

6 Análise de Resultados

O objetivo principal deste capítulo é apresentar os resultados da análise determinística e da simulação de risco dos cronogramas, comparando as estratégias de construção de poços marítimos sequencial e seriada.

Com isso, este capítulo foi dividido em duas seções, onde a Seção 6.1 descreverá os resultados determinísticos (médios) das estratégias e suas análises e a Seção 6.2 apresentará as características da simulação em si e os resultados das simulações, mostrando o impacto das incertezas nas estratégias sequencial e seriada.

6.1. Resultados Determinísticos

De posse de todas as informações levantadas, das distribuições de probabilidade a serem empregadas para as diversas atividades e do cronograma adaptado, calculou-se a duração determinística de cada atividade com base na duração média de cada distribuição.

Tendo em mãos os cronogramas com as durações médias devidamente alocadas a cada atividade, diversos resultados podem ser analisados. Essa análise será feita de forma a correlacionar os resultados obtidos com os potenciais de ganhos das estratégias sequencial e seriada expostos na Tabela 2 na Seção 3.3 do Capítulo 3.

Relembrando, os indicadores discutidos nessa tabela foram: Curva de Aprendizado; Tempo de Manobra do BOP; Troca de Fluido; Ajuste da Sonda; Duração da Campanha; Entrada dos Poços em Produção; Mudança das Cabeças de Poço, e; Chegada da UEP a Locação.

Com relação à curva de aprendizado, como não foi incorporado nenhum ganho nos cronogramas devido a essa questão, este quesito não poderá ser avaliado.

Além do aprendizado, os itens sobre mudança do posicionamento das cabeças de poços e de chegada da UEP à locação também não poderão ser

avaliados, pois estão relacionados com objetivos e/ou restrições da Companhia, casos esses que não estão sendo considerados no estudo de caso.

As Subseções 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3 e 6.1.4 apresentarão os resultados obtidos relacionados aos demais potenciais de ganhos, que são Duração da Campanha (entende-se que o ganho do Tempo de Manobra do BOP está embutido nesse ganho, por isso não será realizada uma análise a parte), Troca de Fluidos, Ajuste da Sonda e Entrada dos Poços em Produção, respectivamente.

6.1.1. Análise da Duração da Campanha

Na Figura 29 pode ser visto que a duração média da campanha de poços da estratégia sequencial de construção de poços é maior que a duração média da estratégia seriada.

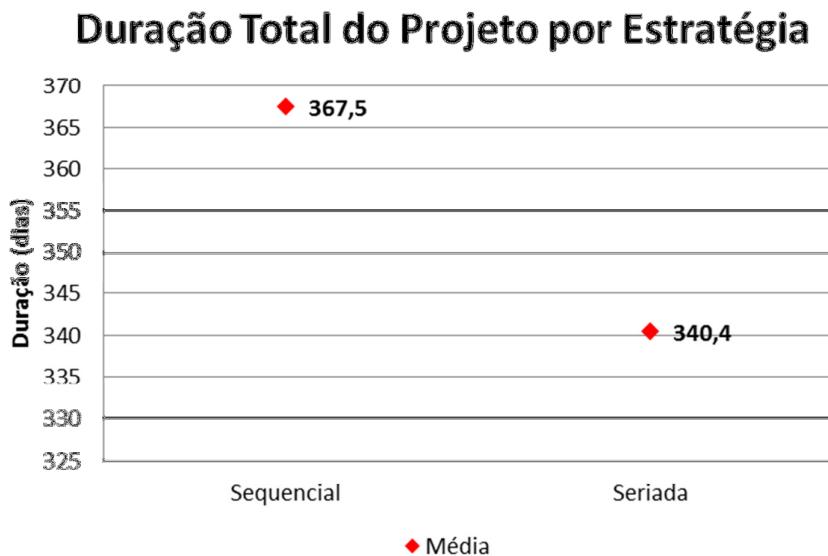


Figura 1 – Duração Total do Projeto por Estratégia (Fonte: Elaborado pela Autora)

Ao comparar a estratégia seriada com a sequencial vê-se que houve uma redução média de aproximadamente 27 dias. O que era de se esperar devido às reduções nos tempos de manobra de BOP e ajustes de sonda. Caso seja utilizada uma sonda com taxa diária em torno de US\$500 mil, esse ganho de 27 dias representa uma economia de aproximadamente US\$13,5 milhões.

