

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

UM JOGO DE BARGANHA ENTRE PERCENTUAIS DE PARTICIPAÇÃO EM PROJETOS DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS PARA A FORMAÇÃO DE CONSÓRCIOS ENTRE EMPRESAS

Fernando Medina ¹, Virgílio José Martins Ferreira Filho ²

¹ COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Cidade Universitária – CT – bloco D – sala 118
fmedina@petroleo.ufrj.br

² COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Cidade Universitária – CT – bloco D – sala 118
virgilio@ufrj.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo desenvolver um jogo estratégico entre empresas que atuam na indústria de petróleo e gás com a finalidade de apoiar a tomada de decisão em relação à formação de parcerias em projetos de exploração e produção. O desafio deste estudo está na criação de um programa à luz dos conhecimentos de teoria da preferência e de teoria de jogos em projetos que envolvem investimentos e riscos elevados. O jogo simula os métodos utilizados nas avaliações econômico-financeiras de projetos. A modelagem do ambiente competitivo considera empresas com diferentes perfis e tolerâncias ao risco, visando maximizar seus resultados. Como cada empresa possui um conjunto de informações sobre os campos em análise, e após a inserção de dados financeiros e probabilísticos no modelo, é razoável que se encontrem resultados distintos para os percentuais de participação em cada projeto cujo maior ganho de cada jogador está no nível ótimo de participação. No caso deste valor ser diferente de cem por cento, as empresas tendem a formar alianças para mitigarem os riscos de capital do investimento. A melhor estratégia para a formação de parcerias entre as empresas é sinalizada, indicando a possibilidade de ganhos.

Palavras-chave: Projetos Exploratórios; Teoria da Preferência; Teoria dos Jogos.

Abstract: This work aims at developing a strategic game among companies that act in the oil and gas industry with the purpose of making decision in relation to constitute partnerships in exploration and production's projects. The challenge of this study is to create a software with knowledge in preference and games theory in projects which regard high investments and risk. It developed a software that simulates the methods used in the economic and financial appraisal of projects. The modelling of competitive environment regards companies with different profiles and tolerance at risks to maximize its results. As every company has a set of information with reference to the fields in analysis, and after inserting the financial and probabilistics data in the model, it's suitable to find different results for the percentual share in each project whose the biggest gain of each player is the great level of share. If the value is different from one hundred percent, it's interesting that companies join themselves with the objective of decreasing risks of investment capital. The best strategy to constitute partnerships among companies is pointed out, showing the possibility to gain money.

Keywords: Exploratories Projects; Preference Theory; Game Theory.

1. Introdução

A indústria mundial de petróleo passa por profundas transformações de ordem técnica, social, ambiental, financeira, entre outras. No que tange a parte financeira, sobretudo, na análise de projetos de investimentos em exploração e produção de petróleo e gás, importantes contribuições vêm sendo dadas ao longo dos anos por muitos especialistas e tomadores de decisão. A natureza arriscada e inerente desses projetos, devido ao enorme aporte de capital destinado as mais diversas atividades incorporadas, torna muito importante, particularmente, o momento de escolha entre alternativas.

Por meio de um modelo programado em linguagem de *visual basic*, utilizando uma interface com planilhas em *excel*, é concebida uma situação onde é possível empresas, inseridas em um mercado altamente competitivo, constituírem uma carteira de projetos exploratórios. Para tanto, são considerados seus perfis de risco, mais precisamente a sua tolerância ao risco expressa em valores monetários. E através do preenchimento de dados para cada projeto específico, imediatamente é calculado para cada empresa o percentual ótimo de participação em cada projeto. Devido à natureza arriscada dos projetos e as enormes quantias envolvidas, o programa indica as possíveis alianças entre as empresas que podem ser formadas através de um processo de negociação envolvendo valores de equivalente certo de cada projeto calculado para cada empresa.

2. A Teoria da Preferência e a Teoria de Jogos

A teoria da preferência quantifica um elemento de decisão que considere não somente o Valor Monetário Esperado (VME) de um projeto, mas também os fatores não englobados nos métodos de fluxo de caixa e árvore de decisão. MOTTA e CALÔBA (2002) indicam que esta teoria é uma extensão do conceito de valor esperado onde é considerado o sentimento do tomador de decisão, bem como as suas atitudes em relação ao volume de capital que são inseridos dentro de um parâmetro de decisão quantitativo denominado Valor Esperado de Utilidade.

