



GEORS
2015

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul
29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

Ensaio de Perfilagem Térmica (TIP): nova ferramenta ideal para a avaliação da integridade de estacas moldadas in loco

Sandré Cyrre Lima – Engenheiro Civil
GEOTECHNE, Porto Alegre (RS), Brasil, lima@geotechne.com.br

Gina Beim – Engenheira Consultora Sênior
PDI, Cleveland (OH), EUA, gbeim@pile.com

Jorge Beim – Engenheiro Consultor Sênior
PDI, Cleveland (OH), EUA, jbeim@pile.com

RESUMO: A determinação da integridade de estacas moldadas in loco é controversa, devido a dificuldade de coordenação entre um controle de qualidade de campo efetivo e a seleção do método de ensaio a ser utilizado. Resultados muitas vezes inconclusivos impeliram a criação de uma técnica que fornecesse resultados com a rapidez e qualidade necessárias. Baseado na energia térmica liberada no processo de hidratação do concreto, o Ensaio de Perfilagem Térmica (TIP) veio para suprir essa necessidade de maneira ímpar. Casos de obras brasileiras, com ensaios em estaca escavada com lama bentonítica ($\phi = 100\text{cm}$ e $l = 24,40\text{m}$) e em estacas raiz em rocha ($\phi = 31\text{cm}$ e $l = 10,50\text{m}$), ilustram a utilização do método.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de integridade, Ensaio de Perfilagem Térmica, TIP, Controle de desempenho de fundações, Estacas moldadas in loco.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da capacidade de carga adotada, associado à evolução das técnicas executivas e dos equipamentos disponíveis no mercado geotécnico nacional, popularizou a utilização de estacas moldadas in loco. A crescente expansão das metrópoles brasileiras, forçando a ocupação de áreas com condições geotécnicas não tão favoráveis à adoção desses sistemas construtivos, combinada com a ausência de um controle executivo rigoroso, facilita a ocorrência de não-conformidades nos elementos executados. A superposição desses fatores gera uma dificuldade de interação entre Executores de Fundações, Contratantes e Executores de Ensaios de Qualificação de Fundações, devido a necessidade da identificação do real estado da

fundação executada.

A ocorrência de defeitos em estacas moldadas in loco está diretamente associada a dificuldade de execução de vistorias pós-instalação, especialmente naquelas que são escavadas abaixo do nível d'água, devido à impossibilidade de conduzir uma inspeção visual adequada. Essa condição aumenta a incerteza sobre o estado final da armadura instalada (posição e recobrimento mínimo), da seção transversal executada ao longo do fuste e da qualidade do concreto lançado. A principal consequência, segundo Mullins e Winters (2011), associada aos defeitos é uma insegurança quanto a três importantes aspectos:

- a. Real capacidade de carga do elemento estrutural;



**GEORS
2015**

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul

29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

- b. Real capacidade de carga geotécnica;
- c. Real durabilidade a longo termo do elemento de fundação.

Métodos que forneçam informações sobre a integridade de estacas moldadas in loco tem sido desenvolvidos pra evidenciar a existência de falhas ocorridas durante o processo executivo, identificando fatores que colaboram nesse surgimento. As principais informações buscadas estão ligadas principalmente à armadura (posição e cobertura), à seção transversal executada (forma) e ao concreto utilizado (quantidade e qualidade).

2. ENSAIOS DE INTEGRIDADE

Existem diferentes tipos de ensaios de integridade disponíveis, dentre os quais podemos destacar os Ensaio Dinâmico de Baixa Deformação (*PIT*), de Cross Hole (*CSL*) e Gama-Gama (*GGL*).

2.1. Ensaio PIT: é o ensaio não destrutivo conhecido também como Ensaio Dinâmico de Baixa Deformação (*Low Strain Dynamic Test*), permitindo avaliar o comprimento e a integridade de estacas, sendo o mais popular no meio técnico nacional (Figura 01). Recomenda-se a leitura de Rausche et al (1988) para o entendimento dos conceitos teóricos de mecânicas das ondas envolvidos no ensaio.

A integridade de uma estaca é baseada na interpretação de um sinal gráfico que representa a variação da velocidade de deslocamento de uma partícula, devido à aplicação de um golpe de martelo no topo da estaca, em relação ao tempo. Esta análise é que permite detectar variações de impedância ao longo do seu comprimento. A impedância de uma estaca é função de sua seção transversal, do peso específico e do módulo de elasticidade do concreto. A ocorrência de dano é normalmente associada a uma redução de impedância

(Bungenstab e Beim, 2014), sendo muito difícil a determinação de qual fator mais influencia essa redução.

O comprimento da estaca também só pode ser corretamente identificado quando há claramente a reflexão de ponta do sinal. A redução do sinal de ponta ocorre porque a onda gerada é de baixa intensidade, sendo naturalmente atenuada por solos onde o atrito lateral é elevado.