A duração média por poço na estratégia sequencial está em torno de 61 dias, enquanto na estratégia seriada essa duração média é de aproximadamente 54 dias, excluindo-se tempos com DMM.

6.1.2. Análise de Troca de Fluidos

Com relação à questão de troca de fluidos, foi gerado o gráfico da Figura 30 para analisar a quantidade de vezes que é necessária a troca de fluidos (lama) ao se perfurar e completar os poços.

O objetivo deste gráfico é mostrar a quantidade de vezes que o fluido é trocado e não a logística dos barcos de transporte de fluidos para cada fase e nem sobre os benefícios de reutilização do fluido durante a perfuração ou completação de um bloco na estratégia seriada. Ou seja, a figura não tem a intenção de analisar a quantidade de vezes que os barcos precisarão fazer o transporte do fluido para a fase em questão.

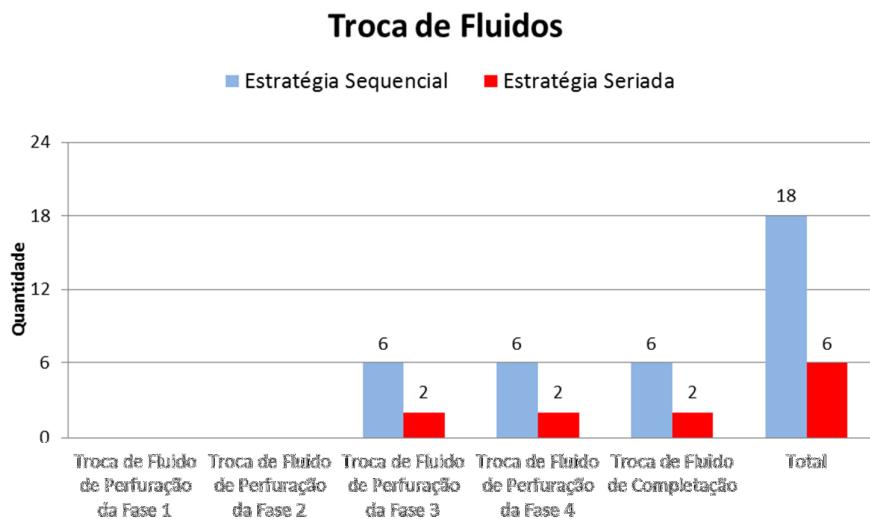


Figura 2 – Troca de Fluidos (Fonte: Elaborado pela Autora)

Nas fases iniciais, de perfuração das fases de condutor e de revestimento de superfície, o fluido utilizado é a água do mar, então não há necessidade de troca de fluido, sendo então indiferente para as estratégias sequencial e seriada.

Já para a perfuração das fases 3 e 4 e para a completação a estratégia sequencial demanda mais trocas do que a estratégia seriada.

Na estratégia sequencial são necessárias 6 trocas de fluidos em cada uma dessas etapas. Isso é explicado porque os poços são construídos individualmente, então para cada poço o fluido terá que ser trocado novamente. Como são 6 poços então são 6 trocas.

Já na estratégia seriada, como as etapas de cada poço são construídas em série, só há a necessidade de troca do fluido de uma mesma fase ao mudar do *cluster A* para o *cluster B*, sendo, portanto 2 trocas para cada etapa.

Desta forma, pode-se perceber que a estratégia seriada requer uma quantidade menor de vezes de troca de fluidos, sendo necessárias 6 trocas no total contra 18 trocas da estratégia sequencial.

