ELE2005 - Análise Estratégica de Investimentos e de Decisões com Teoria dos Jogos e Jogos de Opções Reais

2º Semestre de 2006 - Professor: Marco Antonio Guimarães Dias

Jogos de Barganha: Introdução e Solução Cooperativa de Nash[1]

O jogo de barganha é um dos ramos da teoria dos jogos de maior interesse prático, se não for o maior. Na área de exploração de petróleo, por ex., veremos que é possível desenhar contratos de parceria para obter ganhos baseados na *externalidade positiva* gerada pelo exercício de uma opção (no caso, perfuração de um prospecto exploratório), isto é, a revelação de informação de um prospecto exploratório perfurado sobre outro prospecto exploratório ainda não-perfurado. Esses contratos de parceria são exemplos de resultados de jogos de barganha. A análise dos equilíbrios desses jogos de barganha e os possíveis métodos de solução, são os principais objetivos dessa teoria.

A teoria dos jogos de barganha é dividida em três ramificações: (a) jogos de barganha não-cooperativos; (b) jogos de barganha cooperativos; e (c) jogos de barganha evolucionários. A teoria não-cooperativa é baseada principalmente no famoso modelo de ofertas alternadas de Rubinstein (1982)[2], que chega a um único ENPS que nem sempre parece intuitivo ou "justo". A teoria cooperativa mais popular é, de longe, a chamada solução de Nash (1950, 1953), que apresenta resultados mais intuitivos. A teoria evolucionária é mais recente, ver Napel (2002) para detalhes, e baseada na teoria dos jogos evolucionários. Enquanto a teoria não-cooperativa de barganha especifica os detalhes do *processo* de barganha (exs.: ofertas são alternadas, o jogador i faz a primeira oferta, o tempo entre cada oferta, se é jogo infinito ou não, etc.), a solução cooperativa é mais simples e geral, pois independe do processo *específico* em que se dá a barganha. Embora a especificação do processo de barganha possa provar a existência do ENPS, ele pode chegar a resultados menos intuitivos, por ex., que o primeiro jogador a fazer a oferta tem uma vantagem decisiva para obter todo ou a maior parte do prêmio do jogo de barganha.

---

[1] Adaptado da tese de doutorado do professor.

[2] As referências bibliográficas dessa nota estão no capítulo de referências bibliográficas da tese do professor, disponível em: http://www.puc-rio.br/marco.ind/pdf/tese_doutor_marco_dias.pdf

A ênfase dessa nota é no jogo de barganha cooperativo de Nash, mas existe uma ligação estreita da teoria dos jogos de barganha não-cooperativos (Rubinstein) com a solução cooperativa de Nash: no modelo de ofertas alternadas, se for permitido um pequeno risco de desistência da negociação ("breakdown") depois da rejeição de qualquer oferta, a solução de barganha não-cooperativa (ENPS) converge para a solução cooperativa de Nash quando a probabilidade de desistência vai para zero (ver Osborne & Rubinstein, 1994, seção 15.4). Isso será mais bem discutido e usado depois para obter um ENPS.

Para motivar e introduzir alguns conceitos e notação, considere o exemplo mostrado no anexo a essa nota, em que foi usada a eq. (A1) para calcular o valor de um prospecto. No exemplo o VME foi de – 1,5 milhões. Nesse exemplo existe um outro prospecto, vizinho e no mesmo play geológico, que tem as mesmas características e o mesmo VME negativo do primeiro. No entanto, a perfuração de um dos prospectos tem um benefício adicional, mais sutil, que é revelar informação para o outro prospecto (Figura A1). Assim, a união dos dois prospectos é bem mais valiosa que a soma dos VMEs individuais. Agora assuma que cada um desses dois prospectos iguais é de uma companhia de petróleo diferente, Companhia i e Companhia j. Na ótica da guerra de atrito, i. é, sem cooperação, nenhuma das duas companhias iria perfurar o seu poço (pois o VME < 0) e assim o jogo terminaria com ambas as firmas obtendo o valor zero com a estratégia "ótima" da guerra de atrito. Note que não haveria incentivo em desviar de forma unilateral dessa estratégia em qualquer subjogo (qualquer t) desde que o exercício tenha VME negativo, e assim esse equilíbrio seria ENPS, mas resultando em valor zero para ambos os jogadores.