Esse método fornece ao responsável pela tomada de decisão o nível de participação ótima em cada projeto, de acordo com o montante de capital a ser investido e com o nível de aversão diante do risco de cada decisor, permitindo que seja definido o melhor portfolio de acordo com o critério do melhor equivalente certo. Este, por sua vez, é o mínimo valor que o tomador de decisão aceitaria como retorno por uma escolha sem risco quando comparada com o valor esperado de uma escolha arriscada.

A teoria dos jogos é um ramo da pesquisa operacional e da economia que pretende descrever e prever o comportamento econômico utilizando a disciplina matemática, objetivando a análise e coordenação de situações de conflito. Para uma situação, especificamente, onde haja um ambiente competitivo considerando que os agentes envolvidos na disputa desejam repartir os ganhos provenientes de uma possível fase de negociação, que culmina com o objetivo alcançado, é possível modelar tal conflito. Para esta situação, a abordagem proposta por RAIFFA e LUCE (1989) envolve o emprego do modelo do problema de barganha de Nash para jogos cooperativos

3. O Jogo de Barganha em Projetos de Exploração e Produção de Petróleo e Gás

Todo o ambiente do jogo é modelado em linguagem de programação *visual basic*, sendo acessado facilmente em computador. O jogo estratégico é dividido em cinco módulos: Projetos, Mercado, Análise de Projetos, Opções de Mercado e Coalizões. Os dois primeiros (Projetos e Mercados) funcionam de maneira independente. Os módulos representam situações específicas, que são desenvolvidas para diferentes áreas de negócio da indústria de petróleo, tendo um caráter mais aplicado. Os demais módulos são dependentes das informações inseridas nos dois primeiros. Tais dados são fundamentais para poderem executar os cálculos de equivalente certo que geram os percentuais ótimos de participação em cada projeto. No entanto, tais percentuais são difíceis de serem realizados na prática. Daí a necessidade do jogador ou empresa buscar individualmente, por meio de consórcios, alianças firmes na tentativa de mitigarem os riscos inerentes do projeto com a finalidade de alcançarem um equilíbrio entre decisões por meio do processo de barganha.

As explicações de como funciona cada módulo do jogo são feitas na seqüência deste trabalho tomando como exemplo um único projeto (XY) em disputa.

3.1. Módulo I – Projetos

Como já foi dito anteriormente, o primeiro módulo (“Projetos”) do jogo serve de entrada das informações para cada um dos doze projetos presentes no mercado, que representam campos de petróleo a serem explorados (Figura 1). Cada projeto é identificado por um nome e constituído pelas seguintes variáveis (*inputs* do programa):

- Taxa de desconto (%),
- Investimento inicial (MM),
- Chance de óleo (%),
- Chance de ocorrência (%) para três tipos de reserva (pequena, média e grande),

- Receita Bruta para cada tipo de reserva (MM),
- Tempo de duração para cada tipo de reserva (ano).

Este módulo é caracterizado por um programa calcado no uso de técnicas econômico-financeiras (Valor Presente Líquido = VPL) e de análise decisória (Valor Monetário Esperado = VME) que quantificam o projeto no mercado e servem de ferramenta de suporte para os demais cálculos realizados nos demais módulos.

Figura 1. Módulo 1 - Projetos.

Após a entrada dos dados do projeto XY no primeiro módulo (“Projetos”) do jogo, são calculados as probabilidades e o VPL de cada ocorrência possível (insucesso, reserva pequena, média e grande), além do VME de cada projeto selecionado. Tais variáveis são os valores de saídas (*outpus*) parciais desse módulo do jogo.

3.1.1. Cálculo das Probabilidades de Ocorrência e do VPL das Reservas de Óleo

Para o cálculo das probabilidades usa-se o *input* correspondente à chance de ocorrência de óleo (“Módulo 1”) para o projeto em questão. Este valor é multiplicado pela respectiva chance de ocorrência de cada tipo de reserva. São considerados três tamanhos de reserva em cada projeto. Pela Figura 1, através dos dados inseridos, têm-se *inputs* iguais a 40% para chance de óleo, 10% para chance de ocorrência para a reserva grande, 25% para a reserva média e 65 % para a reserva pequena, respectivamente. Portanto, na realidade existe uma chance de óleo de 4 % para reserva grande, de 10 % para reserva média e de 26 % para a reserva.

