

# Estimativa do Ângulo de Atrito e Coesão Através de Índices de Resistência Obtidos pela Sondagem SPT em Solo Laterítico e Colapsível Característico da Cidade de Cascavel no Estado do Paraná.

Maycon André de Almeida

Centro Academico Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil, mayconalmeida@creapr.org.br.

Rafael Magrini Marques de Oliveira

Centro Academico Assis Gurgacz, Cascavel, Brasil, rafaelmagrini.eng@gmail.com.

**RESUMO:** A resistência do solo ao cisalhamento é uma importante propriedade dinâmica do solo, pois interfere diretamente na capacidade do solo em suportar uma ruptura ou deslizamento. O presente artigo teve como objetivo analisar a relação entre os parâmetros de ângulo de atrito interno e intercepto de coesão, obtidos por meio de ensaios triaxiais em amostras indeformadas, e os determinados através de correlações empíricas utilizando dados de sondagem a percussão SPT. Para a realização da pesquisa, foram extraídas amostras indeformadas a cada metro, até a profundidade de 14 metros, e realizados ensaios de compressão triaxial. Dentre as correlações analisadas, as que se mostraram mais seguras para a utilização foram as de Teixeira (1996), para a definição do ângulo de atrito, e as de Berberian (2015) e Alonso (2010), para a definição do intercepto de coesão, principalmente quando considerada a eficiência americana de 60% (N60) nas últimas duas. Além disso, foi possível determinar correlações para o solo local utilizando os dados obtidos, que se apresentaram estatisticamente confiáveis.

**Palavras-chave:** Ensaio SPT. Ensaio Triaxial. Resistência ao cisalhamento.

## 1 INTRODUÇÃO

A resistência do solo ao cisalhamento é uma importante propriedade dinâmica do solo, pois interfere diretamente na capacidade do solo em suportar um carregamento ou descarregamento sem perder estabilidade. A partir disto, se faz necessário caracterizar adequadamente as suas propriedades geotécnicas, de maneira a embasar os projetos de engenharia objetivando uma maior economia e segurança.

Na geotecnia é comum a utilização de dados oriundos do ensaio de sondagem SPT no dimensionamento de fundações e determinação de parâmetros do solo, através de correlações, principalmente devido ao baixo custo envolvido, a facilidade de execução e o elevado número de informações fornecidas. Contudo, é de conhecimento técnico que tais correlações

podem não apresentar parâmetros do solo condizentes com a realidade, devido a sua heterogeneidade, o que leva diversos autores a realizar pesquisas a fim de validar as correlações já existentes, além de propor novas, conforme o presente estudo (PINTO, 2006).

Dentre diversos parâmetros de importância do solo, os relacionados ao cisalhamento de solos destacam-se devido a sua importância geotécnica, na análise de estabilidade de taludes, dimensionamento de contenções e muros de arrimo, entre outros. Tais parâmetros podem ser obtidos através de ensaios de cisalhamento direto ou triaxiais, além de poderem ser estimados através de dados de sondagem SPT conforme as correlações propostas por Godoy (1983), de Mello (1971), Teixeira (1996), Teixeira e Godoy (1996) e Alonso (2010).

O ensaio de compressão triaxial é um dos

métodos mais confiáveis para a determinação dos parâmetros de resistência do solo: intercepto de coesão e ângulo de atrito, pelo fato de ser um ensaio complexo e realizado em ambiente controlado de laboratório.

Para o desenvolvimento deste artigo, foram conduzidos ensaios triaxiais adensados do tipo não drenados (CU), até o 14º metro de profundidade, em amostras de solo indeformadas do Campo Experimental de Engenharia do Centro Universitário Assis Gurgacz (CEEF), localizado na cidade de Cascavel/PR. O objetivo principal foi determinar os reais parâmetros de resistência do solo e compará-los aos estimados pelo ensaio SPT, estabelecendo, se possível, uma correlação para determinação mais eficaz dos mesmos no solo da região.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização geotécnica do solo local

A pesquisa foi conduzida no município de Cascavel, região oeste do estado do Paraná, que possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 24°56'52.5"S e Longitude 53°30'41.1"W, com uma atitude 781 metros em relação ao nível do mar.

