



Condutores em argilas moles: uma aplicação interessante de fundações profundas ao caso offshore

Fernando Artur Brasil Danziger
Professor Titular, UFRJ/COPPE e Escola Politécnica, Rio de Janeiro, Brasil,
danziger@coc.ufrj.br

Rafael Dias
Engenheiro de Petróleo, Pesquisador, CENPES, PETROBRAS, Rio de Janeiro, Brasil,
rafael_dias@petrobras.com.br

Fabio Sawada Cutrim
Engenheiro de Petróleo, Consultor Técnico, Engenharia de Poços - Integração e Diretrizes de Engenharia, PETROBRAS, Rio de Janeiro, Brasil, fabiosawada@petrobras.com.br

Arthur Veiga Silvério Pinheiro
Engenheiro Civil, Pesquisador, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, arthur_veiga@poli.ufrj.br

João Henrique Diniz Guimarães
Engenheiro Mecânico, Consultor, MWERT Consultoria, Projetos e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil, joao.guimaraes@mwert.com.br

Bernardo Branco Lopes Fernandes
Mestrando, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, bernardo.fernandes@poli.ufrj.br

George Lício Vieira Teles
Engenheiro Civil, Pesquisador, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, george.teles@poli.ufrj.br

José Wellington Santos de Vargas
Engenheiro Civil, Pesquisador, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, jws@gmail.com

Graziella Maria Faquim Jannuzzi
Professora Adjunta, UFRJ/Escola Politécnica e COPPE, Rio de Janeiro, Brasil,
jannuzzi@poli.ufrj.br

Francisco de Rezende Lopes
Professor Titular, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, fropes@coc.ufrj.br

RESUMO: O início de um poço de petróleo se dá pela instalação do primeiro revestimento – chamado *condutor* –, um tubo de aço de diâmetro 76 - 91cm, comprimento entre 35m e 80m. A instalação mais comum se dá por jateamento de água através de uma broca que gira por ação de um motor de fundo, acionado hidráulicamente. Os detritos do solo são retirados pelo retorno da água por dentro do condutor, e despejados no fundo do mar através de furos na cabeça de poço. A posição da broca em relação à base do condutor pode ser tanto acima como abaixo, ocasionando diferentes perturbações no solo. As pressões e vazões de jateamento podem variar. O condutor deve ser dimensionado para resistir às solicitações futuras, verticais e horizontais. O

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





condutor deve ser capaz de receber a carga do segundo revestimento em 5-10 dias após sua instalação. Um fator importante a considerar é o ganho de resistência ou *set-up* do atrito lateral. O trabalho apresenta equipamentos desenvolvidos em um projeto conjunto de pesquisa Petrobras-UFRJ e os primeiros resultados de testes no Campo Experimental de Sarapuú II, com propriedades semelhantes às do Pré-Sal da Bacia de Santos.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade de carga, set-up, condutor, argila, offshore.

ABSTRACT: The beginning of an oil well requires the installation of the first casing – called *conductor* –, a steel tube with a diameter of 76 - 91cm, length between 35m and 80m. The most common installation is by jetting water through a bit that rotates by the action of a hydraulically driven bottom motor. Debris from the soil is removed by returning water inside the conductor, and dumped on the seabed through holes at the conductor top. The position of the bit in relation to the base of the conductor can be either above or below, causing different soil disturbances. Water jet rates may vary. The conductor must be designed to withstand future vertical and horizontal loads. The conductor must be able to withstand the second casing within 5-10 days of its installation. An important factor to consider is the gain in side friction with time (*set-up* effect). The work presents an equipment developed in a Petrobras-UFRJ joint research project and the first test results in the Sarapuú II test site, where properties are similar to those of the Pre-Salt, Santos Basin.

KEYWORDS: Bearing capacity, set-up, pipe pile, clay, offshore.

1 Introdução

Os revestimentos que compõem um poço de petróleo possuem denominações específicas na indústria do petróleo, dependendo de sua fase de execução. O revestimento da fase 1 é chamado de *condutor*, da fase 2 de *revestimento de superfície*, das fases intermediárias são os *revestimentos intermediários* e da última fase, para funcionamento do poço, é o *revestimento de produção* (Cutrim, 2023). Do ponto de vista de engenharia civil/mecânica, o condutor se comporta como uma estaca tubular de aço, sujeita a carregamentos basicamente verticais na fase de execução e, posteriormente, a carregamentos combinados verticais/horizontais/momentos devidos aos equipamentos instalados na cabeça do poço. Considerando seu comportamento como fundação, os condutores são projetados seguindo práticas de projeto de estacas e ainda a norma API RP 96 (*Deepwater well design and construction*). O presente trabalho trata da fase 1 do poço, ou seja, do condutor. Na indústria do petróleo se denomina a primeira fase de execução como *início de poço* ou *top hole drilling* (Cutrim, 2023).

