



**Mariana Monteiro Martins**

**Comparação de estratégias de construção de poços  
marítimos incorporando incertezas**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Silvio Hamacher  
Co-orientador: Prof. Ricardo de Melo e Silva Accioly

Rio de Janeiro  
Junho de 2014



**Mariana Monteiro Martins**

**Comparação de estratégias de construção de poços  
marítimos incorporando incertezas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Silvio Hamacher**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Ricardo de Melo e Silva Accioly**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Co-orientador

**Prof. Fabricio Oliveira**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Gabriela Pinto Ribas**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 27 de junho de 2014

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Mariana Monteiro Martins**

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio em 2005. Atualmente trabalha como Engenheira de Produção na Petrobras.

#### Ficha Catalográfica

Martins, Mariana Monteiro

Comparação de estratégias de construção de poços marítimos incorporando incertezas / Mariana Monteiro Martins; orientador: Silvio Hamacher, co-orientador: Ricardo de Melo e Silva Accioly.– 2014.

102 f.: il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2014.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Construção de poços marítimos. 3. Construção sequencial. 4. Construção seriada. 5. Abordagem probabilística. 6. Incerteza. 7. Indicadores. I. Hamacher, Silvio. II. Accioly, Ricardo de Melo e Silva. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

## Agradecimentos

Ao professor Silvio Hamacher, orientador da dissertação, por todo suporte e ensinamentos durante o período da dissertação;

Ao co-orientador Ricardo Accioly, que contribuiu incessantemente para este trabalho com ensinamentos, principalmente em construção de poços e estatística;

À Petrobras, pelo incentivo para elaboração desta pesquisa;

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro;

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo e apoio;

Ao meu marido, Bruno Leonardo, pela paciência e apoio incondicional.

## Resumo

Martins, Mariana Monteiro; Hamacher, Silvio (orientador); Accioly, Ricardo de Melo e Silva (co-orientador). **Comparação de Estratégias de Construção de Poços Marítimos Incorporando Incertezas**. Rio de Janeiro, 2014. 102p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta pesquisa apresenta uma comparação entre duas estratégias de construção de poços marítimos, sequencial e seriada, de forma a entender suas características e ressaltar suas diferenças, impactos e desafios. Além disso, para inserir o contexto de incerteza nessas operações, foi acrescentada uma análise de risco para cada uma das estratégias de perfuração e completação de poços. Um estudo de caso com dados reais de um campo de petróleo foi desenvolvido de forma a analisar os resultados e comparar questões sobre duração da campanha dos poços, entrada dos poços em produção, troca de fluidos e ajustes da sonda. Essas mesmas questões foram analisadas após acrescentar distribuições de probabilidade aos cronogramas das estratégias sequencial e seriada e aplicar a simulação de Monte Carlo. Os resultados mostraram a relevância de se avaliar novas formas de sequenciamento das atividades de poços a fim de reduzir o tempo total levado para construção de poços marítimos.

## Palavras-chave

Construção de poços marítimos; construção sequencial; construção seriada; abordagem probabilística; incerteza; indicadores.

## Abstract

Martins, Mariana Monteiro; Hamacher, Silvio (advisor); Accioly, Ricardo de Melo e Silva (co-advisor). **Comparison of Different Strategies for Offshore Well Construction Incorporating Uncertainty**. Rio de Janeiro, 2014. 102p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This research presents a comparison between two different strategies of offshore well construction, one sequential and another in batch. This analysis aims to understand the characteristics of these two strategies, their impacts on some results and challenges. Besides, to understand how uncertainties affect these operations, a risk analysis was incorporated to each one of the strategies. A case study with real data from an oil field was developed in order to analyze the results and to compare issues, as total well campaign duration, production ramp up, fluid exchange and drilling rig adjustments. These same issues were analyzed after adding probability distribution in each strategy's schedules and realizing a Monte Carlo simulation. The results showed the importance of evaluating different types of sequencing well activities seeking to reduce total well construction duration.

## Keywords

Offshore well construction; sequential drilling; batch drilling; probabilistic approach; uncertainty; indicator.

## Sumário

1	Introdução	12
1.1.	Objetivos da Pesquisa	14
1.1.1.	Objetivo Geral	14
1.1.2.	Objetivos Específicos	14
1.1.3.	Motivação	15
1.2.	Encaminhamento da Pesquisa	15
2	Desenvolvimento das Atividades de Construção de Poços	17
2.1.	Atividades de Perfuração	17
2.2.	Atividades de Completação	22
2.3.	Recursos e Logística	25
2.3.1.	Sonda Marítima	26
2.3.2.	Logística	27
2.4.	Incertezas e Riscos no Contexto de Construção de Poços Marítimos	28
2.4.1.	Conceitos Gerais de Incertezas e Riscos	28
2.4.2.	Análise de Incertezas e Riscos em Construção de Poços	31
3	Estratégias de Construção de Poços	33
3.1.	Construção Sequencial dos Poços	34
3.2.	Construção de Poços Seriada	36
3.2.1.	Conceito e Características Gerais	36
3.2.2.	Considerações Sobre a Perfuração Seriada	41
3.3.	Considerações Sobre as Duas Estratégias	46
4	Metodologia para Comparação das Estratégias Considerando Análise de Risco	52
4.1.	Criação de Cronograma	52
4.2.	Identificação dos Riscos	53
4.3.	Análise de Risco	55
4.3.1.	Análise Qualitativa	55
4.3.2.	Análise Quantitativa	56
4.3.3.	Simulação de Monte Carlo	58