O solo da cidade de Cascavel é classificado quanto a sua origem como um solo residual proveniente da decomposição de rochas eruptivas (basalto), e possui comportamento laterítico (EMBRAPA, 1984).

Segundo Melfi (1997), os solos lateríticos são os solos típicos da evolução em climas quentes e úmidos e invernos secos, encontrados principalmente nas regiões tropicais.

A caracterização do solo do Campo Experimental de Engenharia do Centro Universitário Assis Gurgacz (CEEF) foi realizada por Zen (2016). Segundo a autora, a classificação do solo, conforme especificado na ABNT (2016a) e de acordo com a curva granulométrica, apresenta cerca de 90% de partículas finas, sendo classificado como uma argila silto arenosa. Em relação ao sistema

unificado (SUCS), é classificado como um solo argiloso muito compressível (CH), ao passo no sistema rodoviário (T.R.B), foi identificado como A-7-6, correspondendo a uma argila siltosa medianamente plástica, classificada como regular a mau para utilização como subleito.

Zen (2016) realizou três ensaios de sondagem a percussão do tipo Standard Penetration Test (SPT) no CEEF, a fim de verificar o índice de resistência à penetração do amostrador padrão (N) no solo ao longo da profundidade. Na Tabela 1 é apresentado o perfil geotécnico médio obtido, o qual representa o subsolo do CEEF. Os índices N foram determinados através da correção do valor da penetração do amostrador para uma penetração de 30 cm, justificando os valores fracionados. O lençol freático, no intervalo de execução dos 3 furos, foi encontrado entre as profundidades de 12 e 15 metros.

Tabela 1. SPT realizado no CEEF

Cota (m)	Nspt Médio	Descrição do Subsolo
1	1,7	
2	1,7	
3	2,5	
4	2,8	Argila Siltosa Marron
5	4,1	Avermelhada Muito Mole a
6	7,8	Média
7	6,4	
8	5,6	
9	10,0	
10	11,9	Argila Siltosa Marron
11	12,6	Avermelhada Rija
12	16,6	Argila Siltosa Marron
13	27,0	Avermelhada Rija a Dura
14	31,3	Percolações Brancas
15		Limite da sondagem

Fonte: Zen (2016)

Observando a evolução do N<sub>SPT</sub> com a profundidade, e, concomitantemente, utilizando a classificação quanto à consistência da ABNT (2001), pode-se sugerir que, no geral, o subsolo do CEEF é constituído por duas camadas de solo distintas, até a profundidade amostrada. A primeira sendo composta por argila siltosa, porosa, marrom avermelhada, de consistência muito mole à média, até a profundidade de 9 m

e, finalmente, em profundidades superiores a 9m, uma argila silto arenosa, residual, de coloração marrom claro e consistência rija a dura, podendo apresentar nas cotas próximas ao lençol freático pigmentação esbranquiçada na estrutura do solo, provavelmente devido à presença de minerais na água.

Como resultado dos ensaios de caracterização, Zen (2016) apresentou a média dos principais índices físicos das camadas do CEEF na Tabela 2.

Tabela 4. Resumo das camadas de solo do CEEF

VALORES MÉDIOS	CAMADA 1 1 a 9 metros	CAMADA 2 10 a 15 metros
w (%)	34	53
LL (%)	53	59
LP (%)	38	42
IP (%)	15	17
$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	12	12
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	27	27
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	17	16
Sr (%)	55	60
Argila (%)	70	56
Silte (%)	25	35
Areia (%)	5	9
Consistência	Muito mole a média	Rija a dura
Índice de vazios (e)	1,22	1,55

Fonte: Zen (2016)

## 2.2 Extração de Amostras Indeformadas

Foi aberto um poço de inspeção até a cota -15 metros, onde foi encontrado o nível de água do solo. A perfuração do poço foi realizada com a ajuda de perfuratriz hidráulica, e um poceiro realizou a retirada das amostras indeformadas de solo, conforme a ABNT (2016b).

As amostras foram extraídas metro a metro, utilizando um molde metálico de parede fina e formato cilíndrico com diâmetro interno de 5 cm e altura de 12 cm, biselado em uma das extremidades para cravação no solo. O molde era removido cuidadosamente do solo após a coleta, e a amostra era extraída com ajuda de um extrator de amostras (Figura 1). Em cada corpo de prova foi removido 1 cm de cada lado do comprimento total, atendendo a relação altura-diâmetro compreendido entre 2,0 a 2,5, de acordo com a ABNT (1992).