Agora considere a possibilidade de um acordo de cooperação entre as duas companhias de petróleo, que reconhecem o benefício da revelação de informação e irão procurar dividir esse benefício num processo de barganha. Seja U a união dos dois ativos. Seja U_i e U_j os valores dos jogadores i e j resultantes de um jogo de barganha cooperativo. Seja w_i e w_j, com $w_i + w_j = 1$, as participações ("working interest") das firmas i e j na união de ativos U, ou seja:

$$\mathbf{U_i = w_i\, U} \quad \textbf{(1)}$$

$$\mathbf{U_j = w_j\, U} \quad \textbf{(2)}$$

Para explotar a revelação de informação, o acordo de cooperação prevê que um poço será perfurado imediatamente e o outro será perfurado ou não a depender da informação revelada pela primeira perfuração. Assim, o valor da firma i é:

$$\mathbf{U_i = w_i \{VME_1 + [FC_1 \,.\, Max(0, VME_2^{+})] + [(1 - FC_1) \,.\, Max(0, VME_2^{-})]\}} \qquad \mathbf{(3)}$$

O valor da firma j é similar (com w_j). Imagine o seguinte contrato de parceria: devido à simetria dos prospectos, as firmas dividem seus prospectos em 50% de participação em cada prospecto por cada firma. Ou seja, $w_i = w_j = 50\%$. Quais os valores das firmas nesse caso? Na discussão da Figura A1 foi visto que o valor da união de ativos, com perfuração de um poço e o uso da revelação de informação, era U = + 3,75 MMS. Dessa forma, o acordo simétrico de barganha resulta nos valores $U_i = U_j = + 1{,}875$ MM$, um resultado bem melhor do que o do jogo guerra de atrito. Isso significa que existe um forte incentivo em muitos casos para haver uma troca de jogos (da guerra de atrito para o jogo de barganha). Assim, a cooperação é melhor resposta simultânea, i. é, não há incentivo unilateral para desviar a qualquer tempo t, e assim também pode ser vista como ENPS.

Nesse exemplo, se as firmas não conseguissem chegar a um acordo, se teria um *desacordo* ("disagreement") ou desentendimento e as firmas voltariam a se comportar de forma não-cooperativa. Essa alternativa não-cooperativa – chamada de <u>ponto de desacordo</u> ("*disagreement point*", d) ou ponto de *status quo*, nesse exemplo teria valor igual a zero ($d_i = d_j = 0$), pois em caso de desacordo até a data T, as firmas não iriam perfurar nenhum poço e os prospectos seriam devolvidos para o governo.

No exemplo, dada a simetria, pareceu natural a troca de 50% de participação de cada prospecto para cada firma, como sendo um <u>equilíbrio natural</u> desse jogo cooperativo. Entretanto, existem outras estratégias cooperativas de equilíbrio. Na verdade, existe um contínuo de estratégias disponíveis que são EN, a maioria deles com participações assimétricas. Por ex., se o acordo é tal que a firma j tem uma participação de apenas w_j = 40% (e w_i = 60%), os valores dos jogadores com esses contratos seriam U_i = 2,25 MM$ e U_j = 1,5 MM$. Mesmo sendo menor que o valor do outro jogador, U_j é positivo (melhor que $d_j = 0$), de forma que não existe incentivo unilateral de desvio (i. é, é EN). Na prática esse não é o mais provável resultado em equilíbrio, mas é também EN. Entretanto, a teoria de barganha cooperativa usando a *solução* de Nash[3], irá recomendar a divisão de 50%-50% como a única solução do jogo nesse exemplo.