6.1.3. Análise de Ajuste da Sonda

A análise de necessidade de ajuste da sonda para cada etapa de um poço é análoga a realizada para a análise de troca de fluidos.

O gráfico da Figura 31 foi gerado para analisar a quantidade de vezes que é necessária a troca de materiais na sonda, entre outras atividades, para a sonda estar preparada para perfurar/completar a etapa em questão. O gráfico não tem como objetivo permitir a análise da logística de barcos de transporte de materiais.

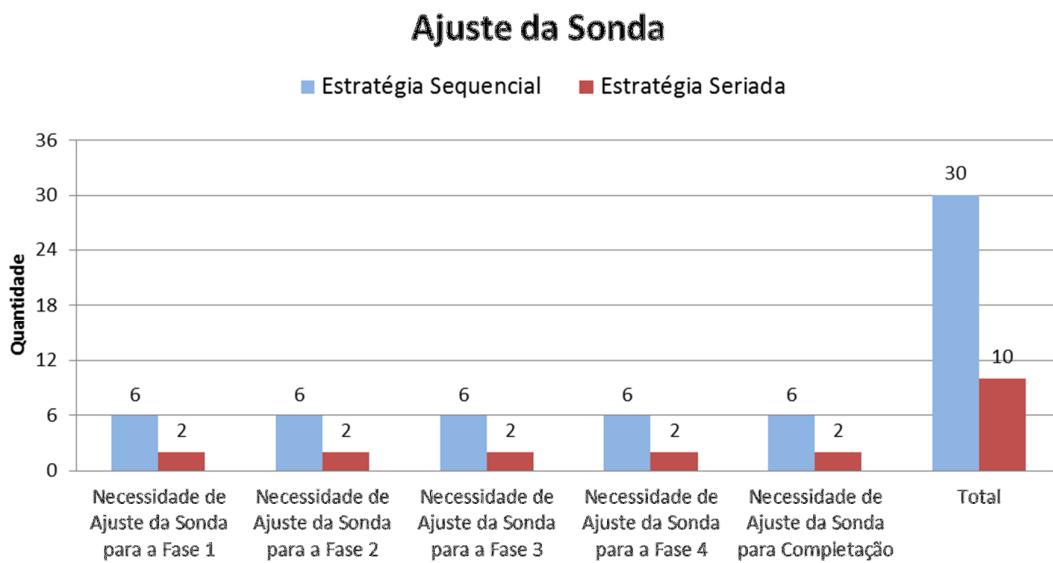


Figura 3 – Ajuste da Sonda (Fonte: Elaborado pela Autora)

Para as etapas de perfuração e completação, a sonda deve ser preparada para receber materiais específicos de cada etapa dessas. Segue abaixo os principais materiais a serem recebidos por etapa:

- Perfuração Fase 1: materiais de início de poço, broca para perfuração, coluna de perfuração, revestimento condutor, entre outros.
- Perfuração Fase 2: broca de diâmetro 17 1/2", coluna de perfuração, revestimento de superfície, entre outros.
- Perfuração Fase 3: fluido sintético de perfuração, broca de diâmetro 12 1/4", coluna de perfuração, revestimento intermediário, entre outros.
- Perfuração Fase 4: fluido sintético de perfuração, broca de diâmetro 8 1/2", coluna de perfuração, entre outros.
- Completação: fluido de completação, coluna de produção, material de empacotamento, entre outros.

A Figura 31 mostra que em todas as etapas a estratégia sequencial demanda mais ajustes da sonda do que a estratégia seriada.

Na estratégia sequencial o ajuste da sonda ocorre 6 vezes para cada uma dessas etapas. Isso é explicado porque os poços são construídos individualmente, então para cada poço os materiais terão que ser trocados novamente. Como são 6 poços então são 6 necessidades de ajuste da sonda.

