

Comparações entre DPL NILSSON e SPT

Thomas Ulf Nilsson

Thomas Nilsson Geoconsultores Ltda, Curitiba, PR

RESUMO: O ensaio de penetração padronizado, SPT, é utilizado no transcorrer da sondagem à percussão e é por enquanto o mais solicitado ensaio “in situ” no Brasil. Os projetistas estão tão acostumados com SPT que o índice de resistência N_{30} vale como indicador básico em muitos projetos. Existem mais tipos de ensaios, porém menos conhecidos. Cada caso geotécnico pede parâmetros diferentes e não existe ensaio multifuncional. Desde o ano 2001, o DPL NILSSON, está sendo utilizado em projetos de diversos tipos. É um penetrômetro dinâmico, portátil e modificado, a seguir neste trabalho denominado DPL, DPL portátil. Importante é que os projetistas comecem a reconhecer e utilizar os ensaios que estão disponíveis no mercado, conscientes das características e das qualidades do respectivo, para melhor otimizar o resultado da campanha geotécnica. Este trabalho procura explicar diferenças, similaridades e vantagens entre DPL e SPT, para melhor poder escolher entre os dois ensaios. O DPL aproxima-se muito mais de um outro tipo de ensaio, CPT, mas como o mercado brasileiro tem mais tradição a usar SPT, optamos para primeiro apresentar as comparações com SPT. Procura-se mostrar situações onde cada equipamento prevalece. Entre centenas de ensaios de DPL executados próximo de ensaios de SPT, optou-se por escolher alguns que podiam ser agrupados. Optou-se por apresentar 4 casos em solos de Curitiba (principalmente de Formação Guabirota) e 4 casos em argilas porosas, de regiões diferentes do Brasil. Com estes casos de dois solos interessantes, apresentados sumariamente dentro das limitações do espaço oferecido aos trabalhos no Simpósio, apresentamos um passo do avanço de DPL nos solos brasileiros.

PALAVRAS-CHAVES: Ensaios, DPL, SPT

1. INTRODUÇÃO

O principal motivo com este trabalho é propor quando é vantajoso usar DPL ou SPT. Os dois servem para obter parâmetros geotécnicos do solo. DPL NILSSON, um modificado equipamento de DPL, desenvolvido em Curitiba agrega torquímetro e dispensa motor, o que beneficia em fornecimento de parâmetros de resistência e excelente efetividade na execução. Ainda mais modificações foram desenvolvidas acima do equipamento convencional da Europa. O Brasil é ainda um país com muito a desejar de melhoramentos da infra-estrutura e desenvolvimento da qualidade de mão de obra, mas o DPL portátil atende muito bem a situação de difícil execução de ensaios geotécnicos, especialmente pela

capacidade de chegar a locais de complicado acesso. O DPL é um penetrômetro leve que através de caída livre de 50 cm de um peso de 10 kg introduz uma ponteira no solo, através de hastes.

O DPL detecta a estratigrafia, fornece resistência da ponta do cone e resistência lateral do mesmo. O solo é identificado por três meios; identificação de solo levado nas ranhuras das hastes e da ponteira, auscultação e finalmente cálculo do quociente entre o atrito lateral e a resistência da ponta. O nível de água está facilmente visível nas hastes na retirada das mesmas do solo. A execução segue as normas básicas de ISSMFE e DIN, adicionado com as contribuições pelas experiências brasileiras, principalmente pela introdução de torquímetro no ensaio.

