



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GLT/33

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - III**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA MELHORAMENTO DE SOLOS ATRAVÉS DE INJEÇÕES.**

**Joel Vitor Pimenta  
COPEL**

**Adilson Santiago da Silva  
COPEL**

**Rodrigo Moraes da Silveira  
LACTEC**

**RESUMO**

Uma das dificuldades encontrada na execução de linhas de transmissão de energia elétrica é a ocorrência de diferentes tipos de perfis geotécnicos ao longo de sua extensão. Constantemente temos que utilizar fundações indiretas devido à capacidade de suporte do solo ser baixa, o que geralmente representa custos substancialmente maiores, tanto pelo maior consumo de materiais quanto pelo acréscimo de serviços na execução. A proposta deste projeto é apresentar um protótipo capaz de efetuar injeções de nata de cimento a profundidades e direções variadas como processo de melhoramento de solos no seu estado natural, evitando a remoção e substituição de material.

**PALAVRAS-CHAVE**

Protótipo/ melhoramento de solos / fundações.

**1. INTRODUÇÃO**

Fundações são elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde se apoia. Para a elaboração de projetos de fundações é preciso o conhecimento adequado das características do solo e isso é um produto de investigações geotécnicas. Estes ensaios permitem identificar e classificar os solos, estimando-se a capacidade de suporte que irá determinar o tipo mais adequado de fundação para a obra.

Como o solo natural é um material complexo e variável, é comum a ocorrência de solos que não atendam as exigências do projeto de fundações. Uma alternativa para viabilizar técnica e economicamente a realização de obras sobre solos com baixa capacidade de suporte é a remoção e substituição por um material com maior capacidade de suporte, ou modificar as propriedades do solo existente por meio da compactação, adensamento por pré-carregamento e/ou drenos verticais, injeção de material estabilizante, estabilização por processo físico-químico ou ainda por meio de reforços mediante inclusão de elementos resistentes (mantas geotêxtil, fibras, grelhas, etc).

Objeto do P&D 2866-0310-2012 – Desenvolvimento e Aplicação de Protótipo para Melhoramento de Solos através de Injeções - foi desenvolvido um protótipo de um sistema de injeção de materiais estabilizantes, de pequenas dimensões e grande mobilidade, podendo ser operado por duas pessoas, visando o melhoramento permanente de solos, com direcionamento inicial às fundações de linhas de transmissão e/ou distribuição de energia elétrica, sendo sua abrangência avaliada em laboratório e em locais com solo de diferentes características geotécnicas.

Tratando-se de injeção de produtos em profundidade para estabilização de solos, ressalta-se que não existe no mercado, nacional ou internacional, comercialização de equipamento similar, tampouco pesquisa acadêmica publicada com as características propostas e que seu desenvolvimento e utilização em campo, por parte da concessionária, constituirá uma alternativa atraente e de baixo custo para melhoramento da resistência de solos, tanto para execução de novas fundações quanto para reforço e estabilização de fundações existentes de linhas de transmissão em profundidade de até 4 metros.

Para a elaboração de projetos de fundações é fundamental o conhecimento das propriedades e condições do solo. Para isso podem ser realizados ensaios geotécnicos de campo. O mais utilizado pela Copel é a sondagem a percussão SPT (*Standard Penetration Test*), normatizado pela ABNT (NBR 6484, 2001). O método é de grande aceitação por engenheiros civis, projetistas de fundações e, no caso de LTs, possibilita a construção de linhas com o tipo mais apropriado de fundações (HOROCHOSKI, L., KORMANN, A.C.M, 2014).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste projeto foi desenvolver um equipamento capaz de injetar material estabilizante (nata de cimento/cal) em diferentes tipos de solos de consistência e compacidade mediana visando o melhoramento das características intrínsecas do solo (capacidade de suporte), tanto próximo à superfície quanto a uma profundidade máxima de 4 metros, sem a necessidade de abertura de valas ou remoção do solo natural, viabilizando economicamente a construção ou recuperação de uma fundação de linha de distribuição ou transmissão.

## 3. DESENVOLVIMENTO

Como uma das propostas do protótipo era de poder ser utilizado em diferentes tipos de solos (arenoso, argiloso, siltoso e suas combinações), buscou-se encontrar nas obras já executadas pela Copel, tanto de linhas de transmissão quanto de subestações, solos que atendessem essas condições, utilizando para isso, informações do acervo técnico de sondagens.

A possibilidade levantada foi trabalhar com amostras das adjacências da Subestação Cascavel Oeste, no município de Cascavel/PR (argila siltosa), e no entorno da Subestação Umuarama Sul, no município de Umuarama/PR (areia siltosa). Foi escolhido ainda um local mais próximo da cidade de Curitiba, na Subestação Bateias, município de Campo Largo/PR, por questão de economia e facilidade em relação ao deslocamento e realização de ensaios em campo. A escolha desses locais, atenderia quanto o critério de granulometrias diferentes quanto pela facilidade por se tratar de propriedade da Copel. Foi definido que os ensaios de laboratório (caracterização, melhoramento com adição de aglomerantes, compressão, cisalhamento...) seriam feitos com amostras das três localidades enquanto que os ensaios in situ ficariam restritos à subestação Bateias e se houvesse tempo e recursos suficientes poderiam ser replicados em Umuarama e Cascavel. Na figura abaixo apresenta-se os resultados da caracterização dos solos deformados nos três pontos de estudo.

