

Uma reflexão sobre a influência da ESPESSURA DE PAREDE no desempenho de linhas de dutos

A construção de linhas de dutos é uma das alternativas mais atraentes para o transporte de massa, sobretudo de substâncias agressivas ao meio ambiente. Do ponto de vista econômico, seu maior investimento inicial é plenamente compensado pelos seus menores custos de manutenção e operação.

A primeira fase do projeto de engenharia consiste no dimensionamento da tubulação, no qual se busca o equilíbrio entre o consumo de material (tubos menores) e o consumo de energia durante a operação (tubos maiores) para garantir a vazão nominal de projeto. A fase seguinte do projeto da tubulação consiste na definição da espessura da parede do tubo, que deve ser tal que garanta a integridade estrutural para condições de carregamento externo e interno na tubulação. Ou seja, a tubulação não deve sofrer deformações permanentes que provoquem o seu colapso e/ou alterem de modo significativo as dimensões da seção transversal do tubo.

A definição da espessura da tubulação é feita a partir do cálculo das tensões induzidas pelos carregamentos externos e internos. Em geral, a metodologia de cálculo das tensões e as hipóteses de carga são fornecidas por normas que estabelecem valores limites para diversas grandezas como, por exemplo, a espessura mínima fornecida pelos códigos ANSI B31 (1999), DNV (1996) e IP-6 (1973).

A espessura de parede mínima sugerida pelas normas não leva em consideração todas as possibilidades de carregamento. As cargas internas na tubulação são mais previsíveis, pois decorrem do escoamento e da operação, o que, em geral, envolve o controle e recursos humanos mais qualificados. Já as cargas externas envolvem os carregamentos ambientais e cargas decorrentes das ações de terceiros, cujas previsões possuem um grau de incerteza muito maior. Outro fator que também não é considerado pelas normas é a possibilidade de reutilização futura da tubulação para o transporte de outros produtos ou ainda a reclassificação da tubulação para aumentar as especificações operacionais tais como pressão e temperatura.

Neste contexto, é pertinente que se faça um estudo sobre a influência da espessura de parede do tubo ao longo de todas as fases do projeto e de operação das linhas de dutos. Este trabalho apresenta um resumo da influência da espessura de parede na determinação dos carregamentos limites sobre a tubulação.

Rosa Irene Terra Pinto

é engenheira mecânica, mestre em Engenharia Metalúrgica. Atua como consultora nas áreas de projeto, avaliação de integridade estrutural, NR-13 e IBR para indústrias dos setores de petróleo, petroquímico, termoelétrico e metalmeccânico.



Waldir Terra Pinto é

formado em Engenharia Civil (1982) pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (Furg), possui mestrado em Geotecnia (1988) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e doutorado em Engenharia Oceânica e Arquitetura Naval (1995) pela Universidade de Londres (UCL). É professor do Departamento de Materiais e Construção na Furg onde é responsável pelo Laboratório de Interação Fluido-Estrutura (LIFE).



A influência da espessura de parede nas cargas críticas sobre a tubulação

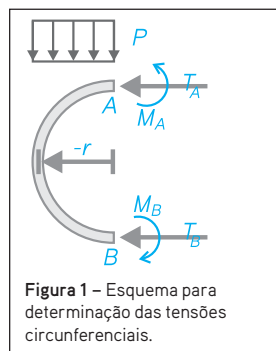
A espessura da parede do tubo tem influência direta na vida útil e na reclassificação da linha de duto. A determinação dessa influência pode ser determinada usando-se modelos analíticos e numéricos para o cálculo dos esforços, modelos de desgaste e corrosão do material constituinte do tubo e outros dados de possíveis utilizações futuras.

As últimas informações com frequência requerem bancos de dados obtidos por meio de observações de campo de linhas já existentes. A disponibilidade desses dados não é imediata e, portanto, a influência dos mesmos não será abordada neste trabalho. A análise das cargas críticas é feita a partir da variável adimensional t/D , ou seja, a relação entre a espessura e o diâmetro do tubo cilíndrico.