Já na estratégia seriada, como as etapas de cada poço são construídas em série, só há a necessidade de ajuste da sonda para uma mesma fase ao mudar do *cluster A* para o *cluster B*, sendo, portanto, 2 momentos para cada etapa.

Desta forma, pode-se perceber que a estratégia seriada requer uma quantidade menor de vezes de ajuste da sonda, sendo necessárias 10 trocas de materiais no total contra 30 trocas da estratégia sequencial.

6.1.4.

Análise de Entrada dos Poços em Produção (*Ramp Up*)

Outra análise importante a ser feita está relacionada a entrada dos poços em produção, também conhecida como *ramp up*.

A Figura 32 apresenta para cada estratégia a data de entrada dos 6 poços em produção.

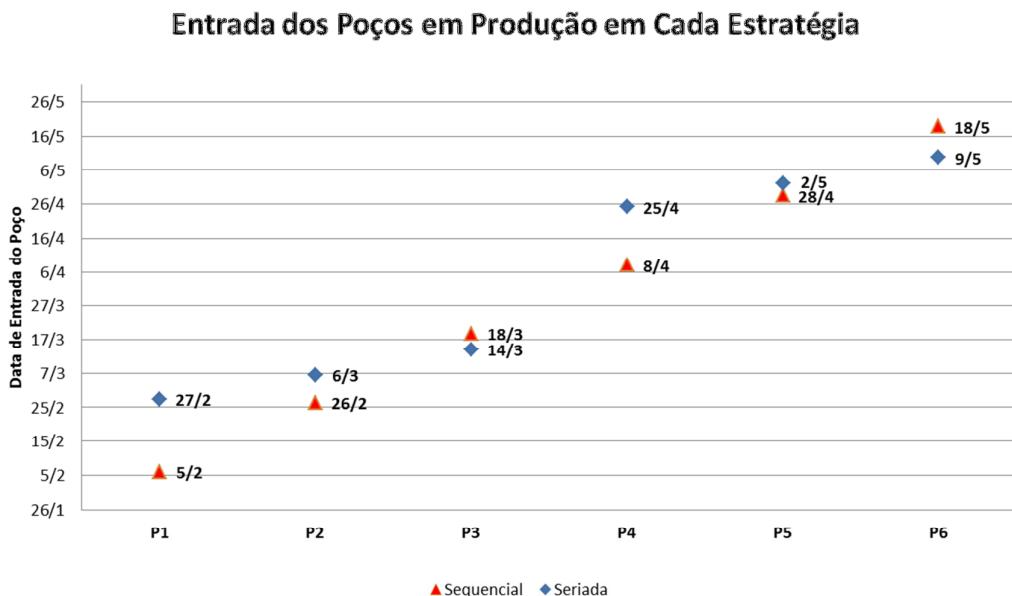


Figura 4 – Entrada dos Poços em Produção por Estratégia (Fonte: Elaborado pela Autora)

Como pode ser observado na figura, o primeiro óleo ocorre primeiramente para a estratégia sequencial, o que era de se esperar uma vez que o poço P1 da estratégia seriada só será concluído mais perto do fim do *cluster A*, enquanto na estratégia sequencial o poço P1 é construído integralmente antes de passar para os demais poços. Por isso a diferença entre as datas de primeiro óleo das estratégias sequencial e seriada é grande, de 22 dias.

Ao verificar as datas de entrada em produção do poço P2 em ambas as estratégias, nota-se que essa diferença entre as datas diminui, passando para 8 dias. Neste caso, a estratégia sequencial continua sendo mais vantajosa, uma vez que o poço P2 dessa estratégia entra primeiro em produção do que o da estratégia seriada.

No final do *cluster A*, o ganho da estratégia seriada em termos de redução da duração dos poços já pode ser visto, uma vez que o poço P3 dessa estratégia entra primeiro em produção do que o poço P3 da estratégia sequencial, com uma diferença de 4 dias.

