

## 7 Conclusões e Recomendações

Um dos principais indicadores de uma empresa que atua do segmento de Exploração e Produção de petróleo é o volume de reserva de óleo e gás. Contudo, estimar este volume não é uma tarefa trivial. Devido às incertezas nos fatores econômicos, de geologia e engenharia, a estimativa das reservas representa um processo complexo.

A utilização de uma abordagem probabilística para estimar as reservas permite a obtenção dos volumes de forma mais robusta e precisa, uma vez que avalia as incertezas associadas aos projetos. Entretanto, esta abordagem apresenta uma complexidade maior quando comparada com o método determinístico.

Na literatura existente, foi observada uma lacuna referente ao desenvolvimento de uma metodologia probabilística de estimativa de reservas que contemple as incertezas tanto na previsão de produção como também na avaliação econômica.

Outra oportunidade de desenvolvimento observada foi a necessidade de se considerar a relação de dependência entre as variáveis que estão presentes na avaliação econômica da produção. Uma empresa, ao estimar as reservas, deve ter por objetivo representar fielmente o comportamento destas variáveis para que se obtenha uma estimativa confiável que será divulgada para o mercado.

Desta forma, a presente metodologia tem como vantagem viabilizar a estimativa de reservas em bases probabilísticas. Além disso, a proposta apresentada nesta pesquisa contribui para preencher uma lacuna encontrada no estado da arte de estimativa de reservas. Esta lacuna diz respeito à consideração da relação de dependência entre o preço do óleo e os custos operacionais.

Assim, esta pesquisa se dividiu em duas grandes etapas. Primeiro, foi avaliada a relação de dependência entre o preço do óleo e o custo operacional. Esta avaliação foi realizada por meio de séries históricas destas duas variáveis e resultou na estimativa do módulo *PECE*, que representa o grau de elasticidade existente entre o preço do óleo e o custo operacional.

Em seguida, foi apresentada uma metodologia probabilística de estimativa de reservas que contempla as incertezas nas produções de óleo e gás e na projeção dos preços. Além disso, a metodologia considera a mudança no comportamento dos custos operacionais em função das alterações do preço do óleo. A modelagem desta dependência também se deu segundo uma abordagem probabilística.

A fim de acomodar a metodologia e analisar os resultados de um estudo de caso, foi desenvolvido um sistema em Microsoft Excel e Visual Basic Application. Para a realização das simulações por amostragem foi utilizado o software *@Risk*, versão 5.7, da Palisade. O sistema se mostrou de fácil utilização e o tempo de processamento é considerado satisfatório para o padrão da Indústria do Petróleo.

O estudo de caso foi realizado com dados de um campo de óleo e gás, cujas vazões de produção foram estimadas segundo uma filosofia baseada na criação de cenários. Assim, diferentes cenários de produção serviram como dados de entrada para o estudo de caso. Foram consideradas também as incertezas no comportamento das variáveis preço do óleo e preço do gás. As trajetórias dos preços foram modeladas segundo um processo auto-regressivo com ordem 1. Já a incerteza em relação ao comportamento dos custos operacionais foi modelada por meio do efeito da variação do preço, ou do fenômeno batizado como *PECE*.

A fim de se avaliar a importância da consideração do fenômeno *PECE* na estimativa de reservas, foram efetuadas duas simulações distintas. Na primeira houve o escalonamento do custo operacional em função das alterações do preço do óleo. Na segunda, mesmo com as variações do preço do óleo, o fenômeno *PECE* foi desconsiderado e, desta forma, não houve mudança no comportamento dos custos ao longo do tempo.

Como no estudo de caso as trajetórias dos preços do óleo são predominantemente crescentes, observou-se que, levando em consideração o efeito-preço, as reservas estimadas para o campo teste foram inferiores às aquelas estimadas sem levar em consideração a relação de dependência entre as duas variáveis. Assim, os resultados do estudo de caso corroboraram a teoria estudada de que a consideração do efeito do preço no comportamento dos custos operacionais pode alterar o volume de reservas divulgado por uma companhia.