Figura 1. Retirada de amostra indeformada do molde metálico com macaco hidráulico de laboratório.

Os ensaios foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos II do Centro Universitário da FAG, em Cascavel/PR. Para cada cota foram extraídos 6 corpos de prova, a fim de obter uma envoltória de resistência mais consistente.

## 2.2 Ensaios triaxiais em laboratório

Todos os ensaios tiveram uma duração média de 6 horas, sendo este período necessário para adensar e romper por cisalhamento os corpos de prova. Para realizar os ensaios foi utilizada uma prensa triaxial eletrônica interligada ao software *Triaxial Pavitest® estático I-1077*, conforme Figura 2.



Figura 2. Equipamento triaxial utilizado na pesquisa.

Dentro da câmara de ensaio triaxial, a primeira etapa do ensaio foi realizar o adensamento aplicando uma pequena pressão hidrostática no corpo de prova e verificando as variações volumétricas (Figura 3). Em seguida,

foi estabelecida a tensão confinante ( $\sigma_3$ ) de ensaio e, com o fechamento da válvula de drenagem da câmara triaxial, aplicada uma tensão axial ( $\sigma_1$ ) a uma velocidade de 0,064 mm/min, até que ocorresse uma deformação de 10% da altura do corpo de prova. A velocidade de ruptura adotada se justifica pelo fato de que carregamentos rápidos podem gerar excesso de poro pressões positivas, reduzindo a resistência ao cisalhamento (GERSGOVISCH, 2016).

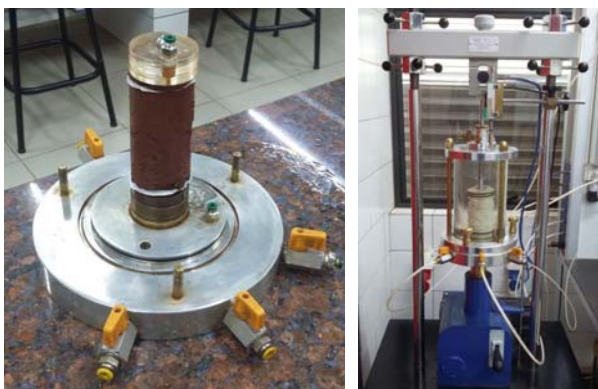


Figura 3. Corpo de prova na câmara de ensaio

O procedimento foi repetido para as demais amostras, obtendo assim distintas variações de tensão desviadora ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) para cada ensaio. De posse dos resultados, foram plotados os círculos de Mohr determinando assim a envoltória de resistência de Mohr-Coulomb, e em seguida foram determinados os valores do intercepto de coesão ( $c$ ) e do ângulo de atrito interno ( $\phi$ ), em função das tensões totais (situação não drenada).

## 2.2 Estimativa dos Parâmetros de Resistência através dos resultados da sondagem SPT

Segundo Schnaid (2000), conhecidas as limitações envolvidas no ensaio, é possível, por meio da interveniência de fatores que influenciam os resultados e não estão relacionados às características do solo, avaliar criticamente as metodologias empregadas na aplicação de valores de  $N_{SPT}$  em problemas geotécnicos. Para tanto, as abordagens modernas recomendam a correção do valor medido de  $N_{SPT}$  levando-se em conta o efeito da

energia de cravação e do nível de tensões. Como referência, nos Estados Unidos e na Europa, o sistema é mecanizado e a energia liberada é de aproximadamente 60%. Para o Brasil a média é em torno de 72%, segundo Décourt (1989).

Para a determinação do ângulo de atrito utilizando dados da sondagem SPT, foram utilizadas as correlações apresentadas por Godoy (1983), de Mello (1971) e Teixeira (1996), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Equações para cálculo do ângulo de atrito.

Autor	Correlação - $\phi^\circ$
Godoy (1983)	$\phi = 28^\circ + 0,4.N$
de Mello (1971)	$\tan \phi = \frac{0,712}{(1,49 - D_r)}$
Teixeira (1996)	$\phi = \sqrt{20.N} + 15$

Cabe ressaltar que a densidade relativa ( $D_r$ ) presente na correlação de De Mello (1971) é determinada através da tensão vertical em repouso da cota do solo considerada.