Ao passar para o poço P4, a estratégia sequencial voltar a ser melhor do que a estratégia seriada, pois o poço P4 da estratégia seriada já faz parte do *cluster B*, sendo assim, só será finalizado no fim desse *cluster*. A diferença entre

as datas de entrada em produção desse poço é de 17 dias, sendo já um pouco menor do que a diferença de dias vista na comparação do poço P1.

No poço P5 a estratégia sequencial continua sendo mais vantajosa que a estratégia seriada, porém a diferença reduz para apenas 4 dias em média.

No final do *cluster* B, a estratégia seriada volta a ser melhor que a estratégia sequencial, uma vez que o poço P6 dessa estratégia entra primeiro em produção do que o poço P6 da estratégia sequencial. A diferença entre as datas é de 9 dias em média, já maior que aqueles 4 dias de diferença entre as estratégias no poço P3 onde também se viu essa mudança.

Em resumo, os poços da estratégia sequencial ao serem comparados aos primeiros poços de cada *cluster* da estratégia seriada, possuem vantagem uma vez que entram primeiro em produção. Mas, conforme vai se avançando nos poços, essa vantagem vai diminuindo, até que em algum ponto as estratégias se invertem, tornando a estratégia seriada melhor do que a sequencial.

O estudo de caso só tem 6 poços e foram considerados apenas 2 *clusters* para a estratégia seriada, mas pode-se inferir que, se o projeto tivesse mais poços e pudesse ser dividido em mais *clusters*, haveria um momento em que a estratégia seriada seria sempre melhor do que a estratégia sequencial para todos os poços remanescentes.

6.2. Simulação de Monte Carlo e Resultados

Antes de iniciar a simulação, devem ser inseridos nos cronogramas os dados de entrada para cada atividade, que consistem nas distribuições de probabilidade e seus parâmetros.

Além disso, devem ser definidas as saídas do modelo (*outputs*). Essas saídas devem ser colocadas nas variáveis que se deseja analisar, como por exemplo, as datas de primeiro óleo e de entrada em produção de cada poço e a duração da campanha de poços como um todo.

Com o modelo pronto, inicia-se a simulação. A simulação será realizada pelo método de amostragem hipercubo (*Hypercube Sampling*), utilizando-se o software *@Risk 4.1.4 (Professional Edition)*. Todas as simulações serão realizadas com 5.000 iterações.

Foi escolhida a técnica de amostragem hipercubo ao invés do Monte Carlo por ser mais avançada e eficiente, uma vez que ela evita repetir as amostras já

avaliadas antes, requerendo menos *loops* de simulação para fornecer os resultados com mesma precisão que o Monte Carlo (Carvalho, 2012).

Ao final da simulação foram gerados diversos resultados a serem apresentados e analisados nas Subseções 6.2.1 e 6.2.2 a seguir.

6.2.1.

Análise de Risco para a Duração da Campanha

Uma das variáveis de saída do modelo é a duração da campanha das estratégias sequencial e seriada.

Na Figura 33 são apresentadas as distribuições de probabilidade geradas, como resultado das diversas iterações da simulação, para a duração total do projeto nas duas estratégias, sendo a primeira distribuição relativa à estratégia sequencial e a segunda relativa à estratégia seriada.

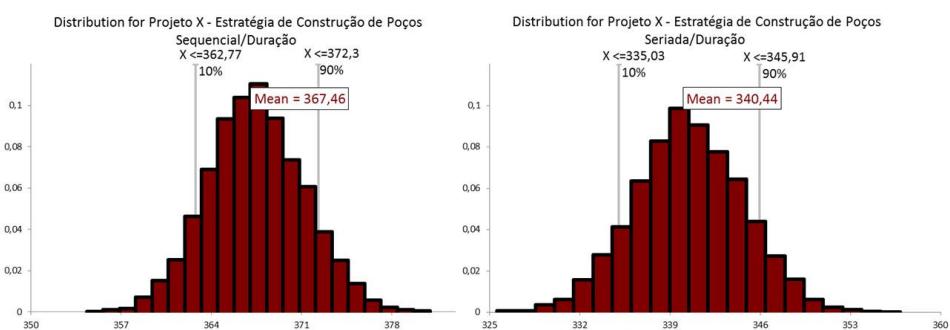


Figura 5 – Distribuições de Probabilidades da Duração do Projeto para as Estratégias Sequencial (1^a imagem) e Serial (2^a imagem) (Fonte: @Risk for Project)

