



**Eduardo Estrella de Souza**

**Processo de Localização de Plataformas de Petróleo**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Prof. Nélío Domingues Pizzolato

Rio de Janeiro  
Abril de 2011



**Eduardo Estrella de Souza**

## **Processo de Localização de Plataformas de Petróleo**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Nélio Domingues Pizzolato**

Presidente

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Adilson Elias Xavier**

UFRJ

**Prof. Armando Celestino Gonçalves Neto**

UFRJ

**Prof. Dr. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 25 de abril de 2011.

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

### **Eduardo Estrella de Souza**

Graduou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 1994. Especializou-se em Garantia da Qualidade no ano de 1997 pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Trabalha na área de Logística e Suprimentos em projetos de instalação de equipamentos submarinos e lançamento de linhas flexíveis. Dentre as principais atividades desenvolvidas estão a liberação de embarcações junto às principais autoridades brasileiras, o gerenciamento de processos de compra e importação/exportação de materiais e equipamentos, gestão de contratos de fornecimento e serviços e o gerenciamento de processos de logística e armazenagem.

### Ficha Catalográfica

Souza, Eduardo Estrella de

Processo de localização de plataformas de petróleo / Eduardo Estrella de Souza ; orientador: Nélío Domingues Pizzolato. – 2011.  
68 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2011.  
Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Sistemas marítimos de produção. 3. Plataforma. 4. Petróleo. 5. Logística. 6. Localização. 7. Valor presente líquido. I. Pizzolato, Nélío Domingues. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Dedico este trabalho aos meus pais Arthur e Nancy que sempre se empenharam em me dar a melhor educação possível, transmitindo em todos os momentos a importância de se ter uma base sólida de conhecimentos.

## Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar ao meu filho Rafael, que mesmo não sabendo, em função da pouca idade, me deu forças para seguir em frente.

Meu sincero agradecimento à minha companheira Fabiana, mais do que esposa e mulher, pela compreensão nas horas de estudo e ausência.

Agradeço também às pessoas que colaboraram com este trabalho, em especial o professor Nélcio na orientação e o Vinicius Rosa fornecendo dicas importantes.

E à Deus por ter me dado esta oportunidade.

## Resumo

Souza, Eduardo Estrella de; Pizzolato, Nélio Domingues. **Processo de localização de plataformas de petróleo**. Rio de Janeiro, 2011. 68p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho descreve uma sistemática para localização de plataformas de petróleo baseado em um algoritmo de localização. Como critério principal será considerada a maximização do valor presente líquido das receitas do projeto. Devido ao elevado grau de incerteza na determinação da vazão inicial de cada poço e arbitrando-se valores de vazão para cada um dos poços de produção envolvidos, será adotado um percentual que vai estabelecer níveis mínimos e máximos de vazão, procurando corrigir possíveis erros relativos ao processo inicial de coleta e interpretação de dados. Além disso, um fator randômico será introduzido no cálculo da vazão inicial com o objetivo de aumentar a confiabilidade na determinação da possível localização da plataforma. A partir destas vazões iniciais e também das vazões ao longo do tempo de vida estabelecido para os poços, será calculado o valor presente líquido das receitas de cada poço e conseqüentemente o percentual de participação destes poços na proximidade com a plataforma. Este percentual representa o peso de cada poço na determinação da localização final da plataforma de petróleo. Por hipótese, a superfície do fundo do mar é semelhante a um plano, portanto não são considerados obstáculos nas ligações entre os vários poços e a plataforma. Para testar a sistemática, um problema exemplo será solucionado.

## Palavras-chave

Sistemas marítimos de produção; plataforma; petróleo; logística; localização; valor presente líquido.

