

1 Introdução

Tubulações industriais são responsáveis pelo transporte de uma variedade de produtos, de forma rápida, segura e econômica. Na indústria do petróleo, em particular, produtos derivados do petróleo, gás natural e óleo cru, são regularmente transportados em tubulações, desde a extração até o refino e a distribuição.

Projetos de tubulações industriais e dutos de transporte em geral estão associados a altos investimentos financeiros e ao transporte de produtos de valor estratégico para a sociedade. Desta forma, é de fundamental importância garantir que essas tubulações operem de maneira contínua, com um mínimo de interrupções devido a imprevistos ou acidentes. (*Gomes, et al., 2000 [9]*)

1.1. Motivação

Em janeiro de 2000 uma tubulação de 16” de diâmetro rompeu devido à flambagem por expansão térmica do duto, ocasionando um vazamento de óleo combustível aquecido, do tipo MF-380, na Baía de Guanabara. Esse duto, conhecido como PE-2, era utilizado para transportar óleo aquecido da refinaria de Duque de Caxias aos terminais de navios na Ilha D’Água.

A fratura no duto deu-se pela presença de uma região com deformação plástica excessiva associada à flambagem localizada na parede da tubulação. Esta ruptura localizada foi induzida por uma flambagem global da estrutura, acarretando um aumento nas tensões compressivas de flexão na parede do duto. (*Costa et al., 2002 [29]*)

Uma extensa investigação técnica foi feita pela PETROBRAS para melhor entender a interação solo-estrutura em dutos enterrados em solos argilosos, permitindo a elaboração de um projeto para substituir o PE-2 por uma nova tubulação chamada PE-3. Este mesmo duto foi utilizado nos EUA, patenteado pela SHELL[®] (*Apud Junior, E.P., 2003 [32]*), e adota uma geometria em

zigzague. Esse novo conceito, segundo seus idealizadores, apresenta vantagens em relação ao duto reto. No presente trabalho, o termo *zig-zag* será empregado para referir-se a este conceito.

Num projeto de linha de duto enterrado pode-se levar em consideração que, por algum motivo, parte desta linha fique descoberta, como mostra Figura 1.1. O presente estudo leva em consideração este trecho descoberto e também o mesmo ora enterrado, ora com imperfeição horizontal e ora com vão central livre. Suas extremidades engastadas simulam a parte do duto que está enterrado.

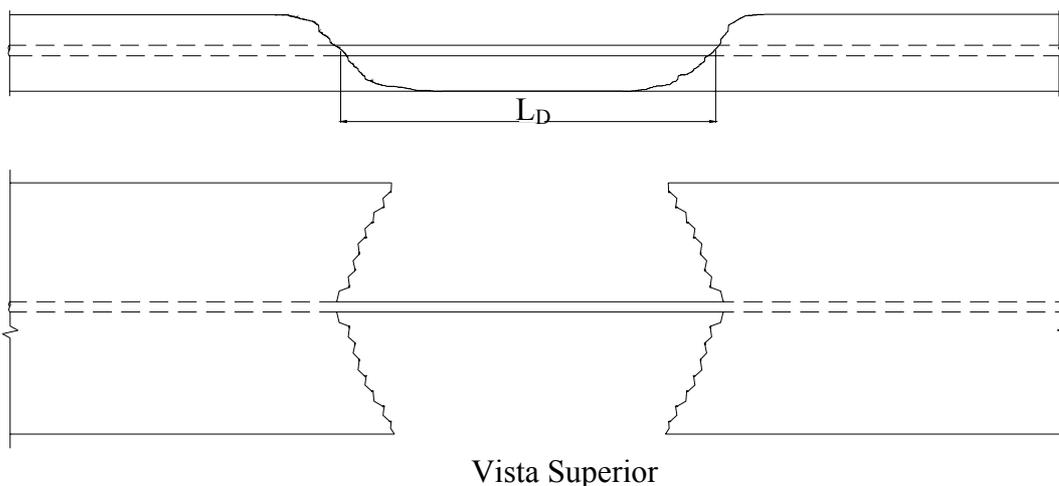


Figura 1.1 – Linha de duto com trecho descoberto

1.2. Conceito do Duto *Zig-Zag*

No modelo *zig-zag* (Figura 1.2) os parâmetros comprimento e ângulo de zigzague são constantes ao longo da linha, logo sua simetria é garantida. Essa simetria conduz a uma distribuição homogênea de deformação térmica ao longo de todo o comprimento da tubulação, produzindo baixos níveis de força axial. Conseguem-se isso reduzindo os trechos lineares que alimentam as deformações induzidas pela expansão térmica do duto, assim cada alça alternada (tubos em curva) absorve cerca de metade da dilatação linear, reduzindo os esforços gerados pela expansão térmica do duto que conduzem à flambagem lateral e vertical. (Amaral et al, 2002 [30]).

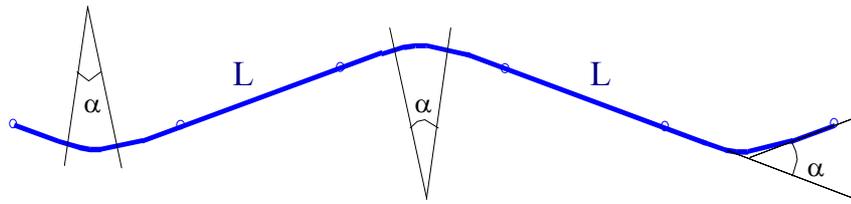


Figura 1.2 – Representação da geometria em zig-zague

1.3. Objetivo do Trabalho

Este trabalho investiga experimentalmente o comportamento de dutos metálicos empregados na transmissão de derivados de petróleo quando submetidos às condições reais de uso. O principal objetivo é avaliar a influência de diferentes configurações do duto sobre a sua resistência. Foram investigados dutos retos e em zig-zague com comprimentos totais de 12, 16 e 18 metros; comprimento do trecho linear de 2 e 4 metros; e ângulo entre os trechos lineares de 5°, 10° e 15°, valores estes estabelecidos pela equipe técnica da PETROBRAS como valores de interesse.

O estudo foi realizado em modelos reduzidos, na escala de 1:6, com semelhança física. Os modelos estão sujeitos a variação de temperatura, pressão interna e diversas condições de apoios lateral e longitudinal que simulam o solo existente em torno do duto.

1.4. Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em seis capítulos com o conteúdo descrito abaixo.

No Capítulo 2 são apresentados mecanismos típicos de falhas em dutos abordando aspectos de resistência, de instalação e operação de dutos.

O Capítulo 3 faz menção à análise dimensional com vistas ao projeto do modelo reduzido a ser investigado no presente trabalho.

No Capítulo 4 é descrito o estudo experimental. As características dos materiais empregados, montagem, instrumentação e todas as demais etapas necessárias para a execução dos ensaios são discutidas neste capítulo.

Os resultados dos ensaios descritos no capítulo anterior são apresentados e analisados no Capítulo 5.

Finalmente no Capítulo 6 estão as conclusões obtidas e sugestões para trabalhos futuros dentro da linha de pesquisa de dutos metálicos.