

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO E DECISÕES SOBRE FUNDAÇÕES DE ESTRUTURAS OFFSHORE *

Victor F.B. de Mello**
Luiz Guilherme F.S. de Mello***

** Professor Catedrático do Departamento de Estruturas e Fundações da EPUSP. Ex-Presidente da Associação Internacional de Mecânica dos Solos e Fundações 1981-85. Consultor Individual.
*** Professor do Departamento de Estruturas e Fundações da EPUSP. Consultor Colaborador da Victor F.B. de Mello & Associados S/C Ltda.

1. INTRODUÇÃO

O assunto será aqui tratado dentro de um enfoque global, em coerência com a prática da engenharia, na qual ao se partir dos primeiros estudos de viabilidade e avança-se até os projetos finais e detalhes construtivos, segue-se uma convergência natural do geral para o particular, respeitando-se um mesmo grau de segurança e gerando-se economia para a obra.

2. ALERTA À GEOTECNIA

Em que pese a responsabilidade das fundações como principal elo que atua como um prêmio de seguro para todo o investimento na superestrutura, a escolha consciente do fator de segurança (FS) deve também levar em conta outros fatores: (a) a ocasião (inoportuna vs. facilmente contornável) quando a solicitação crítica pode ocorrer; (b) velocidade de ocorrência dos fatores críticos; (c) velocidade das respostas da estrutura aos fatores críticos; (d) quais as possibilidades para a implantação de medidas corretivas quando o comportamento crítico as exigir (de Mello, 1977a). Em todos estes aspectos o engenheiro geotécnico pode vir a enfrentar problemas os quais podem ocorrer sob as mais desfavoráveis circunstâncias.

Como afirmou Azzouz et al (1982), "os métodos comumente empregados no projeto de estruturas offshore geralmente têm um elevado grau de conteúdo empírico, tanto com relação aos métodos de avaliação das propriedades do solo como às técnicas de análise". O uso de processos empíricos pressupõe que condições quase críticas tenham sido atendidas em outras obras e

(*) Condensado do artigo "Site Investigation and Foundation Decisions for Offshore Structures", Eighth Southeast Asian Geotechnical Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, march, 1985.

que os comportamentos condicionantes previstos sejam extrapoláveis até a condição crítica máxima para a qual o projeto é presumivelmente elaborado.

Se continuarmos atados a um grau muito elevado de dispersão e indeterminação haverá a tendência de especialidades colaterais desenvolverem soluções independentes da geotecnia. Seremos postos de lado em favor de SOLUÇÕES GUARDA-CHUVA que satisfazem às condições de mínimo denominador comum, e não haverá muito a lamentar nosso perecimento, uma vez que aqueles responsáveis pelas superestruturas e suas operações visíveis e controláveis sempre consideraram um desagradável aborrecimento ter de enterrar as fundações os pesados custos iniciais.

3. CAMPOS E DADOS FUNDAMENTAIS INTERVENIENTES

Dentro as disciplinas intervenientes na otimização de estruturas offshore podem ser destacadas a Geologia, a Geotecnia e suas ramificações. Concentrar-nos-emos nestas onde nosso interesse maior residiria na "visualização" e mapeamento estratigráfico.

A geofísica convencional tem feito progressos falucosos na última década (p. ex. Bjelm et al, 1983) e simultaneamente, o uso de GEOFÍSICA DE AL-

TA RESOLUÇÃO tem-se revelado a principal ferramenta para a primeira fase de detecção das mais leves discontinuidades na descrição da estratigrafia do fundo do mar.

Os dados geofísicos de alta resolução são obtidos em aparelhos acústicos, empregando mais do que um instrumento, de resposta de frequência variável, de modo a se obter grafias mais completas desde a superfície da água até centenas de metros abaixo do fundo do mar.

Não é intenção deste artigo discutir os detalhes de tais sofisticadas de perfilamento e mapeamento geológico. O ponto principal é a utilidade dessas classificações para a geotecnia. Seriam os detalhes obtidos significantes para a engenharia de fundações? Se sim, como? Há correlações estatísticas com

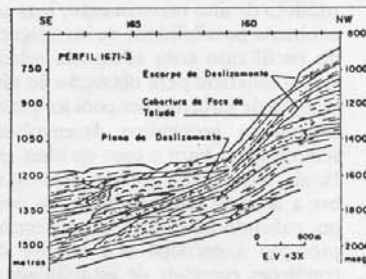


Fig. 1 — Exemplo de perfilagem geofísica.