		Cascavel	Umuarama	Bateias
Registro da amostra		2.4003.13	2.4004.13	2.4006.14
Profundidade	m	-	-	2,5
Data do recebimento	-	04/11/2013	04/11/2013	29/11/2014
Descrição táctil-visual	-	Argila siltosa marrom escuro	Areia e silte marrom	Silte arenosa Amarela
Solo orgânico? (N/S/Altamente)	-	N	N	N
Teor de umidade natural	%	45,0	7,9	20,4
Densidade natural	g/cm <sup>3</sup>	1,71	1,74	1,94
Análise granulométrica				
Pedra (> 60mm)	%	0,0	0,0	0,0
Pedregulho (2,0 mm a 60,0 mm)	%	0,0	0,0	2,6
Areia grossa (0,6 mm a 2,0 mm)	%	2,6	0,0	0,6
Areia média (0,2 mm a 0,6 mm)	%	4,7	32,6	4,5
Areia fina (0,06 mm a 0,2 mm)	%	0,2	49,9	22,5
Silte (0,002mm a 0,06 mm)	%	46,6	6,7	57,2
Argila (<0,002 mm)	%	45,9	10,9	12,6
Material passante da peneira n° 200 (0,075 mm)	%	87,6	17,4	72,3
Material passante da peneira n° 40 (0,42 mm)	%	88,5	99,5	95,5
Material passante da peneira n° 10 (2,0 mm)	%	99,9	99,8	97,4
Material passante na peneira n° 4 (4,8 mm)	%	100,0	99,9	98,7
Massa específica dos grão menores que 4,8 mm				
P <sub>s</sub>	(g/cm <sup>3</sup> )	2,944	2,702	2,745
Limites de Atterberg	%			
Limite de liquidez (LL)	%	54	NL	34
Limite de plasticidade (LP)	%	44	NP	24
Índice de plasticidade (IP)	%	10	-	10

FIGURA 1 – Resultados da caracterização dos solos amostrados

### 3.1 METODOLOGIA

A metodologia empregada para a produção do protótipo foi em parte experimental, consistindo nas seguintes etapas:

#### 3.1.1 Escolha e desenvolvimento do acionamento e dispositivo perfurador

Foram levadas em conta algumas variáveis para a escolha do tipo de acionamento do perfurador:

- Capacidade de força: Definir uma relação de torque que atendesse a profundidade de cravação mantendo a robustez do equipamento dentro da mobilidade de dois operadores.
- Sentido de giro: A exigência de giro em ambos os sentidos devido ao anseio de retirar o trado com a menor agressão a estrutura do solo.
- Capacidade ergonômica: O acionamento permitir um projeto de utilização ergonomicamente eficiente.
- Facilidade de adaptações: O protótipo tinha que ser simples para que tivesse adaptações baratas para contornar as variáveis inesperadas.
- Necessidade de energia elétrica: O dispositivo tem que atender em locais adversos onde a falta de recursos é bastante comum.

Após a análise dos tipos de acionamento disponíveis no mercado (elétrico, hidráulico e combustão), optou-se pelo acionamento hidráulico por se adequar melhor as necessidades do protótipo, proposta prévia para o projeto, para aproveitar a força hidráulica de um equipamento de uso rotineiro em obra de linhas de transmissão. Realizou-se então uma pesquisa às empreiteiras que prestam serviço à Copel para a construção/manutenção de linhas para se saber das máquinas utilizadas por elas na etapa de fundações. Alguns modelos informados foram:

- Retroescavadeira CATERPILLAR 416E.
- Perfuratriz Veicular Rotativa BRISTOL P-314.
- Minicarregadeira NEW HOLLAND L220.

Por questão de facilidade de acoplamento e economia no aluguel do equipamento devido ao menor porte, decidiu-se que o perfurador seria desenvolvido e testado com acoplamento em uma minicarregadeira/miniescavadeira. Com esta definição, foi preciso obter um conhecimento mais detalhado de peças e componentes necessários para o desenvolvimento do equipamento. Para tanto, deveria ser definida uma perfuratriz que seria utilizada para cravação e remoção do trado do solo e como seria feito o acoplamento na máquina.

#### 3.1.2 Desenvolvimento do dispositivo perfurador

Após a avaliação de algumas propostas de croquis do dispositivo perfurador, optou-se pelo desenvolvimento de um projeto composto por hastes em aço vazadas interligadas por juntas roscáveis e um trecho helicoidal com ponteira de cravação, onde estaria o furo de injeção de 3mm de diâmetro. As junções dispõem de um parafuso de união para que as hastes não se soltem durante o processo de retirada quando o sentido de giro é invertido para se manter a estrutura do solo o mais intacta possível. O acoplamento da mangueira para injeção foi adaptado na mesma peça que faz a conexão do trado com a perfuratriz. Foram desenvolvidos protetores em nylon para as extremidades das hastes para que as roscas não sofressem danos durante o processo de transporte, conforme figura abaixo:



FIGURA 2 – Detalhes construtivos do trado

Com o trado desenvolvido, composto por 5 hastes de aço galvanizado de cerca de 1,20m de comprimento cada uma, diâmetro de 2" (50,8mm), espessura de 5mm com suas uniões roscáveis e parafuso de travamento, ponteira

em aço especial e a parte helicóide com comprimento de 1m e diâmetro de 130mm, partiu-se para os demais componentes do protótipo.