Há diferenças nas práticas de execução de início de poço entre as empresas de petróleo. Na Petrobras, a instalação do revestimento condutor pode se dar segundo 4 metodologias: perfuração seguida de cimentação; jateamento; base-torpedo; cravação por martelo hidráulico. O presente trabalho se refere ao caso de jateamento, que é feito com sonda de perfuração, consistindo em um processo de escavação do solo por meio da potência hidráulica advinda de uma broca com rotação juntamente com a instalação do condutor. Nesse processo, condutor e broca estão solidários e o solo gerado pela escavação é transportado juntamente com o fluido por dentro do condutor externamente à coluna de jateamento, sendo lançado no fundo do mar através de furos presentes na cabeça de poço. O condutor é um tubo metálico de 0,76 m ou

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





0,91 m de diâmetro externo, de comprimentos variando geralmente entre 35 a 80 m. São variáveis na instalação: a pressão e a vazão na broca e a posição da broca em relação à extremidade inferior do condutor (*bit stick-out*).

A instalação de poços em águas profundas usando condutores jateados é amplamente empregada na indústria offshore e alguns métodos de projeto foram propostos (e.g., Beck et al., 1991; Jeanjean, 2002; Akers, 2008; Zakeri et al., 2014; Zhou et al., 2014; Jeanjean et al., 2015; Meng et al., 2016; Xu et al., 2017, 2019). Entretanto, a previsão de capacidade de carga é mais complexa do que no caso de estacas, como se verá a seguir. Vale salientar que a instalação do condutor depende fundamentalmente do peso sobre broca, ou seja, esse peso tem o papel equivalente à energia de um martelo no caso de estacas cravadas. Cabe ressaltar que há um limite para esse peso, porque a composição de hastes precisa ficar sempre sob tração, caso contrário poderá sofrer flambagem.

O segundo revestimento (*de superfície*) é geralmente lançado em torno de 5 dias após a instalação do condutor, portanto, é importante avaliar o ganho de resistência (*set-up*) nesse período, o qual é condicionado principalmente pelo ganho tixotrópico. Entretanto, seja a capacidade de carga durante a instalação seja o *set-up*, o problema é mais complexo do que no caso de estacas, uma vez que as tensões normais ao condutor – e, portanto, a resistência por atrito lateral – são extremamente dependentes das variáveis do processo de instalação (e.g., Akers, 2008). Os métodos de projeto existentes são essencialmente empíricos e, portanto, com parâmetros regionais. A necessidade de estudos a respeito é, portanto, fundamental, especialmente considerando que, com a extração de petróleo em profundidades cada vez maiores, otimizações em fase de projeto se tornam ainda mais importantes.

Em uma pesquisa na China, ensaios de campo foram realizados para avaliar a influência do *bit stick-out* (Yang et al., 2013). A mesma instalação foi utilizada para avaliar o efeito do tempo na capacidade de carga à tração de condutores jateados (Meng et al., 2016; Xu et al., 2017). Dada a dificuldade em se realizar provas de carga em escala real, as provas de carga em escala reduzida se mostram uma alternativa apropriada. O presente trabalho descreve o projeto, a construção e o uso de um equipamento para estudar condutores jateados em diferentes configurações, bem como os resultados iniciais obtidos.