Além disso, seguidas variações de seção podem gerar dificuldades de identificação do sinal de ponta da estaca devido a superposição das ondas refletidas nessas variações. Este fenômeno também dificulta a identificação de múltiplos defeitos, pois qualquer variação de impedância localizada mais abaixo da primeira variação não será detectado.

A ausência de uma regulamentação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre procedimentos de ensaio para o PIT colabora com inexistência de um padrão na execução do ensaio, na falta de exigência de calibração periódica de sensores e na forma utilizada para avaliar os resultados obtidos nos ensaios.

Apesar disso, o ensaio de PIT, desde que executado com padrões observados em regulamentações internacionais como a ASTM D5882 (2013), observando todas as limitações do método e a necessidade de uma análise criteriosa dos sinais obtidos é a alternativa que apresenta a melhor relação Custo x Benefício do mercado.



Figura 1: Execução de ensaio PIT.



**GEORS
2015**

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul

29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

2.2. Ensaio Cross-Hole (CSL):

Verifica a integridade estrutural do concreto aplicado na execução de estacas moldadas “in loco”, através de pares de tubos pré-instalados no fuste da estaca. O sistema operacional Cross-Hole é materializado basicamente com a utilização de sensor transmissor e receptor de onda sonora de alta frequência, inseridos em um par de tubos, diametralmente opostos. A análise do tempo de deslocamento da onda, bem como de sua energia, ao longo de toda a profundidade, caracteriza a integridade estrutural do concreto que constitui a estaca nesta direção. Velocidades de onda menores ou pulsos atenuados podem ser associados a vazios ou a concretos de má qualidade, sendo o processo repetido para todas as combinações possíveis entre os tubos (Figura 02).



Figura 2: Seção típica de execução de Cross-Hole em estaca de grande diâmetro (Winters, 2014)

Uma limitação importante da aplicação deste método é que a zona analisada é restrita a área interna da massa de concreto, ficando impossível avaliar, por exemplo, a área correspondente ao recobrimento existente.

2.3. Ensaio Gama-Gama (GGL):

O ensaio Gama-Gama, de aplicação rara no Brasil, também requer tubos de acesso, e utiliza medições de raios gama para avaliar a densidade do concreto na região circunvizinha ao tubo de acesso, restringindo-se a um raio de 76 a 114 mm do centro do tubo (Caltrans, 2005 e 2010). No Estado da Califórnia, onde este ensaio é bastante utilizado, as estacas moldadas in loco são aceitas ou rejeitadas com base na distribuição estatística das medições obtidas em cada uma (quanto maior o desvio padrão, maior a chance de rejeição). Este ensaio permite avaliar parte da região exterior à armadura, mas não a sua totalidade.

3. ENSAIO DE PERFILAGEM TÉRMICA (TIP)

3.1. Embasamento Teórico

No meio técnico da construção civil, o calor resultante do processo de hidratação do concreto sempre foi encarado como um aspecto negativo, sendo associado à geração de fissuração que, se não prevenida, pode afetar o desempenho do elemento estrutural a longo prazo.

Entretanto, o gradiente de temperatura gerado na cura do concreto pode ser utilizado para a avaliação da integridade de uma estaca moldada in loco. O método que se vale desse fenômeno é conhecido como Ensaio de Perfilagem Térmica ou TIP (**T**hermal **I**ntegrity **P**rofiler). A técnica de TIP está associada aos fenômenos de geração de calor a uma determinada taxa, onde ambas quantidades estão intimamente ligadas ao traço do concreto utilizado e as propriedades químicas do cimento e aditivos que o compõem (Mullins e Wines, 2011; Winters, 2014). Ao se produzir registros contínuos destes valores de temperaturas e associando-os à sua posição ao longo do fuste da estaca ensaiada, obtém-se um



perfil térmico, referenciado a um dado período de tempo, indicando a seção longitudinal da estaca neste instante t . Para cada período t de registro dos valores de temperatura são gerados diferentes perfis longitudinais, com diferentes valores de temperatura observados, mas com a mesma distribuição (forma).

Mullins (2010) indica que a distribuição do gradiente de temperaturas ao longo da seção transversal de uma estaca cilíndrica, numa situação ideal, se aproxima de uma distribuição normal, onde o pico de temperatura é observado no centro e valores menores, próximos da temperatura do solo, nas áreas das bordas do cilindro (Figura 03).