### 3.1.3 Escolha e Adaptação do Conjunto Moto Bomba, Misturador, Perfuratriz e reservatório

Para preparar o material aglomerante (nata de cimento) e injetá-lo no solo foi preciso a escolha de um misturador e o uso de um conjunto moto bomba para pressurizar a mistura. Após o estudo das necessidades de injeção chegou-se as seguintes especificações:

Conjunto Moto Bomba:

- i. pressão máxima de 30 bar
- ii. vazão nominal de 20 l/min

Misturador manual:

- i. volume de 80 l

Foi adquirido um produto disponível no mercado desenvolvido pela empresa Betomaq para bombear natas e argamassas com granulometria de até 6mm, equipada com caçamba de 120 litros, zincada a fogo, unidade bomba tipo parafuso 1E60\* acionada por motor elétrico trifásico 220/380/440V, para produção teórica de 140 l (Litros) em dois ciclos por hora, pressão de até 40 bar, flange de saída Ø 1½", rodas pneumáticas e barras de transporte. Nele foram feitas adaptações, sendo substituída a bomba de acionamento elétrico e acoplada uma de acionamento hidráulico.

O novo acionador hidráulico da bomba e o misturador manual foram fornecidos pela empresa Sondeq - misturador com capacidade de 80 litros e a bomba hidráulica com pressão máxima de 30kgf/cm<sup>2</sup> e vazão nominal de 20l/min.

A perfuratriz, equipamento responsável por transformar a pressão hidráulica em torque (giro no sentido horário e anti-horário), foi adquirida na empresa Cietec e adaptada para ser acoplada na ponta da lança da miniescavadeira em substituição a pá. Dados da perfuratriz da Cietec:

Modelo: HR 64; Peso: 96 kg; Rotação: 660 rpm; Pressão de trabalho: 138 bar; Torque de trabalho: 2.730 N.m; Vazão: 76 l/min;

Foi aproveitado um reservatório de polietileno dos Institutos Lactec com capacidade para 1000 litros para armazenagem de água para a produção da nata e lavagem dos equipamentos.

### 3.1.4 Montagem do Trado e procedimentos de Injeção

A montagem do equipamento envolve as seguintes etapas:

Conexão do adaptador e ponteira na haste com a parte helicóide - remoção da pá e conexão da perfuratriz na retroescavadeira - conexão do trado com a perfuratriz - acoplamento das mangueiras da retro na perfuratriz e entre o trado e a bomba, conforme pode ser observado na figura abaixo.

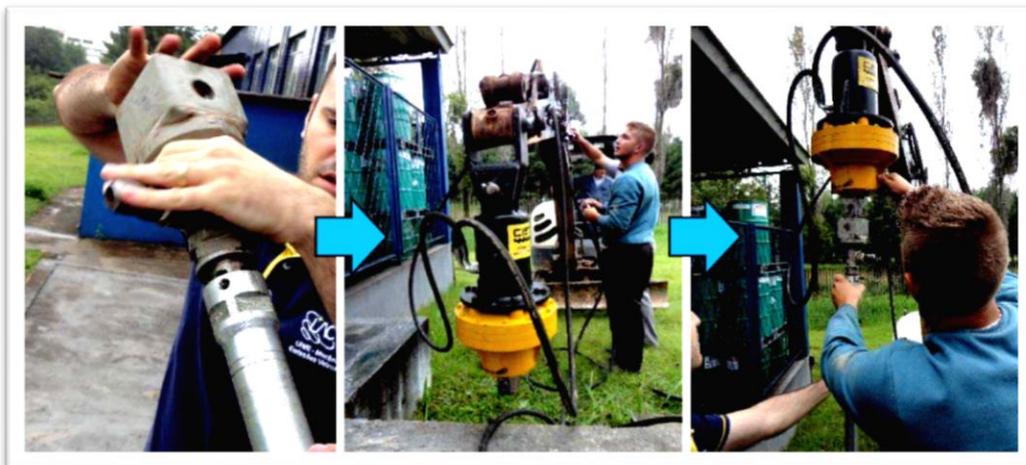


FIGURA 3 – Detalhes da montagem dos componentes do trado (Haste + Peça de acoplamento da mangueira de injeção + Perfuratriz)

Para as conexões hidráulicas, mediante o uso de engates rápidos, foram utilizadas 5 vias (2 circuitos) da retroescavadeira, sendo, dois para cravação/remoção do trado e três para injeção, conforme figura abaixo:



FIGURA 4 – Detalhes das conexões das mangueiras à perfuratriz e a bomba de sucção do reservatório de calda aglomerante.

Já o procedimento para injeção, seguiu os seguintes passos:

Posicionamento do trado - manutenção da verticalidade da haste durante a cravação através do ajuste do braço da mini-escavadeira - cravação do trado até a primeira profundidade programada - posicionamento do furo de injeção conforme marcação nas hastes - instalação da mangueira na bomba e no trado - início da injeção mantendo uma pressão entre 15 e 20 bar - injeção até a percolação de material na superfície ou do volume pré-determinado - avançar para a próxima profundidade após a conexão de uma ou mais hastes - limpeza com água de todo o equipamento.

### 3.1.5 Testes de campo do trado

Foram executadas sapatas para os ensaios de compressão e tração, bem como os ensaios de prova de carga estática em solo melhorado e prova de carga em amostrador de SPT, no campo experimental de Bateias/PR. Foram executadas 4 sapatas isoladas (base 60x60cm com 30cm de altura e fuste 30x30cm com comprimento de 1,20m sendo cerca de 20cm aflorados e estacas/tirantes utilizados como reação conforme apresentado no croqui abaixo.

