



# UNISIM ON-LINE



UNICAMP

## Aplicação da Metodologia do Planejamento Estatístico no Estudo da Análise de Risco

[Fernanda Vaz Alves Risso](#)

O planejamento estatístico (ou experimental) vem se mostrando uma boa técnica auxiliar ao processo de desenvolvimento e gerenciamento de campos de petróleo. A principal aplicação é a geração de modelos rápidos, ou meta-modelos (proxy models), no caso superfície de respostas, para substituir o simulador em processo que demandam muitas simulações. A técnica de superfície de resposta permite a avaliação de processos sem a simulação numérica de todos os cenários possíveis. Uma das possíveis aplicações de meta-modelos é na análise de risco.

As decisões relativas ao desenvolvimento e gerenciamento de reservatórios são sempre associadas ao risco, devido às incertezas presentes no processo. O processo é sempre muito crítico porque muitos dos investimentos são realizados durante a fase onde as incertezas são maiores. Na fase de desenvolvimento, a análise de risco envolve a modelagem numérica dos vários cenários possíveis para os campos de petróleo, o que exige um esforço computacional que pode inviabilizar a metodologia utilizada na fase de exploração. Uma das formas de viabilizar o processo é através da integração da metodologia de análise de risco com a metodologia do planejamento estatístico para identificar, quantificar e otimizar o impacto das incertezas do meio físico do reservatório nas previsões de produção e análise econômica de desenvolvimento de campos de petróleo.

### Planejamento Estatístico

A técnica do planejamento estatístico junto com a metodologia da superfície de resposta (a Figura 1 apresenta um exemplo) vem se mostrando eficiente para quantificar o impacto das incertezas dos reservatórios na previsão da produção. O método do planejamento estatístico possibilita estimar o impacto das incertezas e é útil para a melhor compreensão do sistema, permitindo a análise individual do efeito de cada variável na resposta desejada.

$$VPL = 85,7 + 24,6 * permeabilidade - 10,6 * permeabilidade^2 + 41 * porosidade - 2 * porosidade^2 + 8,6 * permeabilidade * porosidade$$

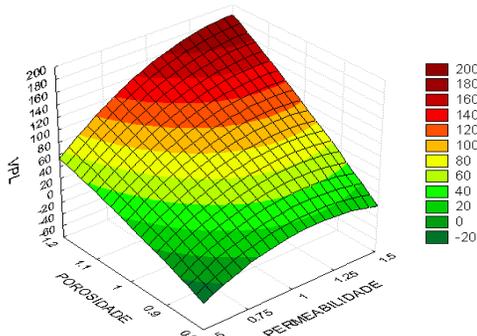


Figura 1: Exemplo de superfície de resposta

Para realizar um experimento de forma eficiente, deve ser utilizada uma abordagem científica para o seu planejamento. Esta abordagem é identificada por meio do termo planejamento estatístico de experimentos, que se refere ao procedimento de planejar um experimento de forma que dados apropriados sejam coletados em tempo e custo mínimos. A análise destes dados por meio de técnicas estatísticas resultará em conclusões confiáveis.

### Quantificação de Riscos

A metodologia de análise de risco é baseada na simulação numérica de fluxo dos modelos que representam os possíveis cenários do reservatório através da combinação dos atributos incertos que caracterizam o reservatório.

As técnicas mais utilizadas para esta combinação são: Monte Carlo e Árvore de Derivação. A escolha da melhor técnica depende de diversos fatores, entre eles a precisão requerida e recursos (tempo e computadores) disponíveis.

O uso da técnica de Monte Carlo está associado ao sorteio de cenários honrando a probabilidade de ocorrência dos parâmetros incertos e normalmente requer um grande número de sorteios para uma boa precisão nas respostas.

Na Árvore de Derivação, a quantidade de modelos a simular é função do número de atributos e dos seus respectivos níveis de incerteza. Os atributos são discretizados em níveis de incerteza, os quais estão associados a determinadas probabilidades de ocorrência. Quando poucos atributos dominam as incertezas mais importantes, essa deve ser a técnica escolhida, mas quando muitos parâmetros incertos são críticos, o esforço computacional pode ser muito grande.