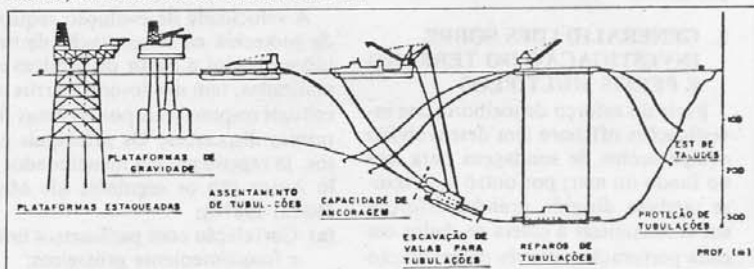


Fig. 2 — Atividades geotécnicas em obras marítimas.

testes e classificações convencionais com os quais nossa experiência de fundações está associada?

Em geral esta fase inicial de investigação geológica, fornece indicações úteis para investigações geotécnicas posteriores (p. ex. Carpenter and Mc Carthy, 1980, Fig. 1). As fases subsequentes de investigações geotécnicas (mega, macro e micro — Rnese, 1983) devem ser consideradas. Estas, no entanto, tendem a ser tão caras para estruturas offshore, que torna interessante considerar a aplicabilidade dos parâmetros procurados com vistas à otimização das estruturas e de seus problemas específicos.

4. PLATAFORMAS OFFSHORE E ATIVIDADES QUE REQUEREM GEOTECNIA

Cada uma das diferentes estruturas offshore criam uma necessidade distinta para a investigação e conseqüentes projetos geotécnicos relevantes, devendo-se enfatizar o vasto espectro de requisitos. A Fig. 2 reproduz um sumário freqüentemente repetido (p. ex. Selnes, 1982) das principais atividades de construção e das unidades estruturais offshore que requerem engenharia geotécnica. Enfatizamos a grande diferença conceitual entre as necessidades de investigação para uma estrutura localizada, de carga altamente concentrada, e para os problemas de linhas de tubulações, usadas para transporte de produto de alto investimento, mas sem nenhuma possibilidade de investigação do perfil raso com adequada relação custo/benefício para obtenção do nível mínimo de informações com as quais o engenheiro geotécnico desenvolveria seus estudos. Para o caso de ilhas artificiais, o problema dominante recai sobre a área de hidrodinâmica de oceano, cabendo ao campo da geotecnia a proteção superficial e a análise das condições especiais de estabilidade, a despeito da suscetibilidade a liquefação cíclica.

5. GENERALIDADES SOBRE INVESTIGAÇÃO DO TERRENO E PERFIS MÚLTIPLOS

Parte do esforço de melhoria das investigações offshore tem desenvolvido equipamentos de sondagens para uso no fundo do mar; por outro lado tem-se também dirigido grandes esforços em se maximizar a coleta de dados em cada perfuração, através de perfilação múltipla.

O enorme potencial desta técnica, de

penetrar uma sonda sensora e interpretar seus dados a partir de classificações estatisticamente correlacionados, têm sido repetidamente enfatizadas (p. ex. de Mello, 1979). Nosso maior problema está na credibilidade dos parâmetros geotécnicos (convencionais, rapidamente variáveis com tempo e local) sobre os quais estabeleceríamos as regressões múltiplas.

Embora o empirismo na metodologia de cálculo geotécnico recaia tanto sobre a avaliação dos parâmetros do solo como sobre as técnicas de análise, devemos nos concentrar no primeiro aspecto posto que estas estão mais livres para ajustes uma vez que suas limitações básicas estão no "nível mega" (retro-análises de casos históricos) onde a limitação é, por sua vez, a própria escolha dos parâmetros do solo. Devemos reconhecer a necessidade de minimizar a prospecção in situ adicional por causa dos custos e do tempo e das limitações da amostragem.