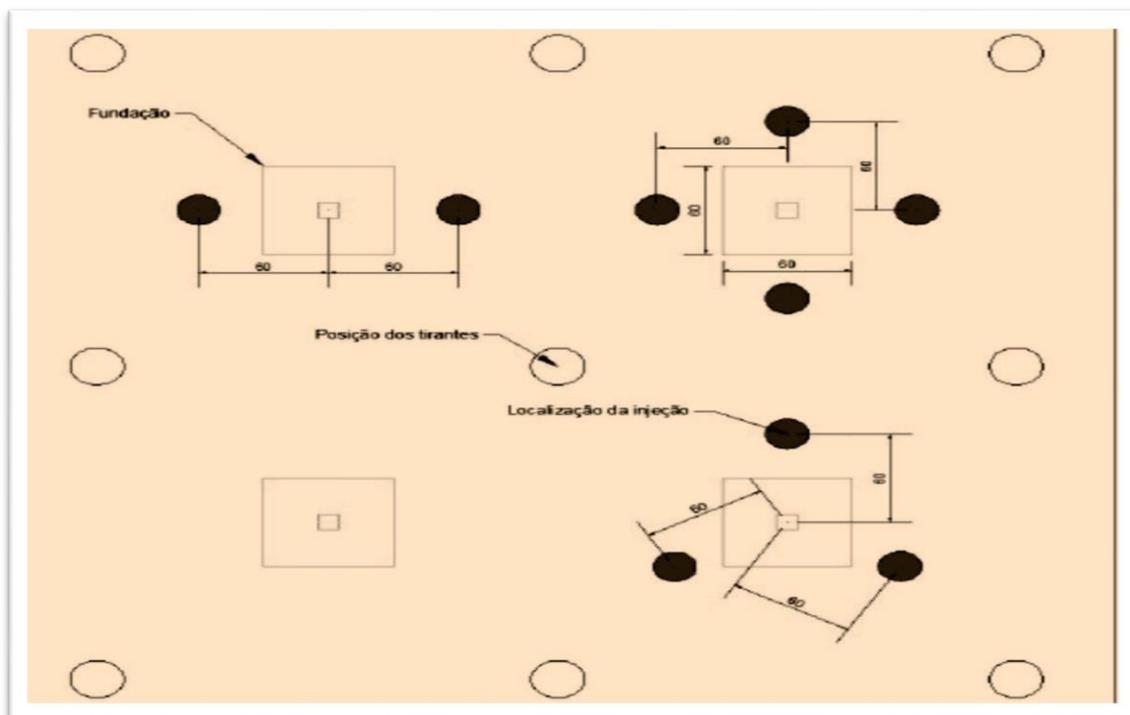


FIGURA 5 – Planta de locação para injeção

Após a execução das sapatas, aguardou-se um período de 15 dias para o processo parcial de cura do concreto. Então procedeu-se com as injeções de calda de cimento, realizadas de acordo com o que se encontra no croqui, até uma profundidade de 3 m. Esta profundidade se refere a uma profundidade adequada uma vez que se vincula ao bulbo de tensões da fundação em relação ao nível do terreno de acordo com o cálculo ( $2 \times 0,6 \times \text{tg } 30^\circ$ ).

Após 28 dias, período de cura do material injetado, foram realizados os ensaios de compressão e tração em todas as sapatas executadas. Na imagem abaixo podemos visualizar o bulbo de tensão, relacionado com a dimensão da sapata, de onde se extraiu as hipóteses de injeção de nata de cimento:

