

Uso de Novas Tecnologias no Desenvolvimento de Campos de Petróleo: Decisão de Investimento Usando a Técnica de Tomada de Decisão Dinâmica.

Joaquim Rocha dos Santos, DSc (jrsantos@usp.br)
Professor-Colaborador e Pesquisador ⁽¹⁾

Danilo Taverna Martins Pereira de Abreu, MSc (danilo.abreu@usp.br)
Doutorando e Pesquisador ⁽¹⁾

Carlos Henrique Bittencourt Morais, MSc (carlos.morais@usp.br)
Doutorando e Pesquisador ⁽¹⁾

Danilo Colombo, MSc (colombo.danilo@petrobras.com.br)
CENPES - Petrobras

Marcelo Ramos Martins, DSc (mrmartin@usp.br)
Professor Associado e Coordenador ⁽¹⁾

¹ Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Risco (LabRisco), Universidade de São Paulo

RESUMO

Na indústria de óleo e gás, a exploração e o desenvolvimento de novos campos de petróleo e a revitalização de campos maduros são atividades que tem na incerteza um dos seus fatores principais a serem considerados nas tomadas de decisão de investimento. Em adição a essa incerteza, tem-se a necessidade cada vez maior de se inovar por meio da implantação de novas tecnologias, com o propósito de manter a competitividade das empresas, em uma condição de mercado sempre incerta com relação ao valor do óleo a ser comercializado. Um caso particular interesse desse problema ocorre quando o decisor pode intervir ao longo do processo, mudando a linha de ação escolhida inicialmente, o que pode alterar de forma significativa o perfil de risco de cada alternativa. Essa possibilidade introduz uma dimensão dinâmica ao problema, que deve ser considerada em sua solução. O uso da Análise de Decisão (AD) em Condição de Incerteza fica limitado devido a sua característica estática, em um problema eminentemente dinâmico. Nesse caso, uma proposta seria o uso da Tomada de Decisão Dinâmica, que combina os conceitos da AD tradicional com simulações dinâmicas, onde a estrutura do sistema pode ser alterada periodicamente por meio de decisões tomadas pelos responsáveis pelos projetos. Esse trabalho apresenta a aplicação do uso da Tomada de Decisão Dinâmica a um problema de investimento, considerando o uso de novas tecnologias para o desenvolvimento de um campo de petróleo. Será feita uma análise ampla dos diversos elementos de incerteza existentes, desenvolvido um modelo matemático dinâmico simplificado, para representar a dinâmica do projeto e serão apresentadas as opções que melhor atendem aos objetivos dos tomadores de decisão.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Santos et al. [1], a operação em condições de incerteza é intrínseca à indústria de óleo e gás. Uma consulta aos preços do Brent no período de 1991 a 2021 [2] mostra uma evolução de severa volatilidade de valores. Para agravar ainda mais essa situação, a competição do setor tem crescido de maneira intensa, forçando as operadoras a conduzir seus negócios com margens de contribuição cada vez menores.

A operação com margens menores força os operadores a explorar o uso de novas tecnologias, que, se por um lado, apresentam promessa de melhores resultados financeiros, por outro, aumentam ainda mais as incertezas dos processos [3]. A inserção de novas e potencialmente mais lucrativas e arriscadas tecnologias força os gerentes de projeto a conduzirem rigorosa gestão do risco do negócio, de forma a garantir o sucesso do empreendimento e a satisfação dos *stakeholders* [4] e [5].

Esse artigo apresenta uma proposta de abordagem para a solução desse problema, por meio do uso da Tomada de Decisão Dinâmica, e para isso está estruturado como segue: após essa introdução, será apresentada a definição do problema; a terceira seção apresenta breve consideração sobre o modelo matemático; após isso, são apresentados e discutidos alguns resultados obtidos pelo modelo; finalmente, são apresentadas as conclusões e recomendações.