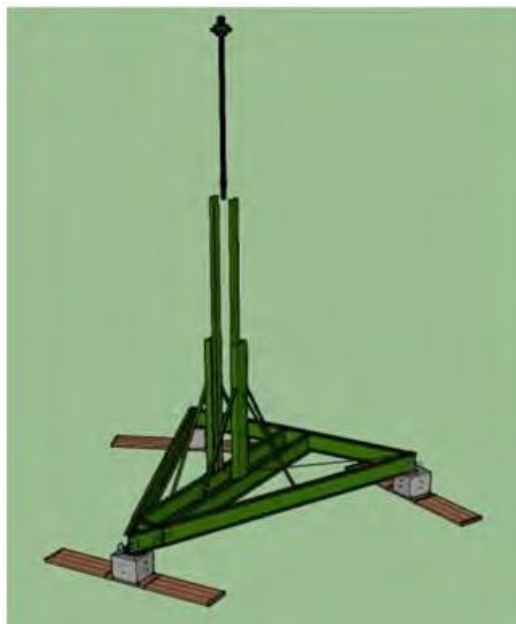
2 O equipamento desenvolvido

Os principais requisitos do equipamento de teste foram: (i) simular o mais próximo possível a operação real do condutor durante o jateamento no campo; (ii) permitir a medição dos parâmetros operacionais relevantes para o desempenho do condutor. Dado que os ensaios seriam realizados em argilas muito moles, o equipamento deveria ser, além de leve, fácil de operar. Ele também deveria acomodar um conjunto de perfuração por jateamento, conhecido como *Borehole Assembly* ou *BHA*, com diâmetro externo de 177,8 mm, desenvolvido como parte da pesquisa.

Quanto à estrutura principal de suporte, os principais requisitos foram: (i) garantir a verticalidade e a estabilidade do condutor durante o jateamento; (ii) manter a posição do condutor no final da instalação; (iii) proporcionar reação para as provas de carga (provas de carga à tração durante a fase inicial); (iv) ser relativamente fácil de montar e desmontar; (v) ser facilmente movida com um guindaste; (v) ter fundações suficientemente distantes do condutor para evitar qualquer influência entre o condutor e as fundações. Atendendo a esses requisitos, foi projetada uma estrutura isostática em formato de triângulo com uma "torre" central, conforme mostrado na Figura 1.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





(a)



(b)

Figura 1 - Estrutura de suporte: (a) vista do projeto e (b) posicionamento em local de argila mole.

A estrutura, feita de aço, foi construída com vigas de seção I de 431,8 mm, medindo $4,5\text{ m} \times 4,5\text{ m} \times 6,0\text{ m}$. Uma estrutura central, feita com os mesmos perfis metálicos, proporciona rigidez à base triangular. O conjunto de perfuração era posicionado por duas guias parafusadas ao triângulo, por meio de hastes metálicas que se assemelhavam a uma "torre" (chamada "aranha" pela semelhança com as pernas de uma aranha). A torre central, formada pelas duas guias, foi usada para garantir a verticalidade do equipamento de jateamento *BHA*, para evitar a torção do condutor e para guiar a coluna durante a instalação. Além disso, durante a prova de carga, o macaco hidráulico e a célula de carga eram montados sobre uma placa de metal parafusada nessas duas palhetas. Para permitir a movimentação da equipe sobre a estrutura, foi construída uma plataforma de estrutura modular feita de aço e madeira.

Como o local dos testes apresenta argila mole superficial, é necessária uma fundação direta da estrutura capaz de suportar as cargas operacionais durante a perfuração e, especialmente, as cargas durante as provas de carga à tração do condutor. Para isso, foram projetados apoios (como fundações diretas) feitos de blocos de concreto ($0,50 \times 0,50 \times 0,50\text{ m}$) sobre 2 dormentes de madeira cada, apoiados em 3 pranchas de madeira cada (Figura 1a).

O equipamento de jateamento (*BHA*)

O equipamento de jateamento *BHA* é composto por um motor acoplado a uma broca de perfuração e instalado no condutor. Para conectar a broca de perfuração ao motor, foi projetada uma coluna de aço (*crossover*). Esse conjunto é montado dentro do condutor, que teve ainda a adição de um flange superior e orifícios para descarga de

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



água com detritos de solo próximos a ele (Figura 2).