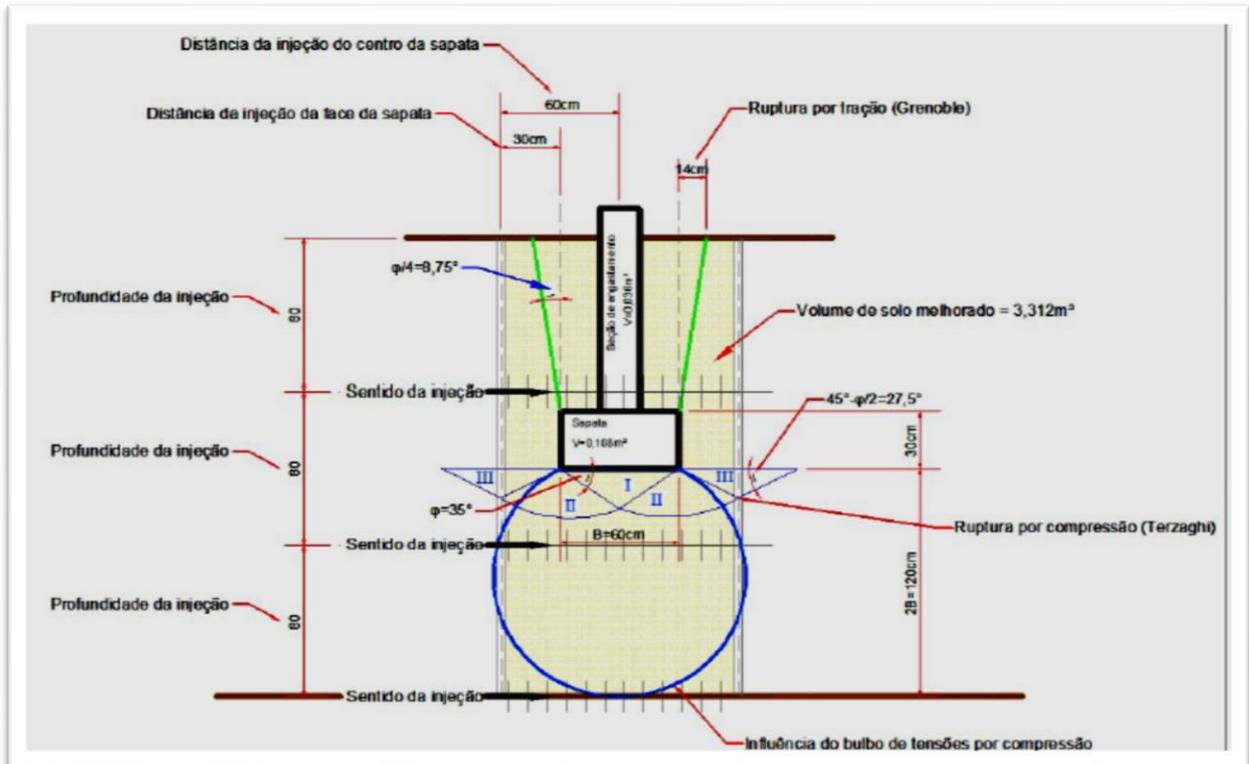


FIGURA 6 – Bulbo de tensão

A imagem abaixo mostra as sapatas e as estacas/tirantes (reação) executados na Subestação Bateias para execução dos testes de prova de carga após as injeções de nata de cimento.



FIGURA 7 – Detalhe das sapatas e tirantes no campo de testes em Bateias

### 3.1.6 Resultados dos testes de campo

#### *Sapata 1 - Injeção na fundação programada para 2 furos*

O trado de injeção foi introduzido no terreno a 80 cm de profundidade (rotacionando no sentido horário), com o posicionamento do jato de injeção direcionado para a estrutura de fundação. Foram preparados para esta injeção, 30 litros de água e 50 kg de cimento, resultando em um volume total de 47 litros de calda de cimento. A quantidade de calda injetada nesta posição foi de 27 litros e não foi verificada a saída de calda na superfície do terreno. Em seguida, o trado foi introduzido no terreno até 160 cm. Para posicionar o sentido do fluxo do trado para a estrutura, o trado foi rotacionado no sentido anti-horário, fazendo com que o trado se elevasse em aproximadamente 5 cm. O preparo do material para injeção foi realizado com 50 kg de cimento e 30 litros de água, resultando em um volume de calda de cimento de 49 litros. Devido ao levantamento da haste, o material injetado não penetrou no solo, fazendo com que a calda de cimento retornasse entre as paredes externas da haste e do solo perfurado. Dando sequência nas injeções realizadas no dia 05/05/2016, o trado foi introduzido no terreno no sentido oposto ao primeiro teste até a profundidade de 80 cm. Foram preparados para injeção 46 litros de calda, sendo composta por 50 kg de cimento e 30 litros de água. A injeção foi realizada até o volume morto da bomba, resultado num total de 42 litros de calda, sem a saída de material na superfície. Na sequência, foram preparados mais 43 litros de calda de cimento, com a mistura de 50 kg de cimento e 30 litros de água. O volume total no reservatório da bomba era de 47 litros, sendo 43 litros da nova mistura mais 4 litros resultantes da sobra anterior. Foram injetados mais 22 litros de calda, até a saída do material na superfície do terreno, a aproximadamente 30 cm de distância da haste. O volume total de calda injetado nesta profundidade foi de aproximadamente 65 litros. Em seguida a haste foi introduzida até a profundidade de 240 cm. Nesta profundidade o material não foi injetado. Para descartar a possibilidade de entupimento da haste, o trado foi retirado do furo e então foi aplicado pressão no sistema. A partir deste procedimento, pode ser concluído que o trado não se encontrava entupido e que a pressão do sistema era insuficiente para injeção devido à resistência do solo nesta profundidade. Para descartar todas as hipóteses de entupimento do trado, foi realizada uma nova limpeza do equipamento. Após a limpeza foi realizado um terceiro furo na lateral da fundação, com a extremidade inferior do trado posicionada a 200 cm de profundidade e novamente não foi possível a injeção do material. Concluiu-se desta forma, que para a compacidade do solo neste ponto, a pressão de trabalho necessária para injeção do material em profundidades superiores a 80 cm deveria ser maior que 30bar. No momento da introdução do trado no terreno, foi verificado novamente o cisalhamento nos parafusos de união das hastes devido à resistência do solo no local de injeção. No total então foram injetados 134L.

#### *Sapata 2 - Fundação programada para testes sem injeção de nata*

Esta fundação foi mantida sem injeção para efeito de comparação do ganho de resistência com as demais.

#### *Sapata 3 - Injeção na fundação programada para 4 furos*

Com base nas ocorrências de injeção da primeira fundação, foi decidido realizar as injeções somente até 80 cm de profundidade nas demais fundações devido às condições do terreno (terreno com boa capacidade de suporte). No primeiro furo, foram injetados 103 litros de calda de cimento, resultantes de 3 preparações de 47, 45 e 49 litros, a partir de 50 kg de cimento e 30 litros de água cada. A injeção foi finalizada neste ponto quando foi percebida a saída no material na superfície do terreno, que ocorreu no sentido oposto da fundação. No segundo furo, foram injetados 10 litros até a saída do material na superfície. A quantidade, significativamente inferior ao primeiro furo, se deve, provavelmente, a saturação de calda de cimento no terreno nesta profundidade. No terceiro e quarto furo, foram injetados 5 litros até a saída do material na superfície. Nesta fundação foram injetados um total de 123 litros de calda de cimento.