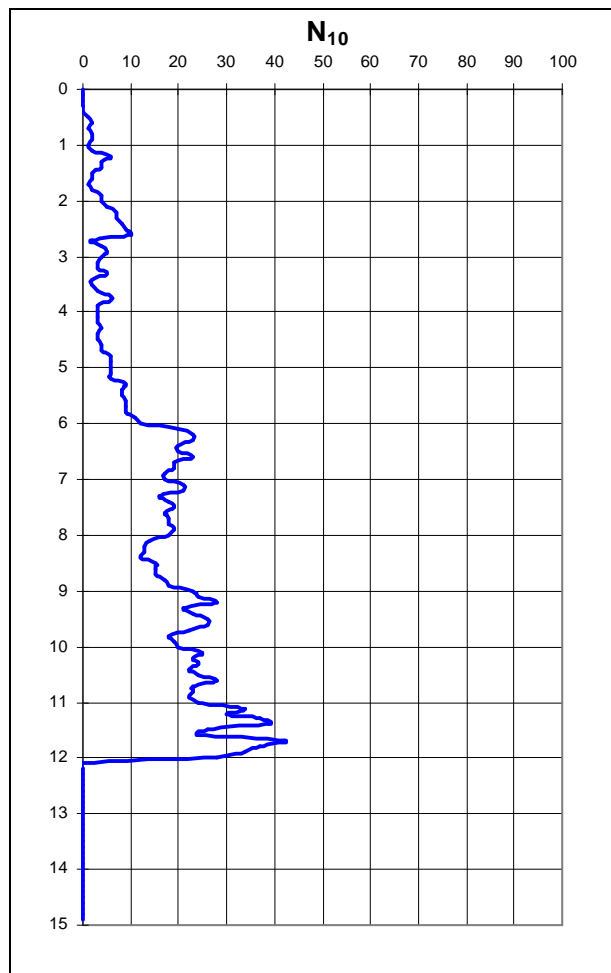


Figura 1. Gráfico dos golpes, de boletim de ensaio penetrométrico DPL. O boletim fornece mais dois gráficos que visualizem resistência do atrito lateral e resistência da ponta e finalmente uma tabela, classificando o solo.

2. DETALHES TÉCNICOS

SPT e DPL diferem-se bastante em energia aplicada. SPT emite cerca de 10 vezes mais energia do que DPL, só considerando a contribuição do martelo. A caída do martelo de DPL emite 50 Joule, enquanto SPT descarrega 480 Joule por golpe. O barrilete-amostrador do SPT tem o diâmetro externo 50,8 mm. A ponteira de DPL, padronizado por norma internacional ISSMFE tem diâmetro 35,7 mm.

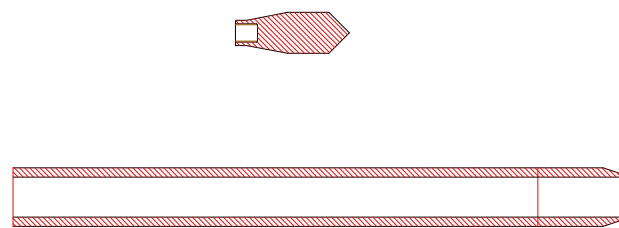


Figura 2. Comparação geométrica em escalas proporcionais entre a ponteira de DPL e um barrilete-amostrador de SPT.

O comprimento da ponteira DPL é de 100 mm, e do amostrador SPT é de 457 mm (no mínimo) + 76 mm incluindo a parte bizelada. Sendo assim, a ponteira do DPL tem até 12 vezes menos contato com o solo do que o barrilete. A ponteira do DPL, com área de contato bem definido e sempre constante está sendo cravado e registrado contínuo ao longo do trecho. O ensaio de penetração SPT ensaia apenas 45% do trecho, com área progressivo conforme a penetração. O SPT penetra mais profundo, a energia e as dimensões do equipamento limita DPL a 12 m de profundidade.

Os parâmetros de penetração são N_{10} do DPL, N_{30} do SPT. São golpes necessários para descer, no caso de DPL, 10 cm e de SPT, 30 cm. O critério de impenetrabilidade de DPL em solos brasileiros, estabelecido pelo autor, deve satisfazer uma das 3 condições; 1) $N_{10} = 100$, ou, $N_{10} = 80$ em 3 vezes consecutivos, ou, $N_{10} = 60$ em 5 vezes consecutivos.

3. METODOLOGIA NA COMPARAÇÃO

Nos exemplos, apresenta-se um ou vários furos de cada ensaio. Em tabelas seguem; sigla do ensaio, data, cota da boca do furo, profundidade atingida, nível de água e distância entre os furos DPL e SPT .

A cota do furo está correlacionada a RN ou, cota de referência local, neste caso, abreviado "loc". Caso existam vários furos, conta-se com a distância média. (Em todos os exemplos relatados, os furos são próximos.)

4. DPL E SPT EM CURITIBA

4.1 CIC

Campanha para projeto em CIC (Cidade Industrial de Curitiba) , Curitiba/ PR. Foram realizados 15 SPT e 9 DPL , em Outubro e Novembro de 2001.

Solo: Argila orgânica arenosa, muito mole. A partir de 5,80 m, silte argiloso, de consistência progressiva com a profundidade. Formação Guabirotuba.

