Voltar ao menú principal

REABILITAÇÃO E REFORÇO DE PONTES COM A TECNOLOGIA DE MICROESTACAS

REHABILITATION AND REINFORCEMENT OF BRIDGES WITH THE TECNOLOGY OF MICROPILES

Prado, Rubens, *OPCA S.A., Lisboa, Portugal, rprado@opca.pt*
Vaz, Nuno, *OPCA S.A., Lisboa, Portugal, nvaz@opca.pt*
Faísca, João, *OPCA S.A., Lisboa, Portugal, jfaisca@opca.pt*

RESUMO

A Ponte do Barranco Longo, no concelho de Silves, e a Ponte sobre a Ribeira de Sor, em Ponte de Sor, encontravam-se com deficiências estruturais nos arcos, verificando-se a inexistência de argamassa de recobrimento na maior parte da sua extensão. Com as respectivas empreitadas promovidas pelo EP, pretendia-se a beneficiação destas pontes de forma a não haver agravamento de tensões nas estruturas e nas suas fundações, tendo em conta as sobrecargas rodoviárias actuantes. Era igualmente pretendido o alargamento dos tabuleiros.

Em ambas as pontes, o reforço das fundações foi assegurado pela execução de microestacas de grande capacidade multi-injectadas, tendo sido selados varões de alta resistência na armadura tubular pelo interior dos pilares e encontros existentes, onde assentaram as vigas transversais. Estes elementos foram pré-fabricados no caso da Ponte do Barranco Longo e construídos *in situ* no caso da Ponte sobre a Ribeira de Sor.

ABSTRACT

The Barranco Longo Bridge, in the city council of Silves, and the Bridge over Ribeira de Sor, in Ponte de Sor, presented structural deficiencies in the arches, revealing inexistence of recovering grout in most of its extension. The two contracts, promoted by EP, required the amelioration of these bridges, in order to avoid tension aggravation in the structures and foundations due to the acting road surcharge. A deck enlargement was also required.

In both these bridges, the foundation reinforcement was assured by the execution of multi-injected high capacity micropiles, with reinforcement bars which were sealed in the tubular steel through the pillar interior and existing abutments, where transversal beams were laid down. In the case of the Barranco Longo's bridge, these elements were pre-fabricated and in the case of the Bridge over Ribeira de Sor they were built *in situ.*

1. INTRODUÇÃO

Descreve-se neste artigo as soluções adoptadas para a resolução de problemas estruturais e de fundações, em duas obras realizadas pela OPCA, S.A. para a EP – Estradas de Portugal, E.P.E., onde era requerido e necessário a beneficiação de duas obras de arte antigas executadas em alvenaria de pedra.

Estas obras de arte tinham um gabarit muito restritivo e que já não satisfazia as novas directrizes da EP, quer em relação às larguras das faixas de rodagem, quer com o veículo-tipo actual, sendo

por isso fundamental adequar o perfil transversal e a capacidade resistente estrutural e de fundações para os requisitos impostos pela circulação actual.

As duas obras de arte aqui analisadas são:

- Ponte do Barranco Longo, situada na EN-264, em Algoz, no concelho de Silves – Algarve;
- Ponte sobre a Ribeira de Sor, situada na EN-119, no concelho de Ponte de Sor – Alto Alentejo.

2. PONTE DO BARRANCO LONGO

Na sequência de Concurso Público promovido pelo ICERR (depois IEP e actual EP), foi adjudicada à OPCA – Obras Públicas e Cimento Armado, S.A. a Empreitada Concepção/Construção de Beneficiação da Ponte do Barranco Longo, na E.N. 264, ao km 100+019. Trata-se de uma ponte localizada no concelho de Silves, ligando as freguesias de Algoz e Messines. Esta ponte, construída no fim do século XIX, é formada por dois arcos de 8.0m em alvenaria de pedra, sendo completada por um cofre, também em alvenaria de pedra, perfazendo um total de 32.0m.