#### *Sapata 4 - Injeção na fundação programada para 3 furos*

No primeiro furo, foram injetados 32 litros de calda de cimento, resultantes das preparações de 43 e 49 litros, a partir de 50 kg de cimento e 30 litros de água cada. A injeção foi finalizada neste ponto quando foi percebida a saída no material na superfície do terreno. No segundo furo, foram injetados 10 litros até a saída do material na superfície. No terceiro e quarto furo, foram injetados 5 litros até a saída do material na superfície. Nesta fundação foram injetados um total de 52 litros de calda de cimento.

Após as injeções e aguardado o período de cura de 28 dias, partiu-se para execução dos ensaios de tração e compressão nas fundações. Todos os ensaios tiveram início com a realização da prova de carga estática à compressão e na sequência foi realizado o ensaio à tração. A escolha deste procedimento se deve ao fato de que todas as estruturas, mesmo àquelas submetidas a esforços de tração, inicialmente sofrem o efeito de compressão, principalmente ao longo de sua construção. Além disso, se realizando o ensaio de tração primeiro, elevando o carregamento até que ocorra a ruptura física do terreno, os deslocamentos seriam demasiados e inviabilizariam os ensaios à compressão, o que não ocorre no caso dos ensaios de compressão serem realizados primeiro devido as pequenas deformações geradas no terreno.

O sistema responsável pela transmissão de carga (macaco hidráulico) esteve munido de uma bomba hidráulica para aplicação de cargas, acoplado a uma célula de carga devidamente aferida e três transdutores de deslocamento com espaçamento radial de 120° para controle dos deslocamentos (deslocamentos verticais em relação a um nível de referência).

Os ensaios tiveram como principal objetivo monitorar o comportamento da sapata durante a realização do ensaio de prova de carga, tanto na compressão quanto na tração, avaliando assim o aumento da capacidade de suporte do terreno de fundação.

Traçados os gráficos Carga (tf) x deslocamento(mm) para todas as sapatas solicitadas à compressão (figura 8 abaixo) e à tração (figura 9 abaixo), constatou-se que, para compressão, as sapatas 1 e 4 apresentaram comportamentos semelhantes porém como a sapata 1 recebeu um volume maior de injeção, provavelmente ocasionou um deslocamento menor. As sapatas 2 e 3 também tiveram comportamentos parecidos mas como a sapata 2 não recebeu o tratamento com cimento, suportou cerca de 6tf a menos. Percebe-se que, para a compressão, o tratamento das sapatas com calda de cimento aumentou a resistência entre 6tf a 14tf.