Assuma que a variável de barganha no contrato em negociação é a participação $w_i = 1 - w_j$. O conjunto de pares possíveis de participação $\{w_i, w_j\}$, com $w_j = 1 - w_i$, *mais* o ponto de desacordo $d = (d_i, d_j)$, formam o (total) conjunto factível ("*feasible set*"), denotado por $\boldsymbol{S}$, elemento básico do jogo de barganha. Para qualquer $w_i \in [0, 1]$, o contrato $\{w_i, w_j\}$ é simultaneamente melhor resposta, de forma que o (não-cooperativo) conceito de equilíbrio de Nash não pode ajudar a selecionar um único contrato de equilíbrio. Entretanto, os conceitos ou axiomas da teoria de barganha podem ajudar a apontar um único resultado.

Seja um jogo cooperativo de barganha definido pelo conjunto factível e pelo ponto de desacordo, o par ($\boldsymbol{S}$, d), sendo $\boldsymbol{S}$ um conjunto convexo, limitado, fechado e com pelo menos um ponto dominando estritamente o ponto $d \in \boldsymbol{S}$. Defina a *solução* do jogo como uma regra que dá as proporções da divisão do prêmio ou excedente ("surplus"). Os três critérios mais aceitos para selecionar uma solução cooperativa são[4]: (a) a solução de Nash (1950), que recomenda o ponto de $\boldsymbol{S}$ no qual o produto dos ganhos em relação a d é máximo; (b) a solução de Kalai & Smorodinsky (1975), que sugere o ponto de $\boldsymbol{S}$ no qual os ganhos em relação a d são proporcionais aos máximos valores possíveis dentro do subconjunto de pontos factíveis dominando d; e (c) a solução igualitária, a qual recomenda a solução que iguale os ganhos dos jogadores em relação a d. No exemplo *simétrico* simples apresentado, a solução natural $w_i = w_j = 50\%$ coincide para todos os três critérios. Mas para o caso de valores assimétricos (ex., $d_i = 0$ e $d_j = + 1$ MM$), essa coincidência não se verifica.

A solução cooperativa de Nash é uma abordagem *axiomática* baseada *principalmente* em três princípios gerais: (a) *invariância de escala*, i.é, a solução não muda em caso de transformações lineares na escala de valores ("payoff"); (b) *eficiência do resultado*, i.é, os jogadores obtêm somados não menos que *todo* o prêmio disponível (nenhum ganho mútuo é deixado inexplotado); e (c) *independência de contração*, i.é, a

[3] Não confundir "solução *cooperativa* de Nash" com "equilíbrio de Nash".

[4] Ver Thomson (1994) para uma avançada, mas concisa discussão sobre essas e outras soluções de barganha cooperativa. Para uma ótima introdução à solução cooperativa de Nash num nível elementar, ver Dixit & Skeath (1999, ch.16).

solução é invariante à remoção de soluções alternativas factíveis, mas irrelevantes (soluções não adotadas).

Nash (1950) provou que a sua solução é a <u>única</u> que satisfaz os axiomas de invariância de escala, de ser Pareto-ótimo (um critério de eficiência mais forte), de independência de contração, e de *simetria*[5]. Entretanto, a formulação da solução de Nash sem a premissa de simetria tornou-se mais comum em *aplicações* econômicas (Dixit & Skeath, 1999, p.528), mesmo gerando múltiplas soluções (um grau de liberdade, ou *flexibilidade*, para considerar alguma outra variável na seleção do problema e/ou a assimetria se os jogadores terem diferentes *poderes de barganha*). Na parte de jogos de OR, usaremos a solução de Nash *com* o axioma de simetria, a fim de obter uma solução única.

A Figura 1 ilustra a solução de Nash para o jogo de barganha cooperativo.