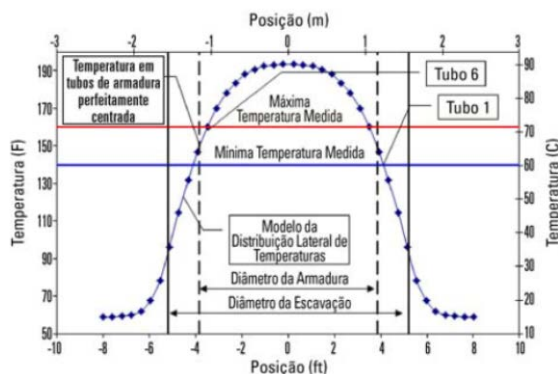


Figura 3: Perfil típico de temperatura na seção transversal de uma estaca $\phi=3,30\text{m}$ (Cruz et al., 2014)

Este conceito é de extrema utilidade quando se deseja avaliar a posição da armadura instalada na estaca. Devido ao processo executivo do ensaio se faz necessária a fixação de tubos de acesso – semelhantes ao ensaio CSL – ou de fios com sensores térmicos (*Thermal Wires[®] cables*) numa armadura que, obrigatoriamente, deverá ser instalada ao longo de todo o comprimento da estaca. Pelos conceitos apresentados anteriormente, sabe-se que o gradiente de temperatura registrado é função da posição do local de instalação dos sensores na seção transversal da estaca. Se o sensor estiver posicionado numa zona localizada na periferia da seção transversal, os

valores de temperatura observados serão menores do que aqueles registrados por sensores mais centralizados. Como as armaduras, de um modo geral, são simétricas em relação à seção transversal da estaca, os registros de temperatura de posições diametralmente opostas deverão ser idênticos, pois os sensores apresentam a mesma distância do centro do fuste. Pontos com desvio do alinhamento central em direção à parede do fuste são identificadas pela comparação entre registros diametralmente opostos, onde observamos temperaturas menores em pontos próximos da borda do que naqueles mais próximos do centro (Mullins, 2010). Na Figura 04 é mostrada a seção transversal de uma estaca aos 12,20m, onde se observa a instalação de 10 *Thermal Wires[®]* (T1 – T10).

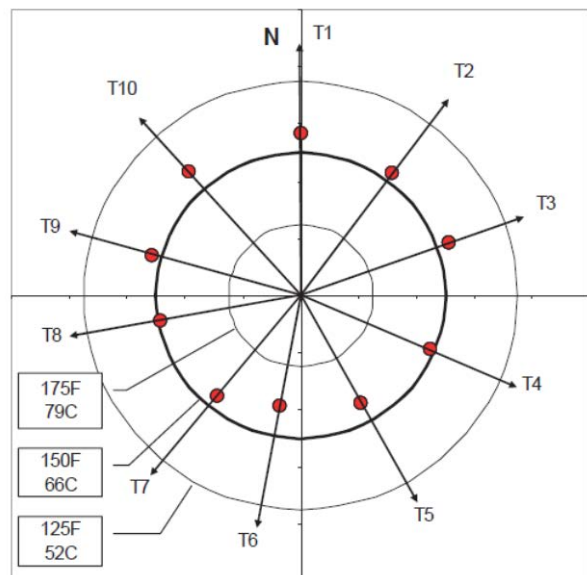


Figura 4: Registros de temperatura de um ensaio TIP, apresentados sob a forma de temperatura radial numa seção transversal de uma estaca na cota=12,20m (Mullins, 2010)

O registro das temperaturas indica que a armadura se movimentou na direção NO, onde os pontos T4 a T7 se aproximaram do centro da estaca e os pontos T9 a T3 se aproximaram da borda.



GEORS
2015

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul
29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

Outra possibilidade de análise fornecida pelo TIP é a avaliação da geometria da seção transversal ao longo do fuste. Para procedermos com a avaliação da cobertura da armadura instalada é necessária a coleta de informações referentes a concretagem das estacas. A comparação do volume de concreto lançado por cada caminhão com o volume teórico calculado para este fuste permite o cálculo do diâmetro efetivo médio. Com o valor do diâmetro efetivo médio é possível comparar o fuste teórico com o executado, servindo de parâmetro para a seleção de estacas para a execução de ensaios de integridade. Como sabemos, a temperatura observada é função da quantidade de concreto presente na seção instrumentada e da distância em relação ao centro da seção transversal, portanto o raio efetivo e a forma do fuste da estaca podem ser diretamente associados à variação de temperatura (Mullins e Winters, 2011).

3.2. Técnicas e equipamentos

O Ensaio TIP pode obter os registros de temperatura por meio de dois métodos bem distintos – via utilização de sonda ou de fios térmicos (Thermal Wires®).

A opção de utilização de sonda implica na instalação de tubos de acesso similares aos utilizados em ensaios CSL, onde uma sonda equipada com quatro termopares infravermelhos, com orientação de 0, 90, 180 e 270 graus e direcionados horizontalmente é inserida e percorre todo o comprimento dos tubos (Figura 5).

Esse processo de coleta de dados é feito em cada um dos tubos instalados, devendo ser repetido mais de uma vez, em períodos imediatamente anteriores à ocorrência da temperatura de pico. O período de início do ensaio (janela) é determinado pelo traço do concreto adotado e pelo cimento e aditivos

adotados (Winters, 2014) e é ilustrado na Figura 06.