A determinação dos valores críticos de carregamentos como pressão interna, pressão externa, tensões decorrentes de carregamentos longitudinais, estabilidade da seção transversal, efeitos de corrosão, entre outros, dependem da espessura da parede. Os efeitos: a pressão interna causa tensões circunferenciais de tração enquanto a pressão externa causa tensões circunferenciais de compressão.

A pressão externa pode então levar ao colapso da seção transversal do tubo. Na análise de pressão uniforme, a tubulação pode ser submetida a uma diferença entre as pressões interna e externa que é diretamente proporcional a t/D .

Se a diferença de pressão for positiva, então as tensões circunferenciais são de tração. Se a diferença de pressão for negativa, as tensões circunferenciais



são de compressão. Neste caso, deve-se considerar uma análise da estabilidade da seção transversal do tubo. A pressão crítica para estabilidade da seção transversal para um material elástico-linear é função de $(t/D)^3$ (ver Timoshenko e Woinowsky-Krieger, 1970).

Ação de terceiros: na prática uma das maneiras mais eficientes de proteger uma linha de dutos contra a ação de terceiros consiste em enterrá-la a uma profundidade segura. Além da proteção, esse procedimento produz melhor distribuição de cargas externas pontuais sobre a linha. Porém, existe um aumento no carregamento externo. Watkins e Anderson (2000) apresentam diversas condições de carga externa. Considerados três casos práticos: carga em linha atuando em direções diametralmente opostas, carga devido ao empuxo do solo e o caso de uma carga distribuída no topo de um cilindro de um substrato rígido, pode-se observar que a carga crítica é aproximadamente proporcional ao quadrado da relação t/D .

A análise longitudinal é muito importante para a determinação da estabilidade vertical da linha. Porém, esse problema é bastante complexo, sobretudo quando o duto está enterrado e com possibilidade de imperfeições iniciais como mostram as Figuras 1 e 2. A análise de linhas enterradas envolve o fenômeno de interação solo-estrutura que, em geral, é não linear. Nestas condições, não se pode estabelecer uma dependência direta da relação t/D no cálculo do carregamento crítico. A quantificação desta influência deve ser feita caso a caso. Pode-se afirmar, no entanto, que uma maior espessura da parede aumenta a carga crítica de flambagem longitudinal da linha permite que a linha seja enterrada a uma profundidade menor e a existência de vãos livres maiores. Um estudo paramétrico realizado em 2004⁽¹⁾ sugere que as cargas críticas aumentaram aproximadamente de forma linear com a relação t/D .

Desta forma, pode-se inferir que um aumento de $x\%$ na espessura da parede implica a multiplicação

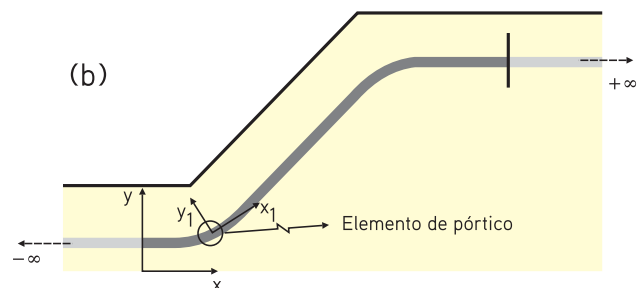
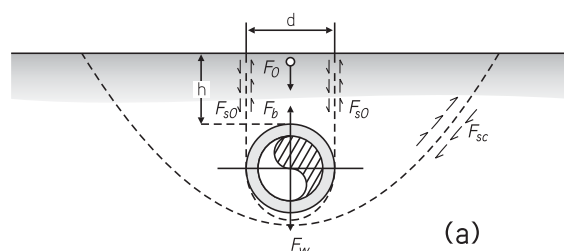


Figura 2 - a) Corte transversal do duto enterrado; b) Corte longitudinal.