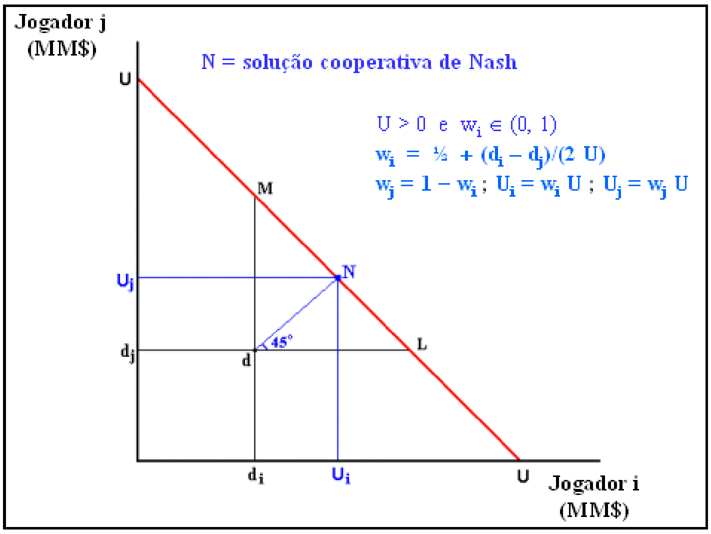

Figura 1 – Solução de Nash para o Jogo de Barganha Cooperativo

Na Figura 1, a linha (vermelha) que liga os pontos (U, 0) e (0, U) representa o conjunto factível de *acordos* (todas as combinações convexas dividindo U)[6], enquanto que o ponto de desacordo d com coordenadas (d_i, d_j) representa os valores das firmas em caso de não fechar o acordo (ou desacordo, um ponto chave que será discutido abaixo). Note que somente o segmento de reta L-M é de interesse (para um acordo), pois de outro modo as firmas ficariam melhor com os valores dados pelo ponto de desacordo d. O ponto N que

[5] O problema de barganha (***S***, d) é simétrico se a solução f_i(***S***, d) com um jogador é igual à solução com o outro jogador f_j(***S***, d).

[6] Esse conjunto não necessariamente é linear, embora seja bem mais comum.

está nesse segmento, é a solução única da barganha cooperativa de Nash. O axioma de simetria significa simplesmente que o segmento d-N tem inclinação de 45^o, enquanto que sem o axioma de simetria, se poderia escolher qualquer ponto do segmento L-M. É fácil deduzir as seguintes equações que, junto com as eqs. (1) e (2), caracterizam a solução de barganha de Nash:

$$\mathbf{w_i = ½ + (d_i - d_j)/(2\,U)}\ ,\ U > 0\ \text{ e }\ w_i \in (0, 1) \qquad \mathbf{(4)}$$

$$\mathbf{w_j = ½ - (d_i - d_j)/(2\,U)}\ ,\ U > 0\ \text{ e }\ w_j \in (0, 1) \qquad \mathbf{(5)}$$

Formalmente, além de ser a única a atender aos 4 axiomas mencionados, a solução de Nash N($\boldsymbol{S}$, d) é o resultado do seguinte problema de maximização:

$$\mathbf{N(\boldsymbol{S}, d) = argmax\{(U_i - d_i)\,(U_j - d_j) \mid (U_i, U_j) \in S, U_i \geq d_i, U_j \geq d_j\}} \qquad \mathbf{(6)}$$

Onde os argumentos que maximizam a expressão da eq. (6) são as variáveis de barganha w_i e w_j (participações em U dos jogadores i e j).

A ligação entre as teorias de barganha cooperativa e não-cooperativa – chamada de *programa de Nash* ("Nash program"), tem sido discutida desde Nash (1953) com o seu conceito de *jogo de ameaça* ("threat game") e o seu conceito de *jogo da exigência* ("demand game")[7]. Pesquisas mais recentes têm mostrado que, para uma ampla classe de casos de interesse prático, o ENPS (único em alguns casos) do jogo não-cooperativo de barganha converge para a solução cooperativa de Nash. Isso aumenta a relevância da solução de Nash para o jogo de barganha. Essa notável ligação entre as teorias não-cooperativa e cooperativa de barganha foi descoberta por Binmore (1987), que no jogo de ofertas alternadas de Rubinstein (1982) fez o intervalo de tempo entre as ofertas tender a zero, obtendo a solução de Nash como limite. Binmore & Rubinstein & Wolinsky (1986) consideraram o risco de desacordo ("breakdown"), obtendo também a solução de Nash como o limite do ENPS quando esse risco tende a zero. Rubinstein & Safra & Thomson (1992) estenderam esse resultado para o caso dos valores dos jogadores tendo preferências mais gerais (utilidade não esperada), em que também o ENPS converge para a solução de Nash.