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O planejamento e execução do desenvolvimento de um campo de petróleo é uma atividade altamente complexa. Para modelá-los, é necessário que se assumam algumas premissas razoáveis, que poderão ser posteriores relaxadas. A configuração mais simples que se pode ter seria uma com uma única inovação, que poderia ou não ser adotada em detrimento de uma atividade consagrada. Em tese, inovações tecnológicas são incluídas por trazerem expectativas de melhor resultado financeiro. Por outro lado, inovações tecnológicas também podem incorporar incertezas adicionais aos projetos, podendo levar a resultados inferiores àqueles que seriam obtidos usando-se tecnologias consagradas.

Uma representação gráfica do projeto a ser analisado é apresentada na Figura 1. Nela são representados os caminhos possíveis do projeto.

- **Caminho 1** – O primeiro caminho possível ocorre quando se decide pelo uso da inovação e essa é bem-sucedida; tal caminho é representado pela sequência 2.1 → Inovação → 2.3;
- **Caminho 2** – O segundo caminho possível ocorre quando se decide pelo uso da inovação, mas em algum momento o gerente do projeto aborta seu uso e opta por retornar ao uso da técnica tradicional; neste caso a sequência seria: 2.1 → Inovação → 2.2 → 2.3; e
- **Caminho 3** – Finalmente, a terceira opção seria decidir-se somente pelo uso de tecnologias tradicionais; nesse caso, a sequência de atividades seria: 2.1 → 2.2 → 2.3.

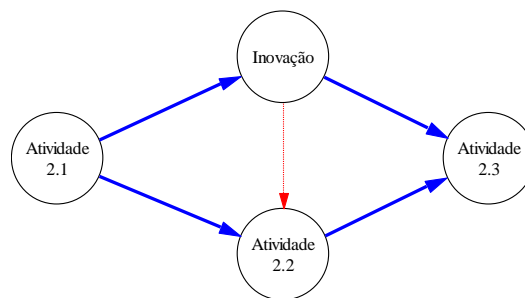


Figura 1 – Configuração do Projeto de Desenvolvimento de Campo

3. MODELO MATEMÁTICO

O modelo proposto sugere uma configuração híbrida, com dois módulos principais: o primeiro deles usa um modelo de Dinâmica de Sistemas; enquanto o outro usa um modelo de Análise de Decisão em condição de incerteza. Esta estrutura híbrida é proposta e discutida em [6] e [7].

A Dinâmica de Sistemas é um paradigma consagrado de simulação de sistemas complexos, proposta inicialmente por Jay Forrester no início da década de 1960 [8]. Os modelos de Dinâmica de Sistemas têm por objetivo entender o comportamento dos sistemas complexos a partir de razões endógenas aos próprios sistemas, considerando também estímulos exógenos e decisões dos *stakeholders*. É um paradigma de modelagem adequado a decisões estratégicas de sistemas que apresentem dinâmica complexa [8] e [9].

A Análise de Decisão em Condição de Incerteza é um dos ramos das Ciências da Decisão. Seu propósito, segundo Howard e Abbas [10], é contribuir para que o decisor tenha clareza nos seus pensamentos no momento de tomar a sua decisão, que segundo esses autores pode ser definida como: “... *uma escolha entre duas ou mais alternativas que envolve a alocação irrevogável de recursos*”. Os principais elementos de um modelo de AD são as decisões, as incertezas e os resultados [10], [11] e [12].

A Figura 2 mostra a proposta de arquitetura do modelo híbrido. Na parte esquerda da figura vê-se um dos submodelos do módulo de Dinâmica de Sistemas, enquanto na parte direita é mostrado o módulo de Análise de Decisão. Os dois módulos trocam informações sendo que o módulo de AD passa informações para o módulo de DS, que ajustam sua estrutura para representar as estruturas das decisões. Por outro lado, o módulo de DS passa os resultados obtidos para as variáveis de interesse que serão usadas para o cálculo das funções objetivo no módulo de AD.