Foi realizada também uma análise comparativa entre as reservas estimadas segundo a abordagem probabilística proposta nesta pesquisa com aquelas

estimadas de forma determinística. Os resultados corroboraram a teoria de Swinkles (2001) e Carter e Morales (1998) que quando métodos probabilísticos são utilizados, observa-se uma redução no intervalo de resultados obtidos. Desta forma, no estudo de caso observou-se que em função da redução deste intervalo foram geradas uma reserva provada maior e uma reserva total menor na abordagem probabilística, quando comparadas com as estimativas determinísticas.

Ao longo da elaboração deste trabalho, foi possível observar pontos de melhoria e outros assuntos para desenvolvimento de trabalhos futuros.

O primeiro deles refere-se à avaliação da relação entre o preço do óleo e o custo operacional. Nesta pesquisa, esta relação foi considerada linear e, além disso, o efeito do preço nos custos foi considerado de mesma magnitude, tanto em variações positivas como negativas do preço do óleo. Sugere-se, portanto, estudar modelos não-lineares e mais complexos que melhor traduzam esta relação de dependência.

Ainda sobre a avaliação da relação de dependência, foi considerado que os termos de erro apresentam distribuição Normal. Recomenda-se, entretanto, que a hipótese de normalidade seja testada por meio de testes específicos, como Jarque-Bera.

Acrescenta-se ainda o fato de que nesta pesquisa foi utilizada uma série histórica de índices de custo operacional de campos marítimos localizados no Golfo do México e campos terrestres nos Estados Unidos. O comportamento desta variável ao longo dos últimos anos pode ter sido diferentes em outros países devido às especificidades das operadoras e prestadoras de serviço que atuam no local assim como às ações regulatórias e governamentais existentes. Portanto, para avaliar a dependência entre o custo operacional e o preço do óleo de determinada região, recomenda-se observar localmente o comportamento histórico dos custos.

Além desta simplificação, outro ponto de melhoria está relacionado ao fato de que foi avaliada e modelada apenas a dependência para um par de variáveis, o preço e o custo. Outras variáveis, como investimento e produção, não foram consideradas dependentes de nenhuma outra. Logo, faz-se necessário aprofundar a questão das dependências entre outras variáveis presentes na avaliação econômica da produção de petróleo.

Outro ponto de melhoria que pode ser identificado nesta pesquisa está na geração das trajetórias dos preços. Neste trabalho optou-se por utilizar um modelo

auto-regressivo em que há a necessidade de estimar uma tendência e a média e o desvio-padrão da distribuição Normal que caracteriza o ruído. Estimar estes parâmetros para o comportamento do preço do óleo no longo prazo é extremamente complexo e, assim, nesta pesquisa foi utilizado um procedimento simplificado, o da regressão linear simples. Sugere-se assim, que em trabalhos futuros métodos mais sofisticados sejam estudados.

Ainda sobre as trajetórias dos preços, foi adotada nesta pesquisa a mesma tendência de crescimento para o preço do óleo e o preço do gás. Esta é uma simplificação que pode não representar o que ocorre na prática. Dados históricos de preços de óleo e gás mostram que nem sempre estas duas variáveis apresentam o mesmo comportamento.

Recomenda-se também utilizar outros métodos de previsão do comportamento de preço do óleo. Processos modelados com Movimento Geométrico Browniano (MGB) e Reversão à Média são citados por Hahn e Dyer (2005) como métodos usualmente utilizados.

Por fim, esta pesquisa ainda deixa uma lacuna para o desenvolvimento de um importante trabalho futuro. A estimativa probabilística de reservas seria mais robusta se passasse também por um processo de otimização. Desta forma, poderiam ser definidas quantidades ótimas de cenários de produção e preços, e o número de sorteios aleatórios da variável módulo *PECE* também poderia ser otimizado. Assim o esforço computacional e o tempo de processamento seriam reduzidos, o que permitiria que uma companhia estimasse as reservas de diversos campos ou projetos com mais rapidez e eficiência utilizando a metodologia proposta nesta pesquisa.