[7] No jogo de ameaça, cada jogador assume uma ameaça ao outro jogador se o oponente não aceitar sua proposta e *depois* jogam um jogo não-cooperativo de exigência. O equilíbrio desse jogo da exigência coincide com a solução de Nash quando as exigências são ótimas.

Além dos próprios axiomas, uma das questões mais discutidas na literatura de barganha cooperativa – e muito importante também para justificar o ENPS – é o ponto de desacordo d. Existem pelo menos dois caminhos trilhados na literatura para estabelecer esse ponto, ambos ligados a jogos não-cooperativos, já que algum jogo não-cooperativo deve ser jogado em caso de falhar o acordo (desacordo). Um caminho usa a idéia inicial de Nash sobre a escolha de ameaças ("threat") *antes* da negociação da divisão de U. O outro caminho, que será adotado nessa tese, inclusive no cap.5, é que os jogadores não escolhem ou anunciam ameaças[8]. Eles simplesmente procuram fechar o acordo sem fazer ameaças, embora saibam que, se houver um indesejável e inesperado desacordo irreversível, eles irão jogar um jogo não-cooperativo a partir do instante t_d, quando ocorreu o desacordo. O desacordo é indesejado, pois desaparece o ganho potencial (Pareto eficiente) que só existe em caso de acordo. Por isso ele é improvável (desviar para estratégias que não ganham o prêmio), embora o risco de desacordo possa ser arbitrariamente pequeno (com probabilidade positiva ε). Se o jogo não-cooperativo inesperado ocorrer e se ele tiver um único equilíbrio (EN), então esse equilíbrio determinará o ponto de desacordo d (Binmore, 1992, p.262; Harsanyi, 1977, p.168; Binmore, 1998, p.65). No contexto mais dinâmico de jogos de OR, procuraremos o ENPS do subjogo que começa em t_d para achar o ponto d.

Note que o ponto d não é uma *opção externa* (Binmore, 1998, p.80), i.é, uma alternativa àquela barganha, e sim o resultado inesperado de uma falha de negociação. Uma opção externa seria, por ex., se existisse um terceiro jogador (outra companhia de petróleo) que fizesse uma oferta externa para um dos jogadores (ou para ambos), por também ter um prospecto correlacionado em um terceiro bloco. Essa oferta geraria para um ou ambos os jogadores a alternativa b_i e/ou b_j, em geral com valores diferentes de d_i e d_j, que os jogares poderiam desviar (quebrar a barganha) se fossem melhores que os valores que estiverem na mesa de negociação entre os dois primeiros jogadores. Assim, não se deve confundir opção externa com ponto de desacordo, i.é:

$$\mathbf{b = (b_i, b_j) \quad \neq \quad d = (d_i, d_j)} \qquad \mathbf{(7)}$$

[8] Essa distinção de caminhos aparece em Binmore (1992, p.261-263) e antes em Harsanyi (1977, p.167-169).

Já o caminho do jogo de ameaças é menos claro e geralmente não leva ao ENPS. Essas ameaças anunciadas podem ter efeitos no jogo da ameaça, sendo ou não críveis. Mas se a ameaça não for crível ela soa como "blefe" e não é considerada que será levada a cabo pelo oponente. Uma ameaça crível é aquela que todos acreditam que poderá ser levada a cabo por ser a ação mais racional, dada as circunstâncias. A discussão clássica sobre ameaças críveis e não criveis é devido a Schelling (1956 e 1960). Podem-se trabalhar as circunstâncias para tornar uma ameaça mais crível. Por ex., a tática do conquistador espanhol Cortés, que queimava os próprios navios para emitir um sinal de não ter alternativa a não ser lutar. Esse sinal indicava um compromisso de não recuar ou não desistir, que servia tanto aos próprios soldados, como principalmente ao inimigo, que assim via a ameaça como crível (ver Dixit & Nalebuff, 1991, p.152-155).