Figura 5: Sonda térmica para Ensaio TIP.

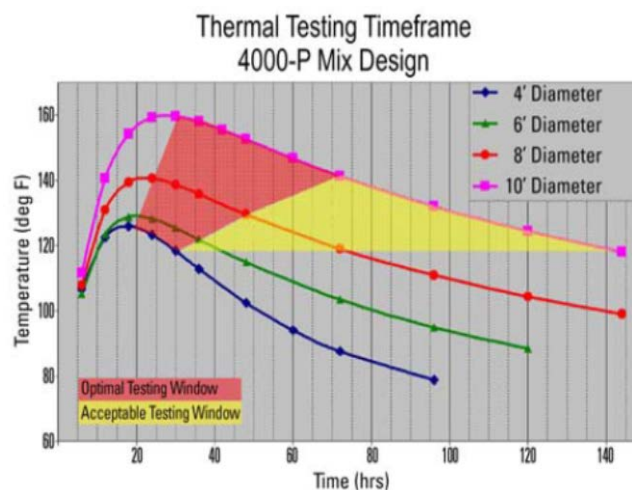


Figura 6: Exemplo de janela para ensaio TIP (Mullins e Winters, 2011).

A sonda utilizada é acoplada a uma unidade coletora de dados portátil e, em tempo real, é possível acompanhar a obtenção do perfil de temperatura para cada tubo testado.

A utilização de *Thermal Wires*® é a outra opção disponível à aplicação do TIP. Nesta modalidade a utilização de tubos de acesso é eliminada, sendo a utilização da sonda substituída pela fixação de fios térmicos (*Thermal Wires*®) na armadura a ser instalada. Os *Thermal Wires*® (Figura 07) são descartáveis, não sendo passíveis de



**GEORS
2015**

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul

29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

reaproveitamento pois são fixados à armadura instalada e inseridos no interior da massa de concreto. Logo após o fio é conectado a uma unidade de coleta de dados (*TAP*) onde, num intervalo de tempo pré-programado, passa a coletar os dados de temperatura.



Figura 7: Thermal Wire e unidade de coleta TAP BOX.

Após o período determinado para a ocorrência da temperatura de pico, o fio é desconectado da *TAP*, sendo a mesma plugada a unidade de leitura e aquisição de dados (Figura 8), onde são armazenados todos os dados coletados. Nessa unidade são organizadas as informações coletadas por cada fio, sendo gerado um arquivo de dados que será analisado num software específico e que gerará o resultado final do ensaio.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Estaca tipo raiz

A utilização do ensaio TIP em estacas de pequeno diâmetro, em especial em estacas raiz, vem a ser uma ferramenta de extrema importância na determinação da integralidade do fuste.



Figura 8: Unidade leitora de dados TIP.

Por características executivas, a estaca raiz gera um perfil longitudinal em que não é possível estabelecer uma seção transversal homogênea. O fato de haver a necessidade da aplicação de golpes de ar comprimido durante a retirada do revestimento faz com que a argamassa utilizada se expanda, gerando variações da seção transversal ao longo do comprimento do fuste. Desta forma, ao executarmos um ensaio de PIT, muitas vezes o resultado obtido é inconclusivo.

No local de execução dos ensaios foram instaladas 32 estacas, com comprimento médio de 10,50m, em rocha, armadas em todo o seu comprimento. Na Figura 9 é possível observar a locação das estacas executadas, onde foram selecionadas para serem ensaiadas as estacas E28 a E32. Devido ao fato de ter-se encontrado rocha numa profundidade inferior à indicada pela sondagem, as mesmas foram perfuradas diretamente no diâmetro 310mm. Com adoção de um diâmetro inferior a 400mm optou-se pela instalação de uma barra central para a fixação de somente 01 Thermal Wire® (Figuras 10 e 11).

Uma vez instalado o fio, o mesmo foi conectado a uma *TAP* para verificação da sua condição. Desta forma, a armadura estava apta a ser instalada para o posterior preenchimento da estaca



GEORS
2015

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul

29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

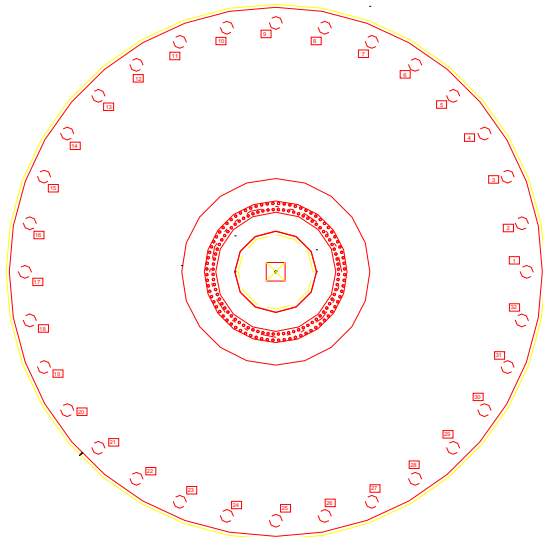


Figura 09: Localização das estacas executadas.



