

1. Introdução

A exploração de petróleo no mar é responsável por porcentagens cada vez maiores e crescentes da produção mundial desta riqueza. O grande potencial exploratório em águas profundas leva as empresas do setor do petróleo a buscarem o conhecimento tecnológico necessário para viabilizar a exploração e produção em alto mar. Paralelamente à busca de novas tecnologias de exploração e produção, a diminuição do risco de falha estrutural, e a previsão da vida útil de sistemas, instalações e equipamentos em unidades do tipo *offshore* são consideradas tecnologias chave para países, como o Brasil, que estão seriamente empenhados em um processo de expansão industrial. A previsão da vida útil está intimamente associada à garantia da integridade estrutural do componente e, sendo fundamental a implantação de uma política economicamente viável que possa quantificar o dano presente em tais componentes, de maneira a prever de maneira confiável a sua vida residual e programar ações de extensão de sua vida útil.

À medida que a prospecção de petróleo ocorre em águas cada vez mais profundas surgiu a necessidade de se buscar alternativas para sistemas estruturais de suporte a plataformas, uma vez que as unidades utilizadas até então se tornavam inviáveis com o aumento da lâmina d'água. A solução natural baseou-se em empregar o conceito de sistemas complacentes. A tendência atual para exploração de petróleo *offshore* em águas profundas tem se concentrado em sistemas flutuantes, sendo os principais deles as plataformas semisubmersíveis, e navios ancorados. Dentro deste contexto, alguns componentes estruturais das unidades passam a merecer atenção especial, como por exemplo, as linhas de amarração e ancoragem.

Uma das funções principais dos sistemas de ancoragem de unidades *offshore* é restringir os deslocamentos provocados por forças ambientais, permitindo operações seguras de produção do petróleo. Sendo assim,

sistemas de ancoragem devem ser constituídos de várias linhas de ancoragem posicionadas de maneira adequada ao redor da unidade, conforme esquematizado na Figura 1.1. Tais sistemas para operações em águas profundas e ultraprofundas são usualmente compostos por amarras, cabos de aço e cabos de poliéster, com o objetivo de reduzir o peso estrutural.

Manilhas são acessórios de união para trechos de amarras (neste caso, manilhas de união) e aparecem em baixo número na linha de ancoragem. Entretanto, por suas características geométricas, tais acessórios apresentam uma baixa resistência à fadiga, tornando-se críticos na vida útil da linha de ancoragem. A união de trechos de amarras também pode ocorrer por meio de elos do tipo *Kenter*, com o objetivo facilitar a montagem da linha. De maneira similar as manilhas de união, elos *Kenter* também aparecem em baixo número na arquitetura da linha e apresentam uma vida-fadiga que é aproximadamente 25% daquela das amarras de mesmo grau e diâmetro. Sendo assim, o baixo número de ciclos para a falha dos elos *Kenter* faz com que tais elementos sejam críticos na durabilidade do sistema de ancoragem.

Sendo assim, a otimização da vida-fadiga destes componentes deve ser considerada como de fundamental importância para a integridade estrutural de sistemas de ancoragem e, conseqüentemente, para operações seguras de extração e produção de petróleo em águas profundas.

O presente trabalho de pesquisa teve por objetivo analisar a influência da geometria e de propriedades do material sobre as características das fraturas monotônica e cíclica de acessórios clássicos (manilhas de união e elos *Kenter*) e de uma nova proposta (elo *Multifuncional*) para a união de trechos de amarras em sistemas de ancoragem *offshore*.

A metodologia adotada para o cumprimento do objetivo estabelecido foi aquele de se realizar simulações numéricas nos acessórios mencionados com três diâmetros diferentes (76, 95 e 120 mm) e adotando-se um único material (aço estrutural R4), cujos valores dos limites de escoamento e de ruptura variaram de 580 a 840 MPa e 841 a 920 MPa,

respectivamente. Para a análise virtual do comportamento em fratura monotônica foram aplicados carregamentos em função do diâmetro considerado e em conformidade com as recomendações de fabricação de componentes para sistemas de ancoragem. Já nas simulações cíclicas, a carga mínima e a máxima foram adotadas em função do carregamento monotônico, resultando num gráfico que prevê o número de ciclos para a falha em função da deformação do acessório.



Figura 1.1 - Sistema de ancoragem e prospecção de uma unidade FPSO (Flotation Production Storage Oil) [1].