

7

Conclusões e recomendações

A modelagem centrífuga permitiu avaliar três aspectos importantes do fenômeno de interação solo-duto:

1. A mobilização da resistência lateral e axial em termos do *breakout* para pequenos deslocamentos;
2. A evolução das forças laterais resistentes e degradação das forças axiais durante a formação das bermas; e
3. As trajetórias das forças vertical-lateral e vertical-axial combinadas, relativas à ocorrência do *breakout*, que definem a envoltória de fluência.

7.1.

Caracterização do solo e ensaios preliminares

A seguir são apresentadas as seguintes conclusões dos ensaios preliminares e de caracterização:

- O método de pluviação, utilizado na preparação das amostras, foi eficiente e permitiu alcançar boa repetibilidade e homogeneidade em todos os ensaios laterais e axiais.
- As curvas de relaxação das forças verticais com o tempo são aproximadamente parabólicas.
- A partir dos ensaios preliminares de deslocamento lateral cíclico, pode-se inferir que a resposta do solo, em termos da mobilização da resistência lateral, é independente da velocidade de deslocamento lateral aplicada na faixa de 0,05 a 5 mm/s.
- A análise do enterramento do duto permitiu determinar a localização adequada do zero (offset) na elaboração das curvas força vs deslocamento.

- Ensaios de mini-CPT em voo permitiram obter ângulos de atrito com uma variabilidade menor a 3° segundo os dois métodos empregados nas profundidades consideradas.

7.2.

Ensaios de deslocamento lateral cíclico

Foi evidenciada uma estreita relação entre as forças verticais e laterais ao longo dos ensaios centrífugos.

Foi verificada a sensibilidade da resistência lateral de *breakout* frente à variabilidade do índice de sobre carregamento “R”, em relação ao tempo de alívio de tensões.

A forma com que a mobilização da resistência lateral de todos os ensaios de deslocamento lateral atingiram o pico revelou um tipo de ruptura presente em materiais frágeis, característico em solos com elevadas densidades.

As envoltórias de fluência permitem a obtenção das forças vertical-lateral combinadas resultantes do *breakout*.

A resposta força deslocamento na atuação lateral cíclica é dependente do histórico de tensões decorrentes das forças de enterramento.

Valores próximos de “R” (relação entre as forças verticais máximas de enterramento e as forças verticais no instante da atuação lateral) no caso de enterramento com $w/D=25\%$ permitiram atingir valores próximos de *breakout*, conforme observado por Zhang et al, (2001).

A completa formação das bermas no caso de enterramento com $w/D=25\%$ foi atingida nos cinco primeiros ciclos.

Valores muito diferentes de “R” nos casos de enterramento com $w/D=50\%$ acarretaram valores diferentes de resistência *breakout*.

Não existe correspondência dos valores de “R” com as distâncias de mobilização das resistências pico (*breakout*) no caso de enterramento com $w/D=50\%$.

A completa formação das bermas foi atingida durante os seis primeiros ciclos no caso de enterramento com $w/D=50\%$.

Valores próximos de “R” acarretam valores similares de resistência lateral pico (*breakout*) no caso de enterramento com $w/D=75\%$.

A completa formação das bermas foi atingida durante os seis primeiros ciclos no caso de enterramento com $w/D=50$ e 75%.

Ocorre um aumento das forças resistentes de *breakout* com o acréscimo do enterramento.

As forças máximas nas bermas aumentam conforme o acréscimo do enterramento.

A metodologia de normalização utilizada por Almeida *et al.*, (2007) permite comparar resultados de diversos ensaios.

O ângulo de atrito para o ajuste dos dados com a previsão de Almeida *et al.* (2013) foi de 42° .

7.3. Ensaio de deslocamento axial cíclico

Existe uma correspondência entre valores de “R” e a resistência de *breakout*.

As distâncias de mobilização da resistência de *breakout* são dependentes das condições iniciais de enterramento e a variação das forças verticais decorrentes do enterramento do duto.

O formato do *breakout* revela um tipo de ruptura frágil, condizente com a densidade do solo.

A degradação das forças de resistência axial ao longo dos ciclos apresenta um formato parabólico.

As forças resistentes máximas nas bermas são maiores no trajeto de ida, devido ao arraste de maior quantidade de solo.

As superfícies de fluência dos ensaios de deslocamento axial são aproximadamente parabólicas.

Existe uma relação entre as distâncias de mobilização de *breakout* e o enterramento ($w/D=25, 50$ e 75%) para valores de $R \geq 2$.

Os valores obtidos de distância de mobilização de *breakout* são superiores aos recomendados na prática offshore por não considerar os efeitos de enterramento (w/D).

7.4. Sugestões

Como sugestões para trabalhos futuros entende-se que sejam interessantes as seguintes considerações:

1. Realizar ensaios de carga controlada que permitam simular o peso do duto.
2. Determinar o ângulo de atrito relativo à densidade da amostra em voo.
3. Desenvolvimento de um duto instrumentado que permita diferenciar a resistência de ponta e de atrito.