Observações: O DPL foi cravado até 12 m, sem aparecer as camadas resistentes de alteração. A média do último metro de N_{10} era 46 golpes, correspondendo a N_{30} de 6 golpes. Correlacionando DPL com SPT, uma equação linear para este caso será $N_{10} = 6N_{30}$.

4.2 UFPR

Campo experimental na UFPR, Curitiba/ PR, (*Ensaio de Carregamento Dinâmico: Avaliação do Set-up de uma estaca Cravada em Argila Sobreadensada*), foram realizados 2 SPT em 1998 e 1 DPL em Janeiro de 2001.

Solo: Argila siltosa, a partir de 3,20 m misturado com areia. Formação Guabirotuba.

Observações: O avanço de DPL para quando SP11 tem $N_{30} = 17$. (SP07 tem apenas 7 golpes no mesmo nível). Comparando DPL com os valores médios das duas sondagens de SPT, numa equação aproximada, $N_{10} = 3,40N_{30}$.

4.3 CIC, Cond. Residencial

Campanha para reforma em condomínio residencial, em CIC, Curitiba/ PR, foram realizados 1 SPT e 2 DPL, Dezembro de 2003.

Solo: Argila siltosa mole com areia, a partir de 6 m , silte arenoso. Embasamento Migmatito.

Observações: Comportamento compatível entre DPL e SPT. Equação aproximativa $N_{10} = 6N_{30}$. O máximo valor obtido por DPL, $N_{10} = 50$ quando $N_{30} = 8$. O solo é homogêneo, comparar os dois boletins do DPL , distanciados a 13 m.

4.4 São José dos Pinhais

Campanha para projeto São José dos Pinhais/ PR, realizados 8 SPT e 4 DPL , Maio de 2002 respectivamente Março de 2003.

Solo: Argila siltosa vermelha. Formação Guabirotuba. O solo é homogêneo, tanta que apresenta-se os valores médias das sondagens e dos ensaios.

Observações: Correlação boa entre DPL e SPT. Equação aproximativa $N_{10} = 7,5N_{30} - 30$. O máximo valor obtido por DPL, $N_{10} = 55$, quando $N_{30} = 11$.

5. DPL E SPT EM ARGILAS POROSAS

5.1 Campinas

Campo experimental na UNICAMP, Campinas, realizados 17 SPT e 6 DPL, no ano 2000 (*Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega, em solo residual de diabásio*, Paulo J.R. Albuquerque, Faíçal Massad, David de Carvalho, Miguel A.M. Ferreira) respectivamente 17 a 18 de Junho de 2002. As profundidades foram limitadas pelo comprimento da estaca de teste.

Solo: Argila siltosa porosa com areia, cor vermelha até 6,50 m, seguido por silte argiloso com areia. O solo é homogêneo, podemos apresentar os valores médias dos ensaios, não existem desvios significantes dos resultados..

Observações: Correlação boa entre DPL e SPT. Equação aproximativa $N_{10} = 2,5N_{30}$. A profundidade do furo foi predeterminado, quando $N_{10} = 18$, $N_{30} = 9$.

5.2 Datapoli, Londrina

Campo experimental em Datapoli, Londrina, Abril de 2003 (*Estudo de Casos de Fundações Profundas em Londrina/ PR*, Rebeka Ribas César). Um ensaio de DPL foi executado até 9 m. A profundidade foi predeterminada, limitada pelo comprimento da estaca de prova.

Solo: Argila siltosa porosa, vermelha.

Observações: A profundidade do ensaio de DPL foi predeterminada e equívale no término o SPT, $N_{10} = N_{30} = 8$.

Equação linear: $N_{10} = 0,54N_{30} + 4,50$.

5.3 UEL, Londrina

Campo experimental em UEL, Londrina, Abril de 2003. Um ensaio de DPL foi executado até 12 m, próximo de um dos 13 SPT previamente executados. A profundidade foi predeterminada, limitada pelo comprimento da estaca de prova.

Solo: Argila siltosa porosa, vermelha escura mole a média, a partir de 9 m média a rija.

Observações: $N_{10} > N_{30}$ quando $N_{30} < 7$. O ensaio de DPL consegue acompanhar o SPT todo trecho e o furo termina em profundidade pre-estabelecida, da mesma forma como o exemplo anterior, até $N_{10} = N_{30} = 12$.

Uma correlação entre DPL e SPT seria praticamente por golpes iguais, seja com coeficiente 1, $N_{10} = N_{30}$.