Figura 10: Vista do fio fixado na barra centralizada em relação a seção transversal da armadura.

Na Tabela 1 encontram-se as características das estacas ensaiadas, tendo sido indicada inclusive a técnica utilizada para o preenchimento do fuste. Optou-se pela utilização de duas técnicas distintas ao preenchimento das estacas: lançamento da argamassa mediante emprego do tubo tremie ou por gravidade. A utilização de duas diferentes técnicas de preenchimento deveu-se à necessidade de verificação se a não utilização de tubo tremie influenciaria na integridade do fuste da estaca.

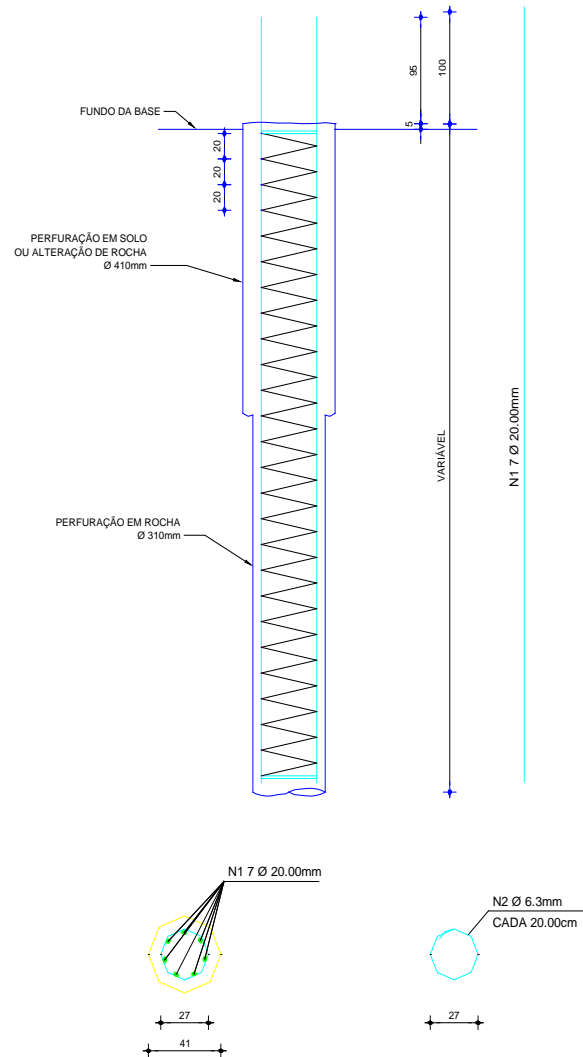


Figura 11: Projeto da armadura utilizada.

Após 39h decorridas da instalação das TAP's, retornou-se ao local e desconectou-se o Thermal Wire® das mesmas e iniciou-se o processo de análise dos sinais obtidos.

Todos os resultados obtidos indicaram que as estacas estavam íntegras, uniformes ao longo do seu comprimento, apresentando alguns pontos com variação de seção transversal. O diâmetro médio observado em todas as estacas foi de 33cm, sendo superior ao solicitado em projeto.

Observou-se ainda a ocorrência de sobreconsumo médio de argamassa em torno de 19,00%, principalmente devido ao alargamento de seção observado junto ao topo de todas as



estacas.

Tabela 1: Características das estacas executadas.

Estaca	Diâmetro		Diâmetro da armadura (mm)
	de projeto (mm)	Material perfurado	
E28	310	ROCHA	230
E29	310	ROCHA	230
E30	310	ROCHA	230
E31	310	ROCHA	230
E32	310	ROCHA	230

Tabela 1 (Cont.): Características das estacas executadas.

Estaca	Comprimento da armadura (m)	Consumo de argamassa por estaca (m ³)	Método de preenchimento
E28	10,40	0,87	Tremie
E29	10,40	0,87	Tremie
E30	10,40	0,87	Gravidade
E31	10,40	0,87	Gravidade
E32	10,40	0,87	Gravidade

Após a execução do TIP, para efeito de comparação, executaram-se ensaios de PIT nas estacas e observaram-se as seguintes situações:

- A execução de ensaios de PIT nas estacas E28 e E30 não foram conclusivos devido a ocorrência de reflexões que impediram a identificação imediata da reflexão da ponta da estaca (Figura 12)
- Estacas E29, E31 e E32 apresentaram sinais compatíveis entre os dois ensaios, sendo observadas as mesmas variações de seção em ambos (Figura 13).
- O tempo decorrido entre o final do

preenchimento das estacas e a obtenção dos resultados finais foi de cerca de 39 horas para o TIP e 170 horas para o PIT.