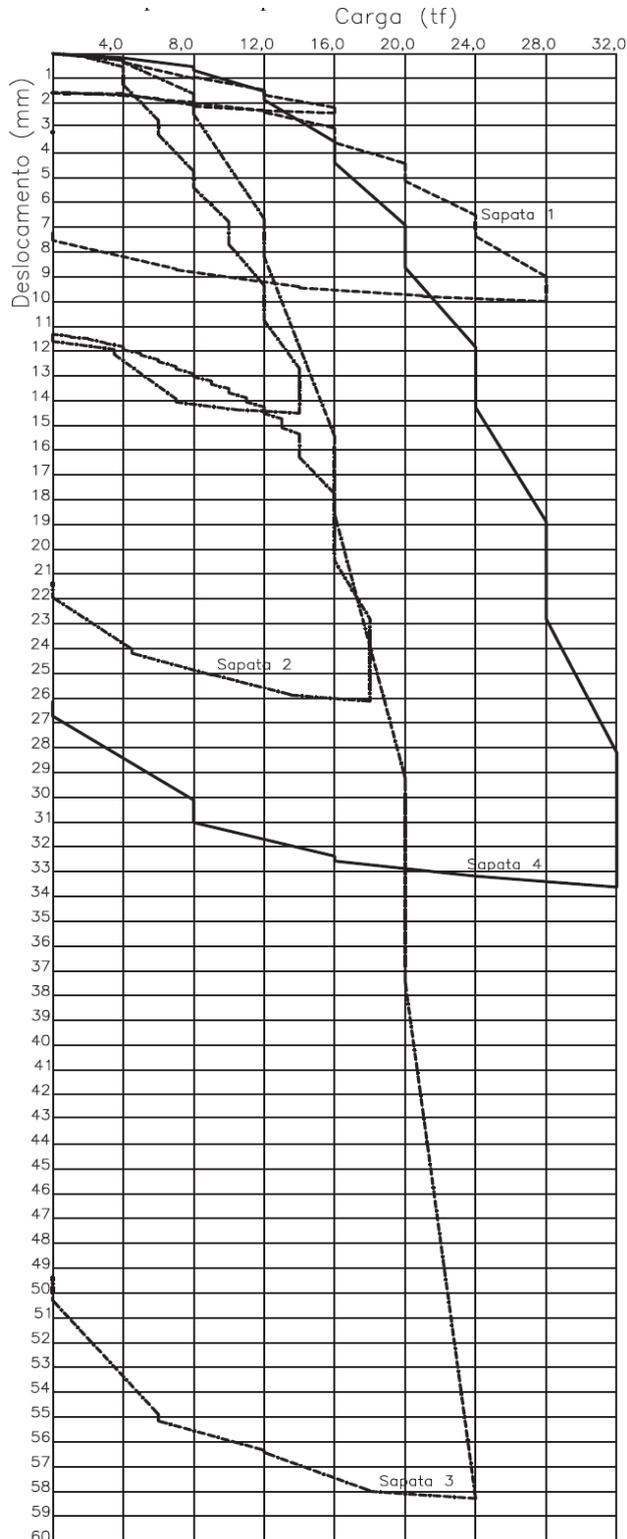


Figura 8 – Gráfico Cargaxdeslocamento – Compressão

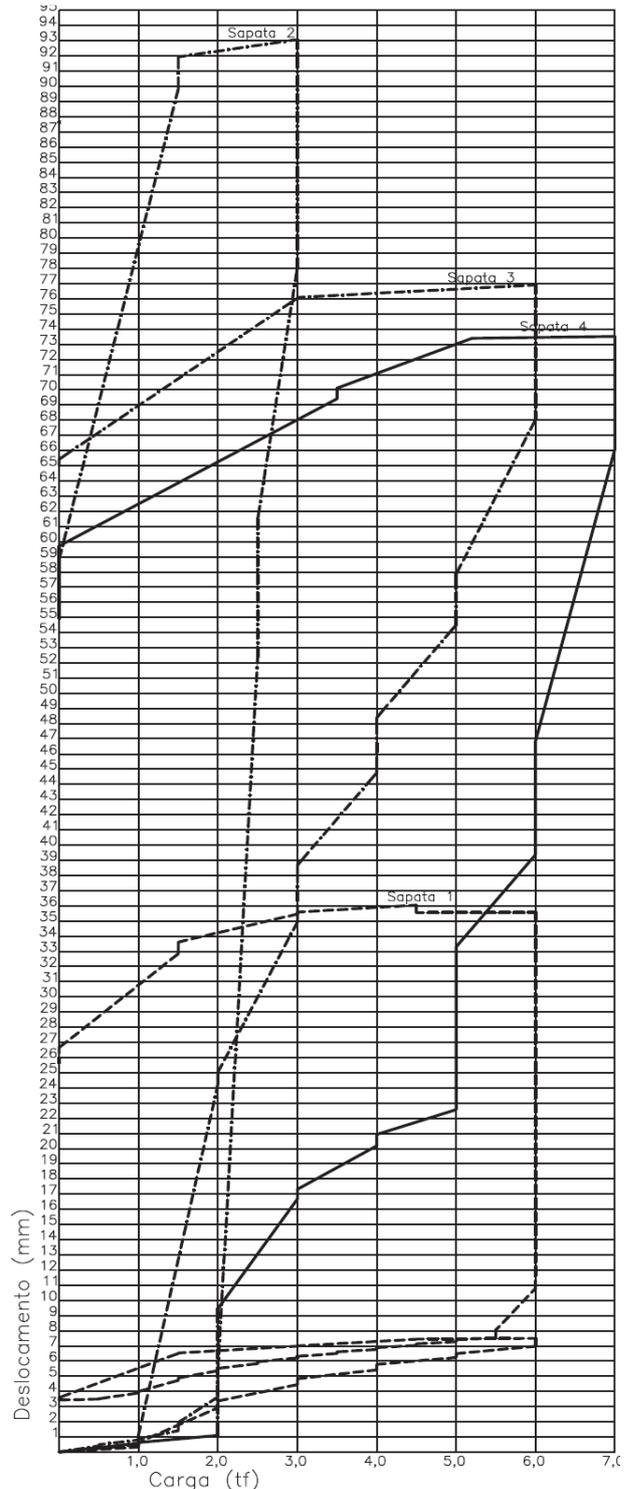


Figura 9 – Gráfico Carga x deslocamento - Tração

Com relação à tração (figura 9), nota-se que todas as sapatas apresentaram comportamento similar até uma carga de 1tf, carga esta pouco superior ao peso próprio das sapatas. Pode-se observar ainda que a sapata 2 apresentou grandes deslocamentos com 3tf enquanto as demais que sofreram o melhoramento apresentaram grandes deslocamentos com cargas de 6tf ou mais, comprovando a eficácia da injeção.

Caso se desconsidere os deslocamentos residuais dos ensaios à compressão na análise das curvas dos ensaios à tração, observa-se que todos os deslocamentos da sapata 2 até a carga de 2tf seriam desprezados enquanto que para as demais até a carga de 4tf. Além disso podemos observar que o incremento de carga em relação a sapata que não recebeu a nata, variou de 3tf a 4tf.

### 3.1.7 Apresentação do equipamento para uso

Devidamente testado o equipamento de injeção, foi montado sobre a carretinha para facilitar seu deslocamento, conforme imagem abaixo:

