

## Aspectos Relevantes do Ensaio SPT Executado entre nós

Urbano Rodriguez Alonso

Engenheiro Consultor – São Paulo, SP, Brasil

u.rodriguez@uol.com.br

**RESUMO:** Neste trabalho apresenta-se uma avaliação crítica na interpretação dos valores da medida do SPT quando se deseja expressar as equações “antigas” que usavam o equipamento manual, cuja energia é da ordem de 72% para a energia padrão correspondente a 60% permitindo um padronização dos resultados divulgados em fórmulas “antigas” na literatura geotécnica nacional e internacional.

**ABSTRACT:** This work presents a critical evaluation in the interpretation of SPT measurement values when one wishes to express the “old” equations that used manual equipment, whose energy is on the order of 72% for the standard energy corresponding to 60%, allowing a standardization of results published in “old” formulas in national and international geotechnical literature.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensaio SPT, Energia no SPT, Ensaio SPTT

### 1 Introdução

Não há dúvida que o ensaio mais usado em fundações, desde há muito tempo, não só aqui como em muitos outros países é o SPT (Standard Penetration Test), que entre nós é regido pela Norma ABNT NBR 6484, cuja versão atual é de 2020.

Este ensaio além de fornecer a medida da resistência do solo, similarmente a outros ensaios, tem a particularidade de retirar amostras que permitem sua classificação granulométrica de maneira direta e não por correlações.

Embora sendo um ensaio padronizado, muitas empresas que o executam não seguem rigidamente essa norma, como têm se manifestado vários de nossos colegas, entre eles os profs. Moacyr Schwab e Carlos Medeiros, publicados na revista Fundações e Obras de Geotecnia, respectivamente, nos meses de outubro de 2013 e de maio de 2014.

Resumidamente o prof. Moacyr Schwab cita .....“a maior parte das empresas responsáveis pela execução desse ensaio, ainda hoje, não está qualificada para tal” .....”os encarregados mal sabem assinar o próprio nome. Quem fiscaliza a execução de tais sondagens ?” ....”como confiar em correlações obtidas a partir de um número de golpes cujo valor não é confiável ?”... “faltam honestidade, preparo e responsabilidade nessa atividade tão simples e útil”.

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



Na mesma linha o prof. Carlos Medeiros cita ... *“a simplicidade e a popularização desse ensaio são as portas para que profissionais e empresas sem capacidade técnica adequada entrem e permaneçam no mercado em detrimento dos bons profissionais, pois não existe no mercado um mecanismo para identificar os profissionais e as empresas capacitadas para fazer uma sondagem dentro da boa técnica”*.

## 2 Ensaio SPT-T

Felizmente esta situação está mudando, para melhor, nos últimos anos, com a introdução de medidas complementares, como por exemplo a medida do torque, proposto pelo prof. Ranzini em 1988 denominado ensaio SPT-T, onde após a cravação do amostrador padrão é aplicado um momento torsor por meio de um torquímetro (Figura 1). Obtém-se assim, o torque necessário para girar o amostrador.

Como o ensaio de torque é similar a um ensaio “vane-test” obtém-se, durante sua realização, um valor máximo ( $T_{\text{máx}}$ ) para o torque, no início do giro, e um valor mínimo ( $T_{\text{mín}}$ ) após alguns giros do torquímetro quando a leitura do torque permanecer constante.



Figura 1. Ensaio SPT-T

A correlação entre o torque (máximo e mínimo), ambos expressos em kgf.m, e o SPT ( $N_{72}$ ) para a Bacia Sedimentar Terciária da Cidade de São Paulo, foi obtido por Alonso (1996) cujo resumo se encontra na Tabela 1 e a localização dos locais estudados na Figura 2.

