

MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES APLICADOS NA AVALIAÇÃO DE ATIVOS REAIS: ANÁLISE DA SENSIBILIDADE NA FORMAÇÃO DO VALOR DE RESERVAS PETROLÍFERAS PROVADAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de analisar a sensibilidade no valor das reservas provadas de petróleo, calculadas pelo modelo de precificação de opções financeiras de *Black & Scholes* aplicado em ativos reais. Para atingir o objetivo proposto, inicialmente foi aplicado o modelo do fluxo de caixa descontado para se avaliar as reservas provadas totais das empresas. Em seguida, foram segregadas as reservas provadas desenvolvidas e as provadas não desenvolvidas. Para avaliação das reservas provadas desenvolvidas foi aplicada a sistemática de fluxo de caixa descontado, já para as provadas não desenvolvidas foi aplicado o modelo de *Black & Scholes*. Somando os dois valores obtidos chegou-se ao valor estimado das reservas provadas totais das empresas. Por fim, foram feitas alterações controladas nas variáveis que formam o modelo de avaliação de opções. As empresas selecionadas para análise foram as petrolíferas integradas listadas na Bolsa de Valores de *Nova York* e que utilizam o método contábil de capitalização pelos esforços bem sucedidos. O ano de análise foi o de 2008. Comparando os resultados obtidos, identificou-se que o método de avaliação que mescla opções reais e fluxo de caixa descontado consegue mensurar a opção da empresa de desenvolver ou não suas reservas provadas não desenvolvidas, atribuindo um valor extra a essa flexibilidade gerencial. Na análise da sensibilidade do modelo de opções reais, notou-se que o valor das reservas provadas é altamente sensível à taxa de rendimento da produção (y), bem como ao prazo de esgotamento das reservas (t).

1. Introdução

As informações financeiras divulgadas ao mercado pelas empresas que exploram e produzem óleo e gás são objetos de consideráveis controvérsias. Essas controvérsias (dúvidas e discussões) concentram-se no tratamento contábil dado aos gastos necessários para se explorar e produzir o mineral e na forma de se evidenciar ao mercado os resultados da atividade de exploração e produção de petróleo e gás – E&P (BIERMAN, DUKES e DYCKMAN, 1974; IJIRI, 1979; WOLK, FRANCIS, TEARNEY, 1984; ALCIATORE, 1993). Para diversos autores, a causa dessas controvérsias está na dificuldade encontrada, ao longo da história, em se mensurar (avaliar) o valor das reservas e incluí-las nos relatórios financeiros das companhias (LILIEN e PASTENA, 1982; GALLUN, STEVENSON e NICHOLS, 1993; JOHNSTON e JOHNSTON, 2006; BROCK, CARNES e JUSTICE, 2007).

A justificativa é de que o maior patrimônio de uma empresa de petróleo são suas reservas. Uma das formas mais importantes de se avaliar uma empresa petrolífera é pela quantidade de reservas que ela possui. Portanto, o valor das reservas deve ser fornecido aos usuários das informações financeiras – particularmente para aos investidores – para auxiliá-los em suas decisões (BIERMAN, DUKES e DYCKMAN, 1974; NAGGAR, 1978; DEAKIN, 1979; ADKERSON, 1979; CONNOR, 1975, 1979; MAGLILOLO, 1986; HARRIS e OHLSON, 1987; HARRIS e OHLSON, 1990; DORAN *et al*, 1992; JOHNSEN, PAXSON e RIZZUTO, 1996).

Diversos métodos ou modelos de avaliação são empregados no setor petrolífero. O objetivo é que gerem informações que se aproximem ao máximo da essência econômica de um empreendimento petrolífero. Cita-se o Método de Fluxo de Caixa Futuro e o Método do Fluxo de Caixa Descontado ou Valor Presente Líquido (MILLER e UPTON, 1985; JOHNSEN, PAXSON e RIZZUTO, 1996).

No entanto, a elevada incerteza inerente aos ativos financeiros também é característica marcante da atividade de E&P e afeta o valor de seus ativos reais. Isso faz com que a flexibilidade nas decisões de investimento (extrair, desenvolver e produzir petróleo) seja utilizada pelas empresas, o que confere à atividade características comuns a uma opção financeira de compra, onde a empresa tem a opção, mas não o dever de extrair, desenvolver e/ou produzir petróleo (ADKERSON, 1979; CONNOR, 1975, 1979; BRENNAN e SCHWARTZ, 1985; EKERN, 1988; PADDOCK, SIEGEL e SMITH, 1988; DIAS, 1996; DICKENS e LOHRENZ, 1996; CORTZAR e SCHWARTZ, 1997; GRAFSTRÖM e LUNDQUIST, 2002; BUCKLEY *et al*, 2002). Para Godoy (2004) essa opção (de extrair, desenvolver e/ou produzir petróleo) é congênere as opções financeiras.

Portanto, a disseminação e o sucesso da teoria de opções aplicada na avaliação de ativos financeiros e a semelhança das características destes ativos com os ativos reais da atividade de E&P, fazem com que essa teoria se aplique perfeitamente na avaliação dos ativos do setor petrolífero. Assim, modelos de precificação de opções aplicados a ativos reais (opções reais) vêm ganhando espaço no processo de avaliação de empresas do setor petrolífero (DAMODARAN, 2001; COPELAND e ANTIKAROV, 2001; BRENNAN e TRIGEORGIS, 2000).

Na avaliação de opções reais cita-se a utilização do modelo de precificação *Black-Scholes*, aceito internacionalmente pela literatura financeira e praticado pelas empresas petrolíferas mundiais. Vários trabalhos sobre opções reais usaram o modelo de *Black-Scholes* para avaliar as flexibilidades nas empresas, entre eles estão: Dickens e Lohrenz (1996), Luehrman (1998), Saito, Schiozer e Castro (2000) e Damodaran (2001).

Especificamente, no Brasil, destacam-se os trabalhos do Professor Marco Antonio Guimarães Dias (1996; 2005), que tem sido o principal expoente brasileiro na aplicação de opções reais no setor petrolífero. Seus trabalhos concentram-se no uso de modelos matemáticos para avaliar projetos no setor, contribuindo ainda com a montagem e disponibilidade de um banco de estudos, apresentações e planilhas sobre a teoria de opções (financeiras e reais).