Dentro do conceito de maximização de dados, enquanto certos esforços têm-se dirigido ao aprimoramento das análises no nível micro (p. ex. textura das argilas, influência da química da água, etc.), outro enfoque tem sido a maximização dos estudos do chamado "comportamento normalizado", a fim de otimizar as condições de transferência de conclusões e correlação de um local para outro.

Os estudos de comportamento normalizado também estão concentrados em testes em situ os quais representam tanto um nível macro, tendo em vista os volumes testados, quanto um nível mega quando eles são interpretados via visualização do tipo modelo/protótipo. Nossas investigações concentram-se nos níveis macro e mega.

6. O CICLO DE EXPERIÊNCIA E A INTERFERÊNCIA DA DINÂMICA DO PROGRESSO NOS "PROCESSOS DE NORMALIZAÇÃO"

A velocidade de evolução requerida da geotecnia na interpretação de resultados obtidos a partir de técnicas normalizadas, tem nos levado a erros conceituais responsáveis por algumas frustrantes dispersões. Os principais pontos, já repetidamente mencionados pelo Autor são os seguintes (de Mello, 1981a, 1981b):

- (a) Correlação com parâmetros únicos e freqüentemente grosseiros;
- (b) dados tomados no seu valor de face, independentemente das técni-

cas de obtenção (em evolução) usadas em práticas nominais (com freqüência prematuras e às vezes insuficientemente padronizadas);

- (c) adoção de tensões nominais de pressões de terra calculadas, a despeito de possíveis redistribuições de tensões durante compressões diferenciais;
- (d) qualidades assumidas de amostragem indeformada obtida, com referência insuficiente a índices de qualidade quantificados.

Reconhecemos, é claro, que numa data época tenhamos que aceitar os parâmetros dos testes tal como obtidos. Não entendemos, porém, como, apesar de sínteses e interpretações teóricas muito posterior, as velhas publicações continuam a ser usadas rotineiramente sem nenhum ajuste, mesmo quando demonstrado necessário.

A chocante questão que se nos coloca é então: estamos nos atendo a investigar as próprias investigações enquanto na prática o profissional é relegado a prescrições de projeto que nosso próprio conhecimento teórico não permite aceitar em boa fé? Vamos discutir o caso, principalmente com respeito a argilas, com algumas considerações sobre areias.

6.1. QUALIDADE DA ARGILA

Embora o índice de plasticidade I_p seja o parâmetro com o qual todos os parâmetros fundamentais de comportamento das argilas tenham sido rotineiramente correlacionados, não se pode admitir, por exemplo, que todas as argilas com um dado I_p tenham a mesma sensibilidade St . É absurdo admitir-se que um comportamento indeformado poderia ser imaginado como associado a um índice obtido de ensaio com material totalmente amolgado.

Outro ponto a posicionar vem do gráfico de plasticidade de Casagrande: ao aceitá-lo passamos a impor a necessidade de se relacionar o comportamento amolgado de uma argila a duas variáveis, I_p e LL , gerando portanto a necessidade de se trabalhar com regressões simultâneas a duas variáveis. Em um mesmo depósito simplificadora de regressão simples poderia caber, mas impediria a extrapolação do conhecimento adquirido para outros depósitos.

Um terceiro ponto tem sido enfatizado desde os primórdios dos anos 50 e é ilustrado pelos dados plotados na Fig. 3 (Rosengvist, 1955). A interferên-

cia da concentração salina na água do solo tem sido associada com rupturas catastróficas de taludes nas argilas sensíveis da Escandinávia e a dependência dos índices de plasticidade do solo com a salinidade da água é evidente. Cabeeria então a pergunta: na rotina de determinação do LL, o líquido adicionado foi uma solução de concentração salina igual à condição original, ou meramente água destilada ou da torneira? O descuido em não se manter a salinidade nos ensaios pode causar erros sistemáticos consideráveis.

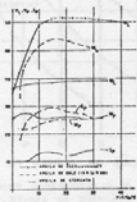


Fig. 3 — Influência da salinidade da água intersticial.

6.2. RELAÇÕES DE FASES

Uma pequena parte da dispersão de dados na análise de sedimentos oceânicos é, sem dúvida, devido ao simples problema de falta de ajuste nos cálculos de relação de fases (p. ex. Noorany, 1984) para levar em conta grãos mineralogicamente diferenciados, diferentes soluções químicas da água intersticial e diferentes gases gerados e aprisionados.