Em ambos os casos, o uso de meta-modelos pode ser indicado embora o uso de superfície de resposta como meta-modelos seja encontrado com a técnica de Monte Carlo pois é uma meta-modelo muito rápido.

O uso adequado de meta-modelos em conjunto com simulação numérica é importante para a qualidade da análise, especialmente de reservatórios mais complexos onde o fator recuperação é fortemente dependente dos parâmetros geológicos e da estratégia de produção. A ideia é usar os meta-modelos para gerar respostas, mas sempre trabalhar com a validação dos modelos através de simulação numérica.

### Integração das Metodologias

O planejamento estatístico e a análise da superfície

*“A técnica do planejamento estatístico junto com a metodologia da superfície de resposta vem se mostrando eficiente para quantificar o impacto das incertezas dos reservatórios na previsão da produção.”*

### Interesses especiais:

- [Publicações UNISIM](#)
- [Portal de Simulação de Reservatórios](#)
- [UNIPAR](#)
- [STEP](#)
- [Edições anteriores](#)

### Outros links:

- [Unicamp](#)
- [Cepetro](#)
- [DEP](#)
- [FEM](#)

*“Deve-se escolher a metodologia de análise dependendo do problema, dos objetivos e dos recursos disponíveis.”*

**Oportunidade:**

Se você tem interesse em trabalhar ou desenvolver pesquisas no UNISIM, entre em contato conosco.

Interesse imediato em:

- Pesquisador na área de simulação, gerenciamento e caracterização de reservatórios
- Estagiário de Informática

Para mais detalhes, [clique aqui](#).



Grupo de Simulação de Fluxo em Meios Porosos

**UNISIM**

Depto. Eng. Petróleo  
 Fac. Eng. Mecânica  
 Univ. Estadual de Campinas  
 Campinas-SP

Tel: 55-19-3788-3359  
 Fax: 55-19-3289-4999  
 Email: [unisim@dep.fem.unicamp.br](mailto:unisim@dep.fem.unicamp.br)

de resposta podem em alguns casos reduzir significativamente o número de simulações envolvidas na obtenção da curva de risco. Nota-se, com isso, a necessidade de integrar estas duas metodologias a fim de obter de forma mais rápida e barata a curva de risco. A linha de pesquisa que vem sendo conduzida no UNISIM visa estudar formas de garantir uma boa relação entre a precisão de resultados e esforço computacional (número de simulações) com a aplicação destas técnicas.

O importante é dominar a parte teórica do processo para saber identificar onde podem ser feitas simplificações mantendo a confiabilidade da análise. No exemplo a seguir é possível observar os cuidados que se deve ter na utilização dos meta-modelos.

A superfície de resposta pode ser obtida de maneiras diferentes. Nas Figuras 2 e 3, são apresentados

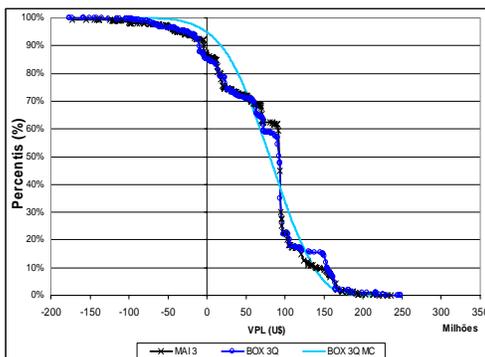


Figura 2: Curvas de risco para a Árvore de Derivação (MAI3 e BOX 3Q) e para Monte Carlo (BOX 3Q MC) obtidas através do planejamento BOX Quadrático