Cada uma das variáveis que influenciam o valor de uma opção financeira possui uma correspondente no modelo de opções reais. Assim, diante do contexto apresentado e levando em consideração a necessidade de estudos que explorem os modelos de avaliação de ativos, o objetivo deste trabalho foi o de analisar a sensibilidade no valor das reservas provadas de petróleo, calculadas pelo modelo de precificação de opções financeiras aplicadas em ativos reais do setor de petrolífero. Especificamente, objetivou-se analisar a sensibilidade do valor das reservas provadas diante as variações nos direcionadores do modelo de avaliação de opções financeiras, aplicadas a ativos reais – reservas de petróleo.

Para atingir o objetivo proposto levantou-se a seguinte questão como norteadora da pesquisa: **qual a sensibilidade do valor das reservas provadas de petróleo diante das variações nos direcionadores do modelo de avaliação de opções financeiras aplicado a ativos reais – reservas petrolíferas?**

2. Referencial Teórico

2.1 Opções Financeiras

Opções são valores mobiliários derivativos. São títulos que derivam seu valor de um ativo subjacente. Confere ao investidor (seu titular ou comprador) o direito de comprar ou vender e a seu vendedor a obrigação futura, caso seja solicitado, de vender ou comprar uma

quantidade predeterminada de um ativo subjacente a um preço fixo, denominado preço de exercício, antes ou na data de vencimento da opção. Existem dois tipos de opções: opções de compra (*call*) e opções de venda (*put*) (DAMODARAN, 2001).

Nas opções de compra, o titular tem o direito de comprar um ativo em certa data por um preço determinado, e o vendedor tem a obrigação de vender, caso seja solicitado. Para adquirir esse direito o titular paga uma quantia ao vendedor, chamada de prêmio. Na opção de venda, o detentor tem o direito de vender um ativo em certa data por preço determinado, e o vendedor tem a obrigação de comprar, caso seja solicitado. Para adquirir o direito de vender uma opção o titular paga uma quantia ao vendedor, o prêmio (HULL, 2000; SILVA NETO, 2000).

O preço do contrato (valor futuro pelo qual o bem será negociado) é conhecido como preço de exercício e sua data (o dia em que a posição será exercida) é conhecida como data de vencimento (HULL, 2000; SILVA NETO, 2000).

Segundo Hull (2000) são seis os fatores que determinam o valor de uma opção de uma ação: 1) o preço atual da ação, 2) o preço de exercício, 3) o tempo até o vencimento, 4) a volatilidade do preço da ação, 5) a taxa de juro livre de risco e 6) os dividendos esperados durante a vida da opção.

Segue a explicação de como cada uma dessas variáveis influenciam o preço da opção.

- **Preço atual da ação:** como as opções são ativos que derivam seu valor de um determinado ativo, a mudança no preço atual do ativo afeta o valor da opção – na opção de compra, quanto maior o valor do ativo, maior será o valor da opção; na opção de venda, a situação se inverte, pois quanto maior o valor do ativo, menor o valor da opção.
- **Preço do exercício:** para as opções de compra, quanto mais alto for o preço de exercício, menor o preço da opção, visto que o lucro bruto do titular dessa opção é a diferença entre o valor do ativo e o preço de exercício. Para as opções de venda, acontece o contrário, quanto mais alto o preço de exercício, maior o valor da opção.
- **Tempo até o vencimento:** quanto maior o tempo até o vencimento, maior a chance do preço do ativo se alterar, portanto maior a chance de se obter ganhos, deixando a opção com um valor maior, já quando o tempo até o vencimento diminui, as chances de variações do preço do ativo são menores, deixando as opções menos atraentes e assim diminuindo o seu valor. Este raciocínio é válido para ambas as opções - de compra e de venda.
- **Volatilidade do preço da ação:** quanto maior a volatilidade do preço do ativo, maiores as oportunidades de ganhos dos titulares das opções (de compra ou de venda), e assim maior o valor das opções.
- **Taxa de juros livre de risco:** ao pagar um prêmio à vista por uma opção, um custo de oportunidade está envolvido nesta transação para o comprador. Esse custo de oportunidade dependerá do nível da taxa de juros e do prazo de vencimento da opção. Aumentos nas taxas de juros aumentarão o valor das opções de compra e reduzirão o valor das opções de venda. A idéia é relativamente intuitiva, entretanto, é a mais complexa entre as demais variáveis, pois não está diretamente ligada à idéia simples de retorno por diferença entre exercício e preço atual do ativo. Assim intuitivamente a influencia da taxa de juros está no tamanho do desconto que o preço de exercício deve sofrer para poder ser comprado em mesmo tempo com o preço a vista do ativo objeto.
- **Dividendos esperados durante a vida da opção:** conforme há pagamentos de dividendos, o valor da ação tende a cair, e assim o valor da opção de compra também tende a cair, por outro lado o valor da opção de venda tende a aumentar.

2.2 Modelos de Precificação de Opções Financeiras

São dois os principais modelos de precificação das opções: o modelo binomial e modelo de *Black and Scholes*¹.

O modelo binomial consiste em uma forma simples do processo de preços de ativos, em que o ativo, a qualquer momento, pode se deslocar para um de dois preços possíveis. O modelo consiste na construção de uma árvore binomial, que representa as diferentes trajetórias que poderão ser seguidas pelo preço da ação durante a vida da opção (Godoy, 2004).

Já o valor de uma opção financeira de compra (que é a opção com a qual se assemelha a atividade de E&P) pelo modelo de *Black-Scholes* pode ser expresso como função das seguintes variáveis: (i) S: valor atual do ativo-objeto; (ii) X: preço de exercício da opção; (iii) t: tempo remanescente até o vencimento da opção; (iv) r: taxa de juros livre de risco correspondente à vida da opção e (v) σ^2 : variância (volatilidade) do preço do ativo-objeto.

A suposição básica que fundamenta o modelo de *Black-Scholes* é que os preços das ações são contínuos, isto é, as variações nos preços tornam-se menores à medida que os períodos de tempo tornam-se mais curtos. Isso significa que mudanças proporcionais no preço da ação num curto período de tempo são normalmente distribuídas. Isso, por sua vez, implica que o preço da ação, a qualquer tempo no futuro, tem distribuição *lognormal*. Uma variável com distribuição normal pode ter qualquer valor, negativo ou positivo, ao passo que uma variável com distribuição *lognormal* só pode ser positiva. Uma distribuição normal é simétrica; uma distribuição *lognormal* é distorcida, com média, mediana e moda diferentes (HULL, 2000).

