

7 Conclusões e Oportunidades de Estudos Futuros

7.1 Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo numérico para a análise da resistência ao colapso de tubos-base utilizados em sistemas de contenção de areia em poços horizontais.

Inicialmente foram implementados modelos isolados com geometria 2D e 3D para avaliação do comportamento do tubo base e da formação de forma independente. Os resultados para a distribuição das tensões na formação em função do raio do poço foram comparados tanto com dados da literatura quanto com modelos analíticos apresentando muito boa correspondência.

Os resultados para o colapso de tubos base com diferentes furações permitiu a identificação da região de colapso plástico. A modelagem utilizada para o tubo possibilitou a identificação da região onde ocorre a inflexão na curva tensão x deformação indicando o início da região de comportamento plástico.

Os resultados numéricos apresentaram um erro de até 8% quando comparado com os resultados de modelos analíticos, da literatura e ensaios experimentais realizados pela indústria.

O modelo completo foi implementado considerando o acoplamento tubo x gravel x formação buscando simular numericamente as condições submetidas ao conjunto de telas após a instalação do sistema de contenção de areia.

A resistência ao colapso das telas foi analisada considerando apenas o tubo base como o responsável pela rigidez do conjunto telado. A carcaça externa (shroud) e a malha não foram incluídas no modelo geométrico estudado.

Foram analisados tubos base fabricados com grau de aço P110, com ovalização de 0,5%, área aberta ao fluxo variando de 8 a 13 %, utilizando uma densidade de furos de 72 a 84 furos/pé com diâmetros de $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{8}$ polegadas.

Foram simulados dois cenários de utilização: o primeiro considerando a pressão interna da tela igual à atmosférica e um segundo cenário modelado para representar um *drawdown* de 100 psi aplicado na parede do gravel.

O primeiro cenário, apesar de ser conservador e pouco provável de ocorrer durante a construção e operação do poço indicou que, mesmo para uma solicitação muito acima das condições reais as quais o tubo será submetido, as tubulações simuladas não apresentam sinais de plastificação ou regiões onde a tensão de Mises supera o limite de escoamento do material.

O posicionamento e o diâmetro dos furos influenciou na distribuição das tensões na superfície do tubo base. Em alguns casos, a simulação numérica indicou que uma grande variação da tensão de Mises ocorre para um pequeno aumento na área aberta ao fluxo. Isto acontece, especialmente, em especial para tubos com 84 furos/pé e diâmetro de furos de ½ polegadas.

No primeiro cenário, apenas as simulações para os tubos base com densidade de furos de 84 furos/pé e ½ polegada de diâmetro apresentaram regiões onde houve indício de plastificação de tubulações com aço N80. Todas estas regiões estavam localizadas próximas aos furos, onde ocorre concentração de tensões. Para o segundo cenário não foram verificados casos onde a distribuição de tensões de Mises no tubo base superou o limite de escoamento do material.

A importância da utilização de modelos com geometria 3D é a possibilidade de análise das distribuições de tensões no corpo dos tubos, em especial, ao redor dos furos constituindo assim na forma de modelagem geométrica mais adequada para analisar os tubos quanto à sua resistência ao colapso. Toda a abordagem realizada neste trabalho apresentou um forte caráter conservador, em função da dificuldade em estabelecer modelos de contatos e constitutivos realistas para a formação e gravel pack.

A modelagem perfeitamente plástica do tubo e a utilização do limite de estabilidade elástica para identificação do limite de trabalho do tubo base contribui para o caráter conservador do trabalho aqui apresentado.

As condições de contorno e os cenários analisados também são extremos, constituindo outro exemplo desta abordagem. Finalmente, a modelagem do gravel e da formação com comportamento elasto-plástico leva à resultados conservadores em função de não representarem de forma realista o comportamento de materiais granulares e a dissipação da energia em termos de

frações plásticas desde o início da deformação do material (e não elástica de acordo com o modelo utilizado).

Ainda assim, todas as simulações realizadas indicaram que o tubo base estaria super dimensionado para os cenários avaliados, indicando a possibilidade da redução de sua resistência mecânica. No entanto, este trabalho constitui apenas uma análise preliminar e não considera todos os esforços que podem ser submetidos à tela durante as etapas de construção e operação do poço.