2.1 Estado da obra de arte antes da intervenção

A ponte existente apresentava sérias deficiências estruturais nos arcos, verificando-se a falta de argamassa de recobrimento na maior parte da sua extensão e encontrava-se desactivada. A circulação rodoviária, efectuada de forma alternada, era assegurada por uma ponte militar provisória assente em dois apoios por encontro (Figuras 1 e 2).

Figuras 1 e 2 - Fotos da Obra de Arte antes da Beneficiação

2.2 Beneficiação requerida

Com esta empreitada, pretendia-se a beneficiação da ponte de forma a não haver agravamento de tensões na estrutura e na sua fundação, tendo em conta as novas sobrecargas rodoviárias ditadas pela circulação da frota actual. Para atender às novas exigências de circulação, era igualmente pretendido o alargamento do tabuleiro de 5.10m para 11.50m e a correcção dos acessos imediatos (Figuras 3 e 4).

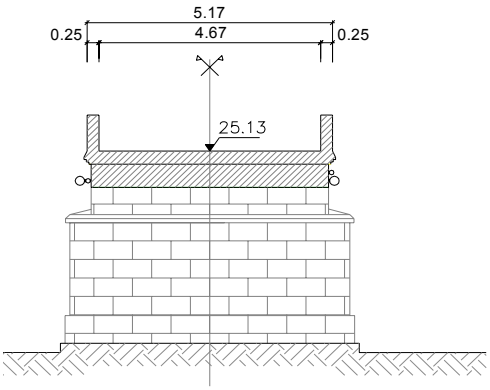

Figura 3 – Secção Transversal Actual

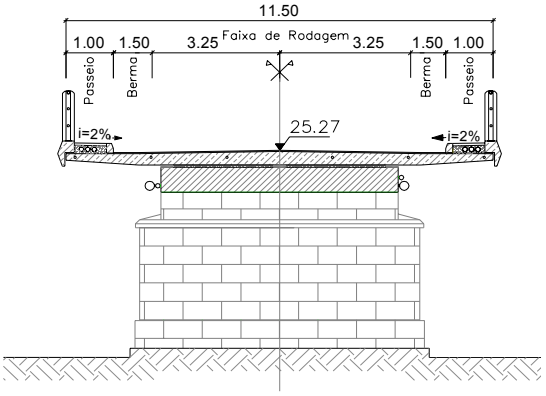

Figura 4 - Secção Transversal Proposta

2.3 Caracterização geotécnica

Iniciou-se a empreitada com a realização de uma campanha de prospecção Geológica-Geotécnica, para a obtenção de parâmetros a adoptar no desenvolvimento do Projecto de Execução. Essa campanha, composta por sondagens realizadas em cada apoio, com ensaios NSPT espaçados de 1.50 m, indicou a seguinte estratigrafia geotécnica:

Superiormente, onde actualmente se encontra apoiada a sapata de fundação directa da ponte, detecta-se uma camada de argila arenosa consistente, com possança superior a 2m e com NSPT<29 pancadas. Sob esta camada superficial, encontra-se um nível silte-argiloso de espessuras entre os 3 e os 5m, com NSPT variando de 30 a 40 pancadas. Inferiormente, encontra-se uma formação de grés calcário com NSPT> 60 pancadas.

2.4 Solução proposta para o tabuleiro

A solução proposta para a super-estrutura desta obra de arte consistiu na adopção de 5 vigas transversais, pré-fabricadas, com 1.00x1.10m, para suportar o novo gabarit imposto pelo EP. Para a colocação destas vigas foi necessário a escavação do enchimento da ponte, de forma a manter o traçado vertical da estrada. Apoiadas nestas vigas transversais, foi concebida a utilização de vigas alveolares pré-esforçadas. Após a montagem destas vigas, foi realizada a betonagem de uma capa de compressão para garantir o funcionamento do conjunto, materializando uma laje de 0.70m de altura. Os muros testa e as lajes de transição foram, igualmente, construídos *in situ* (Figuras 5 e 6).