Berberian (2015) afirma que a experiência tem mostrado que em argilas lateríticas tropicais não saturadas, tanto os valores de coesão nas condições totais como efetivas se aproximam muito. É de conhecimento técnico que a coesão desse tipo de argila é fortemente dependente da sucção e conseqüentemente da curva de umidade característica do solo.

Para estimativa da coesão foram utilizados os métodos de Teixeira & Godoy (1996), Berberian (2015) e Alonso (2010). Para a estimativa do valor de coesão não drenada de argilas saturadas Teixeira & Godoy (1996) sugerem a Equação 1, em kPa.

$$c = 10.N \quad (1)$$

Berberian (2015) sugere a utilização da Equação 2 para a determinação da coesão, em kPa.

$$c = \frac{N}{0,35} \quad (2)$$

Também é possível obter a coesão através da Tabela 4, desenvolvida especificamente para argilas por Alonso (2010).

Tabela 4. Coesão das argilas (Alonso, 2010)

N (golpes)	Consistência	Coesão (kPa)
< 2	Muito mole	< 10
2 – 4	Mole	10 – 25
5 – 8	Média	25 – 50
9 – 15	Rija	50 – 100
15 – 30	Muito Rija	100 – 200
> 30	Dura	> 200

As equações apresentadas devem ser preferencialmente utilizadas considerando o índice N corrigido pela eficiência do ensaio SPT, ou seja, aplicando uma minoração devido a eficiência média brasileira ou aferida do equipamento do qual os dados foram extraídos.

Considerando isso, os índices N deste artigo foram corrigidos de acordo com os resultados de 3 provas de carga sobre amostrador padrão conduzidas por Dallacosta e Almeida (2017), com o mesmo equipamento e equipe. Os resultados obtidos pelos autores podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados de Dallacosta e Almeida (2017)

Furo	N <sub>SPT DA COTA</sub>	η (eficiência)
1	5	36%
2	4	30%
3	3	67%
Média		44%

Tendo em vista o caráter exploratório desta pesquisa, o valor de eficiência (η) utilizado sobre os índices N foi o médio de 44%, apesar da dispersão entre os 3 ensaios encontrada pelos autores.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do ensaio de compressão triaxial foi possível determinar as envoltórias de resistência e, conseqüentemente, definir o intercepto de coesão e o ângulo de atrito das amostras ensaiadas.

Na Figura 4 é apresentado, como exemplo, a envoltória de Mohr Coulomb determinada para

a profundidade 9 metros, pelo software *Pavitest* do equipamento triaxial.

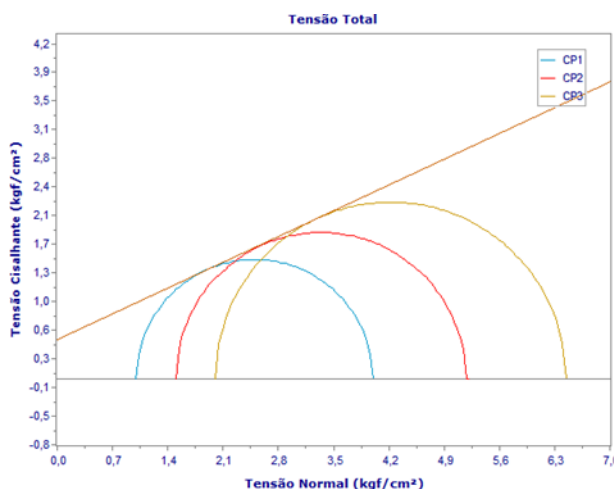


Figura 4. Envoltória de Mohr-Coulomb de 3 ensaios da cota de 9m.

Foram descartados os círculos de Mohr que apresentaram resultados discrepantes quando comparados aos demais, metro a metro. Para cada cota analisada, foram obtidos o intercepto coesivo (kPa) e o ângulo de atrito interno ( $\phi$ ), conforme Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros de resistência ao cisalhamento, ao longo da profundidade, para o subsolo do CEEF.

