

# UMA VISÃO PARA ENSAIOS DE CAMPO FOCADO NA OBTENÇÃO DE DADOS PARA PROJETOS DE FUNDAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Lucas Horochoski (Universidade Federal do Paraná) lucashoro@hotmail.com  
Alessander C. Morales Kormann (Universidade Federal do Paraná) alessander@ufpr.br

**Resumo:** No presente trabalho é proposta uma abordagem para realização de ensaios de campo visando o projeto de fundações de linhas de transmissão de alta tensão. De maneira simplificada foram feitos alguns apontamentos quanto ao potencial das ferramentas quando estas são direcionadas à esse tipo de projeto, dadas as suas peculiaridades. Visando comparar o modelo de investigação com a realidade brasileira, efetuou-se uma pesquisa com os principais projetistas do setor via correio eletrônico. O resultado mostrou que não existe uma padronização na investigação geotécnica nesse ramo da engenharia, cada projetista segue suas próprias preferências de acordo com suas limitações. Também observou-se que a grande maioria dos entrevistados usa apenas variações de uma campanha de sondagem com SPT, o que, quando comparado ao resultado das outras perguntas, induziu a conclusão de que a grande maioria é conservadora em seus parâmetros de projeto ao invés de fundamentá-los por meio de ensaios mais precisos.

**Palavras-chave:** Fundações de Linhas de Transmissão, Projeto, Ensaio de Campo.

## A VISION FOR FIELD TESTING FOCUSED ON OBTAINING DATA FOR FOUNDATION PROJECTS OF TRANSMISSION POWER LINES

**Abstract:** In this paper is proposed an approach for conducting field tests aimed at the design of foundations for transmission power lines. In simple terms were made some appointments as potential tools when they are directed at this type of project, given its peculiarities. To compare the research model with the Brazilian reality, it was performed a search with the main designers of this sector via email. The result showed that there is no standardization in geotechnical investigation in this branch of engineering, every designer follows its own preferences according to their limitations. It was also noted that the vast majority of respondents uses only variations of a probing campaign with SPT, which, when compared to results of other questions, led to the conclusion that the vast majority are conservative in their design parameters rather than substantiating them by means of tests that are more precise.

**Keywords:** Foundation of Transmission Power Lines, Design, Field Testing.

### 1. INTRODUÇÃO

A prática aponta que o emprego de ensaios realizados in situ é a melhor solução para determinar características dos solos. Isso se deve ao fato de não haver amolgamento do solo durante o processo de amostragem, ou seja, os resultados são encontrados com o estado real de tensões do solo, podendo-se relacionar os resultados obtidos diretamente com o estado geostático de tensões.

Um programa de investigação bem concebido, que tenha por consequência a avaliação precisa dos parâmetros constitutivos do solo, pode resultar na otimização da relação custo / benefício da obra (SCHNAID, 2000). Essa otimização é ainda mais necessária em obras de infraestrutura, cujos investimentos são muito elevados e, conseqüentemente, erros na fase de estudo ou durante o projeto podem levar a desperdícios de milhões de reais.

Linhas de Transmissão (LT's) são obras lineares, portanto, as estruturas de suporte estão espalhadas em faixas quilométricas. Em muitos casos é extremamente difícil alcançar o ponto exato onde ficará a estrutura, e isso se deve tipicamente a natureza linear dessas obras, que atravessam diversos tipos de relevo confrontando picos íngremes até zonas alagadiças.

Outro fator de extrema relevância em obras de LT é a natureza dos esforços nas fundações, que são de tração e compressão, ou seja, apresenta apoios também em situação de arrancamento. Em virtude de suas peculiaridades, o programa de investigação para projetos de LT's requer ser condizente com seu respectivo grau de importância.

O conhecimento e implementação adequada do equipamento, procedimento de execução, controle / avaliação, interpretação, junto ao conhecimento do potencial e limitações de cada ensaio in situ é fundamental para a eficácia e qualidade dos resultados obtidos (COUTINHO, 2008).

Esforços tem sido realizados na comunidade científica na avaliação e aperfeiçoamento de todas as etapas do processo, particularmente dos métodos de interpretação, de forma a permitir o bom uso na prática de técnicas de investigação (COUTINHO, 2008).

Uma variedade de depósitos de geo-materiais podem ser encontrado na natureza, cada um podendo apresentar características específicas e peculiares, que exigem o bom entendimento, para a escolha adequada das técnicas e cuidados no processo de investigação (COUTINHO, 2008).