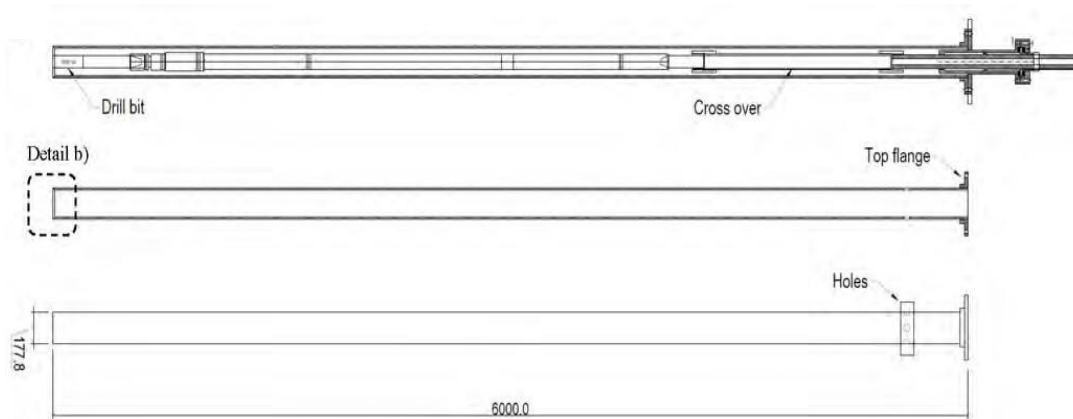


Figura 2 - Conductor com o flange de conexão e orifícios de transbordamento (dimensões em mm).

Os condutores utilizados nos testes tinham diâmetro externo de 177,8 mm, espessura de parede de 11,5 mm, peso nominal de 47,6 kgf/m e comprimento de 6,0 m, tendo recebido flange de conexão com 8 furos em uma extremidade. Na extremidade oposta, foi aplicado um chanfro interno de 45° e 4 orifícios de 38,1 mm foram perfurados ortogonalmente perto do flange, para servir como transbordamento (semelhante aos orifícios de escoamento em caixas de baixa pressão de cabeça de poço) para o fluido de perfuração. Uma escala foi pintada na parte externa para auxiliar a medição do comprimento da instalação.

O motor é aparafusado ao flange superior do conductor. Esse conjunto conecta a mangueira ao motor e também permite o ajuste fino da posição da broca em relação à ponta do conductor (*bit stick-out*). O mecanismo usado para fazer o ajuste do *stick-out* usa um parafuso trapezoidal que pode ser ajustado manualmente para posicionar todo o conjunto de jateamento *BHA* para dentro e para fora do conductor, alterando assim a posição da broca. Quando alinhado com a borda do chanfro (tomada como posição 0), o *bit stick-out* pode ser ajustado até 200 mm para dentro (-) ou 200 mm para fora (+). O mecanismo de parafuso (Figura 3) permite o posicionamento fino e contínuo do *bit* dentro da faixa de ajuste (400 mm) com elevada resolução e também o trava na posição para os testes.

O motor de perfuração tem 88,9 mm de diâmetro e pesa 200 kgf. Seu princípio de funcionamento é o de uma máquina de deslocamento positivo, ou seja, o movimento rotacional é produzido pelo fluxo de fluido entre as partes móveis (rotor) e as partes fixas (estator) do motor. As vazões limite do motor utilizado são de 60 a 168 GPM (galões por minuto), equivalente a 227 a 636 l/min, correspondendo a velocidades de rotação do rotor entre 147 e 412 RPM. A perda de carga interna no motor (sem carga hidráulica) é de 127 psi (869 kPa).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



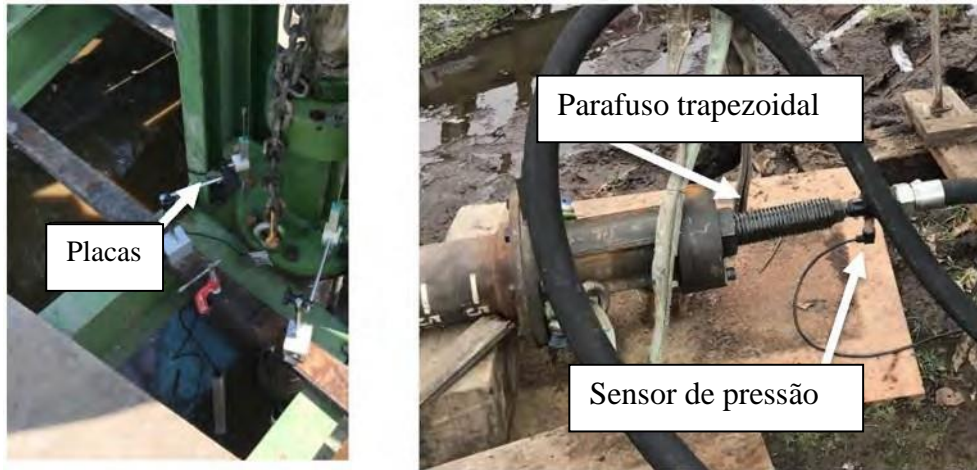


Figura 3 - Placas, parafuso trapezoidal e sensor de pressão.