5.4 Brasília

Campo experimental na UnB, Brasília, Novembro de 2002 (*Avaliação de Metodologias de Projeto de Fundações Profundas Assentes em Solos Colapsíveis via Ensaio de Campo*, Neusa Maria Bezerra Mota). Um ensaio de DPL foi executado até 10 m. A profundidade foi predeterminada, limitada pelo comprimento da estaca de prova.

Observações: $N_{10} > N_{30}$ quando $N_{30} < 5$. $N_{10} =$ (aproximadamente) N_{30} quando $N_{30} > 5$. Um resultado típico para este tipo de solos, argilas porosas não saturados, Neste caso, o DPL consegue acompanhar o SPT no mínimo até $N_{30} = 15$.

Tabela 1. Informação sobre os ensaios relatados nos itens 4 e 5.

Item	Ensaio	Sigla	Data	Boca do Furo (m)	Prof. (m)	NA (m)	Distância máxima (m)
4.1 (CIC)	SPT	SP30A	25/10/01	110,900*	13,90	0,50	2
	DPL	DP2	01/11/01	110,900*	12,00	0,20	
4.2 (UFPR)	SPT	SP07	1998	0*	10,00	2,00	3
	SPT	SP11	1998	0*	13,00	2,00	
	DPL	DP1	26/01/02	0*	4,90	3,20	
4.3 (CIC, cond.)	SPT	SP01	09/12/03	0*	18,08	0,78	13
	DPL	DP1	07/11/02	0*	9,00	2,20	
	DPL	DP2	07/11/02	0*	9,00	2,20	
4.4 (S.J. Pinhais)	SPT	SP: 01,04,05	24/05/02	0*	24,00	4,30	11
	DPL	DP: C2, C7, F2	11/03/03	0*	10,00	3,90	
5.1 (Campinas)	SPT	SP: 01,07	2000	0*	15,00	NFE	10
	DPL	DP: 1,2,3,5,6,7	18/06/02	0*	13,00	NFE	
5.2 (Datapoli, Londrina)	SPT	SP01	1998	0*	13,00	NFE	2
	DPL	DP01	03/04/03	0*	10,00	NFE	
5.3 (UEL, Londrina)	SPT	SP05	25/03/99	584,560	20,00	NFE	4
	DPL	DP03	03/04/03	584,500	12,00	NFE	
5.4 (UnB, Brasília)	SPT	SP01	01/12/00	0*	12,45	NFE	5
	DPL	DP01	18/11/02	0*	10,00	NFE	

6. DISCREPÂNCIAS

6.1 Divergência dos gráficos

Em todos os exemplos de solos curitibanos existe um ponto de inflexão bem definido, onde as duas curvas dos ensaios SPT e DPL, repentinamente afastam-se.

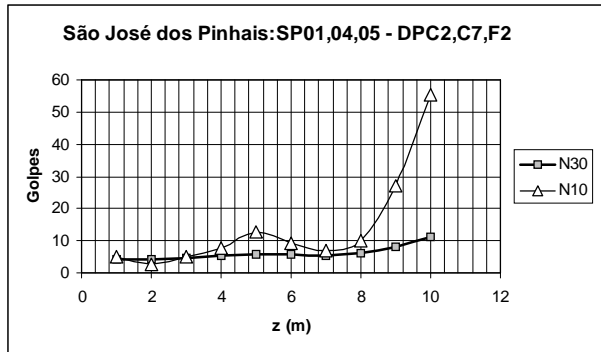


Figura 3. Discrepância entre os gráficos DPL e SPT. A derivada da função do DPL cresce instantânea no ponto de inflexão em $z = 8\text{m}$.

Em geral, o SPT continua mantendo uma curva de função linear, ou de progresso suave de polinômio de baixo grau, enquanto a curva do DPL progride exponencialmente ou de polinômio de múltiplo grau.

As profundidades onde as inflexões ocorrem foram tabeladas:

Tabela 2. Profundidade z das inflexões da curva do DPL.