Pela distribuição de probabilidade é possível avaliar diversas estatísticas. Com base nas durações mínima, P10, P50, média, P90 e máxima dessas distribuições das durações da campanha das estratégias sequencial e seriada foi elaborado o gráfico da Figura 34.

Esse gráfico mostra para cada estratégia, a variação de risco nas durações do tempo total da campanha. Mesmo inserindo riscos no modelo, para esta variável a estratégia serial continua sendo melhor que a estratégia sequencial em quase toda a sua faixa de variação. A estratégia sequencial só se torna melhor do que a serial em uma pequena faixa em torno da duração mínima quando comparada a duração máxima da estratégia seriala.

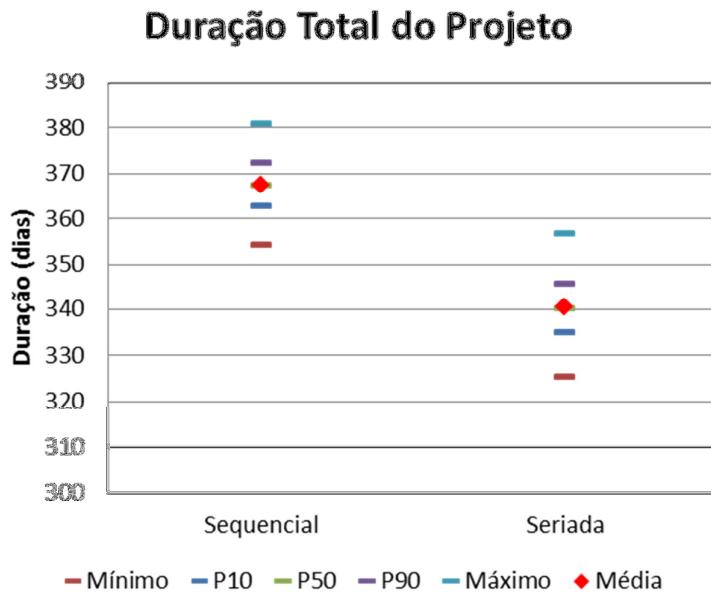


Figura 6 – Faixa de Risco da Duração Total do Projeto (Fonte: Elaborado pela Autora)

Outra análise de risco importante é a avaliação da sensibilidade da duração do projeto aos parâmetros de entrada do modelo. Esta análise permite entender quais são os principais direcionadores das variáveis de interesse.

A Figura 35 apresenta dois gráficos de tornado que ranqueiam as atividades que mais impactam a duração do projeto para a estratégia sequencial e seriada