O trabalho realizado permitiu a implementação de uma abordagem de análise do tubo base considerando os esforços relacionados às propriedades geomecânicas da formação, possibilitando assim, o dimensionamento do tubo de acordo com as suas condições de operação.

7.2 Oportunidades de Trabalhos Futuros

Uma das principais limitações da modelagem proposta é a utilização de modelos geomecânicos que não representem de forma adequada o comportamento de materiais granulares, em especial, do pacote de cerâmica denominado *gravel pack*.

Sugere-se o desenvolvimento de um modelo constitutivo que considere a formação e o gravel com comportamento plástico (ou pelo menos elástico não linear) a partir do início do carregamento permitindo estabelecer uma rotina mais realista de otimização da resistência mecânica da tela. O modelo numérico poderia ser calibrado através da representação de ensaios de laboratório para caracterização do *gravel* pela obtenção das curvas: tensão-deformação e deformação volumétrica-deformação axial. Sugere-se a realização de ensaios de resistência compressiva e ensaios tri-axiais. O modelo de Lade poderia ser utilizado para melhor representar o comportamento do *gravel*.

A utilização de um modelo geométrico mais realista para representar o conjunto telado permitiria a avaliação do conjunto telado em relação aos seus pontos mais fracos (no que diz respeito a resistência mecânica): a carcaça e a

malha. Sugere-se, então, a implementação de um modelo geométrico capaz de representar a carcaça externa e o conjunto de malhas acopladas ao tubo base, além da incorporação de grandes deslocamentos ao modelo (em especial para a carcaça que é constituída de material com uma resistência mecânica muito inferior à do tubo base). Isto permitiria identificar os danos que poderiam ocorrer ao meio filtrante (no caso o conjunto de malhas de aço) em função da deformação da carcaça externa do tubo quando submetido a tração e compressão axial e ao colapso que poderiam ocorrer durante a sua instalação e operação. Sugere-se o desenvolvimento de um modelo que considere os esforços de compressão axial e o atrito da formação atuante nas telas durante a descida em poço aberto bem como a interação tubo-formação.

Todos os modelos sugeridos poderiam ser utilizados para implementação de uma rotina de otimização para dimensionamento do conjunto telado a partir de um algoritmo de otimização que acessaria o programa em cada passo em busca das dimensões ótimas do tubo.

A figura 84 apresenta um modelo para avaliação da compressão axial do conjunto telado com carcaça e tubo base acoplados permitindo a análise de flambagem e avaliação do escoamento da carcaça externa.

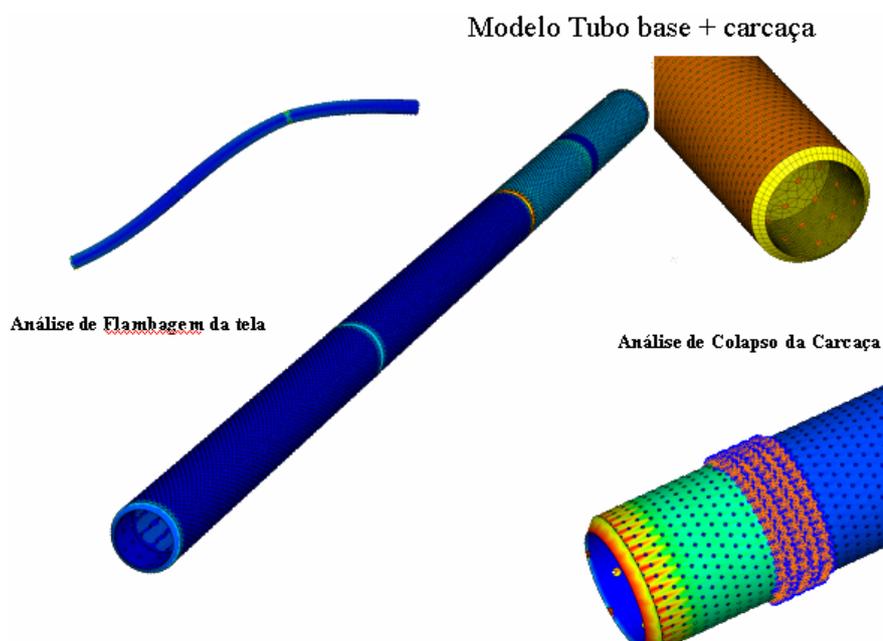


Figura 79 – Acoplamento tubo base + carcaça (cortesia Smarttech)