Caso	z (m)	N_{30}	N_{10}	NA (m)
Solos de Curitiba (principalmente da formação Guabirota)				
4.1	9	4	18	0,20
4.2	4	12	14	2,00
4.3	5	4	10	0,80
4.4	8	6	10	3,90
Argilas porosas				
5.1	11	9	16	NFE
5.2	-	-	-	NFE
5.3	10	11,9	12	NFE
5.4	-	-	-	NFE

Observe que a divergência ocorre em todos os casos dos solos curitibanos, e em profundidades variáveis (entre 4 a 9 m). Acontece já a partir de valores de N_{30} tão

baixos como 4. Para as argilas porosas, o fenômeno foi observado apenas em 50% dos casos. Os 2 casos que apresentaram a divergência estavam em mais do que 10 m de profundidade e $N_{30} > 12$.

6.2 Teorias gerais de reações durante penetração

Mesmo sendo um ensaio de percussão, os resultados do DPL tem mais compatibilidade com CPT do que com SPT. Pela pequena energia emitida ao solo, o ensaio pode ser entendido melhor como quase-estático do que dinâmico. Pelas semelhanças dimensionais com o cone CPT, principalmente por ter mesmo diâmetro e área de seção e captação de atrito lateral, muitas dúvidas sobre DPL podem ser explicadas por teorias desenvolvidas para CPT.

Quando o CPT foi introduzido na década de 30, parecia que os resultados fáceis podiam ser aplicados em dimensionamento de fundações profundas. Foi visto como um ensaio de carga numa estaca em escala menor. Com o tempo, desenvolveu-se muitos métodos empíricos diferentes pela dificuldade a compatibilizar a sonda de CPT a uma estaca. O problema deriva-se em maior parte de diferenças grandes em geometria e escala e em distintos comportamentos físicos.

6.2.1. Deslocamento ou compactação do solo depende do diâmetro da estaca.

Uma das maiores causas é que os fenômenos físicos no processo de ensaios com CPT e DPL diferem-se do comportamento de uma estaca sujeita a ação da carga. É bem conhecido que os parâmetros q_d e f tem valores bem mais altos do que os correspondentes valores da capacidade de carga para uma estaca. Quando uma estaca está sendo cravada, a resistência e o atrito lateral do solo adjacente diminui, porque o solo desloca-se para cima. Assim, a situação de empuxo horizontal é ativa, e conseqüentemente, o valor do coeficiente de empuxo horizontal, K_a é menor do que K_0 . De maior diâmetro da estaca, de maior o

levantamento de solo a superfície. No ensaio de DPL, o oposto acontece. Já a partir de profundidades pequenas (em centímetros) o solo em volta da ponteira está sendo compactado, e assim, o empuxo horizontal será passivo em volta da ponta do cone. Neste caso usa-se o coeficiente K_p , que pode tomar valores bem mais altos do que K_0 .

6.2.2. Diferença em compactação em solos finos

A ponteira de 90° desloca o solo, amassa e consolida, enquanto uma estaca grossa acumula partículas a frente até quebram. A resistência de partículas quebradas e recompactadas sempre excede a origem. (Segundo M. Bolton)

6.2.3 Influência de água intersticial

Em solos saturados, principalmente de baixa permeabilidade, uma parte importante da energia pode transmitir-se à água intersticial, o que aumenta a resistência da penetração. No caso de SPT, o barrilete deixa a água drenar para cima. Nos casos de DPL, e CPT, a água não tem tal saída e pode criar pressões altas. Por outro lado, o golpe de SPT carregado com 10 vezes mais energia influencia numa área maior, e a maior parte da água continua confinada. Em solos finos e mais impermeáveis, não há tempo para drenar e a água confinada contribui para elevar o número de golpes.

6.2.4 Amolgamento da estrutura do solo

Sondagens e ensaios, exclusive ensaios geofísicos, deformam o solo. Ensaios estáticos destroem menos a estrutura original. Ensaios dinâmicos, com alta energia, por exemplo SPT, deformam o solo num raio de ação bem maior. Este amolgamento, seja por destruição de ligações eletrostáticas ou de cimentações, já criado no bulbo formado na frente do barrilete, leva a indicação de menor resistência do SPT do que DPL.

6.2.5 Outros

Cimentações e pedras aumentam bastante os valores de DPL, mas é difícil que não são deslocados, só em posição bem confinada acabam sendo quebradas. São ocorrências fáceis detectadas no boletim de ensaio penetrométrico DPL, como picos isolados.

6.3 Explicações

O trabalho focaliza em comparação entre SPT e o DPL portátil, por este motivo nem apresentamos qd, a resistência da ponta, nem o atrito lateral. Simplesmente comparamos gráficos de golpes de SPT com golpes de DPL.