- No que diz respeito ao alinhamento da armadura esta observação fica prejudicada pelo fato de utilizarmos somente um fio fixado numa barra central.

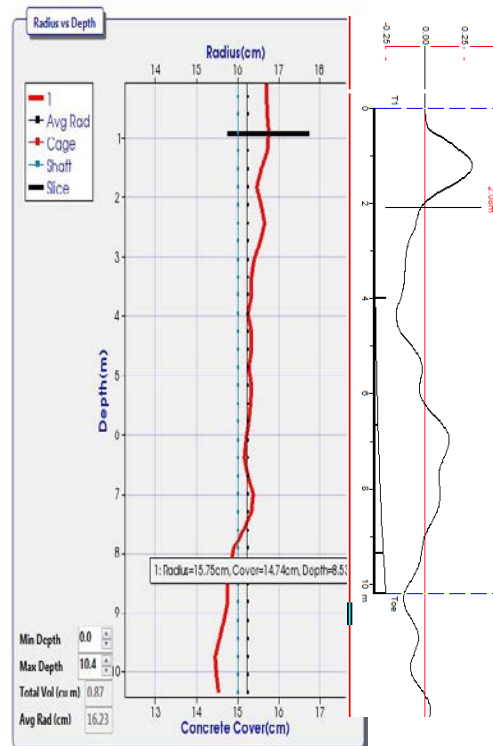


Figura 12: Comparação entre Perfil de Temperatura e sinal obtido pelo PIT, ambos executados na E28.

4.2. Estaca escavada com lama bentonítica

Conforme apresentado no item 3.1, o monitoramento de uma seção de estaca instrumentada com mais de um par de fios nos permite observar com mais precisão as questões que envolvem determinação de espessura de recobrimento e alinhamento da armadura longitudinal utilizada.

A estaca escavada, com diâmetro de 100cm foi executada em solo arenoso, com a utilização



GEORS
2015

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul
29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

de lama bentonítica e revestimento de 6,00m. O comprimento perfurado foi de 24,40m, sendo que a armadura longitudinal instalada apresentava 24,90m e um diâmetro de 82 cm (Figura 14). Foram instalados quatro Thermal Wires®, com comprimento de 26,00 m cada, tendo sido todos testados previamente à fixação dos mesmos na armadura. Esta estaca possuía ainda a instalação de tubos de acesso para a execução de ensaios CSL e extensômetros para a execução posterior de Prova de Carga Estática Monitorada (Figura 15).

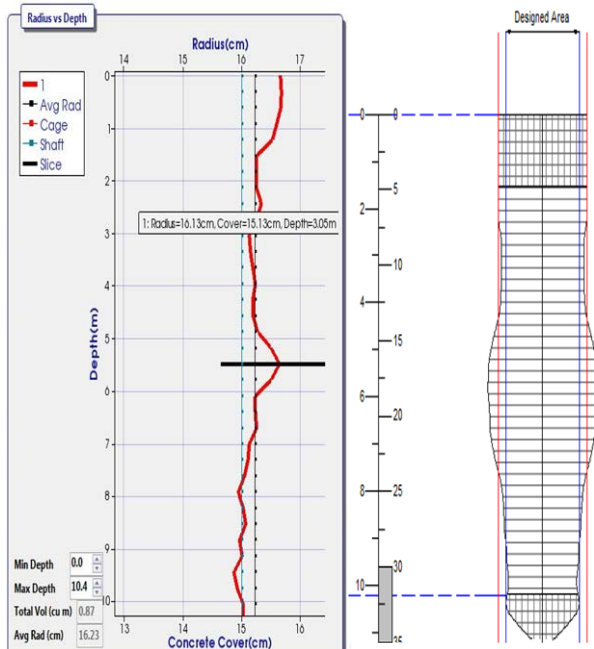


Figura 13: Comparação entre Perfil longitudinal e perfil gerado pelo sinal obtido pelo PIT, ambos executados na E31.

O sistema de fixação dos fios obedeceu uma sequência de montagem que iniciou pela fixação do último sensor a cerca de 35cm acima do final da armadura, sendo o fio preso junto à armadura a cada 30cm, aproximadamente. Essa medida visa evitar que o sensor seja inserido no interior do material depositado no fundo da estaca, tendo em vista que a mesma foi executada com lama bentonítica. Além disso, essa fixação igualmente espaçada evitou o

surgimento de “barrigas” ao longo do fio, que poderiam facilitar sua quebra e consequente inutilização para o ensaio. Após a fixação dos mesmos, as TAP’s foram conectadas aos fios para que fosse verificado se os mesmos estão funcionando ou não, objetivando evitar a utilização de fios danificados.