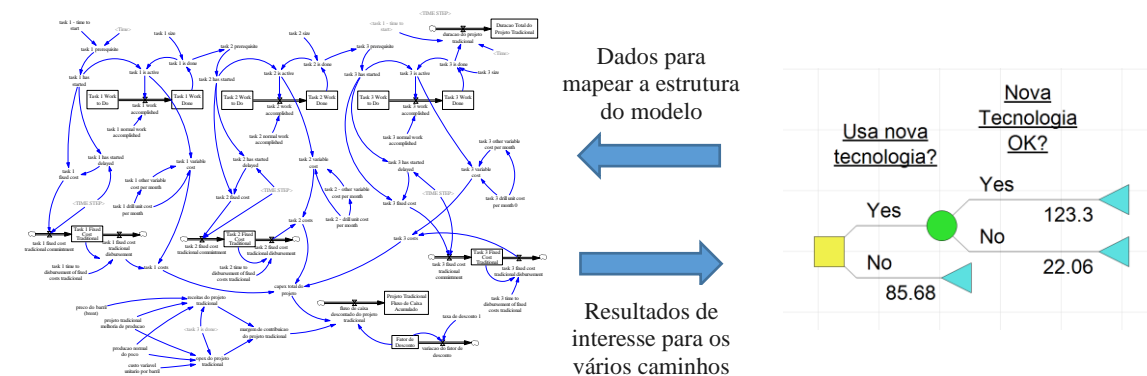


Figura 2 - Proposta de Arquitetura do Modelo Híbrido

4. RESULTADOS

A Figura 3 mostra os resultados do modelo para o tempo total de duração do projeto. Pode-se observar que os tempos de duração das alternativas Projeto Tradicional e Projeto com Inovação – Sucesso são similares, enquanto o Projeto com Inovação – Abandonado tem tempo médio superior aos dois anteriores. Adicionalmente, a dispersão de resultados do caso Inovação – Abandonado é também superior aos dois outros casos.

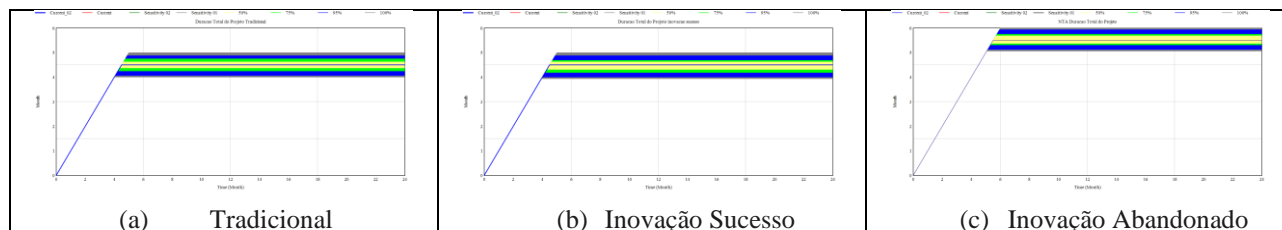


Figura 3 - Duração Total do Projeto

A Figura 4 mostra os resultados do modelo para o fluxo de caixa descontado acumulado do projeto. Pode-se observar que o fluxo de caixa da alternativa Inovação – Sucesso é superior aos demais, embora apresente maior dispersão no seu resultado; em segundo lugar fica a alternativa Projeto Tradicional, e por último a alternativa Inovação – Abandonado.

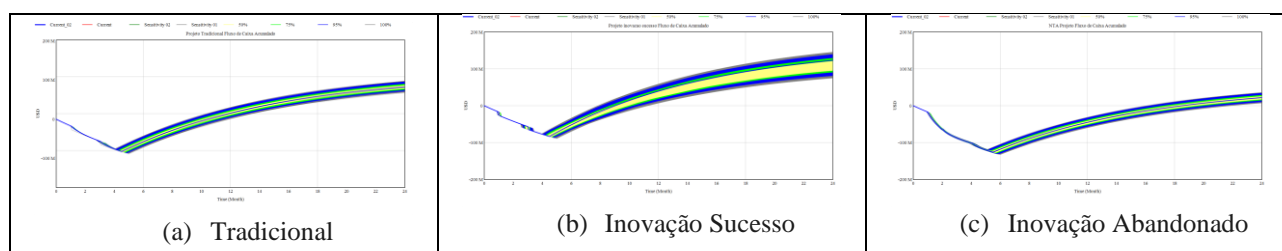


Figura 4 - Fluxo de Caixa Acumulado do Projeto

A Figura 5 mostra o *Rollback* da árvore de decisão associada ao problema e que usa os resultados médios obtidos na simulação. Pode-se observar que a decisão pelo uso da nova tecnologia é ao mesmo tempo um caminho com o melhor resultado – 123,3 unidades monetárias, e também o pior resultado - 22,1 unidades monetárias, enquanto a alternativa de usar a tecnologia tradicional consegue um resultado de 85,7 unidades monetárias.