A broca usada nos testes é tricônica de 6" (152,4 mm) de diâmetro. A Figura 4 mostra a broca com os cones de perfuração giratórios e as saídas de fluido.

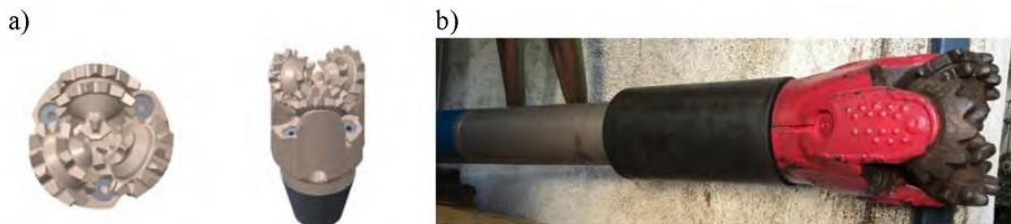


Figura 4 - (a) Broca com os cones de perfuração rotativos e saídas de fluido;
(b) Motor, crossover e broca tricônica.

Medições de vazão e pressão

A medição e o controle da pressão e vazão são vitais para uma operação de jateamento controlada. A medição é feita por um medidor de vazão eletromagnético com um diâmetro interno de 50 mm. Para suavizar o fluxo e não alterar as leituras, foram fixadas seções de 1,2 m de comprimento de tubulação rígida e lisa antes e depois do medidor de vazão. O medidor de vazão foi posicionado longe da bomba de água e antes da mangueira de entrada do motor. Todo o circuito de fluido que vem do reservatório de fluido até a saída da broca de perfuração é estanque ao fluido. Nenhum vazamento foi detectado durante os testes operacionais.

Durante as operações de jateamento, a bomba de água é ajustada para uma velocidade predefinida, mantida até o final do procedimento (Figura 5). Os transientes durante a abertura e o desligamento da válvula foram relativamente curtos e uma velocidade de fluxo constante foi alcançada em poucos segundos e também pôde ser interrompida muito rapidamente. Também foram feitas medições de pressão na entrada de fluido do cabeçote de perfuração usando um medidor de pressão piezoelétrico conectado a um conector fabricado para essa finalidade. Um manômetro mede a pressão de entrada do fluido logo antes do motor.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



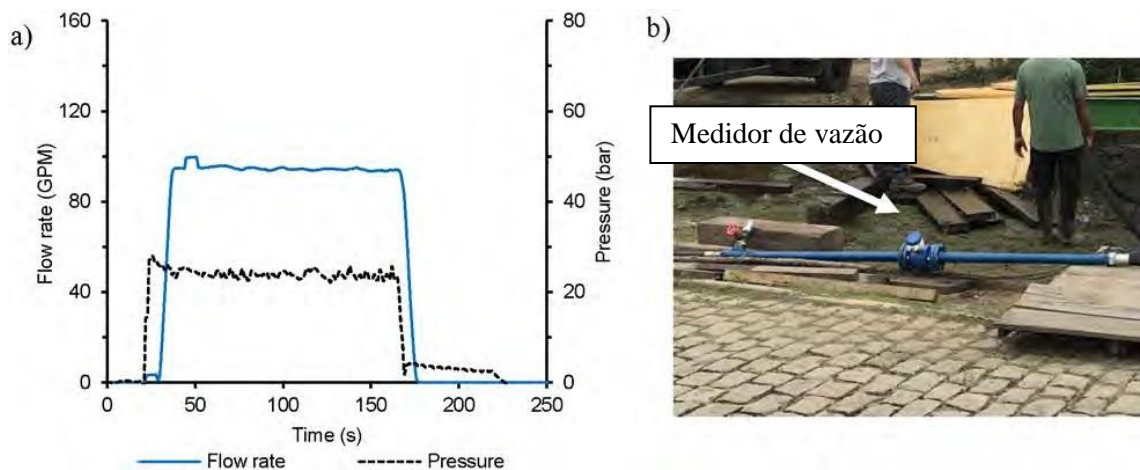


Figura 5 - (a) Pressão e vazão durante um teste operacional e (b) medidor de vazão.

3 Local de testes e primeiros ensaios

Local dos testes

Os ensaios estão sendo realizados no Campo Experimental de Sarapuí II, bastante investigado (e.g., Jannuzzi et al., 2015). Apresenta uma camada de argila muito mole, com espessura da ordem de 7 a 8 m na região da pesquisa (Figura 6). A argila tem características semelhantes àquelas de algumas argilas moles *offshore* no Pré-Sal brasileiro, principalmente na Bacia de Santos.