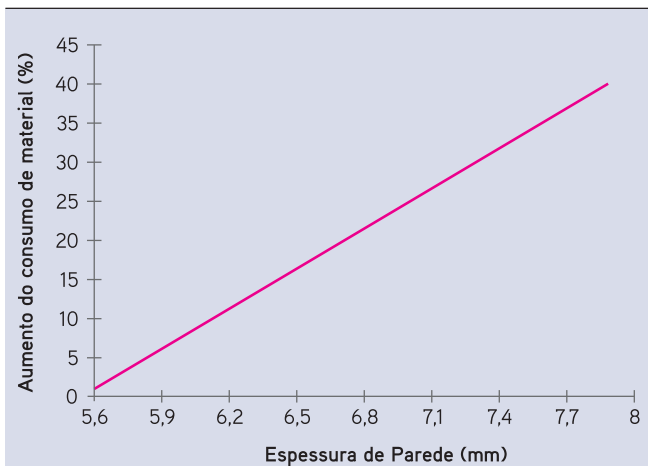


Figura 3 – Curva da variação do consumo de material em função da variação da espessura da parede do duto.

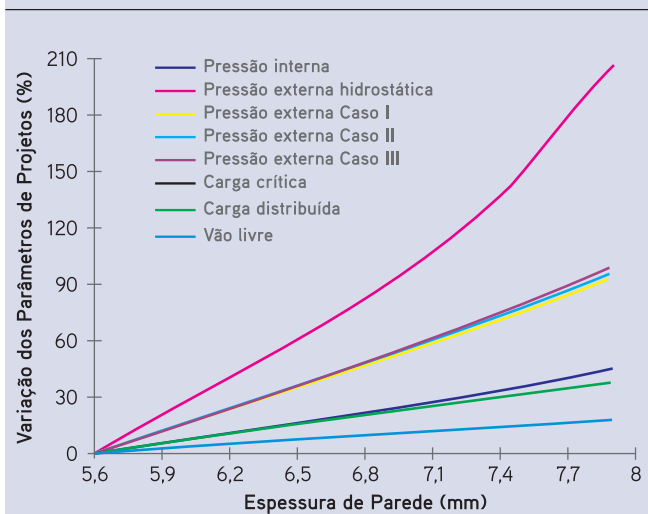


Figura 4 – Curvas de variação dos parâmetros de projeto em função da variação da espessura de parede do duto.

por fator $y = (1+x/100)$ no consumo de material, na pressão crítica de operação e , dependendo do caso, nos parâmetros longitudinais da análise. Já as cargas críticas de pressão externa não uniforme seriam multiplicadas pelo quadrado do fator y , enquanto que a carga crítica de flambagem da seção transversal seria multiplicada pelo cubo do fator y .

O estudo paramétrico da influência destas variáveis resultou nos gráficos das Figuras 3 e 4. As curvas indicam as tendências mencionadas acima.

Conclusão

O estudo paramétrico aqui apresentado indica que a utilização de uma espessura maior do que a mínima pode ser vantajosa no que se refere à economia, à segurança e às possibilidades de reutilização de linhas de dutos.

Observa-se que na análise estrutural nenhum parâmetro aumentou menos do que o consumo de material. Sugere-se, portanto, que a utilização de uma sobre-espessura deve ser considerada durante a fase de projeto de linhas de dutos. ■

Referências

1. PINTO, W.T.; PINTO, R.I.T. Um estudo sobre a Influência da rigidez de dutos no desempenho e na integridade de gasodutos. Rio Oil&Gas 2004.
2. TIMOSHENKO, S.P. & WOINOWSKY-KRIEGER, S. *Theory of Plates and Shells*, 2 ed. Auckland: McGraw-Hill, 1970.
3. WATKINS, R.K. & ANDERSON, L.R. *Structural Mechanics of Buried Pipes*, CRP Press LLC, Flórida, 2000.

www.tnsustentavel.com.br

www.tnsustentavel.com.br

www.tnsustentavel.com.br

www.tnsustentavel.com.br

www.tnsustentavel.com.br