A equação para uma opção de compra, formulada por *Black-Scholes* é dada por:

$$C = S \times N(d1) - X^{-r \times t} \times N(d2) \quad (1)$$

Onde:

- C: valor da opção de uma opção de compra;
- N(x): probabilidade acumulada de uma variável normal.

Ainda,

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \sqrt{t}} \quad (2)$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t} \quad (3)$$

A versão do original do modelo de *Black-Scholes* apresentado acima, não leva em consideração o pagamento de dividendos. Essa possibilidade impacta no valor da opção, por isso alguns ajustes podem ser feitos com intuito de melhorar a avaliação.

O pagamento de dividendos reduz o preço da ação. Conseqüentemente, as opções de compra se desvalorizarão e as opções de venda serão valorizadas à medida que os pagamentos de dividendos foram aumentados.

¹ O modelo *Black-Scholes* é uma descrição matemática dos mercados financeiros e instrumentos derivativos de investimento. O modelo desenvolve equações diferenciais parciais, cuja solução, a fórmula *Black-Scholes*, é amplamente utilizado na precificação de opções de estilo europeu. O modelo foi primeiramente enunciado por *Fischer Black* e *Myron Scholes*, em 1972 e 1973 nos artigos “*The valuation of option contracts and a test the market efficiency*” e “*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*”, respectivamente.

Considerando que o rendimento dos dividendos ($y = \text{dividendos} / \text{valor atual do ativo}$) do ativo-objeto mantenha-se inalterado durante a vida da opção, o modelo de *Black-Scholes* pode ser modificado para levar em conta os dividendos (HULL, 2000; DAMODARAN, 2001)

A fórmula a seguir representa o modelo de *Black-Scholes* para opções de compra adaptado para a possibilidade de pagamento de dividendos.

$$C = S^{-y} N(d_1) - X^{-r \times t} N(d_2) \quad (4)$$

Onde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (5)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (6)$$

2.3 Opções Reais no Setor Petrolífero

Quando uma empresa do setor petrolífero decide por explorar uma determinada área com potencial para se encontrar óleo e/ou gás, ela está exercendo uma opção de explorar ao invés de esperar até que o preço do petróleo suba ou que algum fator permita a redução dos seus custos de desenvolvimento e/ou de extração (GODOY, 2004). Portanto, os investimentos no setor petrolífero (E&P) podem ser modelados como opções, onde em cada estágio há uma opção para se completar o estágio seguinte (PADDOCK, SIEGEL e SMITH, 1988). O quadro 1 apresenta a adequação dos direcionadores do modelo de opções financeiras ao modelo de opções reais e aplicado ao setor petrolífero (GODOY, 2004).

Opções Financeiras por B&S	Variáveis	Opções Reais	Opções Reais no Setor Petrolífero
Valor do ativo-objeto (ação)	S	Gastos necessários para adquirir os ativos.	Valor presente das reservas provadas estimadas (S)
Preço de exercício da opção	X	Valor presente dos ativos operacionais a serem adquiridos.	Custo total estimado para desenvolvimento das reservas estimadas (X)
Taxa de juros livre de risco	t	Duração do tempo que a decisão pode ser diferida	Período de devolução das reservas, ou a estimativa de quando as reservas serão exauridas, dado o nível atual de produção (t).
Volatilidade do ativo-objeto (ação)	σ^2	Nível de risco dos ativos operacionais.	Variabilidade no preço do petróleo e/ou a variabilidade na estimativa de reservas provadas (σ ou σ^2).
Tempo de expiração da opção	rf	Valor do dinheiro no tempo.	Taxa de juros livre de risco (rf)
Rendimento de dividendos	y	Redução do valor do ativo em função de algum pagamento.	Receita anual líquida de produção estimada como percentual do valor da reserva.

Quadro 1: Determinantes do Valor das Opções

Fonte: GODOY (2004).

A aplicação de modelos de precificação de opções à avaliação de investimento em recursos naturais é examinada detalhadamente por Brennan e Schuwartz (1985), Paddock, Siegel e Smith (1988), Ekern (1988), Dickens e Lohrenz (1996), Dias (1996), Saito, Schiozer e Castro (2000), Grafström e Lundquist (2002).

3. Metodologia

3.1 Dados

Para se avaliar as reservas provadas de óleo e gás de uma empresa utilizando a abordagem de opções é necessário identificar o volume de reservas provadas que apresenta a flexibilidade que se deseja avaliar. O volume que não apresenta flexibilidade deve ser avaliado de acordo com a abordagem tradicional do fluxo de caixa descontado, já o volume que apresenta a flexibilidade deve ser avaliado pela mesma técnica que se utiliza para avaliar opções financeiras, neste caso *Black-Scholes*. A fórmula a seguir sumariza a avaliação de reservas provadas totais, parte com e parte sem flexibilidade.

$$\text{Valor das Reservas Provadas (OR)} = \text{FCD } R_{sf} + \text{OR } R_f \quad (7)$$

onde:

- $\text{FCD } R_{sf}$ é o valor presente líquido gerado pelas reservas provadas sem flexibilidades; e
- $\text{OR } R_f$ é o valor das opções reais sobre as reservas provadas que apresentam flexibilidades.

Assim, para se atingir o objetivo proposto, inicialmente foi aplicado o modelo do fluxo de caixa descontado para se avaliar as reservas provadas totais das empresas. Posteriormente, foi aplicado o mesmo método só que restrito às reservas provadas desenvolvidas². Juntamente com essa avaliação, aplicou-se o modelo de precificação de opções para as reservas provadas não desenvolvidas. Somando os dois valores obtidos, das reservas provadas desenvolvidas e das não-desenvolvidas, chegou-se ao valor estimado das reservas provadas totais das empresas. Devido à simplicidade de alimentação dos dados, o modelo de *Black-Scholes* foi empregado para avaliar a flexibilidade que as empresas analisadas possuem em postergar o desenvolvimento de suas reservas provadas não desenvolvidas.

O objetivo destes cálculos é a comparação entre o método do fluxo de caixa descontado e o método que mescla fluxo de caixa descontado para reservas provadas desenvolvidas e modelo de precificações de opções para reservas provadas não desenvolvidas.