6.3. QUALIDADE DA AMOSTRAGEM INDEFORMADA

O propósito de todas as nossas investigações é prever o comportamento dos elementos intactos do solo in situ. Reconhecendo, porém, que por princípio nenhuma amostra intacta pode ser retirada, deve-se tentar quantificar os vários graus de perturbação versus "perfeição", de modo que, por extrapolações, se possa determinar o comportamento de amostras completamente perfeitas e "intactas".

Nesse sentido, além da técnica proposta por Schmertmann (1975) relativa à previsão de comportamento de amostra intacta em ensaio edométrico, as referências têm sido limitadas e esparsas. Um método nominal e prático, preconizado pelo Autor (de Mello, 1981a e 1981b), está reproduzido na Fig. 4. Destina-se a estabelecer um índice de ajuste para a qualidade das amostras parcialmente perturbadas e baseia-se nas formas das curvas tensão-deformação de ensaios triaxiais

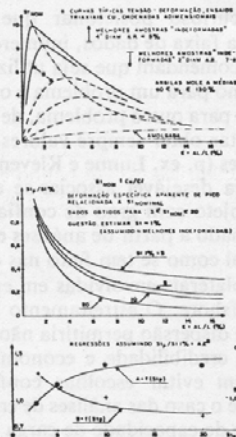


Fig. 4 — Quantificação da qualidade da amostragem consolidados-rápidos rotineiros.

6.4. TENSÃO EFETIVA VERTICAL IN SITU E A SUA NORMALIZAÇÃO COM RESPEITO À PRESSÃO NORMAL DE PRÉ-ADENSAMENTO

A determinação da pressão e pré-adensamento p_p , que caracteriza uma descontinuidade no comportamento do solo (abaixo vs. acima do valor σ'_p), bem como a correta avaliação das tensões efetivas in situ, tornaram-se extremamente importante para investigações e definição do "comportamento normalizado". A comparação entre eles permite estabelecer a razão de sobreadensamento (OCR) e assim identificar três condições distintas de comportamento do sedimento "normalmente adensado" ($OCR = 1$), "sobreadensado" ($OCR > 1$) e "subadensado" ($OCR < 1$).

Inicialmente assumida como a mais definida, a área de tensões in situ é a de grande desconhecimento na engenharia de solos. O conceito antigamente aceito de que as tensões verticais totais e efetivas seriam $\sigma_v = \gamma_z z$ e $\sigma'_v = \gamma_z z - U_w$ (hidrostático) deve ser revisto. Sabemos bem que se houver qualquer compressibilidade diferencial entre duas massas de solo contíguas haverá redistribuição de tensões, fazendo com que a coluna de solo mais rígida seja carregada por atrito negativo e a coluna adjacente, mais compressível, seja, ipso facto, aliviada. A ocorrência de diferenciações de compressibilidade num mesmo plano deve-se a várias condições naturais realistas, conforme esquematizado na Fig. 5.

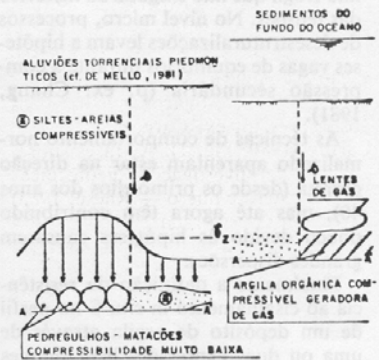


Fig. 5 — Hipóteses de sedimentação.

Embora a maioria dos pesquisadores ainda aceitem como fatos estáticos conceitos de 30 anos atrás, deve-se ter em mente que eles foram sendo paulatinamente superados. Bishop (1973, 1977) explorou detalhadamente a gradual invalidação das idealizações Terzaghianas de incompressibilidade do fluido intersticial, etc. e certamente muitas dessas reflexões afetam fortemente o comportamento de sedimentos marinhos, com gás aprisionado, colunas d'água muito profundas, etc.