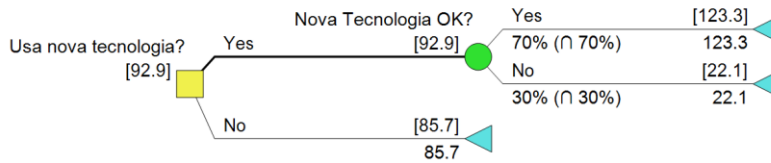


Figura 5 - Rollback da Árvore de Decisão

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que a proposta de uso de um modelo híbrido usando módulos de DS e AD tem potencial de abordar a decisão de uso de novas tecnologias na fase de desenvolvimento na indústria de óleo e gás de maneira global, ou seja incluindo a análise dinâmica, as incertezas e a complexidade inerentes à decisão.

Consistente com o que seria previsto, o modelo mostrou que, se por um lado, a inserção de novas tecnologias pode gerar resultados mais rentáveis às operadoras, por outro, traz também nível maior de incertezas aos projetos de desenvolvimento.

Uma sugestão de trabalho futuro seria a expansão do modelo de forma a usar toda a potencialidade dos dois paradigmas de simulação. Pelo lado da AD, procurando trazer mais informações, como por exemplo, valor da informação perfeita e imperfeita, valor do controle perfeito, tolerância ao risco do decisor, entre outras. Pelo lado da DS explorando seu potencial de análise da dinâmica de projetos complexos, que poderia trazer mais informações sobre as incertezas relativas aos projetos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] J. R. Santos, D. T. M. P. Abreu, C. H. B. Morais, D. Colombo, e M. R. Martins, “Decisions in a condition of uncertainty involving the development of offshore oil fields: a proposal of a framework for a Decision Support Systems”, in *Proceedings of the 31st European Safety and Reliability Conference (ESREL 2021) of the 31st European Safety and Reliability Conference (ESREL 2021)*, 2021, p. 1108–1115.
- [2] Investing.com, “Petróleo Brent Futuros”, 2021. [Online]. Available at: <https://br.investing.com/commodities/brent-oil>. [Acessado: 30-abr-2021].
- [3] N. G. Leveson, *Engineering a Safer World*. London: The MIT Press Cambridge, 2011.
- [4] M. Cook, *Petroleum Econocs and Risk Analysis*. Amsterdam: Elsevier B.V, 2021.
- [5] C. Fange e F. Marle, “A simulation-based risk network model for decision support in project risk management”, *Decis. Support Syst.*, vol. 10, 2011.
- [6] N. D. Osgood, K. Yee, W. An, e W. Grassmann, “Addressing Dynamic Decision Problems Using Decision Analysis and Simultion”, in *Analytical Methods for Dynamic Modelers*, Cambridge, MA, USA: MIT Press978, 2015, p. 277–306.
- [7] B. Tan e E. G. Anderson, “Using Decision Trees to Value Managerial Real Options”, in *Analytical Methods for Dynamic Modelers*, Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2015, p. 307–336.
- [8] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1961.
- [9] J. D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin McGraw-Hill, 2000.
- [10] A. E. Howard, Ronald A.; Abas, *Foundations of Decision Analysis*. Pearson Education, Inc., 2016.
- [11] C. S. H. W. J. Meyer, *Decision Quality: Value Creation from better Business Decisions*. 2016.
- [12] P. M. J. Celona, *Decision Analysis for the Professional*, 4th ed. Smart Org, Inc., 2001.
- [13] D. P. Bertsekas e J. N. Tsitsiklis, *Introduction to Probability*, 2nd ed. Nashua, NH, USA, 2008.
- [14] J. E. Howard, Ronald A.; Matheson, “Influence Diagrams”, *Decis. Anal.*, vol. 2, n° 3, p. 127–143, 2005.