Por fim, foi feito o teste de sensibilidade nas variáveis do modelo de precificação de opções, sendo este o principal objetivo do trabalho.

3.2 Amostra

A seleção das empresas foi feita de forma não probabilística e por conveniência dos pesquisadores, tendo como premissa empresas integradas do setor petrolífero, listadas na *New York Stock Exchange* (NYSE) e que utilizam o método dos esforços bem sucedidos para a capitalização de seus gastos.

A escolha de empresas que seguem o método de capitalização pelos Esforços Bem Sucedidos foi feita levando em consideração as afirmações de Johnston e Johnston (2006) sobre os métodos de capitalização. Para esses autores, o método *successful efforts* é utilizado por empresas integradas e de grande porte.

Foi levada, ainda, em consideração a necessidade de listagem das empresas na NYSE. Essas empresas seguem a normatização da *Securities and Exchange Commission* (SEC) para a elaboração de seus relatórios anuais. O objetivo foi padronizar ao máximo as análises

² Reservas Provadas Desenvolvidas, para a ANP, são aquelas que podem ser recuperadas por intermédio de poços existentes e quando todos os equipamentos necessários à produção já se encontram instalados. Já Reservas Provadas Não Desenvolvidas são reservas de petróleo e gás natural que podem vir a ser recuperadas com a instalação dos equipamentos necessários a produção.

realizadas neste estudo e abordar o mercado de capitais no qual estão listadas as principais indústrias petrolíferas privadas do mundo.

Assim, chegou-se a 13 empresas. Foram consultados os relatórios 10-K³, 20-F⁴ e 40-F⁵ do ano de 2008 das empresas citadas. O quadro 2, a seguir, apresenta as empresas e seus respectivos relatórios consultados.

Empresa	Sigla	Listagem	Característica	Relatório
BP p.l.c.	BP	NYSE	Integrada	20-F
Chevron Corporation	CVX	NYSE	Integrada	10-K
China Petroleum & Chemical Corporation	SNP	NYSE	Integrada	20-F
ConocoPhillips	COP	NYSE	Integrada	10-K
Eni	E	NYSE	Integrada	20-F
Hess Corporation	HES	NYSE	Integrada	10-K
Marathon Oil Corporation	MRO	NYSE	Integrada	10-K
Murphy Oil Corporation	MUR	NYSE	Integrada	10-K
Petro China Company Limited	PTR	NYSE	Integrada	20-F
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	PBR	NYSE	Integrada	20-F
Repsol International Capital Limited	REPPRA	NYSE	Integrada	20-F
Total S.A.	TOT	NYSE	Integrada	20-F
Ypf Sociedad Anónima	YPF	NYSE	Integrada	20-F

Quadro 2: Amostra Seleccionada

O modelo de fluxo de caixa descontado foi aplicado para a avaliação das reservas provadas totais de petróleo das empresas e também para a avaliação das reservas provadas desenvolvidas das empresas. A única diferença entre os dois casos, é que na avaliação das reservas provadas totais, o custo de desenvolvimento das reservas provadas não desenvolvidas também entra no cálculo do fluxo de caixa líquido da empresa, já no caso das reservas provadas desenvolvidas, não há esse tipo de custo.

São apresentadas, a seguir, as variáveis usadas no fluxo de caixa descontado e as premissas utilizadas para preenchê-las.

- **Reservas Provadas:** Os valores das reservas provadas totais ou somente as reservas provadas desenvolvidas foram retirados dos formulários 10-K, 20-F e 40-F das empresas selecionadas, sendo que as reservas provadas são medidas em números de barris de petróleo.
- **Produção:** A produção atual das empresas é divulgada em seus relatórios anuais 10-K, 20-F e 40-F. A partir da quantidade produzida, foram calculadas as taxas de esgotamento das reservas provadas das empresas. Com a taxa de esgotamento calculada para cada empresa, foi apurada uma estimativa da produção futura para ser aplicada nos fluxos futuros de caixa. Portanto, a estimativa de produção futura é obtida através da divisão do número de reservas provadas atual pelo prazo de esgotamento das reservas provadas encontrado.
- **Preço:** O preço do petróleo de 2008 foi obtido através da série temporal do *International Petroleum Exchange* (IPE). Já os preços futuros dos petróleos foram obtidos através da

³ Relatório apresentado anualmente à SEC por empresas norte-americanas com ações negociadas publicamente. Inclui informações como o histórico da empresa, sua estrutura organizacional, os pagamentos feitos a executivos, a identificação de suas filiais e as demonstrações financeiras auditadas, fornecendo uma visão geral da empresa (SEC, 2009).

⁴ Relatório exigido pela SEC para registro de empresas de títulos privados estrangeiros. Fornece informações financeiras e não-financeiras e pode ser utilizado como relatório anual. Comparável ao Relatório 10-K exigido de empresas norte-americanas (SEC, 2009).

⁵ Relatório exigido pela SEC para registro de empresas de títulos privados sob as leis do Canadá ou de toda a província canadense. Fornece informações financeiras e não-financeiras e pode ser utilizado como relatório anual. Comparável ao Relatório 10-K exigido de empresas norte-americanas (SEC, 2009).

série temporal do *Energy Information Administration of United States of America* (EIA/USA).

- **Custo de Produção:** O custo de produção total da empresa é fornecido pelas empresas em seus relatórios. Com a divisão desse custo pelo total de reservas provadas, chegamos ao custo por barril do petróleo, que foi multiplicado pela quantidade de petróleo produzida no ano e assim obtido o custo de produção do fluxo de caixa futuro.
- **Custo de Desenvolvimento:** Para se obter o custo de desenvolvimento em cada ano para a aplicação no fluxo de caixa descontado, foi dividido o custo de desenvolvimento, fornecido pelas empresas em seus relatórios, pelo tempo necessário para se desenvolver as reservas provadas não desenvolvidas.
- **Impostos:** São fornecidos pelas empresas em seus relatórios.
- **Custo de Capital:** Para se chegar ao custo de capital de cada empresa, utilizou-se o conceito de custo médio ponderado de capital ou, em inglês *Weighted Average Cost Of Capital* (WACC). Para o custo de capital próprio (K_e), utilizou-se o valor médio do setor, calculado por Damodaran e obtido pelo site <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Para 2008, o K_e médio para o setor foi de 8,89% ao ano. Para o custo de capital de terceiros (K_d) foi utilizado a taxa de juros dos empréstimos e financiamentos mais recentes observados nas notas explicativas dos relatórios das empresas. Por fim se ponderou esses dois custos pela estrutura de capital da empresa.