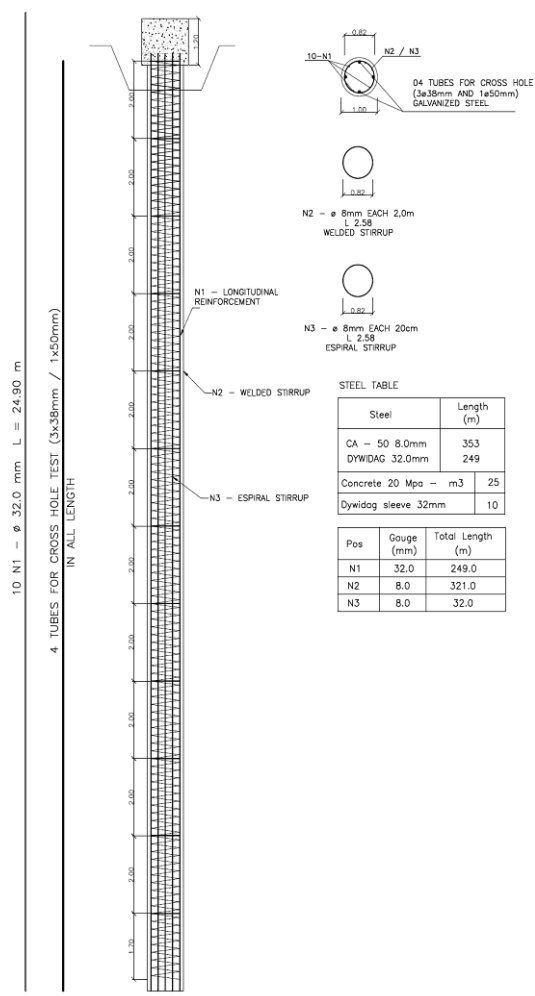


Figura 14: Detalhe construtivo da armadura instalada.

A perfuração da estaca foi finalizada, sendo inserida a armadura e posteriormente o tubo tremie para dar início à concretagem. Quando da finalização da concretagem da estaca e da posterior conexão das TAP’s nos fios instalados, verificou-se que o Fio 04 foi danificado, provavelmente pelo tubo tremie. O



GEORS
2015

VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul

29 e 30 de abril - Anfiteatro Padre Werner - UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos - São Leopoldo

registro dos valores de temperatura iniciou-se às 17:00 horas do dia 18/12/2014, sendo que os valores de pico foram observados às 22h:48min do mesmo dia, gerando o Perfil de Temperaturas exibido na Figura 16. A coleta de dados prosseguiu continuamente até às 11:00 da manhã do dia 20/12/2014.



Figura 15: Vista da instrumentação instalada na armadura da estaca. O Thermal Wire® é o fio amarelo.

Observa-se um perfil de temperaturas compatível com o fuste da estaca, indicando a ocorrência de alargamento situado na zona compreendida entre o topo da estaca e até aos 3,00m. Entre 10,00 e 13,00m há um novo alargamento de seção, sendo seguido de uma redução ao diâmetro original de projeto. O fuste é contínuo e a ponta da armadura está inserida no material depositado no fundo da escavação devido à não observação de um efeito de troca de calor acentuado como o do topo da estaca (Figura 16). Verificou-se ainda um sobreconsumo cerca de 20% acima do volume teórico calculado. Além disso, pode-se afirmar que a armadura se movimentou em direção a posição do Fio 2, sendo que o Fio 3 se deslocou em direção ao centro da estaca.

Ao compararmos o sinal obtido pelo ensaio de PIT (Figura 17), observamos que o mesmo não é conclusivo devido a uma reflexão secundária ocorrida aos 15,00m, logo após o segundo alargamento de seção registrado pelo TIP, sendo impossível a observação da ponta pelo PIT.

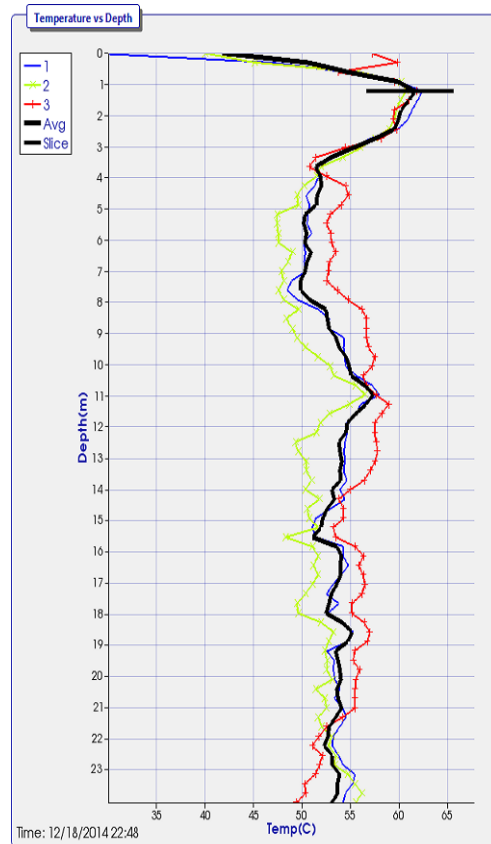


Figura 16: Temperatura de pico registrada pelo ensaio TIP.