Cota	Intercepto coesivo	Ângulo de atrito
1 m	2 kPa	14,2°
2 m	2 kPa	15,5°
3 m	13 kPa	17,4°
4 m	12 kPa	16,4°
5 m	22 kPa	14,1°
6 m	56 kPa	13,4°
7 m	17 kPa	19,2°
8 m	12 kPa	26,6°
9 m	31 kPa	26,2°
10 m	49 kPa	24,8°
11 m	24 kPa	30,4°
12 m	27 kPa	22,5°
13 m	64 kPa	19,7°
14 m	32 kPa	26,4°

Nota-se um comportamento linear, com uma leve tendência de crescimento ao longo da profundidade.

As variações significantes ao longo da

profundidade se justificam por diversas possibilidades. Possíveis dispersões já eram previstas devido à possíveis perturbações na coleta das amostras que podem ocasionar pequenas compactações ou deformações no corpo de prova. Estas alterações na estrutura não podem ser visualizadas, mas apresentam influência direta nos resultados.

### 3.2 Correlações com sondagem SPT

Por meio dos dados obtidos através das 3 sondagens SPT realizadas no subsolo do CEEF foi elaborada a Figura 5, que apresenta o N já corrigido com a eficiência média registrada por Dallacosta e Almeida (2017) de 44%, ao longo da profundidade.

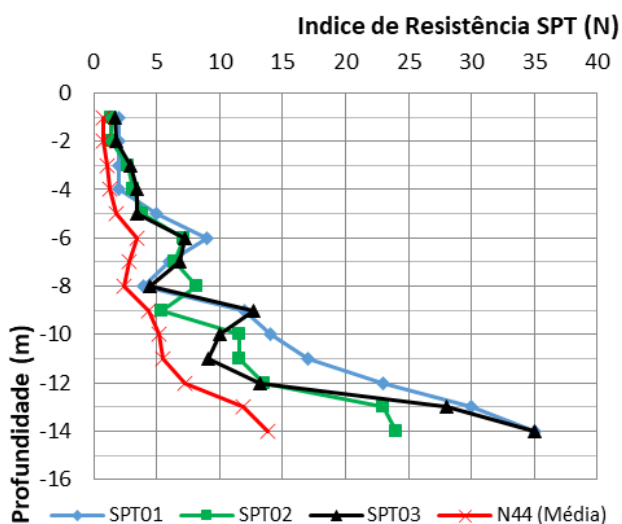


Figura 5. Valores de N e  $N_{44}$  ao longo da profundidade para os ensaios SPT realizados no CEEF.

Considerando os dados apresentados, aplicou-se as correlações para determinação do ângulo de atrito interno do solo, desenvolvidas por De Mello (1971), Godoy (1983) e Teixeira (1996), utilizando o  $N_{SPT}$  médio com eficiência corrigida em 44%, e são apresentados os resultados na Figura 6.

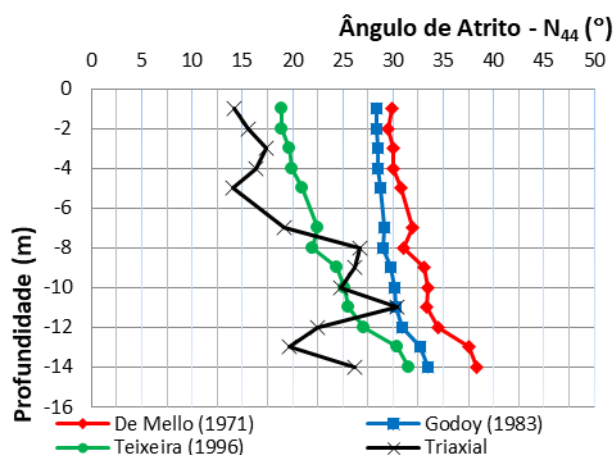


Figura 6. Ângulo de atrito determinado ao longo da profundidade para o solo do CEEF, pelos três métodos utilizados.

Entre os métodos, o de Teixeira (1996) e o Godoy (1983) foram os que apresentaram maiores aproximações com relação aos obtidos através do ensaio triaxial. Já o método de Mello (1971) foi o que apresentou a maior dispersão de resultados, principalmente pelo fato de ter seu uso recomendado para solos arenosos.