Com relação às tensões horizontais e os valores K_0 , alguns passos significativos foram dados. O pressiómetro auto-perfurante (SBP), o dilatômetro plano de Marchetti (MFD), as células de tensão total (TSC) e o teste de fraturamento hidráulico em perfurações (HFT), têm provocado o seu valor. Na verdade, porém, não há técnica in situ comprovada para se medir ou o estado de tensões inicial ou, muito menos, as pressões máximas no passado (σ'_p), o que é uma série deficiência dada a dependência da técnica de comportamento normalizado em seus valores.

Reconhecendo-se que a descontinuidade de comportamento com $OCR \geq 1$ deve depender do ciclo de histerese de adensamento na compressão vs. expansão na descompressão, cetera correlacionar σ'_p também com fatores que aumentam as compressões irreversíveis, além dos índices LL, Ip. Entre tais fatores citam-se os efeitos de quase-consolidação de Bjerrum, a relação (σ'_1/σ'_3) durante adensamento, efeito de tensões cíclicas e rastejo, efeito do ressecamento no pré-adensamento, o comportamento frágil devido a cimentações (químicas, colóido-tixotrópicas etc.) e a desestruturalização

não frágil que não é ligada ao histórico das tensões. No nível micro, processos de desestruturalizações levam a hipóteses vagas de equilíbrios durante a compressão secundária (p. ex. Chang, 1981).

As técnicas de comportamento normalizado aparentam estar na direção correta (desde os primórdios dos anos 40), mas até agora têm contribuído pouco devido às hipóteses causarem grandes dispersões.

Finalmente a definição da resistência ao cisalhamento in situ S no perfil de um depósito de argila através de uma ou duas expressões bem simples parece ser supersimplificada. Deve-se esperar mais do que a relação simplista $Cu/\sigma'_{vc} = S (OCR)^m$ para representar depósitos que indiscutivelmente terão gênese diferente de sua base ao topo. De vários estudos infere-se que S deveria aumentar com I_p (solos normalmente adensados) enquanto é indiscutível que σ' decresce com I_p : correlações de variável única podem levar a tais incompatibilidades.

7. EXEMPLO DE INTERPRETAÇÕES CORRENTES DE PERFIS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO SUBSOLO

Os vários parâmetros geotécnicos necessários apenas um foi selecionado aqui para exemplificar as práticas e os problemas correntes. Trata-se do perfil da resistência ao cisalhamento do subsolo, necessário para o dimensionamento das fundações, e o parâmetro mais usado e investigado na geotecnia.

7.1. TESTE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA DE CONE, DEEP-SOUNDING, CPT

É o teste mais usado, embora haja uma tendência crescente de complementá-lo com testes CPTU medição de pressão neutra na ponta e de desenvolvimento do Atrito Lateral. Segue-se um resumo das principais recomendações referentes às correlações empregadas.

(a) RESISTÊNCIA NÃO DRENADA DE ARGILAS

As principais correlações e recomendações disponíveis na bibliografia internacional indicam um fator de cone, NK , variando entre 5 e 75, sendo $NK = 9^c/S_u$, $9^c =$ resistência de ponta do ensaio e $S_u =$ resistência não drenada da argila. Note-se que, embora as equações sejam "variações sobre o mesmo tema", as dispersões são enormes.

É curioso posicionar que, numa mesma faixa de dados, inúmeros autores recomendam que seja utilizado um extremo para um problema e outro extremo para outro problema, de modo a se tentar obter sempre valores conservadores (p. ex. Lunne e Kleven, 1982).

Seria desejável associar-se decisões de projeto com grau de confiança determinado a partir de análises estatísticas, tal como se tem feito nas disciplinas colaterais envolvidas em engenharia offshore. O estreitamento das faixas de dispersão permitiria não apenas maior credibilidade e economia, mas também evitar escolhas conflitantes como é o caso das análises de cravabilidade e de capacidade de carga de uma mesma estaca, nas quais valores diferentes do mesmo parâmetro (resistência) são utilizados.

Obviamente, parte da dispersão deve-se à crueza das correlações, meramente entre q_c e (S_u, γ_c) . Se outros parâmetros intervenientes forem incluídos pode-se esperar que as conseqüentes custosas diferenças entre a utilização de valores mais elevados e mais baixos adotados no projeto sejam reduzidas.

