

1 Introdução

1.1. Motivação

Com o crescimento da demanda de óleo, as empresas de petróleo têm sido forçadas a explorar novas reservas em águas cada vez mais profundas. No Brasil, a Petrobras extrai atualmente cerca de 17% de sua produção em terra firme, 19% em águas rasas e 64% em águas profundas (acima de mil metros de profundidade). Em função do alto custo das operações de exploração de petróleo, torna-se bastante relevante o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar a eficiência e reduzir os custos envolvidos. Quando as profundidades envolvidas na exploração eram da ordem de dezenas a uma centena de metros, era possível manter os equipamentos de exploração marinha posicionados por meio de torres treliçadas apoiadas no fundo. Com o aumento da profundidade de exploração, a utilização deste tipo de estrutura se torna inviável. Neste contexto, a utilização de unidades flutuantes ancoradas no fundo do mar é cada vez mais freqüente em águas profundas.

O posicionamento das unidades flutuantes durante as operações de exploração de óleo é garantido pelas linhas de ancoragem, que são estruturas flexíveis compostas geralmente por trechos de aço, amarras e/ou cabos sintéticos. Na extremidade das linhas de ancoragem são utilizadas âncoras e nos trechos intermediários podem ser encontrados alguns acessórios para a conexão de segmentos de materiais diferentes. A distribuição das linhas de ancoragem é um dos fatores que influenciam diretamente os deslocamentos sofridos pelas unidades flutuantes quando submetidas a ações ambientais, tais como ventos, ondas e correntes.

De acordo com a geometria das linhas, diferentes configurações são utilizadas na ancoragem de estruturas flutuantes, como ancoragens em catenária (convencionais), ancoragem tipo *taut-leg* (linhas inclinadas tracionadas) e ancoragem vertical (utilizando tendões). O critério de escolha do tipo de ancoragem depende principalmente do tipo de embarcação, da lâmina d'água, da quantidade de *risers*, do tipo de operação e do custo envolvido.

1.2. Objetivo

A determinação da “melhor” disposição possível das linhas de ancoragem resulta em um problema de otimização cujo objetivo final é minimizar os deslocamentos (*offsets*) das unidades flutuantes quando submetidas a diferentes combinações de forças externas provenientes das ações ambientais.

O objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de um Algoritmo Genético (AG) para solucionar este problema de otimização.

Os algoritmos genéticos, pertencentes ao campo da computação evolucionária, são inspirados no processo de seleção natural e se distinguem das técnicas mais comuns de programação matemática por empregarem uma população de indivíduos ou soluções; trabalharem sobre uma codificação das possíveis soluções ao invés das soluções propriamente ditas; empregarem regras de transição probabilísticas; e não requererem informações adicionais (como derivadas da função objetivo, por exemplo). Os operadores básicos utilizados por estes algoritmos são mutação, *crossover* e seleção. Existe uma grande variedade de processos de seleção dos indivíduos. Neste trabalho, é adotada a técnica *steady-state*, que só efetua a substituição de dois indivíduos por geração. Neste caso, os dois melhores indivíduos da geração corrente são recombinados geneticamente e os indivíduos resultantes são usados para substituir os dois piores.

O cálculo da posição de equilíbrio estático da unidade flutuante é realizado aplicando-se a equação da catenária para cada linha da ancoragem com o objetivo de se obterem as forças de restauração na unidade, e empregando-se um processo iterativo para calcular a sua posição final de equilíbrio.

Recentemente, alguns trabalhos foram desenvolvidos sobre a otimização de sistemas de ancoragem. Albrecht [1] implementou uma ferramenta computacional para a otimização de sistemas de ancoragem, empregados nos processos de exploração de petróleo, em função dos deslocamentos sofridos pelas unidades flutuantes e das tensões nas linhas de ancoragem. Nesta pesquisa, o autor utiliza um algoritmo baseado nos princípios da computação evolucionária. Maffra *et. al.* [2] apresentaram um trabalho com a aplicação de algoritmos genéticos para a otimização dos deslocamentos sofridos por unidades flutuantes submetidas a um conjunto de condições ambientais. Apesar dos resultados obtidos serem interessantes, os autores enfatizam a necessidade de melhoria do algoritmo utilizado. Santos [3] introduziu uma ferramenta

computacional baseada em uma estratégia evolutiva para otimizar os sistemas de ancoragem de unidades de produção do tipo FPSO (*Floating Production, Storage and Offloading Vessel*).

1.3. Organização do trabalho

No capítulo 2 são apresentados os principais tipos de sistemas de ancoragem utilizados em estruturas *offshore*.

O capítulo 3 mostra alguns métodos de otimização, dando-se maior ênfase aos algoritmos genéticos. Uma revisão bibliográfica sobre diversos trabalhos encontrados na literatura técnica também é apresentada neste capítulo.

A formulação matemática do problema proposto, assim como a descrição detalhada da implementação de um algoritmo genético e sua aplicação na solução de diversos exemplos clássicos encontrados na literatura técnica, são mostradas no capítulo 4.

O capítulo 5 apresenta os resultados da aplicação do algoritmo proposto em exemplos reais de sistemas de ancoragem.

As conclusões deste trabalho são apresentadas no capítulo 6, juntamente com algumas recomendações para trabalhos futuros.