O quadro 3, a seguir, apresenta o custo de capital apurados para cada uma das empresas.

Empresa	Custo de Capital
BP p.l.c.	4,73%
Chevron Corporation	6,47%
China Petroleum & Chemical Corporation	6,72%
ConocoPhillips	5,46%
Eni	5,01%
Hess Corporation	5,82%
Marathon Oil Corporation	8,12%
Murphy Oil Corporation	6,85%
Petro China Company Limited	7,81%
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	6,23%
Repsol International Capital Limited	6,43%
Total S.A.	5,31%
Ypf Sociedad Anónima	6,91%
Média	6,30%

Quadro 3: Custo de Capital das Empresas Seleccionadas

Para se apurar o fluxo caixa das empresas, primeiro foi calculada a receita através da multiplicação do preço do barril de petróleo pelo número de barris produzidos. Dessa receita, foi subtraído o custo de produção e o custo de desenvolvimento (no caso das reservas provadas totais), obtendo-se o fluxo de caixa antes dos impostos. Por fim, desse último valor, foi subtraído os impostos e obtido o fluxo de caixa líquido do ano. Este processo se repete em todos os anos até o prazo de esgotamento das reservas provadas, período onde se encerra o fluxo. Calcula-se então o valor presente de todos esses fluxos de caixa utilizando o custo de capital calculado para cada empresa.

A seguir são apresentados os critérios para a apuração de cada variável do modelo de avaliação de opções (*Black-Scholes*):

- **Preço a Vista da Ação (S):** Como se trata do modelo de *Black-Scholes* com pagamento de dividendos, primeiro calculamos o valor presente das reservas não desenvolvidas (similar ao preço à vista da ação sem dividendos) e depois ajustamos esse valor à taxa de produção da empresa (similar aos dividendos). Para se chegar ao valor presente das reservas provadas não desenvolvidas, multiplicamos a capacidade de geração de barris de petróleo das reservas provadas não desenvolvidas pela diferença entre o preço e o custo de produção do barril do petróleo. Com esse valor, se aplicou a taxa de produção das reservas provadas de acordo com a fórmula apresentada anteriormente no modelo de *Black-Scholes* com o pagamento de dividendos.
- **Preço de Exercício (X):** O preço de exercício nas opções reais do setor petrolífero é o custo total estimado para o desenvolvimento das reservas provadas não desenvolvidas. Portanto, neste estudo, o potencial de barris de petróleo que podem ser produzidos pelas reservas provadas não desenvolvidas foi multiplicado pelo custo de desenvolvimento por barril de petróleo.
- **Taxa de Juros Livre de Risco:** Média das taxas livres de risco usadas pelas empresas no ano de 2008.
- **Volatilidade do Ativo-Objeto:** Primeiramente, foi obtida uma série temporal com os preços mensais do barril de petróleo desde o início do ano de 1986 até o final de 2008. Com esses valores, foi calculada a variação mensal do preço do petróleo aplicando o método do logaritmo neperiano, onde se aplica o \ln sobre a divisão do preço no período t sobre o preço no período $t-1$. Depois de obtidas as variações de todos os meses, foram calculadas as variâncias em cada mês sobre as ultimas 12 variações obtidas anteriormente. O valor obtido foi de 2,89%.
- **Tempo de expiração da opção:** Nesse estudo, o tempo de expiração da opção foi considerado como sendo a estimativa do tempo de exaustão das reservas provadas, dado o nível atual de produção – taxa de esgotamento das reservas provadas.
- **Rendimento de Dividendos:** No modelo aplicado para o setor petrolífero, rendimento de dividendos é receita anual líquida de produção estimada como percentual do valor da reserva. Para o cálculo do rendimento da produção utilizamos o mesmo método proposto por Godoy (2004):

$$\delta = \frac{\omega \times (0,46P - 0,33P)}{0,33P} \quad (8)$$

onde:

- δ significa o rendimento da produção (*dividend yield*)
- ω a taxa de produção (produção / reservas)
- P significa o preço do barril do petróleo no período

3.3 Análise de Sensibilidade

Para análise da sensibilidade do valor das reservas provadas de petróleo, foram alterados individualmente os valores de cada uma das variáveis constantes no modelo de precificação de opções aplicado às reservas provadas não desenvolvidas, de modo a verificar

a distância entre o valor modificado e o valor originalmente apurado. Para isso foram utilizadas as seguintes variações: i) Valor presente do ativo (**S**): acréscimo de 1% (aplicação do fator 1,01); ii) Custo de desenvolvimento (**X**): acréscimo de 1% (fator 1,01); iii) Período de exaustão das reservas provadas (**t**): acréscimo de 1 ano; iv) Taxa de juros livre de risco (**r**): acréscimo de 1% (por exemplo, onde havia 4% passamos para 5%); v) Variabilidade no preço do petróleo (**σ ou Var**): acréscimo de 1% (da mesma forma que em r) e, vi) Taxa de produção das reservas provadas (**y**): acréscimo de 1% (da mesma forma que em r).

4. Resultados

4.1 Análises Descritivas das Empresas Selecionadas

Foram calculados para um período de 10 anos (1999 a 2008), os valores médios da Taxa de desenvolvimento, da Variação das reservas provadas desenvolvidas, da Variação das reservas provadas, da Taxa de descoberta, da Taxa de produção e da Taxa de esgotamento. A tabela 1 apresenta a média dos últimos 10 anos dos índices, por empresa.

Tabela 1: Taxa de Desenvolvimento. Variação das Reservas Desenvolvidas. Variação das Reservas Provadas Média dos Últimos 10 anos.