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



**Tabela 1. Correlações  $T_{\text{máx}}/T_{\text{mín}}$  e  $T_{\text{máx}}/N_{72}$  para a cidade de São Paulo**

(Torque em kgf.m e penetração total do amostrador = 45 cm)

( $N_{72}$  é o valor do SPT com 72% da energia potencial, assunto a tratar mais adiante)

Área nº	Nº de pontos	Relação		Área nº	Nº de pontos	Relação	
		$T_{\text{máx}}/T_{\text{mín}}$	$T_{\text{máx}}/N_{72}$			$T_{\text{máx}}/T_{\text{mín}}$	$T_{\text{máx}}/N_{72}$
01	110	1,33	1,23	15	54	1,20	1,14
02	115	1,20	1,25	16	101	1,16	1,15
03	14	1,21	1,33	17	20	1,10	1,48
04	27	1,27	1,26	18	54	1,14	1,00
05	69	1,25	1,15	19	58	1,15	1,28
06	13	1,42	1,93	20	46	1,15	1,07
07	75	1,15	1,56	21	42	1,15	1,30
08	29	1,09	1,00	22	25	1,13	1,06
09	9	1,24	1,04	23	57	1,17	1,18
10	13	1,49	1,17	24	17	1,27	1,24
11	33	1,25	1,01	25	75	1,37	1,14
12	56	1,15	1,16				
13	20	1,28	1,32	Total	1.196	--	--
14	64	1,06	1,00	Média aritmética		≈1,2	≈1,2

Como se vê pela Tabela acima a correlação  $T_{\text{máx}} \approx 1,2N_{72}$ . Além disso, como  $T_{\text{máx}}/T_{\text{mín}}$  é praticamente igual à correlação  $T_{\text{máx}}/N_{72}$ , pode-se escrever  $T_{\text{mín}}(\text{em kgf.m}) \approx N_{72}$ .

Cabe ressaltar que essas correlações valem para **os solos da Bacia Sedimentar** da cidade de São Paulo, devendo ser usadas, com reserva, para outras localidades onde não existam essas correlações. Ainda como informação, para o **solo residual** desta mesma Bacia de São Paulo, a correlação é da ordem de  $T_{\text{máx}} = 1,8N_{72}$ .