A caracterização de uma área é fundamental no projeto e na construção de obras de engenharia civil em maciços naturais. No caso da investigação geotécnica de campo diversas técnicas são hoje disponíveis com amplo espectro de utilização e aplicação na pesquisa e na prática. É recomendado sempre que possível, a utilização de mais de um caminho para a obtenção de um determinado parâmetro geotécnico, assim como, duas medidas independentes, como por exemplo qc/uo, Go/qc ou Go/N60 (COUTINHO, 2008).

A Norma Brasileira NBR 8036, que regulamenta as exigências mínimas de sondagens de simples reconhecimento, apresenta algumas considerações buscando assegurar a realização destes ensaios como procedimento mínimo a ser adotado em projetos correntes. Em casos de estudos, a Norma preconiza um número mínimo de três sondagens, fixando a distância máxima entre elas de 100 m. Entretanto, na pratica corrente de projetos de fundações de linhas de transmissão, além do fato de não haver um perfeito enquadramento segundo essa Norma, o presente trabalho constatou que os profissionais seguem seus próprios critérios para investigação geotécnica.

Na presença de solos resistentes e estáveis não há necessidade de estudos geotécnicos aprofundado, uma vez que as informações rotineiras de ensaio SPT serão suficientes. A prática da engenharia de fundações, no que tange os valores do ensaio SPT, assinala que valores superiores a 30 golpes indicam solos resistentes. Por outro lado, solos com NSPT inferiores a 5 são considerados compressíveis e pouco resistentes.

É importante ressaltar que na faixa de variação entre 0 e 5 golpes há falta de representatividade dos valores de N medidos nos ensaios. Assim sendo, para esses casos o projeto não deve ter a solução produzida com base única nesses ensaios, e uma investigação com outras ferramentas deve complementar o estudo.

Muitos estudos apontam a aplicação dos ensaios geofísicos como ótimas ferramentas de auxílio nos problemas de engenharia. Esse é o caso, por exemplo, dos estudos de Luke e Calderón-Macías (2005), que demonstraram algumas aplicações práticas na busca de descontinuidades no perfil do solo, como grandes vazios ou solos altamente cimentados. Outra aplicação de grande interesse para fundações é o mapeamento da profundidade onde se encontra a camada de rocha, ou ainda a existência de matacão.

Com grande aceitação em nível internacional, os ensaios de cone, em especial o piezocone e o cone sísmico, apresentam um grande potencial para caracterizar o perfil do

subsolo, identificando até mesmo camadas drenantes de pequena espessura. Com vistas à obtenção do módulo de cisalhamento a pequenas deformações ( $G_0$ ), o ensaio de cone sísmico pode ser considerado uma grande ferramenta, isso porque ele emprega procedimento análogo ao ensaio sísmico down-hole, mudando apenas o método de instalação do geofone no terreno. Correlações também podem ser empregadas no ensaio de cone para se obter estimativas de resistência ao cisalhamento não-drenada, história de tensões, módulo de deformabilidade e coeficiente de adensamento.

Um ensaio que poderia ser estudado em conjunto com os outros anteriormente citados é o ensaio dilatométrico (DMT). Em obras lineares com grande número de informações geotécnicas, o DMT poderia ser empregado, entretanto, dado a necessidade de validar as correlações empíricas localmente, provavelmente o objetivo nesse caso seria muito mais acadêmico do que prático. Nesse mesmo intuito, ensaios mais simples como o Penetrômetro Dinâmico Leve (DPL), poderiam ser também calibrados e futuramente utilizados com maior segurança no caso de ausência de melhores informações.

## **2. OBJETIVOS**

Discutir alternativas para a segurança das estruturas de suporte de linhas de transmissão, focando no aprofundamento do uso de investigação geotécnica e demonstrando uma visão relativa a ensaios de campo. Da mesma maneira, objetiva-se demonstrar que é possível viabilizar o aumento da precisão dos módulos ligados à resistência, uma vez que isso acarretará em uma global redução dos custos, tanto de instalação quanto de manutenção.

## **3. ESTRATÉGIA DE PESQUISA**

Inicialmente estudou-se as ferramentas disponíveis no Brasil para investigação geotécnica, visando formular a melhor abordagem possível para obtenção de dados para projetos de fundação de linhas de transmissão.

Baseado nessas informações propôs-se um procedimento para investigação geotécnica, proposta esta apresentada nos resultados.