Analisando a influência da eficiência do ensaio SPT nas correlações apresentadas acima, constatou-se que houve uma aproximação maior com os dados obtidos através de ensaios triaxiais, comprovando a importância de se considerar esse fator.

Das (2007) e Santana (2016) apresentam mais correlações para determinação do ângulo de atrito interno a partir de índices de resistência N, como Dunhan (1954), Ohsaki et al. (1959) e Peck et al. (1974), recomendadas para solos granulares, porém ao serem aplicadas verificou-se que as mesmas apresentaram valores próximos aos determinados por Godoy (1983), e devido à grande dispersão, não foram analisadas no trabalho.

Para a determinação dos valores do intercepto coesivo foram utilizadas as correlações de Alonso (1983), Berberian (2015) e Teixeira & Godoy (1996), em função do índice de resistência à penetração do amostrador padrão  $N_{44}$ , conforme Figura 7.

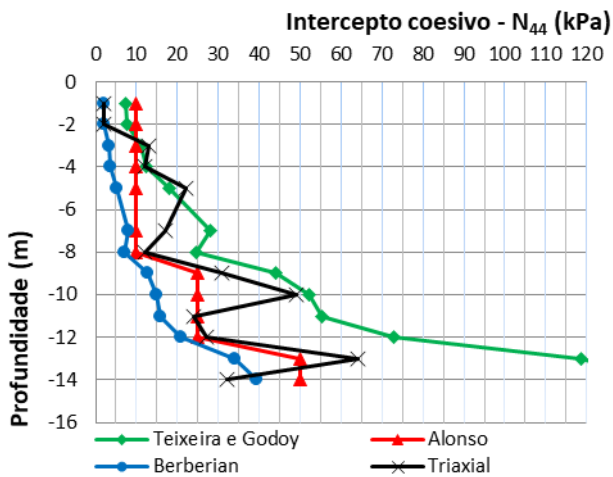


Figura 7. Valores de intercepto de coesão determinados ao longo da profundidade para o solo do CEEF, pelos três métodos utilizados.

Para o método de Alonso (2010), por segurança, adotou-se como coesão o menor valor do intervalo para cada intervalo de  $N_{SPT}$ .

Verificou-se que os métodos de Alonso (2010) e Berberian (2015) apresentaram comportamento semelhante e próximo aos obtidos pelos ensaios triaxiais, indicando crescimento da coesão ao longo da profundidade. Já o método de Teixeira e Godoy (1996) apresentou dispersão com relação aos demais métodos e com relação aos resultados dos ensaios triaxiais.

A minoração do índice de resistência para a energia de 44%, registrada no equipamento SPT através de provas de carga no amostrador padrão, gerou uma grande aproximação entre as correlações e os resultados obtidos pelo ensaio triaxial, principalmente devido ao fato das correlações envolvendo o intercepto coesivo terem relação direta com o aumento no  $N_{SPT}$ .

O método de Alonso (2010) se mostrou interessante para aplicação em argilas lateríticas como a de Cascavel/PR, desde que seja atribuído o valor mínimo do intervalo definido na Tabela 4.

### 3.3 Relação entre parâmetros de resistência e $N_{SPT}$ ao longo da profundidade

Considerando que a eficiência do equipamento de sondagem SPT influenciou positivamente na aproximação da estimativa dos parâmetros de resistência, através dos métodos indiretos, optou-se em realizar todas as análises posteriores utilizando os índices de resistência ( $N$ ) corrigidos para a eficiência determinada por Dallacosta e Almeida (2017), de 44%.

É apresentada na Figura 8 a relação entre o ângulo de atrito, estimado pelas correlações e pelo triaxial, e os índices  $N_{44}$  obtidos em campo.

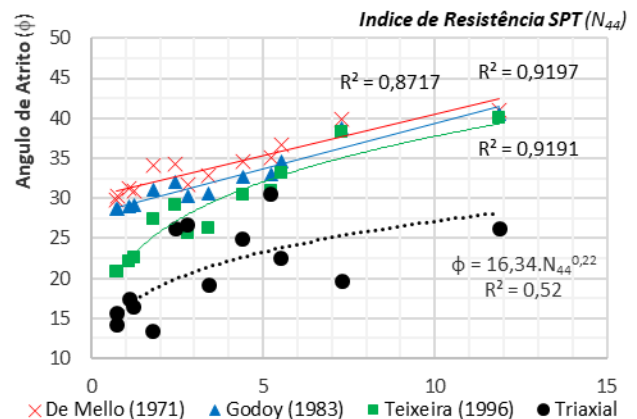


Figura 8. Relação entre  $N_{44}$  e os ângulos de atrito determinados por correlações e pelo ensaio triaxial, considerando toda a amostragem.