Para encontrar o VPL, primeiramente, é preciso expressar em uma escala de tempo o valor do investimento inicial (situado no marco zero da escala) e a receita bruta (situado em um instante dado de tempo no futuro) de cada tipo de reserva considerada no projeto. Para cada valor de receita bruta trazida para o instante inicial da escala aplica-se uma taxa de juros descontada expressa pelo regime de capitalização composta.

$$VPL(i) \cong \sum_{j=0}^n FC_j / (1+i)^j \quad (1)$$

Onde :

i = taxa de desconto; j = período genérico que percorre todo o fluxo de caixa; e FC_j = fluxo genérico para $t = [0...n]$ que pode ser positivo ou negativo.

Assim, têm-se os seguintes cálculos para o valor de VPL:

$$\text{Reserva grande} \Rightarrow VPL(i = 0,24) = [400 / (1+0,24)^{10}] \cong \text{R\$ } 46,56 \text{ MM} \quad (2)$$

$$\text{Reserva média} \Rightarrow VPL(i = 0,24) = [210 / (1+0,24)^8] \cong \text{R\$ } 37,63 \text{ MM} \quad (3)$$

$$\text{Reserva pequena} \Rightarrow VPL(i = 0,24) = [100 / (1+0,24)^6] \cong \text{R\$ } 27,54 \text{ MM} \quad (4)$$

3.1.2. Cálculo do VME do Projeto

De posse dos valores calculados para as probabilidades e VPL's, inicia-se os cálculos para a determinação do VME do projeto. Primeiramente, considera-se o valor do investimento inicial (desembolso de capital, tendo sinal negativo no fluxo de caixa) multiplicado pela chance de não ocorrência de reserva (igual a 1 menos a chance de óleo). Em seguida, multiplica-se a receita bruta de cada reserva, descontado o valor de investimento inicial, pela probabilidade (item 3.2.1) calculada para a mesma. O valor do VME é então calculado através da média ponderada do VPL de cada reserva pela sua chance total de ocorrência.

$$VME = \sum_{j=1}^n VPL_j(i) \times p_j \quad (5)$$

Onde: i = taxa de desconto; j = j -ésimo evento com VPL; $VPL_j(i)$ = valor presente líquido descontado à taxa i ; e p_j = probabilidade de ocorrência do j -ésimo evento com VPL.

Com os valores do investimento inicial no projeto 1 (10 MM), da chance de insucesso de óleo ($1 - 0,4$), das probabilidades de ocorrência de cada reserva e dos valores obtidos em (2), (3) e (4), e substituindo em (5), tem-se:

$$VME = -10 \times (0,60) + 46,56 (0,04) + 37,63 (0,10) + 27,54 (0,26) \cong R\$ 6,80 \text{ MM} \quad (6)$$

O VME é uma oportunidade virtual de negócio. Entretanto, o VME não considera a presença do risco no investimento, na medida em que não viabiliza o compartilhamento e a pulverização do mesmo. Na prática, a decisão unicamente pelo VME tem sentido apenas se fosse escolhida a mesma decisão repetidas vezes.

3.2. Módulo II – Mercado

Para o segundo módulo ("Mercado") existem três empresas ou jogadores ((A) = Petroluz, (B) = Hesso e (C) = YPT) concorrendo aos doze projetos a serem desenvolvidos na área de exploração e produção de petróleo e gás que estão disponíveis no mercado. No exemplo, os valores de tolerância ao risco, expressos em milhões de reais (MM), são R\$ 60 MM, R\$ 40 MM e R\$ 20 MM para Petroluz, Hesso e YPY, respectivamente. Tais valores são os *inputs* nesta fase do programa e servem de base para os cálculos dos percentuais ótimos no momento em que se procede à formação do portfolio, constituídos pelos projetos em módulos posteriores.

3.3. Módulo III – Análise de Projetos

Uma vez que a empresa está ciente dos riscos prováveis que cercam cada projeto, é interessante adotar um outro critério racional e alternativo que incorpore as atitudes de aversão ao risco (aversão, indiferença ou de propensão ao risco) e que sirva de apoio à empresa para a tomada de decisão a nível estratégico. Tal critério é denominado teoria da preferência. No jogo, a aplicação desta teoria se dá através do uso da função ou curva de utilidade do tipo exponencial, equação (7), que mapeia valores na faixa de apenas um atributo (monetário) determinado pelo investidor. A razão desta escolha está relacionada a sua utilização na indústria e por representar mais genericamente o comportamento das empresas de petróleo frente ao risco.

$$U(x) = e^{-c \cdot x} \quad (7)$$

Onde: $c = 1/R$ = coeficiente de aversão ao risco (constante); x = valor monetário.