Dada a grande variabilidade das propriedades dos solos, não se pode ser taxativo quanto à investigação dos mesmos. Entretanto o que pode ser feito é um direcionamento em função do comportamento (drenado ou não drenado) e da aparente resistência desses solos.

Visando comparar o modelo de investigação com a realidade brasileira, efetuou-se uma pesquisa com os principais projetistas do setor via correio eletrônico. O formulário enviado contava com cinco perguntas de múltipla escolha e um espaço para sugestões. De um total de formulários enviados superior a 50, foram obtidas apenas 17 respostas..

## **4. RESULTADOS**

Quanto ao modelo proposto de investigação geotécnica, como já foi colocado, dificilmente se pode ser categórico quando o assunto é resistência do solo. Contudo, uma diretriz principal pode ser seguida e o projetista pode parar assim que se sentir seguro para tomar suas decisões. Dessarte orienta-se tomar os seguintes procedimentos:

- Primeiramente observar o perfil geológico do local. Isso pode ser feito, por exemplo, analisando-se mapas geológicos em conjunto com o traçado da linha de transmissão;

- O primeiro ensaio de campo, por força de Norma, é o de simples reconhecimento. Entretanto seria muito interessante iniciar com geofísica, ou seja, realizar ensaios de geofones ou geolétricos em todos os pontos onde ficarão as torres. O resultado desses testes pode servir, por exemplo, para identificar a profundidade da camada de rocha, a existência de matacão, a existência de descontinuidades na rocha ou no solo, além de poder subsidiar a quantificação dos próximos ensaios;

- Assistido com os resultados da geofísica, executar uma malha de sondagem SPT (Standard Penetration Test). Este procedimento fornece uma primeira idéia de resistência do solo e uma vaga noção de sua estratigrafia. Nos pontos onde se identificar solos muito resistentes, a investigação unicamente desses pode parar aqui;

- Em seguida, em pontos selecionados com os dados do SPT, executar alguns ensaios CPTu (Cone Penetration Test com medição de poropressão), que é uma poderosa ferramenta para caracterização da estratigrafia. Além de definir espessura e tipo de solo das camadas, com os dados do CPTu pode-se estimar muitos dos parâmetros de resistência, como por exemplo o ângulo de atrito efetivo, além de uma idéia de resistência não-drenada, permeabilidade e densidade. Esse ensaio é importante para solos com comportamento não drenado, que o caso das argilas e solos que as contenham em porção significativa a ponto de se comportarem como não drenados;

- Com base nesses dados, caso seja encontrado regiões de solos moles, pode-se proceder um ensaio de palheta (Vane Test), mas isso unicamente nesses pontos específicos. Com esse ensaio obtém-se a resistência não-drenada, que serve como uma importante verificação para carregamentos rápidos (e.g. mudanças abruptas da direção do vento, queda de condutores);

- De acordo com a estratigrafia do CPTu, quando houver tempo disponível, pode-se retirar amostras pontuais de solo para ensaios de laboratório, como o triaxial ou o cisalhamento direto.

Quanto à pesquisa, a mesma foi realizada com profissionais de experiência média de 8,87 anos (máximo de 39 e mínimo de 1 ano). Os resultados estão apresentados no Quadro 1.

A primeira questão tratava dos tipos de ensaios de campo utilizado pelos projetistas. A segunda questão apontou um resultado bastante dividido, onde se questionou sobre a utilização de mapas geológicos como informação de projeto. O resultado mostrou que pouco mais da metade dos projetistas realiza uma procura por essas informações. A mesma percentagem relatou que complementa a campanha de investigação geotécnica com ensaios de laboratório, conforme mostram os resultados da terceira questão. O resultado da quarta questão mostrou que apenas uma minoria (5,88%) não vê a necessidade em realizar visitas a campo para auxiliar no projeto. Por fim, a quinta questão evidenciou que a maioria está confiante de que os ensaios por eles utilizados são suficientes e não sentem necessidade de maiores informações.