Nota-se a dispersão dos resultados obtidos pelos ensaios triaxiais, que apresentaram pela regressão linear um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,52, indicando uma relação moderada entre as variáveis, conforme informado por Quinino et al. (2012).

Realizando análise estatística da relação entre as variáveis através do teste de *p-valor*, foi obtido o valor de 0,046. O valor-*p* é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado, e valores inferiores a 0,05, conforme Ferreira e Patino (2015), indicam que quando não há alguma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. Considerando o

exposto, pode-se concluir que o modelo apresentado, para o intervalo de valores correlacionado, pode ser interessante para determinar o ângulo de atrito com certa aproximação.

Considerando o exposto, foi verificado que os dados obtidos pelos ensaios triaxiais em profundidades superiores a 11 metros foram os responsáveis pela baixa relação entre as variáveis analisadas. Restringindo a amostragem até uma profundidade de apenas 11 metros, o teste do *p*-valor já apresentou valor inferior a 0,003, além de aumentar o coeficiente de determinação para 0,67, o que já representa uma relação forte entre as variáveis, como pode ser visto na Figura 9.

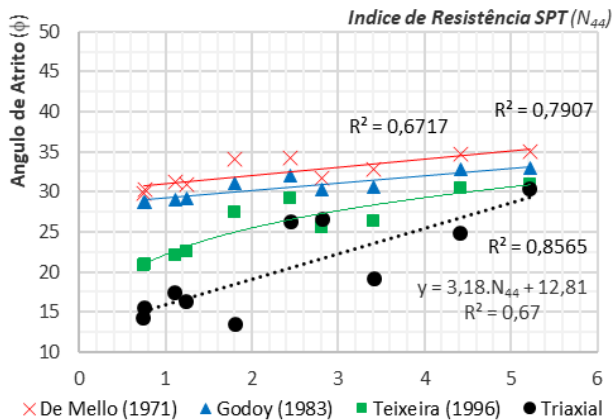


Figura 9. Relação entre  $N_{44}$  e os ângulos de atrito determinados por correlações e pelo ensaio triaxial, considerando dados até 11 metros.

A Equação 3 representa a relação direta entre o índice de resistência  $N_{SPT}$ , corrigido para a eficiência média de 44%, e o ângulo de atrito interno do solo obtido em campo, com confiabilidade para  $N_{SPT}$  variando entre 1 e 6.

$$\phi = 3,18.N_{44} + 12,81 \quad (3)$$

Já na Figura 10, são apresentados os valores do intercepto de coesão obtidos pelos ensaios triaxiais e pelas correlações, considerando o índice de resistência do solo ( $N_{44}$ ).

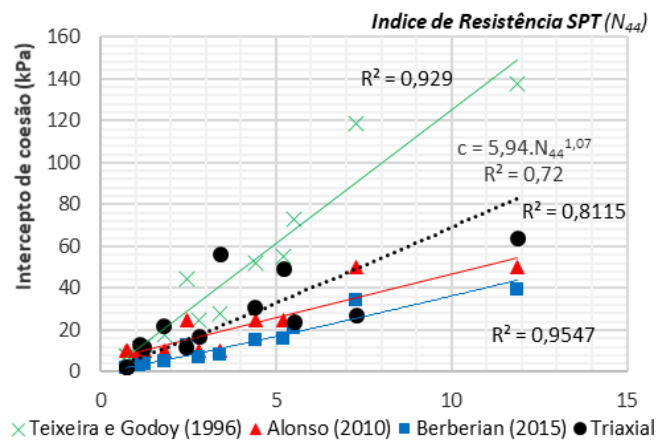


Figura 10. Relação entre  $N_{44}$  e o intercepto de coesão, determinados por correlações e pelo ensaio triaxial, ao longo da profundidade do subsolo do CEEF.