## Abstract

Souza, Eduardo Estrella de; Pizzolato, Nélio Domingues. (Advisor)  
**Location Proposal for Petroleum Platforms.** Rio de Janeiro. 2011. 68p.  
MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia  
Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This paper describes a system for locating oil rigs based on a general location algorithm. The problem consists in maximizing the net present revenue value of the project arbitrating discharge values for each of the production wells involved. Due to the high degree of uncertainty in determining the initial flow rate of each well it is assumed a percentage that will establish minimum and maximum levels of flow, trying to correct possible errors related to the initial collection and interpretation of data. In addition, a random factor is introduced when calculating the initial flow in order to increase reliability in determining the possible location of the platform. From these initial flow rates and also the flow over the lifetime established for the wells, the net present revenue value of each well and consequently the percentage of participation of these wells in proximity to the platform will be calculated. This percentage represents the weight of each well in determining the final location of the oil platform. The surface of the seabed is assumed similar to a plan, so no barriers are considered on the links between the various wells and the platform. A sample problem is solved to test the system described.

## Keywords

Production maritime systems; platform; petroleum; logistics; location; net present value.

## Sumário

1. Introdução	12
1.1. Apresentação do Estudo	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Estrutura da Dissertação	14
2. Instalações de Produção no Mar	15
2.1. Introdução	15
2.1.1. Poços de Petróleo	15
2.1.2. Reservas de Petróleo	18
2.2. Unidades Estacionárias de Produção (UEP)	19
2.2.1. Classificação das UEPs	19
2.2.1.1. Jaqueta	21
2.2.1.2. Semi-Submersíveis	21
2.2.1.3. Unidade Estacionária de Produção, Armazenagem e Transferência (FPSO)	22
2.2.1.4. Unidade Estacionária de Armazenagem e Transferência (FSU)	23
3. Revisão Bibliográfica	24
4. Contexto Teórico	29
4.1 Logística	29
4.2 Custos na Exploração e Produção de Petróleo	32
4.2.1 Custos de Desenvolvimento	33
4.2.2 Custos de Produção	34
4.3. Receita na Produção de Petróleo	34
4.4. A Produção de Petróleo	34
4.5. Problemas de Localização de Facilidades	37
4.5.1. Tipologia dos Problemas de Localização	41
4.5.1.1. Localização em um Plano	41
4.5.1.2. Localização em uma Rede	44
4.5.1.2.1. O Problema da $p$ -Mediana	46
4.5.1.2.2. Os Métodos Heurísticos	48
4.5.1.2.3. Os Métodos Exatos	49
4.6. Outros Problemas Fundamentais de Localização	49
4.6.1. O Problema da Localização com Cobertura Completa	49
4.6.2. O Problema da Localização com Cobertura Máxima	50
5. Modelagem do Problema	51
5.1. Introdução	51
5.2. Representação da Superfície do Mar em um Plano	52
5.3. Determinação das Coordenadas dos Poços	52
5.4. Cálculo das Vazões de Óleo ao Longo do Tempo	52
5.5. Cálculo do VPLR Associado a Cada Posição da UEP	54
5.6. Problema Exemplo	56



6. Conclusões	59
6.1. Avaliação dos Resultados	59
6.2. Propostas para Trabalhos Futuros	64
Referências Bibliográficas	66

## Lista de figuras

Figura 1: Disposição de poços no leito submarino e conexões flexíveis	17
Figura 2: Plataforma tipo Jaqueta	21
Figura 3: Plataforma Semi-submersível	22
Figura 4: Unidade de Produção, Armazenagem e Transferência (FPSO)	23
Figura 5: Localização dos poços	56
Figura 6: Curva de Valor Presente Líquido das Receitas para cada poço	60
Figura 7: Localização da plataforma e poços	63

## **Lista de quadros**

Quadro 1: Metodologia proposta para localizar UEPs	55
Quadro 2: Relação de coeficientes “a” e “b” e $Q_0$	57
Quadro 3: Faixa de valores mínimos e máximos de vazão – incerteza de 5%	58
Quadro 4: Parâmetros da Receita	58
Quadro 5: Percentuais de participação de cada poço	61
Quadro 6: Valores totais de VPLR para cada poço	62