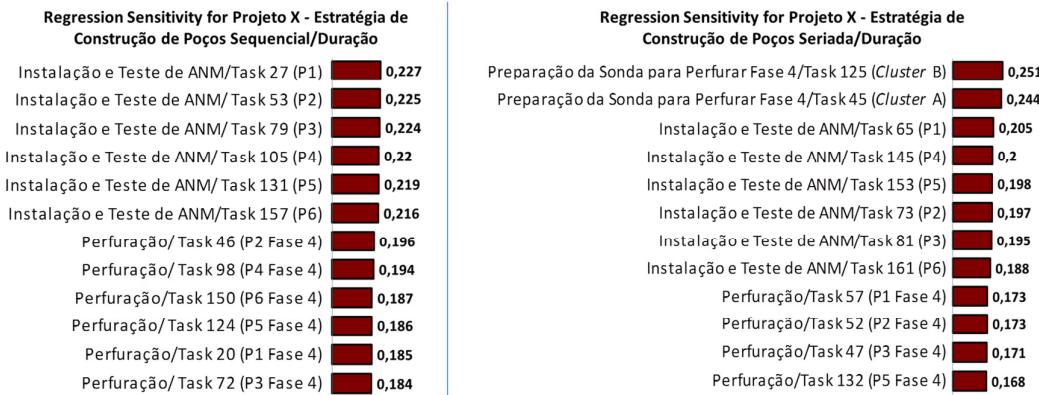


Figura 7 – Gráficos de Tornado para a Duração do Projeto para as Estratégias Sequencial (1^a imagem) e Seriada (2^a imagem) (Fonte: @Risk for Project)

Para a estratégia sequencial foram listadas as 12 atividades que mais impactam a duração do projeto. Em resumo, as atividades que mais impactam são as relacionadas à instalação e teste de ANM e a de perfuração da fase 4 dos poços. A atividade de maior impacto é a “Instalação e Teste de ANM” para o poço 1, onde o aumento de um dia nessa atividade significa um aumento de 0,227 dias na duração do projeto como um todo.

Para a estratégia seriada também foram listadas as 12 atividades de maior impacto na duração da campanha. Para essa estratégia duas outras atividades apareceram como mais impactantes, que foram as preparações da sonda para perfurar a fase 4 para o *cluster A* e para o *cluster B*. Esse resultado era esperado devido a alta duração dessa atividade e sua extensa faixa de risco. Um aumento de um dia em ambas as atividades representa um aumento de 0,49 dias na campanha.

6.2.2.

Análise de Risco para a Entrada dos Poços em Produção (*Ramp Up*)

Outras variáveis de saída do modelo são as datas de término de cada poço. Dessa forma, é possível avaliar o *ramp up* de produção entre as estratégias, considerando a análise de risco.

Através dos resultados obtidos, foi gerado o gráfico da Figura 36 com base nas datas mínima, P10, P50, média, P90 e máxima, coletadas das distribuições de probabilidade da entrada de cada poço em produção, em ambas as estratégias.