(b) RESISTÊNCIA DRENADA DE AREIAS

O uso de CPT para se determinar um perfil de ϕ' em areias tem seguido formulação tradicional de capacidade de carga (p. ex. Janbu e Sennehet, 1975), usando fatores de capacidade de carga N_q . Por exemplo:

$$q'_c + a = N_q (p' + a)$$

onde $q'_c = q_c - p'$ = resistência "líquida" de ponta do cone; a = atração (sugestão nova); p' = pressão efetiva vertical de terra.

Os resultados dependerão de fatores de forma e devem também ser ajustados significativamente para K_0 e OCR.

Mais uma vez as variações são consideráveis. As recomendações de Lunne e Keven (1982) estão incorporadas na Fig. 7, onde o gráfico de interpretação do SPT nominal é discutido.

(c) SOLO GERAL COM (c, ϕ) ou (c', ϕ)

Estes continuam órfãos de uma investigação geotécnica orientada teoricamente. Há muitas variáveis envolvidas, resultando em variáveis incógnitas para uma ou duas equação simultâneas.

Valores de "atrito" ($ds/d\sigma$) ocorrem não apenas devido a diferentes granulometrias, mas também por várias outras causas. Os perfis de FR (re-

lação de atrito lateral) e de CPTU têm fornecido interessantes indicações, como mostrado na Fig. 6 (apud Robertson e Campanella, 1984 e Sennehet e Janbu, 1984). Tais indicações ainda demandam, prudentemente, que os parâmetros de projeto sejam estabelecidos com bom senso e experiência.

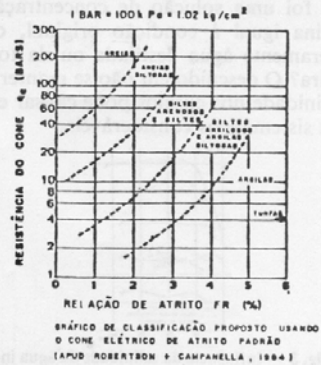


GRÁFICO DE CLASSIFICAÇÃO PROPOSTO USANDO O CONE ELÉTRICO DE ATRITO PADRÃO (APUD ROBERTSON & CAMPANELLA, 1984)

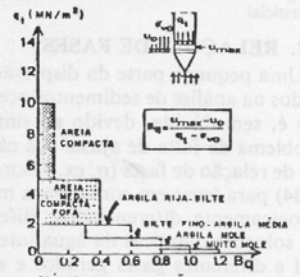


GRÁFICO DE CLASSIFICAÇÃO TENTATIVO, PARA O MESMO, DE SENNEHET & JANBU 1984

Fig. 6 — Caracterização dos solos a partir de CPT.



DADOS DE LUNNE, KLEVEN (1982) GRÁFICO DE MELLO, 1971 SIMPLIFICADO POR SCHMERTMANN, 1978

Fig. 7 — Estimativa de ϕ' em areias.

7.2. USO DA SONDAÇÃO À PERCUSSÃO, SPT

Após a postulação do Autor relativa ao estado da arte sobre SPT (de Mello, 1971), alguns progressos significantes foram obtidos a partir de pesquisas sobre SPT em areias, na terra firme. Compreensivelmente, graças às óbvias invalidações teóricas, nenhum esforço foi dirigido à melhor interpretação do teste em argilas saturadas. No entanto,

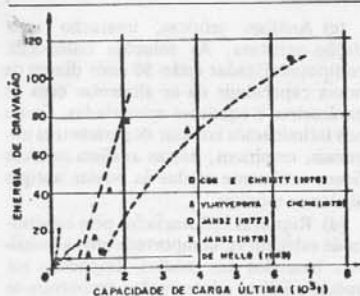


Fig. 8 — Energia de cravação vs. capacidade de carga.

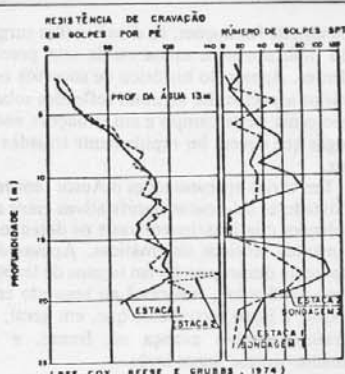


Fig. 9 — Comparação: cravação e SPT.