ANEXO A: Exemplo Mencionado em Perfuração de Petróleo

O exemplo abaixo é de exploração de petróleo, onde a principal incerteza técnica é sobre a existência de petróleo. Suponha que uma firma tem direitos exploratórios em um bloco com dois prospectos distintos e com mesma idade geológica (mesmo "play" geológico). Esses prospectos foram mapeados através de registros sísmicos[9]. O fator de chance FC (ou *probabilidade de sucesso*) de encontrar petróleo é 30% para ambos os casos. O custo de perfuração nessa área é de I_W = US$ 30 milhões para cada poço exploratório. Em caso de sucesso, o projeto de desenvolvimento tem um VPL de US$ 95 milhões em cada caso. Ou seja, os prospectos são equivalentes economicamente. Na análise econômica tradicional, o valor do prospecto é dado *valor monetário esperado*[10] (VME) definido por:

$$\mathbf{VME = -I_W + [FC\,.\,VPL]} \qquad \mathbf{(A1)}$$

Como os prospectos são iguais, ambos tem o mesmo VME negativo que é:

$$\text{VME} = -30 + [0{,}3 \times 95] = -1{,}5 \text{ milhões \$}$$

[9] A sísmica de reflexão permite identificar estruturas com chances de armazenar petróleo. Mas só com a perfuração é que se pode verificar se a estrutura tem petróleo ou se tem apenas água. Além disso, existem incertezas na interpretação sísmica (no tempo de reflexão e na velocidade).

[10] Termo largamente usado na economia da exploração para valorar um prospecto considerando a chance de sucesso.

São os prospectos sem valor para a firma de petróleo? Para responder essa questão é necessário considerar dois aspectos não incluídos no cálculo tradicional do VME acima: a *revelação de informação* e a natureza *opcional* da perfuração. Esses prospectos são dependentes por estarem no mesmo "play" geológico. Assim, é necessário considerar uma perfuração seqüencial de forma que o resultado do primeiro poço revela informações sobre o outro prospecto. Em caso de sucesso no primeiro prospecto (revelação de informação *positiva*), aumenta a chance de ter petróleo também no outro prospecto, de forma que o fator de chance do segundo prospecto FC_2^+ aumenta. Em caso de insucesso no primeiro prospecto ("poço seco"), o fator de chance do segundo prospecto FC_2^- diminui. Imagine que um geólogo usando um método *Bayesiano* achou que em caso de sucesso o fator de chance aumenta para $FC_2^+ = 50\%$. Para ser consistente, a chamada *lei das expectativas iteradas*[11] exige que em caso de insucesso se tenha $FC_2^- = 21{,}43\%$. A Figura A1 mostra os fatores de chance para o segundo prospecto, antes e depois (condicionais) da revelação de informação com a perfuração do primeiro poço.

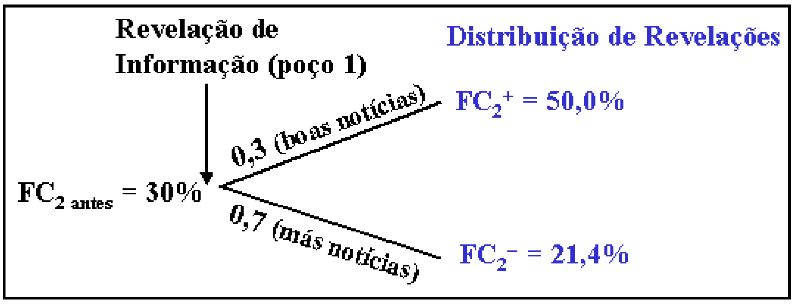

Figura A1 – Revelação de Informação para o Segundo Prospecto

Se o primeiro prospecto for perfurado e o resultado for uma revelação de informação negativa (más notícias, poço seco), o VME do segundo prospecto é revisado para um valor ainda mais negativo. Entretanto, a firma não precisa perfurar o segundo prospecto porque a perfuração é uma opção, não é uma obrigação. Assim, em caso de revelação negativa a firma pára as perdas e o segundo prospecto vale zero. Entretanto, em caso de revelação positiva (boas notícias) com a perfuração do primeiro prospecto (que tem apenas 30% de chance), o VME revisado é positivo: $VME^+_2 = -30 + [0{,}50 \times 95] = +17{,}5$

[11] O valor esperado (média) da distribuição de expectativas condicionais é igual ao valor esperado original (da distribuição a priori). Isso será mostrado/provado/detalhado posteriormente.