6.3.1 Comparação ponteira e barrilete

O barrilete do SPT tem diâmetro externo 30% maior do que a ponteira de DPL, falta ainda muito para igualar o diâmetro de uma estaca. SPT desloca pouco o solo do perímetro, mas bem mais para dentro do barrilete-amostrador. É aqui que encontramos uma das grandes diferenças entre DPL e SPT. DPL amassa e compacta o solo, enquanto SPT desloca por dentro o barrilete, sem impor grandes alterações no solo periférico. Outra comparação importante é que a ponteira de DPL preserva a mesma área de contato com o solo, enquanto a área lateral de contato entre solo e barrilete altera de 0 até 850 cm², complicando o cálculo da resistência pois a pressão lateral diminui gradativamente, sem controle, na penetração do barrilete até 45 cm.

6.3.3 Empuxo horizontal passivo

Formulação de empuxo passivo através Müller-Breslau:

$$P_p = \sigma \cdot K_{pgh} - u_w \cdot (K_{pgh} - 1) + 2 \cdot c_u \cdot \sqrt{K_{pch}} \quad (1)$$

σ = tensão total

c_u = coesão não drenada

u_w = poropressão

K_{pgh} = Coeficiente de empuxo passivo por gravidade de solo e/ou sobrecarga

K_{pch} = Coeficiente de empuxo passivo por coesão

$$K_{pgh} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta_p) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\cos(\delta_p - \alpha) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2)$$

$$K_{pch} = \frac{\cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta_p - \alpha) \cdot (1 - \tan \alpha \cdot \tan \beta)}{1 - \sin(\phi - \delta_p + \alpha + \beta)} \quad (3)$$

em que

ϕ = o ângulo de atrito do solo

δ_p = o ângulo de atrito no interface entre metal e solo. Conforme Bowles, é 11° para silte e 17°-24° para areia média a grossa.

α = a projeção do ângulo da ponta da ponteira, 45° para a ponteira de DPL (com ângulo da ponta de 450 mm)

β = a inclinação da superfície do solo

Tentando visualizar as piores situações em casos normais por DPL, simula-se 2 casos. Nestes casos o nível de água é ausente, a profundidade $z = 10$ m, a densidade aparente do solo é de 1800 kg/m³ e a superfície do solo é plana.

No caso 1, o ângulo de atrito do solo é de 15° e o ângulo de atrito no interface entre cone metálico/solo de 10°. $K_{pgh} = 1,65$ e $K_{pch} = 3,38$.

No caso 2, o ângulo de atrito do solo é de 35° e o ângulo de atrito no interface de 20°. $K_{pgh} = 5,10$ e $K_{pch} = 5,54$.

Resultado, em função de valores estimados da coesão, conforme tabela 3:

Tabela 3. Empuxo passivo Caso 1 e Caso 2.

Coesão	Empuxo passivo Caso 1	Empuxo passivo Caso 2
kPa	kPa	kPa
20	371	1012
40	444	1106
60	518	1200
80	591	1295

7 CONCLUSÕES

7.1 Alcance do DPL

DPL penetrou, nos casos apresentados solos até $N_{30} = 17$. Dependente do tipo de solo, DPL pode atingir maior resistência, em um caso recente em Sorocaba/ SP, N_{10} equivale $N_{30} = 30$ na profundidade de 6 m.

7.2 DPL em argilas porosas

Em solos argilosos porosos, o empuxo horizontal passivo desenvolve-se menos. O deslocamento do solo será absorvido por diminuição do teor de vazios. Sendo assim, ângulo de atrito e coesão não alteram muito, em consequência o empuxo horizontal não pode aumentar muito

7.3 DPL em solos moles

Em solos de baixa resistência com SPT $N_{30} < 4$, DPL apresenta boa resolução e avanço rápido.

7.3 Influência do empuxo passivo

O DPL portátil fornece geralmente a resistência da ponta de 1 a 15 MPa. O provável desconto da resistência apresentado na tabela 10 apresenta valores relativamente pequenos, entre 0,37 a 1,30 MPa.

A ponteira de DPL é pequena e conseqüentemente o aumento do empuxo passivo está limitado pela pouca quantidade do solo deslocado, que normalmente não chega a compactar muito e não efetivamente alterar ângulo de atrito e coesão.