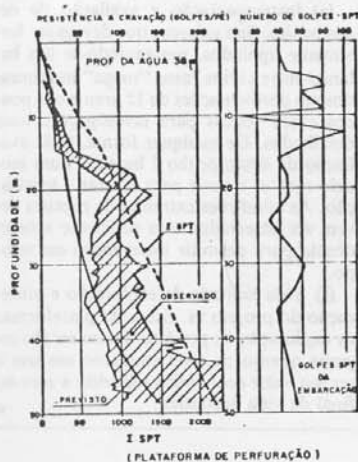


Fig. 10 — Comparação: equação da onda, SPT e cravação.

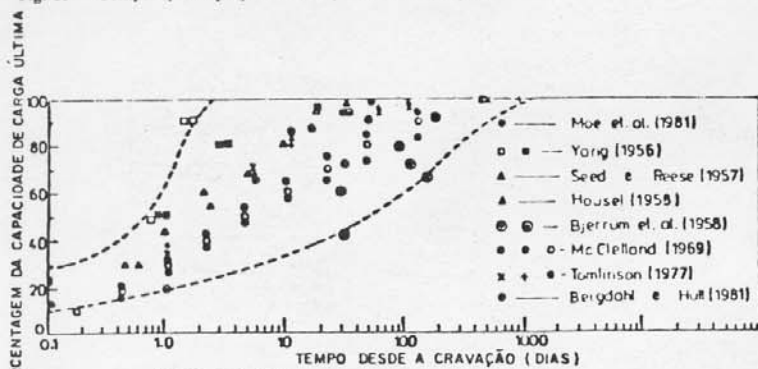


Fig. 11 — Efeito de cicatrização na capacidade de carga.

pergunta-se se um investimento para determinação de fatores de ajustes empíricos mesmo em argilas não teria resultado em equivalente relação custo/benefício comparativamente aos enfoques mais teóricos.

Uma outra importante sugestão do Autor não foi até o momento seguida: o uso de dois ou três amostradores de dimensões e formas diferentes, de modo de possibilitar a investigação de, no mínimo, três parâmetros de resistência ao cisalhamento de solos genéricos (c' , ϕ' , σ').

Ficamos então reduzidos a re-investigações de areias puras. Os três assuntos mais enfocados têm sido: (a) SPT vs. densidade relativa, D_r ; (b) SPT vs. deformabilidades de areias e (c) fatores de correção para comprimento de hastes. Os dois primeiros revelaram-se esteíreis devido às inconsistências teóricas ou à imprecisão inerente ao método. O tópico (c), mais manifestado nas investigações no oceano, foi resolvido com o desenvolvimento de equipamentos de percussão que acompanham o amostrador na perfuração.

Como prevalece a impressão de que o SPT é muito grosseiro comparativamente aos outros testes in situ mais sofisticados, seu uso e ajustes sistemáticos têm sido praticamente excluídos. A principal causa desta discriminação reside, certamente, na humildade origem empírica do método. Porém, como mostra a Fig. 7, a estimativa de ϕ' de areias via SPT, conforme postulado por uma análise de primeira ordem (de Mello, 1971), é bem compatível com o que se obtém via CPT.

Além disso, o Autor tem enfatizado que relações diretas entre parâmetros complexos podem ser tão práticos quanto tentativas acadêmicas teóricas. Um exemplo, a despeito do número limitado de dados, é a correlação entre perfis SPT e de equação da onda para a penetrabilidade de estacas, conforme será visto a seguir.

8. CAPACIDADE DE CARGA VERTICAL DE FUNDAÇÕES OFFSHORE EM ESTACAS

Inicialmente nota-se que em estacas de alta capacidade para fundações em terra (de Mello, 1983) a dispersão entre energia de cravação e carga última aumenta rapidamente com a capacidade da estaca. A Fig. 8 na qual estes dados estão plotados próximo à origem, mostra ainda que as cargas nas estacas de plataformas oceânicas são desproporcionalmente maiores e que a tendência

ALVENARIA ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO

• elimina vigas e pilares • dimensões regulares • isolante termo-acústico • maior economia por m² • dispensa revestimento

PRENSIL S/A

Rua Boa Vista, 254
18^o and. - Conj. 1804/5
01014 - São Paulo - SP

PABX 258-6144

de aumento da dispersão continua.