Verifica-se um coeficiente de determinação de 0,72, indicando uma relação forte entre as variáveis. Realizando o teste de *p*-valor foi verificado um valor de 0,002, representando também uma forte relação entre as variáveis e validando o modelo proposto pela Equação 4, aplicável para  $N_{44}$  variando entre 0 e 15.

$$c = 5,94.N_{44}^{1,07} \quad (4)$$

Para o intercepto coesivo, em específico, constatou-se que as correlações diretas com o índice de resistência ( $N_{44}$ ) tiveram melhor comportamento para toda a faixa de profundidades, e não até o 11º metro, como ocorreu com o ângulo de atrito.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste artigo foi caracterizar o solo local, através da determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento (essenciais para a realização de dimensionamentos e verificações de segurança em obras geotécnicas), através da realização de ensaios de compressão triaxial adensado rápidos, além de comparar os resultados com correlações empíricas utilizando o índice de resistência a penetração do amostrador padrão da sondagem SPT, corrigidos para a eficiência medida no equipamento de sondagem SPT de



44% ( $N_{44}$ ), constatado por Dallacosta e Almeida (2017).

Ao analisar os parâmetros de resistência ( $c$  e  $\phi$ ) obtidos pelos métodos empíricos, foi verificado que os valores determinados apresentaram resultados superiores aos determinados pelo ensaio de compressão triaxial, aumentando ainda mais essa dispersão conforme o aumento da profundidade.

Dentre as correlações analisadas, as que se mostraram mais seguras para a utilização foram as de Teixeira (1996), para a definição do ângulo de atrito e para a definição do intercepto de coesão, e as correlações propostas por Berberian (2015) e Alonso (2010), principalmente quando se utiliza o limite inferior do intercepto coesivo proposta por Alonso.

Foram determinadas também ao longo da profundidade, a partir dos índices de resistência SPT e dos resultados dos ensaios triaxiais conduzidos com amostras indeformadas, equações que relacionam as duas variáveis e apresentaram teste  $p$ -valor inferiores a 0,05, indicando forte relação entre as variáveis e bom coeficiente de determinação.

Desta forma, pode-se concluir que a sondagem SPT é uma ótima ferramenta para a determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo residual e laterítico de Cascavel/PR, uma vez que foi possível determinar correlações válidas para estimar o intercepto de coesão e o ângulo de atrito interno do solo. Ressalta-se, no entanto, que tais correlações devem servir como ferramenta complementar de análise para auxiliar no pré-dimensionamento, e não para substituir a realização de ensaios de maior precisão, tais como o ensaio de cisalhamento direto ou triaxiais, os quais poderão conduzir a dimensionamentos mais seguros e confiáveis.

## REFERENCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484 (2001). *Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio*. Rio de

- Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181 (2016a). *Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9604 (2016b). *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9604 (1992). *Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Dallacosta, L. e Almeida, M. A. (2017) *Determinação da eficiência do Ensaio SPT através de Prova de Carga Estática sobre Amostrador Padrão*. Simpósio da Prática da Engenharia Geotécnica na Região Centro-Oeste (Geocentro). Goiânia.
- Das, B. M. (2007). *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*, 6 ed., Thomson Learning, São Paulo, SP, Brasil, 562 p.
- Ferreira, J. C. e Patino, C. M. (2015). *O que realmente significa o valor-p?. Educação Continuada: Metodologia Científica*. Jornal Brasileiro Pneumologia. p. 485.
- Gerscovich, D. M. S. (2016). *Estabilidade de Taludes*. 2. ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos.
- Melfi, A. J. (1997). *Lateritas e Processos de Laterização* (Aula Inaugural de 655 1994). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos. USP.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso básico de mecânica dos solos*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Quinino, R. C.; Edna, A. R. e Bessegato, L. F. (2012). *Using the coefficient of determination  $R^2$  to test the significance of multiple linear regression*. Teaching Statistics. 84-88 p.
- Schnaid, F. (2000). *Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações*. Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 189 p.
- Zen, B. A. B. (2016). *Caracterização Geotécnica do Subsolo do Campo Experimental do Centro Acadêmico da FAG em Cascavel/PR*. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.