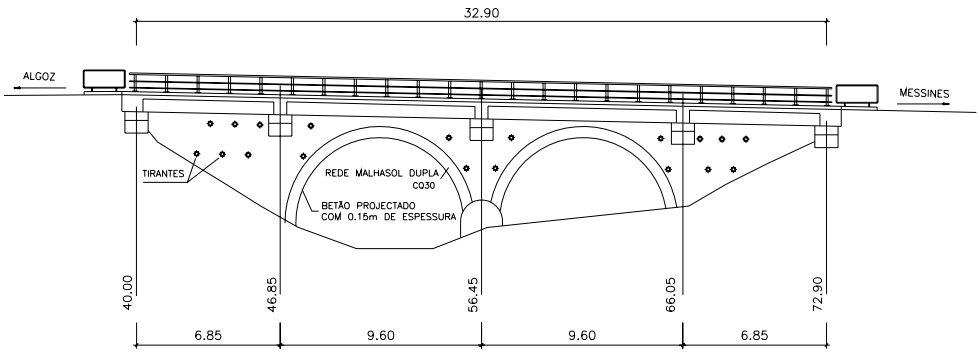

Figura 5 – Secção Longitudinal do Projecto de Execução

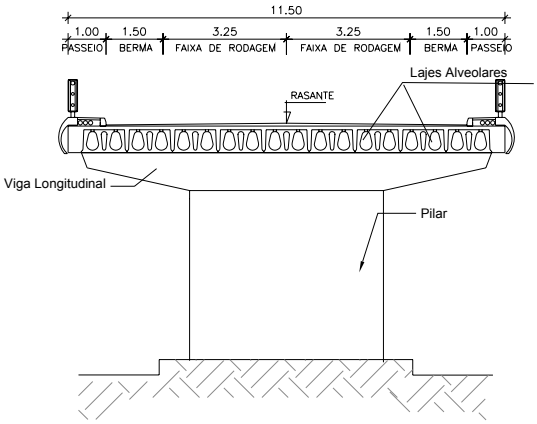

Figura 6 – Secção Transversal do Projecto de Execução

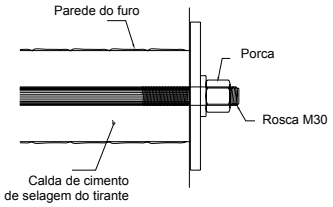

Figura 7 – Pormenor dos Tirantes

Para reforço da alvenaria de pedra existente, foram previstos 19 tirantes atravessando longitudinalmente a ponte, tendo ficado inseridos nos muros de avenida e na zona central do pilar (Figura 7). Também foi proposta a execução de injecções de consolidação – a baixas pressões – com caldas resistentes à base de cimento para o preenchimento de vazios das alvenarias e betão projectado sob os arcos.

2.5 Solução proposta para as fundações

O estudo Geológico-Geotécnico atrás mencionado detectou que as sapatas de fundação, bem como o solo superficial em que estas estavam apoiadas, não tinham capacidade resistente suficiente para as novas condições impostas pelas sobrecargas do novo projecto.

De forma a garantir condições ideais para a fundação da obra de arte, foi proposto a execução de microestacas selectivamente multi-injectadas para servir de apoio às vigas transversais. Foram projectadas 10 microestacas nos apoios intermédios e 5 microestacas para os apoios extremos.

Estas microestacas, com capacidade resistente de 800kN, foram armadas com tubos de alta resistência e reforçadas com varões de aço de alta resistência no seu interior (Figura 8), tendo sido projectadas para suportar as vigas longitudinais através da selagem das suas armaduras nesta viga e foram executadas por cima do tabuleiro existente, com equipamento apropriado à capacidade resistente do tabuleiro original (Figura 9).

As microestacas foram dimensionadas para cargas verticais segundo a metodologia de Bustamante, inclusive no que respeita a adopção dos coeficientes de segurança, tendo sido adoptado o método de Broms para o dimensionamento a cargas horizontais.

As vigas pré-fabricadas foram executadas com negativos para a entrega dessas armaduras, que foram seladas posteriormente com resinas epoxídicas.