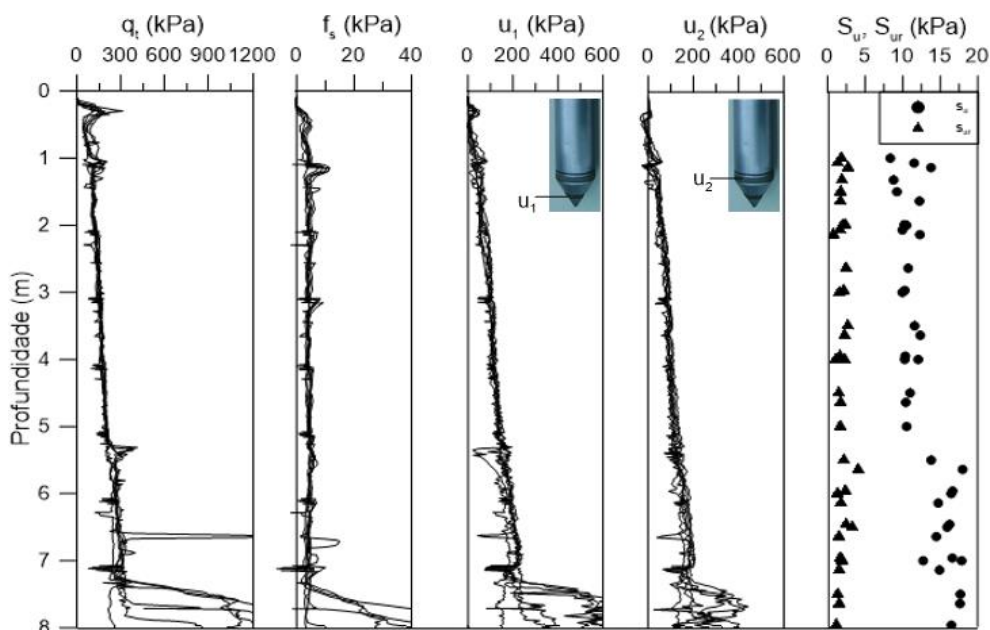


Figura 6 - Perfis de (a) q_i ; (b) f_s ; (c) u_1 ; (d) u_2 , de CPTu, e (e) de s_u e s_{ur} de *vane tests* (adaptado de Jannuzzi et al., 2015).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Procedimentos experimentais e programa de ensaios

O objetivo da primeira série de testes é determinar a capacidade de carga à tração do condutor quando são realizados diferentes procedimentos de jateamento. Para realizar as provas de carga, logo após o jateamento do condutor, o *BHA* é separado do condutor e removido. Em seguida, são instalados uma célula de carga e um macaco hidráulico. Através do orifício na célula de carga oca e do cilindro oco do macaco hidráulico, uma haste de metal é instalada e fixada (Figura 7a). Na outra extremidade da haste, um guincho segura correntes, presas ao condutor por parafusos com olhal (Figura 7b). Dessa forma, à medida que o macaco é bombeado, a carga axial se acumula e é medida na célula de carga que reage contra a estrutura. Para a medição da carga, foi utilizada uma célula de carga Kyowa (capacidade de 50kN) modelo LUK-A-50KN. O deslocamento do condutor foi medido com 4 LVDTs. Uma estrutura de suporte adicional foi construída para manter os LVDTs independentes da estrutura de reação.