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



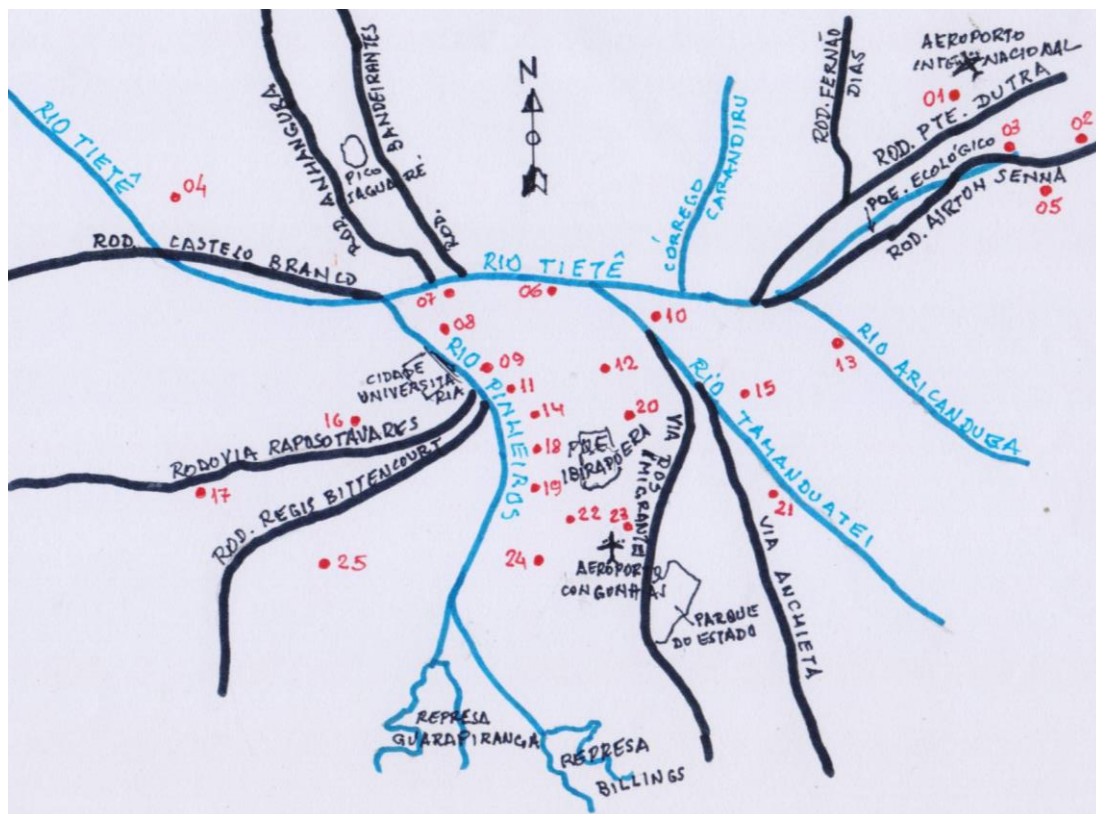


Figura 2. Localização das áreas estudadas na Bacia Sedimentar de São Paulo

### 3. Medida da Energia no Ensaio SPT

Outra importante medida complementar que está sendo implementada é a medida da energia aplicada às hastes durante a cravação do amostrador que resulta em uma percentagem da energia potencial do sistema (65 kgf vezes 75 cm de altura de queda da massa batente) em função das perdas por atrito entre cabo e roldana, do sistema de elevação e liberação da massa batente e da sua geometria. Com esta medida é possível criar uma normalização desse ensaio, através de uma energia padrão. Para tal é definida a energia padrão, mundial, como sendo aquela correspondente a 60% da energia potencial, que apresentam os sistemas mecanizados dos Estados Unidos e da Europa. É o denominado ensaio SPT com 60% da energia total, designado por  $N_{60}$ .

Caso sejam mantidos constantes os diâmetros do amostrador (50,8 mm externo e 34,9 mm interno), massa batente (65 kg), altura de queda (75 cm) e tendo em vista que a penetração do amostrador, para se medir o  $N_{SPT}$ , é 30 cm (constante) após se cravar 15 cm iniciais, resulta que quanto maior a energia menor será o número de golpes e vice-versa.

Assim, para determinar o SPT com a energia padrão de 60% ( $N_{60}$ ) emprega-se a seguinte expressão:

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



$$N_{60} = \frac{N_{SPT} \cdot \text{EnergiaMedida}}{0,60(\text{EnergiaPadrão})} \quad (1)$$

Normalmente a energia média aplicada pelos equipamentos manuais brasileiros é da ordem de 72%. (variação entre 70% e 80%). Assim, para se obter o SPT para o padrão ( $N_{60}$ ), basta usar a expressão acima resultando:

$$N_{60} = \frac{N_{SPT} \cdot 0,72}{0,60} \rightarrow N_{60} = 1,2 N_{72} \quad (2)$$

Logo, para se obter o número de golpes com energia de 60% basta multiplicar por 1,2 o número de golpes com energia de 72% e vice-versa, ou seja, quanto menor for a energia aplicada maior será o número de golpes e vice-versa, já que a penetração total do amostrador padrão é constante e iguala 45 cm.

**Nota:** As expressões acima só valem para o caso de se usar o mesmo amostrador padrão, massa batente e altura de queda, já que para outro tipos de amostradores existem outras expressões divulgadas na literatura técnica, assunto que não faz parte deste nosso estudo. Aos interessados no assunto recomenda-se a leitura do capítulo 2 do livro “Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia Geotécnica” de F. Schnaid e E. Odebrecht, publicado pela Oficina de Textos.