MM$ (ver eq. A1). Logo, considerando tanto a *revelação de informação* da primeira perfuração como o *caráter opcional* da segunda perfuração, o valor do bloco é:

$$\mathbf{E[VME_1 + opção(VME_2)] = -1{,}5 + [(0{,}7 \times zero) + (0{,}3 \times 17{,}5)] = +\ 3{,}75\ MM\$}$$

Um bloco que aparentemente não tinha valor é muito melhor que a análise tradicional indica. A fonte de valor de OR está ligada à *regra de decisão ótima*: "Perfure o primeiro prospecto. Exerça a opção de perfurar o segundo prospecto *somente* em caso de revelação de informação positiva na primeira perfuração". Os fatores-chave para esse valor positivo foram a *natureza opcional* da perfuração dos prospectos e o efeito da *revelação de informação* de prospectos dependentes, que é uma *externalidade positiva* causada pela perfuração de um prospecto sobre a decisão de perfurar ou não o segundo prospecto. Na falta de qualquer um desses dois fatores-chave, o valor do bloco seria igual ao calculado com a análise tradicional. A modelagem da incerteza técnica e da revelação de informações será tratada em detalhes posteriormente.

Existem importantes conseqüências para *negociações* (jogos de barganha) entre companhias de petróleo que podem ser inferidas com esse exemplo simples. Tanto para compra de direitos ("*farm-in*") como para venda de direitos ("*farm-out*") de blocos exploratórios, essas firmas podem perder muito dinheiro se usarem apenas ferramentas tradicionais, ignorando o caráter opcional dos investimentos e a revelação de informação com o planejamento seqüencial dos investimentos.

Além disso, a companhia de petróleo pode desenhar algumas operações especiais de <u>parceria</u> usando esses conceitos. No exemplo acima, a firma (companhia X) poderia vender 100% dos direitos do <u>primeiro</u> prospecto por um valor igual a *zero* para uma outra firma (companhia Y), exigindo "apenas" que a companhia Y perfure imediatamente o (primeiro) prospecto e que forneça toda a informação da perfuração para o proprietário original desse prospecto (companhia X). Nesse caso, o VME do bloco para a companhia X se eleva para + 5,25 MM$ porque a companhia X não perfura o primeiro prospecto que tem $VME_1 = -1{,}5$ MM$. Esse tipo de negociação é possível porque as companhias de petróleo têm diferentes avaliações para o mesmo prospecto: para aceitar o negócio a companhia Y avalia que o primeiro prospecto tem VME positivo. Essa assimetria de valoração é devida principalmente a diferenças na *interpretação geológica*, mas outros fatores também influenciam tais como taxas de desconto diferentes, diferentes expectativas para o preço de longo-prazo do petróleo, etc. Ou seja, a assimetria de valoração e a visão de OR geram oportunidades "ganha-ganha" para parcerias entre companhias de petróleo.

Usando o mesmo exemplo, a situação é um pouco mais complicada se originalmente esses prospectos estiverem em dois blocos vizinhos, com duas companhias distintas detendo os direitos em cada bloco. Claramente continuaria existindo o potencial "ganha-ganha" de negociação[12], mas uma companhia poderia achar que a outra irá perfurar primeiro e, em vez de tentar um contrato de parceria, simplesmente esperar que a outra perfure primeiro a fim de usar essa informação grátis[13] para sua própria decisão (agindo como um "free-rider"). A outra firma pode pensar o mesmo e também esperar.

Esse jogo da espera é conhecido como jogo de *guerra de atrito*. A negociação do desenho e dos valores em contratos de parceria é modelada através dos *jogos de barganha*. O jogo de barganha cooperativo é analisado no corpo principal dessa nota.

---

[12] Por ex., trocando 50% dos direitos de cada prospecto, repartindo o lucro de 3,75 MM$.

[13] O resultado da perfuração de um poço pioneiro é considerado "informação relevante" para as bolsas de valores e tem de ser tornadas públicas imediatamente. Além disso, em vários países as agências reguladoras também exigem essa divulgação.