHOLES. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, May-June 1973, pp. 637-659.

BRANDÃO, Luiz E., DYER, James S., HAHN, Warren J. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. **Decision Analysis**. Vol. 2, No.2, June 2005, pp.69-88.

BRANDÃO, Luiz E., DYER, James S. Projetos de opções reais com incertezas correlacionadas. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**. 6(1): 19-26, janeiro/abril 2009.

BUCKLEY, A., TSE, K., RIJKEN, H., EIJGENHUIJSEN, H. Stock market valuation with real options: lessons from Netscape. **European Management Journal**, Vol. 20, No.5, pp. 512-526, 2002.

COPELAND, T., ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

COPELAND, T., KOLLER, T., MURRIN, J. **Avaliação de empresas – valuation – calculando e gerenciando o valor das empresas**. 3ª ed. São Paulo: Pearson, 2002.

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

\_\_\_\_\_. **Finanças Corporativas: teoria e prática**. 2ª. edição. Porto Alegre: Bookman, 2004, Reimpressão 2006.

\_\_\_\_\_. **The Promise and peril of real options**. New York: Stern School of Business, 1996, working paper. Disponível em: <  
<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pdfiles/papers/realopt.pdf>> Acesso em: 18 jul.2013.

- DANTHINE, Jean-Pierre, DONALDSON, John B. Labour relations and asset returns. **The Review of Economic Studies**, Vol.69, No.1 (Jan., 2002), pp. 41-64.
- DIXIT, Avinash K., PINDYCK, Robert S. **Investment under uncertainty**. Princeton University Press, 1994.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10ª. edição. São Paulo: Pearson, 2004.
- GUERRA, Almir R., ROCHA, Welington, CORRAR, Luiz J. Análise do impacto das variações de receitas nos lucros das empresas com diferentes estruturas de custos. **Revista de Administração da USP**. São Paulo, v.42, n.2, p. 227-238, abr/mai/jun., 2007.
- GRUNDY, Bruce D., MARTIN, J. Spencer. Understanding the nature of the risks and the source of rewards to momentum investing. **The Review of Financial Studies**, Vol. 14, No. 1 (Spring, 2001), pp. 29-78.
- KANDEL, Eugene, PEARSON, Neil D. Option value, uncertainty, and the investment decision. **The Journal of Financial Quantitative Analysis**. Vol. 37, No.3 (Sep., 2002), pp.341-374.
- LEV, Baruch. On the association between operating leverage and risk. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Vol.9, No.4 (Sep., 1974), pp.627-641.
- LUEHRMAN, T. A. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers. **HBR.org**, July-August 1998.
- MANDELKER, Gershon N., RHEE, S. Ghon. The impact of degrees of operating and financial leverage on systematic risk of common stock. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Vol. 19, No. 1 (Mar., 1984), pp.45-57.
- MAY, Don O. Do managerial motives influence firm risk reduction strategies? **The Journal of Finance**. Vol. 50, No. 4 (Sep., 1995), pp. 1291-1308.
- MINARDI, A.M.A.F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. **Revista de Administração de Empresas**. v. 40, n.2, p. 74-79, São Paulo, Abr./Jun. 2000.
- MUN, Johnathan. **Real options and Monte Carlo simulation versus traditional DCF Valuation in Layman's terms**. Chapter 6, p. 75-106. In: *Managing Enterprise Risk: What Electric Industry Experience Implies for Contemporary Business*. Edited by: Karyl B. Leggio, David L. Bodde, Marilyn L. Taylor. Elsevier, 2006.
- RUBINSTEIN, Mark E. A mean-variance synthesis of corporate financial theory. **The Journal of Finance**, Vol.28, No.1 (Mar., 1973), pp. 167-181.
- SHRIEVES, Ronald E. Uncertainty, theory of production, and optimal operating leverage. **Southern Economic Journal**. Vol.47, No.3, (Jan.1981), pp. 690-702.
- SUDARSANAM, Puliur S. Market and industry structure and corporate cost of capital. **The Journal of Industrial Economics**, Vol. 40, No.2, (Jun., 1992), pp. 189-199.
- SWINAND, Gregory P., RUFIN, Carlos, SHARMA, Chetan. Valuing assets using real options: an application to deregulated electricity markets. **Journal of Applied Corporate Finance**. Volume 17, Number 2, Spring 2005.
- THOMPSON II, Donald J. Sources of systematic risk in common stocks. **The Journal of Business**, Vol. 49, No.2 (Apr., 1976), pp. 173-188.