A Fig. 9 sintetiza, para comparação, dois perfis de sondagens SPT e correspondentes resistências de cravação de estacas em águas rasas, de 13 m de profundidade. As dispersões não são alarmantes, mas o Autor não insistiria na conclusão, devido aos dados serem poucos.

Dados adicionais (escassos) que permitem relacionar SPT com resistência à cravação estão mostrados na Fig. 10. A similaridade entre perfis de SPT, muito empregado em estimativa de comprimento de estacas cravadas (de Mello, 1977b), e equação da onda é notável: mostra que qualquer integração tende a ser dominada por nossas teorizações, não refletindo as variabilidades locais (ver perfil real de cravação Fig. 10).

De ficar patente que não há absolutamente qualquer intenção de promover muito mais correlações empíricas grosseiras em substituição aos laureados estudos teóricos. Há lugar e tempo para cada um. Apenas como lembrete, submetemos a Fig. 11 na qual se mostra (com grandes dispersões) o efeito do tempo de "cicatrização" na capacidade de carga, indicando que o valor das análises dinâmicas é altamente relativo. Como se sabe, há os efeitos inexoráveis de amolgamento e re-adensamento sobre os quais pouco se tem pesquisado.

9. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Perante a engenharia aplicada a construção offshore, incluindo todos os seus pro-

blemas de fundações, os desafios têm surgido rapidamente e numa escala sem precedentes. Apesar do histórico de sucessos em vários aspectos, há algumas reflexões sobre geotecnia neste campo e em situações análogas que devem ser rapidamente trazidas à luz.

Em várias apresentações o Autor tem enfatizado as diferentes significativas entre as soluções criativas/inventivas e os desenvolvimentos teóricos sistemáticos. Apesar da aparente desproporção em termos de trabalhos publicados, favorável ao segundo enfoque, é justo reconhecer que, em geral, a prática criativa avança na frente, e a análise/síntese segue atrás.

Algumas impressões sobre conceitos e práticas de projeto aplicadas no presente e desejadas no futuro são brevemente enfocadas a seguir:

(a) Investigação do subsolo e determinação dos parâmetros de projeto Pouca inventividade, com desenvolvimentos atrás de idealizações teóricas já existentes e algumas delas questionáveis e conseqüente lentidão de progresso.

(b) Soluções e projetos inventivos. Estes têm sido o grande reconforto e rédeas mais soltas deveriam ser dadas aos investimentos em "idéias construtivas" como, por exemplo, estacas injetadas, avanços em jateamentos de caldas, eletrosmose e/ou outras tentativas de melhoria para capacidade de estacas, etc. Frequentemente a resistência aos avanços da técnica afloram imperceptivelmente porque não há métodos de análise (intuitivos ou comprovados).

(c) Análises teóricas, interação solução-estrutura. As soluções numéricas, computadorizadas estão 50 anos diante de nossa capacidade de as alimentar com os parâmetros e equações apropriadas. Como nos intimidamos em usar os parâmetros nominais, empíricos, nossas análises teóricas ficam sutilmente atadas às nossas antigas hipóteses teóricas.

(d) Rupturas influenciadas pela estatística de extremo vs. comportamentos admissíveis baseados em médias. Implícitas em nossas análises e integrações encontram-se hipóteses de comportamentos condicionados por médias. No entanto, como poderemos extrapolar a partir dos comportamentos "fiéis às leis" (isto é, médios) para FS decrescentes e riscos de rupturas?

(e) Instrumentação e avaliação de desempenho. São esforços que devem ser fortemente apoiados, perseguindo-se um balanço entre vários casos "mega" monitorados em aproximações de 1º grau e uns poucos casos seletos para investigações mais detalhadas. De qualquer forma, toda avaliação de desempenho é baseada num modelo mental e serve para ajustar a teorização. As condições extremas de ruptura devem ser detectadas com suficiente antecedência para permitir intervenção em tempo.

(f) Vida limitada da exploração e otimização do projeto vs. risco. As plataformas de exploração de petróleo devem ser tão seguras quanto possível enquanto em uso e ter seu valor econômico reduzido a zero ao final da vida produtiva.