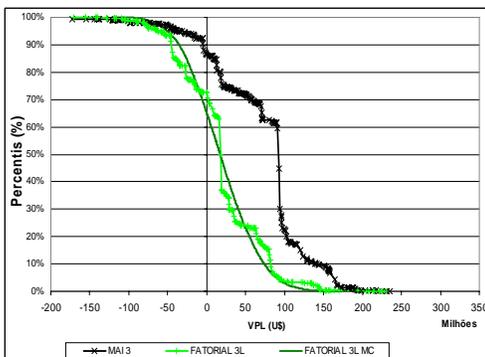


Figura 3: Curvas de risco para a Árvore de Derivação (MAI3 e Fatorial 3L) e para Monte Carlo (Fatorial 3L MC) obtidas através do planejamento Fatorial Linear

exemplos de curvas de risco obtidas através da árvore de derivação (MAI3, BOX 3Q e Fatorial 3L) e do Monte Carlo (BOX 3Q MC e Fatorial 3L MC) e através de superfícies de respostas obtidas pelos planejamentos do tipo BOX (Equação Quadrática) e Fatorial (Equação Linear).

Observa-se que a superfície de resposta do tipo quadrática apresentou resultados muito mais confiáveis em relação à árvore de derivação, o que pode ser confirmado também nas Figura 4 e 5, onde se observa uma dispersão bem maior nos pontos obtidos pela equação linear.

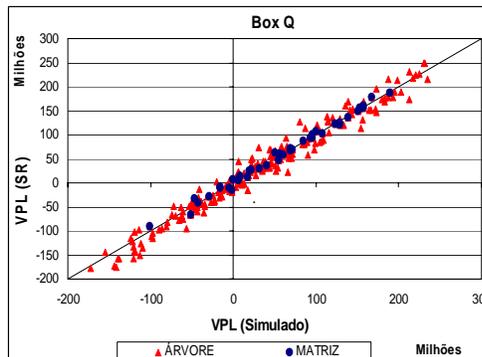


Figura 4: Dispersão do VPL (SR-Superfície de Resposta) obtidos através do planejamento BOX Q (Quadrático)

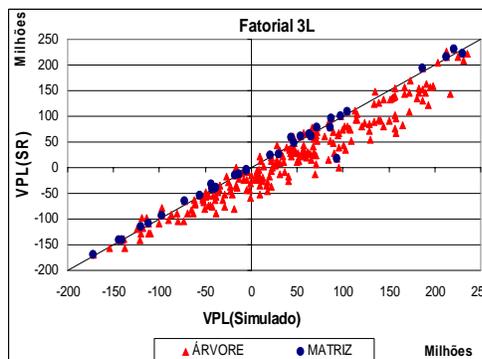


Figura 5: Dispersão do VPL (SR-Superfície de Resposta) obtidos através do planejamento Fatorial 3L (Linear)

Com isso pode-se concluir que a metodologia do planejamento estatístico e análise da superfície de resposta pode ser uma ferramenta muito útil e rápida no processo de obtenção da curva de risco, porém é preciso conhecer, tanto do processo quanto da metodologia do planejamento, para que se possam obter resultados confiáveis e com isso reduzir ao máximo o número de simulações.

Deve-se escolher a metodologia de análise dependendo do problema, dos objetivos e dos recursos disponíveis. A árvore de derivação simplifica a parte estatística e a combinação do planejamento estatístico e superfície de resposta com a técnica de Monte Carlo simplifica a ferramenta de análise do reservatório. A utilização das duas metodologias em conjunto é também uma possível solução.

**Informações sobre o autor:**

Dra. Fernanda Vaz Alves Rizzo é pesquisadora e trabalha no Grupo UNISIM desde 2005.

Para maiores informações, visite <http://www.dep.fem.unicamp.br/unisim>

O UNISIM é um grupo de pesquisa do Departamento de Engenharia de Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, com apoio do Centro de Estudos de Petróleo (CEPETRO) que tem como objetivo desenvolver trabalhos e projetos na área de simulação numérica de reservatórios. O UNISIM tem feito pesquisas na área de estudo de técnicas de construção de simuladores, do uso do simulador para caracterização de reservatórios, da automatização de tarefas que usam simuladores e de utilização de técnicas de computação paralela aplicadas aos processos anteriores.