5 Modelagem do Estudo de Caso	65
5.1. Premissas Gerais	65
5.2. Característica dos Dados	67
5.3. Sequenciamento das Atividades	68
5.4. Considerações para a Análise de Riscos	69
5.5. Modelagem do Cronograma	71
6 Análise de Resultados	74
6.1. Resultados Determinísticos	74
6.1.1. Análise da Duração da Campanha	75
6.1.2. Análise de Troca de Fluidos	76
6.1.3. Análise de Ajuste da Sonda	77
6.1.4. Análise de Entrada dos Poços em Produção ( <i>Ramp Up</i> )	78
6.2. Simulação de Monte Carlo e Resultados	80
6.2.1. Análise de Risco para a Duração da Campanha	81
6.2.2. Análise de Risco para a Entrada dos Poços em Produção ( <i>Ramp Up</i> )	83
7 Conclusões e Recomendações	86
8 Referências Bibliográficas	90
Apêndice I – Problemas Típicos da Atividade de Perfuração	96
Apêndice II – Cronogramas Detalhados das Estratégias Sequencial e Seriado	100



## Lista de Figuras

Figura 1 – Metas de Produção de Óleo e LGN da Petrobras	12
Figura 3 – Ilustração do Fluxo do Fluido de Perfuração	18
Figura 4 – Ilustração de Poço Típico e seus Revestimentos	20
Figura 5 – Exemplo de Plataformas conectadas a <i>Riser</i> , BOP e Cabeça do Poço no Fundo do Mar	21
Figura 6 – Completação Quanto ao Número de Zonas Explotadas	23
Figura 10 – Tipos de Sondas Marítimas	26
Figura 11 – Espectro de Incertezas	29
Figura 12 – Processos de Gerenciamento de Riscos de Projetos	30
Figura 14 – Exemplo de Construção Sequencial dos Poços	35
Figura 16 – Ilustração da Perfuração Seriada da Fase 1 dos Poços	37
Figura 17 - Ilustração da Perfuração Seriada da Fase 2 dos Poços	38
Figura 18 - Ilustração da Perfuração Seriada da Fase 3 dos Poços	39
Figura 19 - Ilustração da Completação Seriada dos Poços	39
Figura 20 – Exemplo de Relação de Dependência Entre Atividades Termino-Início	53
Figura 21 – Exemplo de estimativas de duração de atividade sem e com a incorporação de risco	57
Figura 22 – Etapas para Definição do Modelo	59
Figura 23 – Disposição dos Poços e sua Divisão em <i>Clusters</i>	66
Figura 24 – Ilustração de Poço OHGP	67
Figura 25 – Sequenciamento da Estratégia de Construção Sequencial	68
Figura 26 – Sequenciamento da Estratégia de Construção Seriada	69
Figura 27 – Estrutura de Tópicos do Cronograma da Estratégia Sequencial	72
Figura 28 – Estrutura de Tópicos do Cronograma da Estratégia Seriada	73
Figura 29 – Duração Total do Projeto por Estratégia	75
Figura 30 – Troca de Fluidos	76
Figura 31 – Ajuste da Sonda	77
Figura 32 – Entrada dos Poços em Produção por Estratégia	79
Figura 33 – Distribuições de Probabilidades da Duração do Projeto para as Estratégias Sequencial (1ª imagem) e Seriada (2ª imagem)	81
Figura 34 – Faixa de Risco da Duração Total do Projeto	82
Figura 35 – Gráficos de Tornado para a Duração do Projeto para as	

Estratégias Sequencial (1ª imagem) e Seriada (2ª imagem)	83
Figura 36 – Análise de Risco do <i>Ramp Up</i> de Produção	84
Figura 37 – Gráficos de Tornado para a Entrada em Produção do Poço P1 para as Estratégias Sequencial (1ª imagem) e Seriada (2ª imagem)	85
Figura 38 – Ilustração de Uma Perda de Circulação	96
Figura 39 – Ilustração de uma Perfuração com Problemas de Formações Pressurizadas	97
Figura 40 – Ilustração de um Colapso do Revestimento	98
Figura 41 – Ilustração dos Dois Tipos de <i>Wash Outs</i>	99
Figura 42 – Quebra da Atividade de Construção de Determinado Poço para a Estratégia Sequencial	100
Figura 43 – Quebra da Atividade de Construção de Poços para a Estratégia Seriada	102

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características das Estratégias e suas Criticidades	46
Tabela 2 – Potencial de Ganho das Estratégias	49