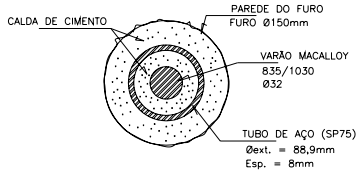

Figura 8 – Secção da Microestaca

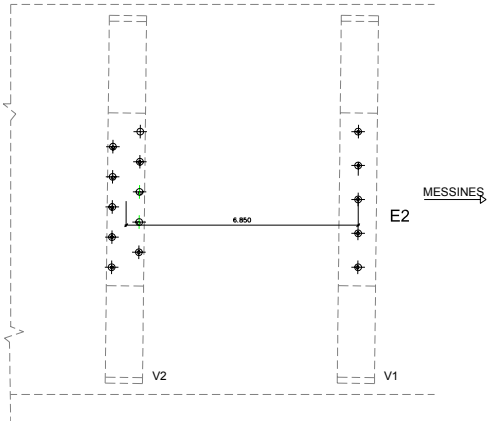

Figura 9 – Planta Parcial das Microestacas

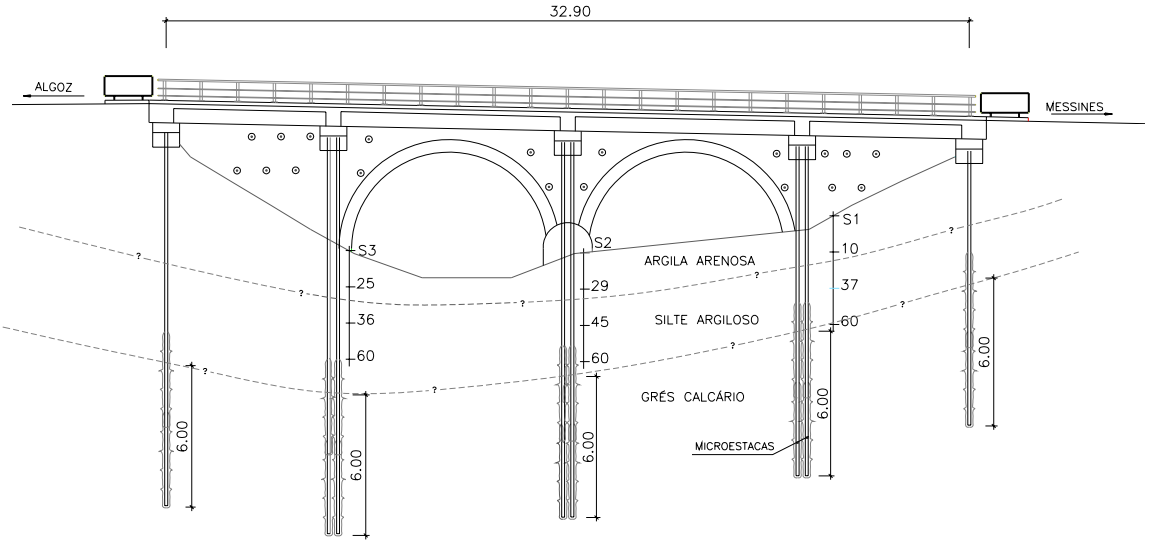

Figura 10 – Secção Longitudinal com as Microestacas

2.6 Execução da obra

Para a realização desta obra foram necessárias as seguintes quantidades de trabalho, no âmbito da geotecnia (Quadro 1):

Quadro 1 – Quantidades de trabalho principais

Sondagens	3 un
Betão Projectado	260 m^2
Pavimentação	790m^2
Aterro	1618 m^3
Tirantes ϕ32	132 m
Injecções de Consolidação	30000 kg
Microestacas	600 m

Valor da obra	388 300 €
Data de Conclusão	Dez. de 2003

Figuras 11 e 12 – Fotos da execução das microestacas

Figura 13 – Instalação das vigas pré-fabricadas

Figura 14 – Aspecto final da ponte

3. PONTE SOBRE A RIBEIRA DE SOR

Na sequência de Concurso Público promovido pelo IEP – Direcção de Estradas de Portalegre, foi adjudicada à OPCA – Obras Públicas e Cimento Armado, S.A., a Empreitada de Alargamento e Beneficiação da Ponte sobre a Ribeira de Sor, localizada no km 95+193 da E.N. 119, em Ponte de Sor. O projecto-base de reabilitação foi elaborado pela Divisão de Conservação do IEP.