Empresa	Taxa de Desenvolvimento	Variação das Reservas Desenvolvidas	Variação das Reservas Provadas
BP p.l.c.	23,09%	4,35%	3,28%
Chevron Corporation	22,78%	-0,98%	0,16%
China Petroleum & Chemical Corporation	38,50%	0,63%	2,03%
ConocoPhillips	81,78%	17,72%	18,89%
Eni	24,73%	4,09%	2,63%
Hess Corporation	38,94%	0,98%	4,01%
Marathon Oil Corporation	34,87%	-1,56%	-1,59%
Murphy Oil Corporation	28,41%	0,45%	0,43%
Petro China Company Limited	17,44%	1,23%	3,36%
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	18,36%	8,69%	3,69%
Repsol International Capital Limited	9,37%	-9,83%	-7,03%
Total S.A.	13,08%	-2,85%	-0,16%
Ypf Sociedad Anónima	9,46%	-11,41%	-11,22%
Média	27,75%	0,89%	1,42%

- **Taxa de desenvolvimento:** é a divisão do volume de reservas provadas desenvolvidas no período t , medida em barris de petróleo, pelo volume de reservas provadas não-desenvolvidas no período $t-1$.
- **Variação das reservas provadas desenvolvidas:** é a simples variação entre o volume de reservas provadas desenvolvidas de um ano em relação ao ano anterior.
- **Variação das reservas provadas:** é a variação entre o volume de reservas provadas de um ano em relação ao ano anterior.

Foram, também, calculadas para um período de 10 anos (1999 a 2008), os valores médios da Taxa de Descoberta, da Taxa de Produção e da Taxa de Esgotamento. A tabela 2 apresenta esses índices, por empresa.

Tabela 2: Taxa de Descoberta. Taxa de Produção. Taxa de Esgotamento. Média dos Últimos 10 anos.

Empresa	Taxa Descoberta	Taxa de Produção	Prazo Esgotamento
BP p.l.c.	8,46%	14,35%	12,9
Chevron Corporation	4,34%	11,98%	12,4
China Petroleum & Chemical Corporation	10,95%	10,85%	12,3
ConocoPhillips	6,40%	11,96%	13,5
Eni	6,43%	15,25%	11,8
Hess Corporation	6,61%	18,91%	8,5
Marathon Oil Corporation	7,51%	15,14%	8,9
Murphy Oil Corporation	14,86%	24,43%	7,6
Petro China Company Limited	7,46%	8,46%	18,9
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	6,66%	12,87%	17,6
Repsol International Capital Limited	3,77%	15,21%	10,8
Total S.A.	4,64%	14,98%	12,6
Ypf Sociedad Anónima	3,64%	15,96%	8,3
Média	7,06%	14,64%	12,02

- **Taxa de Descoberta:** é a divisão do volume descoberto mais recuperações pelo total de reservas provadas. Demonstra a taxa de reposição das reservas.
- **Taxa de produção:** é a divisão do volume produzido em um ano pelo total de reservas provadas desenvolvidas do ano anterior.
- **Taxa de Esgotamento:** é a divisão do volume produzido de petróleo pelo total de reservas provadas. Representa a vida útil de uma reserva.

4.2 Avaliação das Reservas Provadas

O primeiro método utilizado foi o método do fluxo de caixa descontado. Por este método, a empresa com o maior valor de reservas foi *Chevron Corporation*, seguido pela *BP p.l.c.* e *PetroChina*. A empresa brasileira Petrobras teve o 5º maior valor em reservas provadas totais. A tabela 3 apresenta esses valores.

Tabela 3: Valor Das Reservas Totais em US\$ Bilhões pelo Método do Fluxo de Caixa Descontado

Em US\$ Bilhões	
Empresa	Valor das Reservas Totais
BP p.l.c.	648.446,33
Chevron Corporation	702.815,78
China Petroleum & Chemical Corporation	144.895,01
ConocoPhillips	342.332,47
Eni	211.112,38
Hess Corporation	41.635,41
Marathon Oil Corporation	31.061,82
Murphy Oil Corporation	9.313,78
Petro China Company Limited	641.257,25
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	336.370,85
Repsol International Capital Limited	69.204,54
Total S.A.	256.711,67
Ypf Sociedad Anónima	44.160,55

Posteriormente, foram avaliadas as reservas provadas desenvolvidas pelo método FCD e as provadas não desenvolvidas pelo método de opções reais. Quando o método de avaliação das reservas provadas é alterado (de FCD para FCD e opções reais), a ordem das reservas de maior valor também se modifica. Antes a empresa com maior valor em suas reservas provadas era a *Chevron Texaco*, agora a empresa com maior valor é a *PetroChina*. Este fato é justificado, principalmente, pela diferença entre as proporções de reservas provadas desenvolvidas sobre reservas provadas não-desenvolvidas apresentadas pelas empresas. Como este método atribui valor as flexibilidades existentes no caso de reservas provadas não-

desenvolvidas, as empresas com maiores proporções de reservas provadas não-desenvolvidas tendem a valorizar as suas reservas provadas totais. A tabela 4 apresenta esses valores.

Tabela 4: Valor das Reservas Provadas Totais em U\$\$ Bilhões

Empresa	Reservas Não Desenvolvidas	Reservas Desenvolvidas	Reservas Totais
	Opções Reais	Fluxo de Caixa Descontado	Opções Reais e Fluxo de Caixa Descontado
BP p.l.c.	281.916,69	396.391,31	678.308,00
Chevron Corporation	85.276,65	245.399,52	330.676,17
China Petroleum & Chemical Corporation	51.757,34	100.690,60	152.447,94
ConocoPhillips	62.190,36	151.807,11	213.997,47
Eni	86.349,88	133.304,67	219.654,56
Hess Corporation	13.613,50	27.993,70	41.607,19
Marathon Oil Corporation	9.607,47	25.371,27	34.978,74
Murphy Oil Corporation	2.702,62	6.224,46	8.927,08
Petro China Company Limited	353.117,01	382.646,91	735.763,92
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	148.727,89	216.761,26	365.489,16
Repsol International Capital Limited	33.029,00	44.699,09	77.728,09
Total S.A.	165.777,47	139.840,97	305.618,44
Ypf Sociedad Anónima	11.296,13	34.835,43	46.131,56

Comparando os métodos de avaliação, nota-se que na maioria das empresas quando se utiliza o método de avaliação que mescla opções reais e fluxo de caixa descontado o valor obtido das reservas provadas totais é maior que o valor obtido quando se utiliza somente o método do fluxo de caixa descontado. Comprova-se, então, através da tabela 5, que na maioria das empresas o método misto consegue mensurar a opção da empresa de desenvolver ou não as suas reservas provadas não desenvolvidas, atribuindo um valor extra a essa flexibilidade que as empresa possuem.