3.3.1. Cálculo do Equivalente Certo e da Participação Ótima nos Projetos

A partir dos dados de entrada obtidos nos dois primeiros módulos ("Projetos" e "Mercados"), procede-se ao cálculo do equivalente certo para cada projeto sob a ótica das firmas. O equivalente certo é o valor mínimo que o tomador de decisão aceitaria como retorno por uma escolha sem risco quando comparada com o valor esperado de uma escolha arriscada. Uma vez que uma empresa busca sempre maximizar seus ganhos, assume-se por definição que a utilidade do equivalente certo é igual ao valor esperado da utilidade.

$$U(EqC) = VEU \quad (8)$$

$$e^{-c \cdot EqC} = \sum p_i \times (e^{-c \cdot VPL_i}) \quad (9)$$

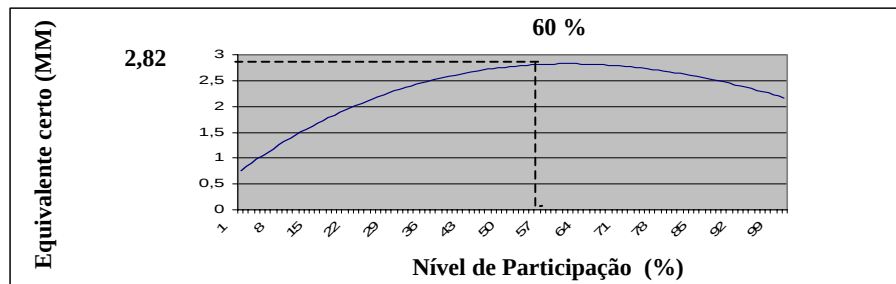
E desenvolvendo a expressão, é possível achar o equivalente certo considerando como função da participação da empresa no projeto.

$$EqCerto = \left[-R \times \ln(p_1 \times e^{(-x_1 \times VPL_1 / R)} + \dots + p_n \times e^{(-x_n \times VPL_n / R)}) \right] \quad (10)$$

Onde: $p_1, \dots, p_n$ = probabilidade de ocorrência do evento 1... n ; $VPL_1, \dots, VPL_n$ = Valor Presente Líquido do evento 1... n ; R = tolerância ao risco; $x_1, \dots, x_n$ = nível de participação no projeto.

Substituindo na função (10), por exemplo, os valores de tolerância ao risco da Petroluz (R\$ 60 MM), os valores de probabilidades e de VPL's de cada reserva, e dando valores arbitrários para x_n (n variando de 0 a 100) para o nível de participação no projeto, determina-se o equivalente certo (no caso é aproximadamente R\$ 2,82 MM) e o seu nível ótimo de participação no jogo (cerca de 60%). A curva que representa esta situação pode ser vista no Gráfico 1.

Gráfico 1. Equivalente certo x percentual de participação.



3.4. Módulo IV – Opções de Mercado

Todo projeto arriscado tem um preço no mercado. O investidor que resolve comprá-lo ou formar parcerias para desenvolvê-lo em troca de um determinado valor, passa assumir ou compartilhar os riscos daquele primeiro. No jogo, as empresas decidem através de indicadores da melhor estratégia para a formação ou não de consórcios. Após os cálculos dos valores de participação no projeto, que em geral são distintos para empresas, a negociação poderá ou não ocorrer. Se uma empresa obtiver uma participação que julgue ser excelente e tiver capital para assumir os riscos do projeto, será difícil a sua decisão por um consórcio. Porém, no caso das empresas confrontarem as suas participações, encontrando valores ótimos e desejando mitigarem os riscos do projeto, o modelo de barganha de Nash é empregado. Por exemplo, confrontando a escala de participação, que varia de um a cem por cento, com os seus valores de equivalentes certos para o mesmo projeto, para as empresas Petroluz (X_i) e Hesso (Y_i), a solução de barganha residirá na célula de maior R_i (produto entre equivalentes certos). Ou seja, o produto dos equivalentes certos resulta em um valor máximo (EqC máximo = R\$ 5,314 MM). Este valor indica o equivalente certo que elas poderão alcançar, relacionado ao percentual (60% $\Rightarrow$ Petroluz e 40 % $\Rightarrow$ Hesso), no caso das empresas optarem pela formação da parceria (Tabela 1). Na Figura 2, a janela indica todas as combinações entre as empresas modeladas pelo jogo considerando os doze projetos.

Tabela 1 . Modelo de Barganha.