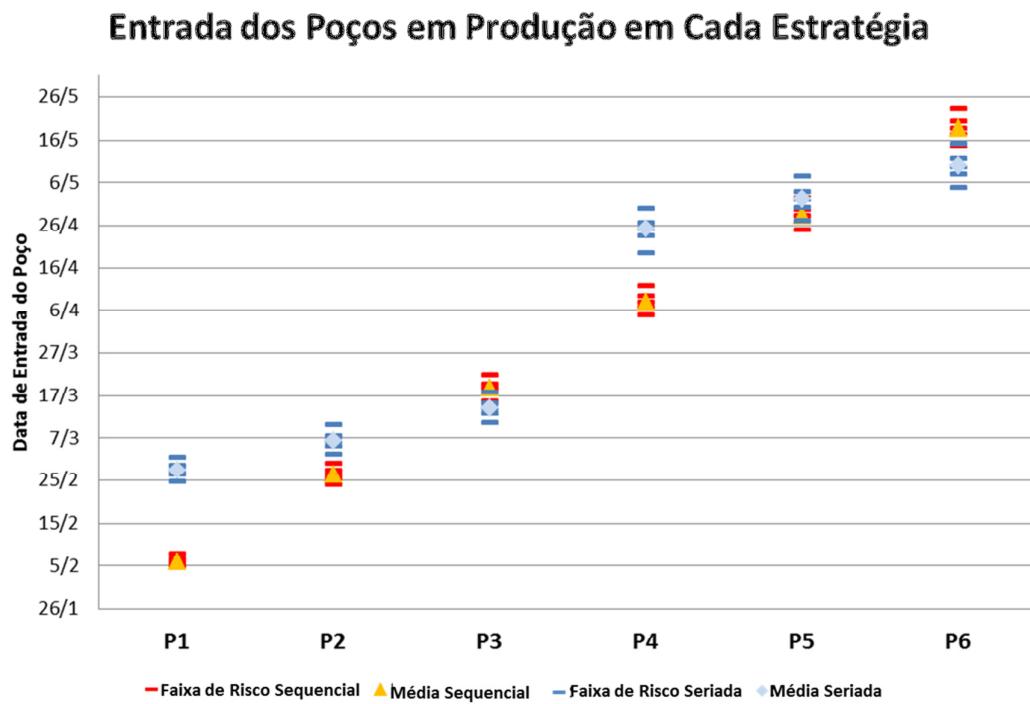


Figura 8 – Análise de Risco do *Ramp Up* de Produção (Fonte: Elaborado pela Autora)

Como pode ser visto na Figura 36, as faixas de risco na estratégia sequencial são menores do que as faixas de risco para a estratégia seriada. Isso ocorre devido aos riscos logísticos adicionais inseridos em algumas atividades da construção seriada dos poços.

Os poços P1, P2 e P4, mesmo considerando a variação de risco, continuam entrando em produção primeiro pela estratégia sequencial.

Os poços P3 e P6, que antes entravam primeiro em produção pela estratégia seriada, ao considerar a faixa de risco pode-se perceber que as faixas se cruzam (mais no poço P3 e um pouco menos no poço P6), apesar de continuar favorável à estratégia seriada.

O poço P5, que na análise determinística entra primeiro em produção pela estratégia sequencial, pode-se afirmar que essa resposta fica inconclusiva ao se adicionar riscos no modelo, pois as faixas estão praticamente sobrepostas.

Em resumo, mesmo inserindo os riscos na análise do cronograma, os resultados não tiveram grandes mudanças, tendo nenhum impacto nos poços

P1, P2 e P4, pouco impacto nos poços P3 e P6. O maior impacto foi para o poço P5, que ficou inconclusivo.

Para entender quais são as atividades de entrada que mais impactam na entrada de um poço em produção em ambas as estratégias, foi feita uma análise de sensibilidade, apresentada na Figura 37. A análise será apresentada somente para um poço, pois a resposta é semelhante nos demais poços.

Assim, a Figura 37 apresenta dois gráficos de tornado que ranqueiam as atividades que mais impactam na construção de um determinado poço, para a estratégia sequencial e seriada.

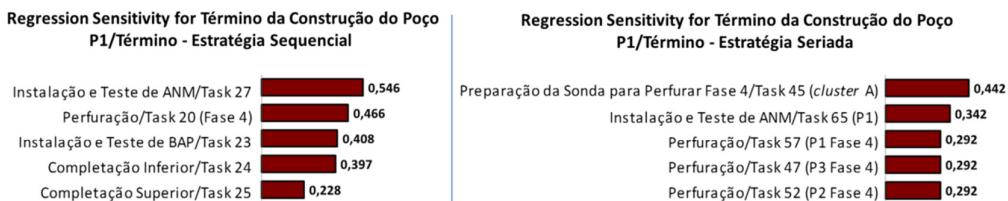


Figura 9 – Gráficos de Tornado para a Entrada em Produção do Poço P1 para as Estratégias Sequencial (1^a imagem) e Seriada (2^a imagem)
(Fonte: @Risk for Project)

Na estratégia sequencial, não há interferência das atividades relacionadas com os demais poços, então para o poço P1, as atividades que mais impactam a entrada do poço em produção são aquelas mais próximas do fim da construção, relacionadas com as atividades de perfuração da fase 4 e de completação.

Nota-se que a preparação da sonda para perfurar a fase 4 é a atividade de maior impacto na data de finalização da construção do poço P1. Neste caso já se percebe a importância das atividades de perfuração da fase 4 dos poços P2 e P3, o que era de se esperar, uma vez que estas atividades devem estar finalizadas para poder seguir a construção do poço P1.