Tabela 5: Tabela Comparativa entre os Métodos de Avaliação de Reservas

Empresa	Em US\$ Bilhões		
	Reservas Totais	Reservas Totais	
	FCD	Opções Reais + FCD	Diferença
BP p.l.c.	648.446,33	678.308,00	29.861,68
Chevron Corporation	702.815,78	330.676,17	(372.139,61)
China Petroleum & Chemical Corporation	144.895,01	152.447,94	7.552,93
ConocoPhillips	342.332,47	213.997,47	(128.335,00)
Eni	211.112,38	219.654,56	8.542,17
Hess Corporation	41.635,41	41.607,19	(28,21)
Marathon Oil Corporation	31.061,82	34.978,74	3.916,93
Murphy Oil Corporation	9.313,78	8.927,08	(386,70)
Petro China Company Limited	641.257,25	735.763,92	94.506,67
Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A.	336.370,85	365.489,16	29.118,31
Repsol International Capital Limited	69.204,54	77.728,09	8.523,56
Total S.A.	256.711,67	305.618,44	48.906,77
Ypf Sociedad Anónima	44.160,55	46.131,56	1.971,01

4.3 Análise de Sensibilidade

Na análise da sensibilidade do modelo de opções reais, nota-se que o valor das reservas é altamente sensível à taxa de rendimento da produção (y), bem como ao prazo de esgotamento das reservas(t).

Exceto pelo tempo (t), todos os direcionadores se comportaram de acordo com que teoriza a precificação de opções. Ao ser elevado em 1 ano o prazo de esgotamento das reservas esperava-se uma influencia positiva sobre o valor das reservas provadas. Isso não aconteceu devido à taxa de rendimento da produção, que utiliza o prazo de esgotamento das reservas para ajustar o valor do ativo (S).

Assim ao elevar o tempo, eleva-se simultaneamente o valor do rendimento da produção, portanto, influenciando negativamente o valor da opção. Segundo Godoy (2004) a análise de sensibilidade objetiva identificar as variáveis estratégicas de um empreendimento,

portanto, as variáveis chaves (direcionadores) são aquelas que provocam uma intensa variação (sensibilidade) na avaliação das reservas provadas desenvolvidas ou possuem um elevado nível de risco nas suas estimativas. Portanto, isso evidencia que a produção intertemporal, ou seja, a produção planejada afeta fortemente o valor das reservas provadas. A tabela 6 apresenta os percentuais de variação.

Tabela 6: Tabela Comparativa entre os Métodos de Avaliação de Reservas

2008	S	X	t	r	Var	y
Petrobrás	1,19%	-0,19%	-4,90%	2,39%	0,05%	-15,01%
Chevron	1,93%	-0,92%	-5,99%	11,15%	4,26%	-21,54%
China Petroleum	1,10%	-0,10%	-5,02%	1,04%	0,00%	-11,99%
Conoco	1,43%	-0,43%	-5,09%	4,21%	0,37%	-14,02%
Eni	1,27%	-0,27%	-6,96%	2,65%	0,07%	-12,61%
BP	1,25%	-0,25%	-5,72%	2,97%	0,10%	-14,92%
Ahess	1,71%	-0,71%	-9,91%	7,25%	1,54%	-16,22%
Marathon	1,42%	-0,42%	-6,91%	3,54%	0,21%	-11,86%
Murphy	1,72%	-0,73%	-16,53%	4,53%	0,57%	-10,57%
Petro China	1,09%	-0,09%	-3,34%	1,37%	0,01%	-18,06%
Repsol	1,14%	-0,14%	-10,00%	0,91%	0,00%	-7,01%
Total	1,23%	-0,23%	-7,04%	2,55%	0,07%	-14,14%
YPF	1,26%	-0,26%	-10,91%	1,33%	0,00%	-6,23%
Médias	1,4%	-0,4%	-7,6%	3,5%	0,6%	-13,4%

5. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi o de analisar a sensibilidade no valor das reservas provadas de petróleo, calculadas pelo modelo de precificação de opções financeiras aplicadas em ativos reais.

Para atingir o objetivo proposto, inicialmente aplicou-se o modelo do fluxo de caixa descontado para se avaliar as reservas provadas totais das empresas. Posteriormente, foi aplicado o mesmo método só que restrito às reservas provadas desenvolvidas e o modelo de precificação de opções para as reservas não desenvolvidas. Somando os dois valores obtidos chegou-se ao valor estimado das reservas provadas totais das empresas. Por fim, foi feito o teste de sensibilidade nas variáveis do modelo de precificação de opções. As empresas analisadas foram petrolíferas integradas listadas na NYSE e que seguem o de capitalização dos esforços bem sucedidos. O ano de análise foi o de 2008.

Comparando os métodos de avaliação, nota-se que quando se utilizada o método de avaliação que mescla opções reais e fluxo de caixa descontado o valor obtido das reservas totais das empresas é maior que o valor obtido quando se utiliza somente o método do fluxo de caixa descontado. Identificou-se que o método misto consegue mensurar a opção da empresa de desenvolver ou não suas reservas não desenvolvidas, atribuindo um valor extra a essa flexibilidade.

Das 13 empresas analisadas, 9 delas (*BP, ChinaPetroleum, Eni, Marathon, Petro China, Petrobrás, Repsol, Total e YPF*) tiveram o valor de suas reservas aumentadas quando se aplicou o método de precificação de opções reais. Isto se deve ao fato deste método levar em consideração a opção que as empresas desse setor possuem em desenvolver as suas reservas ainda não desenvolvidas no período em que considerarem esse desenvolvimento mais apropriado economicamente – preços superiores e ou custos inferiores.

Entre aqueles com elevação no valor das reservas, a *PetroChina* foi a que apresentou o maior valor com a aplicação do modelo de precificação de opções. Usando apenas o modelo de fluxo de caixa descontado a *Chevron* e a *BP* superaram o valor da *PetroChina*. Entretanto,

a petrolífera chinesa possui o maior volume de reservas não desenvolvidas dentre as empresas analisadas - 8.650,67 milhões de barris de óleo equivalente, ou seja, 40,39% do volume total de reservas provadas.

Na análise da sensibilidade do modelo de opções reais, nota-se que o valor das reservas é altamente sensível à taxa de rendimento da produção (y), bem como ao prazo de esgotamento das reservas(t). Exceto pelo tempo (t), todos os direcionadores se comportaram de acordo com que teoriza a precificação de opções.