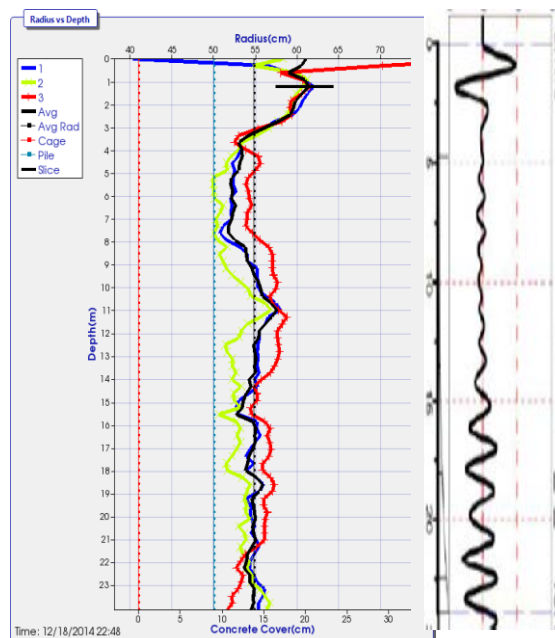


Figura 17: Perfil de temperatura com o raio equivalente determinado pelo TIP comparado ao sinal de PIT.



5. CONCLUSÕES

A execução de ensaios de integridade em estacas moldadas in loco é uma ferramenta poderosa para evitar a ocorrência de não conformidades em elementos executados principalmente sob condições desfavoráveis. A situação ideal seria a combinação de múltiplos ensaios, permitindo a obtenção de resultados que levariam a uma excelente avaliação da condição do elemento analisado. Entretanto, sabe-se que economicamente esta situação não é aceitável.

Com o surgimento do ensaio TIP, criou-se uma ferramenta que nos possibilita a avaliação não só da porção de concreto circunscrita pela armadura, mas também da área de concreto correspondente ao seu recobrimento. Além disso, a obtenção dos resultados se dá quase que imediatamente, devido ao fato de que o ensaio é feito durante o período de cura da estaca. Outra vantagem é a obtenção da real posição da armadura da estaca ao longo do fuste, permitindo uma avaliação criteriosa do desempenho estrutural a longo termo do elemento.

Existe ainda a possibilidade de utilização do ensaio de TIP para a avaliação da condição de outras estruturas como pilares, lajes, paredes diafragma e colunas de *jet grouting*.

É importante ressaltar que a adoção do ensaio TIP obriga aos responsáveis pela execução de fundações moldadas in loco a adotarem um sistema de controle de qualidade dos serviços executados mais rigoroso, onde informações como consumo médio de concreto por carga lançada são dados importantes à validação dos resultados apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D5882-07 (2013). *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations*. ASTM: West Conshohocken, PA, USA.
- Bungenstab, F. C. I., Beim, J.W., Julho 2014. *Ensaio de Integridade (PIT) – Interpretação de Resultados Obtidos Para os Casos de Estacas dos Tipos Hélice Contínua Monitorada e Raiz*. Fundações & Obras Geotécnicas; 60-68.
- Caltrans (2010). *Gamma-gamma logging (GGL)*. www.dot.ca.gov/hq/esc/geotech/ft/gamma.htm
- Mullins, G. e Ashmawy, A., (2005). *Factors affecting anomaly formation in drilled shafts*. Final Report, FDOT Project BC353-19.
- Mullins, G.(2010). *Thermal Integrity Profiling of Drilled Shafts*. DFI Journal, Vol. 4 No. 2
- Mullins, G., Winters, D., Junho 2011. *Infrared Thermal Integrity Testing, Quality Assurance Test Method To Detect Drilled Shaft Defects*. WSDOT Project WA- RD 770.1.
- Mullins, G., Beim, G, Likins, G. E., Beim, J.W.(2012). *Avaliação da Integridade de Fundações Moldadas in Loco Pelo Método de Perfilagem Térmica*, Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia: São Paulo, Brasil.
- Piscsalko, G.(2012). *New Non-Destructive Testing Method for Drilled Shafts and ACIP Piles*, Proceedings, 37th Annual Conference on Deep Foundations, Deep Foundations Institute, Houston, Texas.
- Pauly, N. (2010). *Thermal conductivity of soils from the analysis of boring logs*, Master's Thesis, University of South Florida Department of Civil and Environmental Engineering, Tampa, Florida.
- Winters, D., May 2014. *Selected Topics in Foundation Design, Quality, Assurance, and Remediation*. PhD Thesis, University of South Florida Department of Civil and Environmental Engineering, Tampa, Florida.