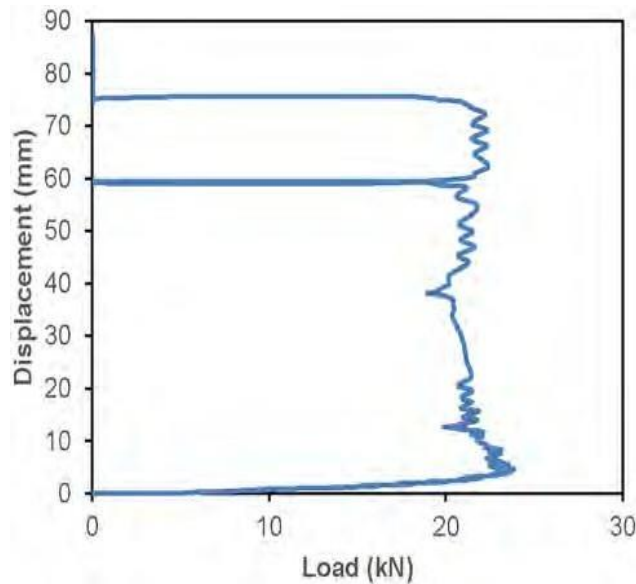
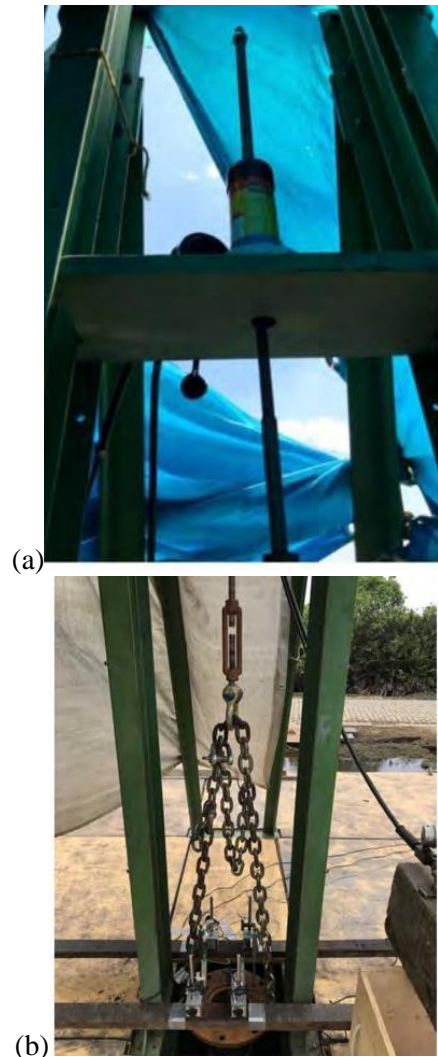


Figura 7 - (a) Sistema de carregamento e (b) de medição; (c) resultado de prova de carga T1.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



O fluxo de água pode ser ligado e desligado conforme desejado, de acordo com as condições de ensaio, e é mantido constante durante todo o processo. Se desejado, a reciprocação (ciclagem vertical) do condutor também pode ser executada levantando a coluna com o guindaste e, em seguida, jateando-a novamente.

A Tabela 1 apresenta as condições das provas de carga da primeira campanha experimental, em andamento (3 *bit stick-outs*, 2 velocidades de fluxo, 3 tempos de espera após a instalação).

Tabela 1 – Provas de carga da primeira campanha.

	T0.1 (2,4 horas após a instalação)	T1 (24 horas após a instalação)	T10 (240 horas após a instalação)
<i>Bit stick-out</i> : -7 cm	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)
<i>Bit stick-out</i> : 0 cm	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)
<i>Bit stick-out</i> : +15 cm	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)	60 GPM (227 LPM) 90 GPM (340 LPM)

Resultados preliminares – Prova de carga à tração

A Figura 7c mostra o resultado de uma prova de carga à tração, com *bit stick-out* de +15,0 cm e uma velocidade de fluxo nominal de 60 GPM (227 LPM), realizada 24 horas após a instalação, ou seja, é um teste T1. Observa-se uma capacidade de carga à tração de aproximadamente 21 kN e um deslocamento muito pequeno para se atingir a ruptura, típico de fundações à tração, mesmo em um solo muito mole. Os resultados podem ser interpretados em termos do atrito lateral (médio, medido), τ_{ult} , e sua relação com a resistência ao cisalhamento da argila, s_u , feita pelo chamado *Método Alfa*, no qual:

$$\tau_{ult} = \alpha s_u \quad (1)$$

O parâmetro α é função das características do processo de instalação e do tempo após a execução (*set-up*). No caso dessa prova de carga em particular, descontado o preso-próprio (3 kN), tem-se uma capacidade de carga do solo de 18 kN. Considerando que a argila apresenta, no trecho penetrado pelo condutor de 5,0 m, $s_u \sim 7$ kPa, se chega a $\alpha \sim 0,9$.