Empresa (A) - Petroluz	1 %	2 %	3 %	...	60 %	...	99 %
EqC – Petroluz (X_i)	0,753	0,829	0,903	...	2,824	...	2,196
EqC ($R_i = X_i \times Y_i$)	R_1	R_2	R_3	...	5,314	...	R_{99}
EqC – Hesso (Y_i)	0,003	0,052	0,107	...	1,882	...	0,527
Empresa (B) - Hesso	99 %	98 %	97 %	...	40 %	...	1 %

Resumo de Opções de Investimento do Mercado									
	Petroluz x Hesso		Petroluz x YPT		Hesso x YPT		Petroluz 100%	Hesso 100%	YPT 100%
Campos XZ	60 %	40 %	78 %	22 %	71 %	29 %			
	2.824 MmM	1.882 MmM	2.685 MmM	.936 MmM	1.299 MmM	.838 MmM	2.166 MmM	-.061 MmM	-3.856 MmM
AB	53 %	47 %	62 %	38 %	59 %	41 %			
	4.14 MmM	3.309 MmM	4.589 MmM	2.09 MmM	3.744 MmM	2.147 MmM	5.946 MmM	4.528 MmM	2.091 MmM
XY	62 %	38 %	80 %	20 %	69 %	31 %			
	4.286 MmM	2.95 MmM	3.316 MmM	1.45 MmM	.778 MmM	.744 MmM	1.539 MmM	-3.337 MmM	-10.626 MmM
HN	55 %	45 %	68 %	32 %	65 %	35 %			
	4.447 MmM	3.308 MmM	4.979 MmM	1.878 MmM	3.769 MmM	1.908 MmM	5.681 MmM	3.679 MmM	.23 MmM
MT	55 %	45 %	70 %	30 %	66 %	34 %			
	3.612 MmM	2.666 MmM	4.061 MmM	1.463 MmM	2.965 MmM	1.485 MmM	4.451 MmM	2.646 MmM	-.615 MmM
ZZ	57 %	43 %	72 %	28 %	68 %	32 %			
	3.275 MmM	2.294 MmM	3.559 MmM	1.219 MmM	2.409 MmM	1.217 MmM	3.629 MmM	1.758 MmM	-1.581 MmM
RTU	59 %	41 %	77 %	23 %	70 %	30 %			
	2.217 MmM	1.486 MmM	2.186 MmM	.744 MmM	1.109 MmM	.67 MmM	1.794 MmM	-.07 MmM	-3.554 MmM
QN	59 %	41 %	76 %	24 %	70 %	30 %			
	3.725 MmM	2.502 MmM	3.748 MmM	1.259 MmM	2.019 MmM	1.169 MmM	3.211 MmM	.346 MmM	-4.594 MmM
VST	54 %	46 %	64 %	36 %	61 %	39 %			
	2.099 MmM	1.649 MmM	2.358 MmM	1.033 MmM	1.928 MmM	1.06 MmM	3.009 MmM	2.201 MmM	.453 MmM
MKL	53 %	47 %	63 %	37 %	60 %	40 %			
	3.338 MmM	2.693 MmM	3.759 MmM	1.703 MmM	3.094 MmM	1.753 MmM	4.885 MmM	3.719 MmM	1.479 MmM
QWES	54 %	46 %	66 %	34 %	63 %	37 %			
	5.431 MmM	4.192 MmM	6.135 MmM	2.478 MmM	4.836 MmM	2.533 MmM	7.391 MmM	5.147 MmM	.984 MmM
GGG	59 %	41 %	76 %	24 %	71 %	29 %			
	4.058 MmM	2.726 MmM	4.106 MmM	1.376 MmM	2.278 MmM	1.32 MmM	3.634 MmM	.834 MmM	-3.655 MmM
Emp. A, B e C EMPRESA A EMPRESA B EMPRESA C Ótimos individuais Menu Principal									

Figura 2. Módulo 4 – Opções de Mercado.

3.5. Módulo V – Coalizões

Todas as decisões entre as possíveis associações das empresas são inseridas em uma árvore de jogo (figura 4), bem como os valores dos equivalentes certos possíveis de serem alcançados pelo uso de uma estratégia em particular. Para a determinação da solução da árvore é utilizado o método de busca *rollback*, presente em teoria de jogos. Esta metodologia parte inicialmente da comparação entre os valores de equivalentes certos de cada escolha, representados no ramo final da árvore do jogo, em direção ao início da árvore. A estratégia ótima indica o resultado de equilíbrio, ou seja, a formação da parceria com os valores de equivalentes certos otimizados. Concluindo o exemplo, o resultado aponta para as empresas Petroluz (A) e Hesso (B). Na árvore, a melhor estratégia é sinalizada pela cor vermelha (figura 3).