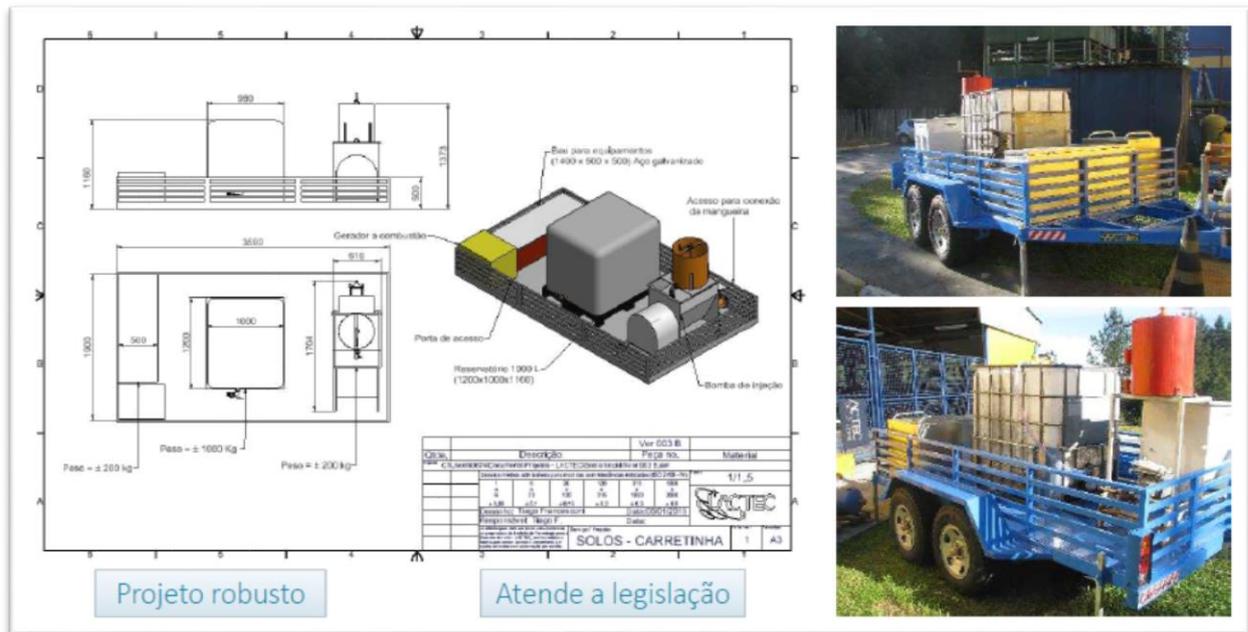


FIGURA 8 – Unidade Móvel de Injeção para Melhoramento de Solos

## 4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o trado desenvolvido pode ser utilizado para melhoramento de solos, principalmente de baixa resistência ( $N_{spt} < 4$ ) onde haveria maior penetração da nata de cimento.

Os ensaios evidenciam que a adição de aglomerantes no solo melhoram suas características de resistência tanto a tração quanto a compressão.

Desta forma podemos concluir que o protótipo alcançou sua proposta inicial que era ser passível de operação por duas pessoas (mobilidade), de tamanho relativamente reduzido comparado ao que se tem disponível no mercado (jet grout) e capaz de injetar material aglomerante, sendo efetivado até uma profundidade de 2,40 metros, e presumivelmente com a conexão de mais uma haste, até quatro metros de profundidade.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BOSZCZOWSKI, R. B.; CHAMECKI, P. R.; KORMANN, A. M.; SILVA, C. C. "Melhoria e Tratamento de Solos: Aplicados em Fundação de Torres de Transmissão". P&D Copel – ciclo 2004 / 2005, projeto 6491-029/2007, LACTEC.
- (2) BOSZCZOWSKI, R. B.; SANCHEZ, P. F.; CHAMECKI, P. R.; OLIVEIRA, P. A.; LACERDA, L. A.; LIGOCKI, L. P.; CANTO, C. "Fundações de Postes de Grandes Dimensões". Relatório Técnico – LACTEC / COPEL-GER, 2009.
- (3) NASCIMENTO, N. A., Brandi, J. L. G. e Puppi, R. F.; Measured settlements of mat foundations on soft clay with and without reinforcement from sand columns. Full scale testing and foundation design, ASCE Geo Institute – Geotechnical Special Publication # 227, Reston, VA, USA, 2012;
- (4) HOROCHOSKI, L., KORMANN, A.C.M. Uma visão para ensaios de campo focados na obtenção de dados para projetos de fundação de linhas de transmissão. Eletroevolução. v. 1, p. 24-27. Rio de Janeiro. 2014.

## 6 DADOS BIOGRÁFICOS



Joel Vitor Pimenta  
 Nascido em Maringá/PR  
 Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho – PUC/PR (2012)  
 MBA – Gestão Empresarial – Fundação Getúlio Vargas(2009)  
 Graduação em Engenharia Civil – UEM (2005)  
 Curso de Formação Pedagógica – PARFOR – UTFPR (2015)  
 Curso Superior de Tecnologia em Gestão Pública – IFPR (2011)  
 Atualmente é engenheiro Civil na empresa Copel Geração e Transmissão (2012)  
 Professor-coordenador do Curso Técnico em Edificações – SEED PR (2012)



Adilson Santiago da Silva  
 Mestrando em Desenvolvimento de Tecnologia no Institutos Lactec & Instituto de Engenharia do Paraná desde (2015), possui pós graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Maringá (2011), graduação em Teologia pela Faculdade de Administração, Ciências, Educação e Letras (2014) graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá (2006). Atualmente é engenheiro de projetos civis pleno. - Copel Distribuição.



Rodrigo Moraes da Silveira  
 Possui graduação em engenharia civil pela Universidade Federal de Santa Maria (2001), mestrado e doutorado em engenharia civil/geotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003 e 2008). Em 2007, desenvolveu parte de sua tese de doutorado na modalidade doutorado sanduíche do CNPq, na Colorado State University (EUA). Em 2008-2010 foi bolsista doutor do Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD) da CAPES quando desenvolveu pesquisa relacionada a engenharia ambiental. Tem experiência na área de engenharia civil, com ênfase em geotecnia e geotecnia ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: desastres ambientais, ensaios geotécnicos de campo e de laboratório, estabilidade de taludes, barragens de terra, instrumentação com fibra óptica e gestão de resíduos. Atualmente atua como pesquisador sênior dos Institutos Lactec e professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia (Institutos Lactec), além de coordenar o laboratório de geotecnia dos

Institutos Lactec. Também atua como professor adjunto da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) nos cursos de engenharia civil e engenharia ambiental.