Quadro 1 - Resultados da pesquisa com os projetistas

QUESTÃO	INFORMAÇÕES	PERCENTUAL
1ª	SPT (Standard Penetration Test) em todas as estruturas	37,29%
	SPT nas estruturas de ancoragem e trado nas demais	17,65%
	Combina SPT, trado e poços de inspeção	23,53%
	SPT nos vértices e trado nas estruturas de tangente	11,76%
	Faz um estudo mais aprofundado combinando informações do SPT, CPT, Vane, DMT, e outros	11,76%
	Combina SPT e poços de inspeção	0,00%
2ª	Faz uso de mapas geológicos	52,94%
	Não vê necessidade de utilizar mapas geológicos	47,06%
3ª	De maneira complementar, utiliza ensaios de laboratório (Cisalhamento direto, Ensaios triaxiais, etc.)	52,94%
	Não utiliza ensaios de laboratório	47,06%
4ª	Algumas vezes faz visita à campo	58,82%
	De posse desses dados, faz visita à campo antes de projetar	35,29%
	Não vejo necessidade	5,88%
5ª	Acredita que os ensaios que utiliza são suficientes	70,59%
	Não acha os ensaios suficientes, e gostaria de complementar com outros tipos de ensaios.	29,41%

Fonte: Autores (2012).

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se notar que na primeira questão foram sugeridas seis alternativas de ensaio, das quais cinco eram variações do SPT. Em outras palavras, o resultado final mostrou que uma parcela de 87,5% dos entrevistados usa apenas variações de uma campanha de sondagem com SPT como informação para o dimensionamento de fundações, e somente 12,5% faz uma verdadeira campanha de investigação geotécnica, indo além do ensaio de simples reconhecimento. O resultado mostra também que não existe uma padronização na investigação geotécnica, ou seja, cada projetista segue suas próprias preferências de acordo com suas limitações.

Combinando as informações dos projetistas que gostariam de fazer uso de um número maior de ensaios do que atualmente utiliza (31,25%), com a dos projetistas que se fundamentam em campanhas de investigação baseadas quase exclusivamente no SPT (87,5%), pode-se inferir que a grande maioria dos projetistas é conservador ao adotar os seus parâmetros de cálculo ao invés de fundamentá-los por meio de ensaios mais precisos. Outra interpretação possível seria a de que a maior parte dos projetistas está apegada aos conceitos mais antigos, e não se sente à vontade para utilizar técnicas mais atuais de investigação geotécnica.

Os resultados da segunda e da terceira questão apresentam uma divisão entre os projetistas, isso porque os valores estão muito próximos de 50% quanto à utilização de dados da geologia e de ensaios de laboratório. Embora tenha-se observado essa divisão, os mapas geológicos podem fornecer informações valiosas para o projetista, quando cruzadas com conhecimentos de mecânica das rochas e formação dos solos. Por outro lado, os ensaios de resistência de laboratório podem levar muito tempo para ficarem prontos, sendo assim, a utilização apenas ocasional dos mesmos não foi vista como uma prática condenável.

Em um panorama geral os resultados evidenciaram a existência de um grande espaço para avanços, em termos de investigação geotécnica, no ramo de transmissão de energia no Brasil. A Norma ABNT NBR 6122/10 engloba fundações de linhas de transmissão, o que é um grande avanço para os projetistas. Isso porque a Norma preconiza a necessidade de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), e, em função dos resultados obtidos, o emprego de investigação complementar por meio de sondagens adicionais e outros ensaios de campo.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à todos os entrevistados pois oportunizaram a realização desse trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** (1983) *NBR 8036 – Programação de sondagens de simples reconhecimento do solos para fundações de edifícios - Procedimento.* Rio de Janeiro: ABNT.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** (2010) *NBR 6122 - Projeto e execução de fundações.* Rio de Janeiro: ABNT.

**SCHANID, F.** (2000) *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações.* São Paulo: Oficina de Textos.

**COUTINHO, R. Q.** (2008) *Investigação Geotécnica de Campo e Avanços para a Prática.* In: *XIV Congresso Brasileiro de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica, 2008, Búzios. COBRAMSEG'2008.* Rio de Janeiro: ABMS, 2008. v. 01. p. 201-230.

**LUKE, B.; CALDERÓN-MACÍAS, C.** *Detecting Anomalous Inclusions in Soil Profiles: Encouraging the Use of Geophysics to Solve Engineering Problems.* *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, vol. 10 n.º. 2, June 2005, pg 82-84.

**SCHEFFER, L.** *Desenvolvimento e aplicação do cone sísmico.* 107 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.*

**SANCHEZ, P.F. et al.** *Estudo da Viabilidade do Uso do Penetrômetro Dinâmico Leve (DPL) para Projetos de Fundações de Linhas de Transmissão em Solos do Estado do Paraná.* In: *COBRAMSEG Engenharia geotécnica para o desenvolvimento, inovação e sustentabilidade 2010, Gramado. Anais: ABMS, 2010.*