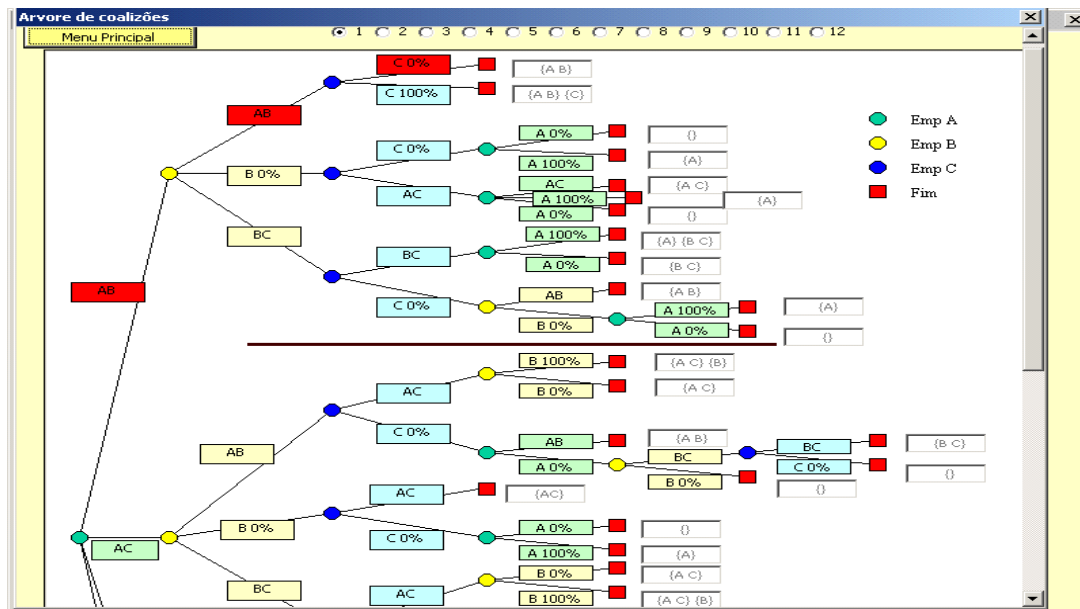


Figura 3. Árvore de Jogo com a estratégia ótima e a parceria indicada.

4. Conclusão

Este estudo tem o propósito de oferecer um suporte teórico e prático para os interessados em adquirir ou ampliar seus conhecimentos em tomadas de decisão em projetos exploração e produção de petróleo. Espera-se que o *software* desenvolvido seja uma ferramenta que contribua para o desenvolvimento de uma visão estratégica não somente da área de petróleo, mas também de outras, onde são tomadas decisões sobre situações incertas. Contudo, são utilizadas duas metodologias de análise de decisão: teoria da preferência e teoria dos jogos. Estas auxiliam nos cálculos dos níveis ótimos de participação das empresas nos projetos que estão disponíveis no mercado. E em caso de uma negociação favorável, indicam a melhor estratégia de formação de parcerias e a possibilidade de ganhos.

5. Agradecimentos

Esta pesquisa conta com o apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e do CTPetro/FINEP através do programa PRH-ANP N° 21.

6. Referências

- [1] CHIANG, ALPHA C., 1982. Matemática para Economistas, Editora McGraw-Hill: Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [2] DIXIT, AVINASH, SKEATH SUSAN, 1999. *Games of Strategy*, W.W. Norton & Company, New York.
- [3] MOTTA, REGIS DA ROCHA; CALÔBA, GUILHERME MARQUES, 2002. Análise de Investimentos: Tomada de Decisão em Projetos Industriais, Editora Atlas S. A., São Paulo.
- [4] MURTHA, JAMES A., 1995. *Risk Analysis as Applied to Petroleum Investments*, IHRDC, Boston.
- [5] NEPOMUCENO FILHO, FRANCISCO, 1997. Tomada de Decisão em Projetos de Risco na Exploração de Petróleo, Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- [6] RAIFFA, HOWARD; LUCE, R. DUNCAN, 1989. *Games and Decisions*. Dover Publications, Inc., New York.
- [7] VICENTE, PAULO, 2001. Jogos de Empresa, MAKRON Books do Brasil Ltda, Brasil.
- [8] VON NEUMANN, J, MONGERSTERN, O., 1953. *Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton University Press, Princeton, NY.