4 Considerações finais

Foram apresentados o projeto, construção e primeiros testes de equipamento para ensaios de condutores jateados em condições controladas. O equipamento emula funcionalidades de um equipamento de perfuração comercial, e permite testes relativamente rápidos de diferentes processos de instalação. A primeira campanha de ensaios, em andamento, tem como objetivo o estudo da influência da vazão de água e da posição da broca em relação ao condutor (*bit stick-out*) na capacidade de carga à tração, bem como seu aumento com o tempo de espera (*set-up*). A determinação da chamada janela de perfuração (e.g., Jeanjean *et al.*, 2015) faz parte da pesquisa, na qual a pressão hidrostática é determinada com uma sonda piezométrica e pela pressão de fratura hidráulica com o *BAT probe* (Torstensson, 1984). Outras campanhas se

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



concentrarão no carregamento horizontal, tanto em condições estáticas quanto cíclicas, e também na influência da reciprocação (ciclagem vertical do condutor) na sua capacidade de carga. O principal objetivo da pesquisa é desenvolver um método para prever o desempenho do condutor, associando parâmetros geotécnicos adequados (de ensaios de solo de campo e de laboratório) aos parâmetros de perfuração. A sonda de perfuração também permite a instalação de condutores perfurados e com graute.

Agradecimentos

O trabalho faz parte de um projeto de pesquisa conjunta entre a PETROBRAS e a Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os autores agradecem a importante participação dos membros da equipe de campo do Laboratório de Ensaios de Campo e Instrumentação Professor Márcio Miranda Soares, Laboratórios de Geotecnia Professor Jacques de Medina, COPPE-UFRJ.

REFERÊNCIAS

- Akers, T. J. (2008). Jetting of structural casing in deepwater environments: Job design and operational practices. *SPE Drilling and Completion*, **23** (1), 29-40. <https://doi.org/10.2118/102378-pa>
- Beck, R. D., Jackson, C. W., & Hamilton, T. K. (1991). Reliable deepwater structural casing installation using control jetting. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Delta*, 75-84. <https://doi.org/10.2523/22542-ms>
- Cutrim, F. S. (2023). Estimativa de capacidade de carga axial de revestimentos condutores jateados de poços de petróleo a partir de dados de piezocone. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ.
- Jannuzzi, G. M. F., Danziger, F. A. B., & Martins, I. S. M. (2015). Geological-geotechnical characterisation of Sarapuí II clay. *Engineering Geology*, **190**, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.03.001>
- Jeanjean, P. (2002). Innovative Design Method for Deepwater Surface Casings. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 241- 254. <https://doi.org/10.2118/77357-ms>
- Jeanjean, P., Zakeri, A., Al-Khafaji, Z., Hampson, K., Clukey, E., & Liedtke, E. (2015). Geotechnics for wells top-hole section and conductor. *Frontiers in Offshore Geotechnics III* (pp. 705-791). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18442-7>
- Meng, W., Yang, J., Tong, G., Hu, N., Zhu, Y., He, L., Deng, H., Zhao, Y., & Wang, X. (2016). Simulation Experiment and Mechanism Research on the Change of Lateral Friction Against Surface Conductor in Deepwater Drilling, 2-5. <https://doi.org/10.4043/27085-MS>
- Torstensson, B. A. (1984). A New System for Ground Water Monitoring. *Groundwater Monitoring & Remediation*, **4** (4), 131-138. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.1984.tb00904.x>
- Xu, Y., Yang, J., Meng, W., & Yang, H. (2017). Method of predicting soil mechanical parameters in shallow formation while jetting process in deep-water drilling. *Marine Georesources and Geotechnology*, **35** (3), 406-413. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2016.1190430>
- Xu, Y., Yang, J., Xiang, H., Meng, W., & Deng, H. (2019). Cálculo da resistência ao atrito lateral entre a formação e o condutor durante o processo de jateamento na perfuração em águas profundas. *Marine Georesources & Geotechnology*, **37** (4), 409-416. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2016.1236860>
- Yang, J., Yan, D., Tian, R., Zhou, B., Liu, S., Zhou, J. e Tang, H. (2013). Bit stick-out calculation for the deepwater conductor jetting technique. *Petroleum Exploration and Development*, **40** (3), 394-397. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(13\)60049-X](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(13)60049-X)
- Zakeri, A., Liedtke, E., Clukey, E. C., & JeanJean, P. (2014). Long-term axial capacity of deepwater jetted piles. *Géotechnique*, **64** (12), 966-980. <https://doi.org/10.1680/geot.14.p.014>
- Zhou, B., Yang, J., Liu, Z., Luo, J., Ye, J., Chen, B., Liu, S., & Zhou, J. (2014). Design of conductor soaking time in deepwater drilling. *Petroleum Exploration and Development*, **41** (2), 257-261. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(14\)60030-6](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(14)60030-6)

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