7.5 Utilização de SPT e DPL

É da convicção do autor, que, não deve fazer correlações gerais entre SPT e DPL, mas sim utilizar estes dois ensaios para as situações onde cada um é mais efetivo, ou, aproveitar os dois na mesma campanha. A comunidade geotécnica deve otimizar a programação das campanhas no campo, e além de usar SPT e DPL, também usar outros ensaios, como

CPT(u), pressiômetro, ensaio de palheta, dilatômetro, ensaio de placa, só para mencionar alguns exemplos. Um passo importante para oferecer o mercado ensaios geotécnicos de boa qualidade é cobrar mudanças na Norma 6122/1996, Projetos e Execução de Fundações, nos parágrafos 4.3.2 e 4.5.3, retirando a exclusividade absoluta de SPT.

Finalmente, e em termos generalizados, se a escolha apenas é entre SPT ou DPL, recomendamos usar DPL para os solos com $SPT N_{30} < 4$, em solos finos, em argilas porosas, quando o atrito lateral é importante a saber, quando precisa fazer muitos furos e quando os acessos são difíceis.

Recomendamos optar por SPT para solos de $N_{30} > 20$, quando os furos são profundos (> 12 m) e quando o solo é granular. Para obras de maior porte, ter mais opção de ensaios e no mínimo, SPT e DPL juntos.

A intenção deste trabalho foi demonstrar que o ensaio de DPL perfeitamente pode fornecer parâmetros de dimensionamento para a geotecnia, por exemplo, para projetos de fundação e que correlações entre DPL e SPT, em geral, são possíveis. Conseqüentemente, DPL pode atuar em casos onde é mais adequado. Não cabe neste trabalho demonstrar a rotina de cálculo desenvolvida particularmente para o DPL, para fazer as previsões de capacidade de carga de fundações. Outros trabalhos já têm sido feitos e ainda mais estão sendo lançados. O dimensionamento por DPL de estacas utiliza-se de q_d , resistência à ponta e f_s , atrito lateral, diferente das formulações para SPT, baseadas em número de golpes. Quem está acostumado projetar através SPT, pode mesmo verificar as correlações entre DPL e SPT efetuados neste trabalho, transformando golpes N_{10} de DPL para golpes N_{30} de SPT e dimensionar conforme algum dos métodos convencionais de SPT. Observe-se que não é necessário fazer a transformação de DPL a SPT. Recomenda-se utilizar as formulações diretas desenvolvidas pelo autor.

Gráficos, fórmulas e detalhes estão disponíveis em Thomas Nilsson Geoconsultores Ltda. www.nilsson.com.br, thomas@nilsson.com.br

AGRADECIMENTOS

O autor do presente trabalho gostaria de registrar os seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições: Renato Cunha (UnB, Brasília); David Carvalho (UNICAMP, Campinas), Alessandro Kormann (UFPR, Curitiba), Rebeka Ribas (Datapoli, Londrina) e às empresas Solotécnica e Sondagel .

REFERÊNCIAS

- Albuquerque P, Massad F, de Carvalho D, Ferreira M (2001), *Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega, em solo residual de diabásio*, Campinas/ SP, 198 p.
- Bezerra Mota N. (2003) *Avaliação de Metodologias de Projeto de Fundações Profundas Assentes em Solos Colapsíveis via Ensaio de Campo*, Brasília/ DF
- Bolton M (1979), *A guide to soil mechanics*, Macmillan Press, London, UK.
- Cestari F (1990) *Prove Geotecniche In Sito*. Geo-Graph S.N.C. I Edizione.(Italia)
- Cintra J. (1998), *Fundações em solos colapsíveis* (1998) São Carlos/ SP, 171 p.
- DIN – Taschenbuch (1991) *Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*. Beuth. (Alemanha).
- ISSMFE (1989) International Reference Test procedure for dynamic probing (DP). *Report of the ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing of Soils – TC 16 with Reference Test Procedures*. . Swedish Geotechnical Society, 49 p.
- Kormann A, Chamecki P, Antoniutti Neto L, Russo Neto L. (2000). *Ensaio de Carregamento Dinâmico: Avaliação do Setup de uma estaca Cravada em Argila Sobreadensada* (1979), UFPR, Curitiba/ PR.
- Nilsson T. (2003) Initial Experiences of DPL NILSSON, *I Simposio do Centro-Oeste*. CD ROM.
- Ribas César R. (2001) *Estudo de Casos de Fundações Profundas em Londrina/ PR*, São Paulo/ SP