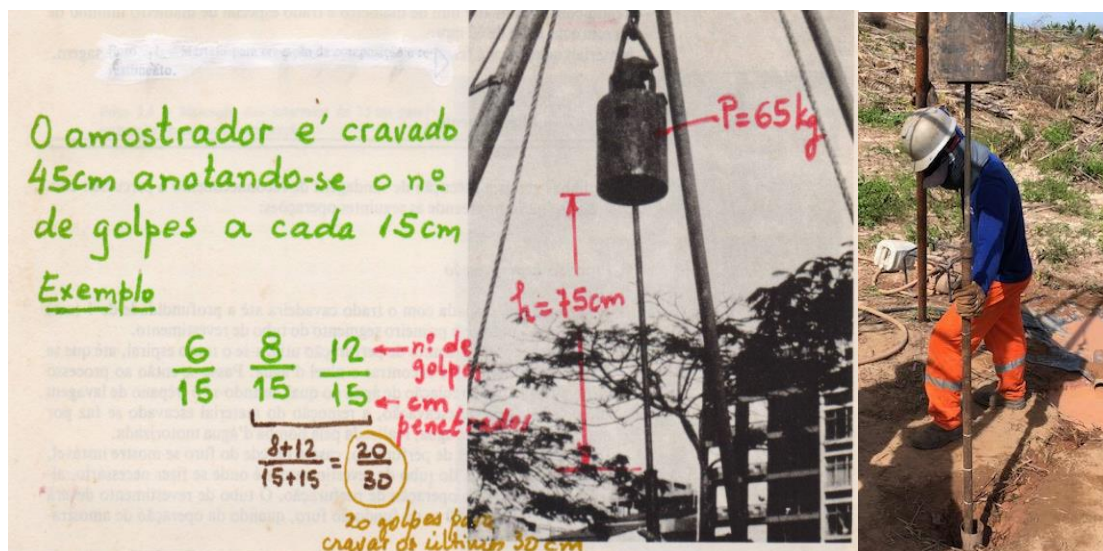


Figura 3. Obtenção do índice de resistência à penetração  $N_{SPT}$

Com base no acima exposto, sugere-se aos executores do ensaio SPT que incluam em seus relatórios a energia de cada equipamento usado e com isso possamos estabelecer correlações com qualquer energia. Por exemplo:

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





Todos os trabalhos divulgados em nosso país até pouco tempo atrás, devem ser melhor esclarecidos. Entretanto, como no passado essa energia não era medida regularmente, vamos nos valer do valor médio da eficiência desses equipamentos SPT igual a 72%. Assim por exemplo, em uma das correlação proposta por Teixeira (1996) para se estimar o ângulo de atrito interno de solos granulares  $\varphi = 15^\circ + \sqrt{20.N}$  deve ser melhor esclarecida informando que o N do ensaio SPT, no trabalho do prof. Teixeira, corresponde à energia de 72% e assim poderá ser melhor entendida ao se escrever:  $\varphi = 15^\circ + \sqrt{20.N_{72}}$ , ou seja que essa correlação “antiga” foi estabelecida com ensaio SPT que apresenta 72% da energia total. Se assim o fizermos poderemos expressar as correlações brasileiras que usam  $N_{72}$  para o caso em que a energia seja  $N_{60}$ , conforme se expõe a seguir:

Mantendo-se constante a energia nos dois sistemas, o produto  $20.N_{72}$  da equação acima (válida para solos granulares) terá que ser igual a  $\eta.N_{60}$  onde  $N_{60} = 1,2.N_{72} \rightarrow \eta = 20/1,2 = 17$ , ou seja:

$$17.N_{60} = 20.N_{72} = \text{constante}$$

$$\varphi = 15^\circ + \sqrt{17.N_{60}} = 15^\circ + \sqrt{20.N_{72}}$$

## CONCLUSÕES

O artigo acima ressalta a necessidade de se inserir nos relatórios de sondagens à percussão a energia do equipamento usado na aquisição dos valores do  $N_{SPT}$  a fim de que se possa transcrever as equações geotécnicas divulgadas usando-se o equipamento manual para outros equipamentos mecânicos cuja energia possa ser diferente de 72% e, mais ainda, podendo transcrever essas equações ditas “antigas” para a energia padrão  $N_{60}$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, U.R.(1996) “Estacas Hélice Contínua com Monitoração Eletrônica – Previsão da Capacidade de Carga através do Ensaio SPTT” – SEFE III – vol 2- pá 141 a151.
- Aoki, N. & D.A.Velloso (1975) “An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles” V PCSMFE – Buenos Aires.
- Edgard Odebrecht, F. Schnaid, M.M. Rocha e G.P. Bernardes (2004) “Transferência de Energia no Ensaio SPT: Efeito do Comprimento das Hastes e da Magnitude dos Deslocamentos – revista Solos e Rochas, vol. 27, nº 1.
- Ranzini, S.M.T. (1988) “SPTF” – revista Solos e Rochas, vol. 11, nº único.
- Valverde, S. e Ferraz Jr, P.R. (2015) “Medidas de Energia no Ensaio de SPT” – SEFE 8 – Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia – ABEF/AMBS NRSP – São Paulo – Paper 018876.
- Teixeira, A.H. (1996) “Projeto e Execução de Fundações” – SEFE III – Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia – ABEF/AMBS NRSP – São Paulo – vol. 1 pág. 33 a 50.

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