Aumentando-se um ponto percentual na taxa de produção, em média o valor das reservas foi reduzido em 13,4%. A segunda variável mais influente foi o prazo de esgotamento das reservas, sendo que o acréscimo de um ano no prazo reduz em média 7,6% do valor das reservas.

A alta sensibilidade do valor das reservas provadas em relação à taxa de produção das empresas talvez justifique o fato dos principais países produtores de petróleo e principalmente das empresas, não elevarem os níveis de produção do mineral.

Referências Bibliográficas

ALCIATORE, M. L. *New evidence on SFAS n.º. 69 and the components of the change in reserve value. The Accounting Review.* 1993.

ADKERSON, R. C., *Can Reserve Recognition Accounting Work? Journal of Accountancy, Setembro.* 1979.

BIERMAN Jr. H.; DUKES, R.E; DYCKMAN, T.R. *Financial Accounting in Petroleum Industry. Journal of Accountancy.* 1974.

BREALY, R.A; MYERS, S.C. **Princípios de Finanças Empresarias.** Portugal: McGraw-Hill. 1992.

BRENNAN, M.J.; SCHWARTZ, E.S. *Evaluating Natural Resource Investments. The Journal of Business* . 1985.

BRENNAN, M.J; TRIGEORGIS, L. *Project Flexibility, Agency, and Competition.* New York: Oxford University Press. 2000.

BROCK, H. R; CARNES, M. Z.; JUSTICE, R, **Petroleum accounting: principles, procedures & issues.** 6º Ed. Denton, Texas: PricewaterhouseCoopers/Professional Development Institute. 2007.

BUCKLEY, A.; TSE, K.; RIJKEN, H.; EIJGENHUIJSEN, H. *Stock Market Valuation with Real Options: Lessons from Netscape. European Management Journal.* 2002.

CONNOR, J. E. *Discovery Value – the Oil Industry’s Untried Method. Journal of Accountancy.* 1975.

CONNOR, J. E. *Reserve Recognition Accounting: Fact or Fiction? Journal of Accounting.* 1979.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais**. Campus. Rio de Janeiro. 2001.

CORTZAR, G.; SCHWARTZ, E. S. *Implementing a Real Option Model for Valuing an Undeveloped Oil Field*. **International Transactions in Operational Research**. 1997.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos**. Qualitymark. Rio de Janeiro. 2001.

DEAKIN, E. B. *An Analysis of Differences between Non-Major Oil Firms Using Successful Efforts and Full Cost Methods*. **The Accounting Review**. 1979.

DIAS, M. A. G. **Investimento sob Incerteza em Exploração & Produção de Petróleo**. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica. 1996.

DIAS, M. A. G. **Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo**. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica. 2005.

DICKENS, R.N; LOHRENZ, J. *Evaluating Oil and Gas Assets: Option Pricing Methods Prove no Panacea*. **Journal of Financial and Strategic Decisions**. 1996.

DORAN, B.M.; COLLINS, D. W.; DHALIWAL, D.S. *The Information of Historical Cost Earnings Relative to Supplemental Reserve-Based Accounting Data in the Extractive Petroleum Industry*. **The Accounting Review**. 1988.

EKERN, S. *An option Pricing Approach to Evaluating Petroleum Projects*. **Energy Economics**. 1988.

GALLUN, R.A.; STEVENSON, J.W.; NICHOLS, L.M. **Fundamentals of Oil & Gas Accounting**. 3ª Ed. Oklahoma: PennWell Books. 1993.

GODOY, C. R. **Evidenciação contábil e as avaliações pelo fluxo de caixa descontado e pela teoria de opções: um estudo aplicado à indústria petrolífera mundial**. 2004. 284 f. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo. 2004.

GRAFSTRÖM, C.; LUNDQUIST, L. *Real Option Valuation vs. DCF Valuation: An Application to a North Sea Oilfield*. **Master's Thesis in Financial Economics, School of Business**. Stockholm University. Spring.2002.

HARRIS, T.S.; OHLSON, J.A. *Accounting Disclosures and the Market's Valuation of Oil and Gas Properties*. **The Accounting Review**. 1987.

HARRIS, T.S.; OHLSON, J.A. *Accounting Disclosures and the Market's Valuation of Oil and Gas Properties: Evaluation of Market Efficiency and Functional Fixation*. **The Accounting Review**. 1990.

HULL, J. C. **Introdução aos Mercados Futuros e de Opções**. BM&F e Cultura. São Paulo. 2ª Ed. 2000.

IJIRI, Y. *Oil and Gas Accounting – Turbulence in Financial Reporting*. **Financial Executive**. 1979.

JOHNSEN, T.; PAXSON, D.A.; RIZZUTO, R. *Are Petroleum Market Value a Triumph of Economics over Accounting?* **Journal of Business Finance & Accounting**. 1996.

JOHNSTON, D.; JOHNSTON, D. *Introduction to oil company financial analysis*. Tulsa, Oklahoma: PennWell. 2006.

LILIEN, S.; PASTENA, V. *Determinants of Intramethod Choice in the Oil and Gas Industry*. **Journal of Accounting and Economics**. 1982.

LUERMAN, T.A. *Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers*. **HBR**. 1998.

MAGLIOLO, J. *Capital Market Analysis of Reserve Recognition Accounting*. **Journal of Accounting Research**. 1986.

MILLER, M.H.; UPTON, C.W. *A Test of Hotelling Valuation Principle*. **Journal of Political Economy**. 1985

NAGGAR, A. *Oil and Gas Accounting: Where Wall Street Stands*. **Journal of Accountancy**. 1978.

PADDOCK, J; SIEGEL, D.R; SMITH, J.L. *Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases*. **Quarterly Journal of Economics**. 1988.

SAITO, R.; SCHIOZER, D.; CASTRO, G. N. **Simulação de Técnicas de Engenharia de Reservatórios: exemplo de utilização de opções reais**. Revista de Administração de Empresas – RAE. São Paulo. 2000.

SILVA NETO, L. **Opções do Tradicional ao Exótico**. Atlas e BM&F. São Paulo. 2000.

WOLK, H. I., FRANCIS, J.R. and TEARNEY, M.G. *Accounting Theory: A Conceptual and institutional Approach*. Massachusetts: Kent Publishing Company. 1984.