Esta ponte, construída em 1823, é formada por três arcos principais de 15.0m em alvenaria de pedra, sendo completada por mais cinco arcos secundários de 3.30m, também em alvenaria de pedra, perfazendo um total de 170m de extensão. Os referidos arcos foram construídos em alvenaria de tijolo maciço, sendo os restantes elementos estruturais formados por alvenaria de pedra solta.

3.1 Estado da obra de arte antes da intervenção

A ponte existente apresentava algumas deficiências estruturais nos arcos, verificando-se a falta de argamassa de recobrimento na maior parte da sua extensão. A circulação rodoviária e pedonal estava completamente saturada necessitando de uma urgente recuperação da estrutura existente, bem como de alargamento do seu tabuleiro (Figuras 15 e 16).

Figuras 15 e 16 – Fotos da Obra de Arte antes da beneficiação

3.2 Beneficiação requerida

Com esta empreitada, pretendia-se a beneficiação da ponte de forma a não haver agravamento de tensões na estrutura e na sua fundação, tendo em conta as novas sobrecargas rodoviárias ditadas pela circulação da frota actual. Para atender às novas exigências de circulação era igualmente pretendido o alargamento do tabuleiro de 5.675m para 11.60m e a correcção dos acessos imediatos.

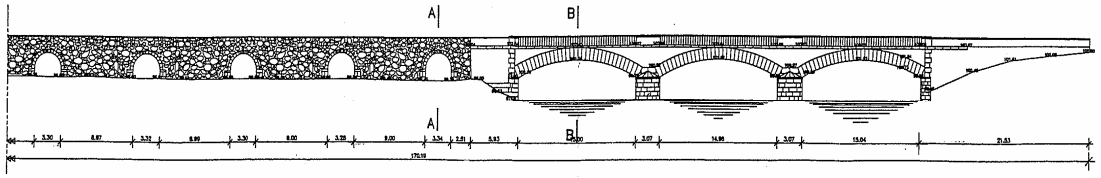

Figura 17 – Alçado Longitudinal da Ponte

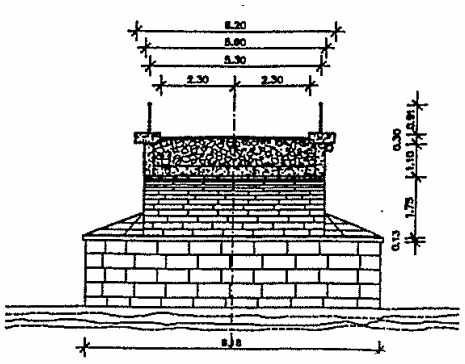

Figura 18 – Secção Transversal Actual

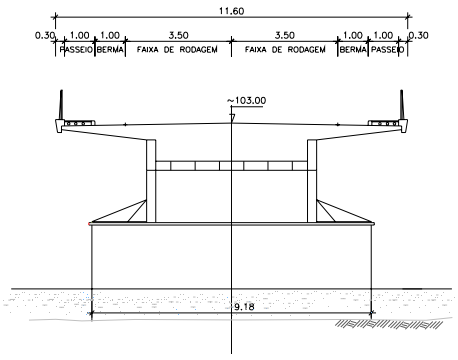

Figura 19 – Secção Transversal Proposta

3.3 Caracterização geotécnica

Iniciou-se a empreitada com a realização de uma campanha de prospecção Geológica-Geotécnica, para a obtenção de parâmetros a adoptar no desenvolvimento do Projecto de Execução. Esta campanha, composta por sondagens realizadas em cada apoio com ensaios NSPT afastados entre si de 1.50 m, indicou a seguinte estratigrafia geotécnica:

Superiormente, onde actualmente se encontra apoiada a sapata de fundação directa da ponte, verifica-se a existência de uma camada de argila arenosa, com possança superior a 4m e com NSPT<35 pancadas. Inferiormente, encontra-se uma formação de areias miocénicas muito compactas com NSPT>60 pancadas.

3.4 Solução proposta para o tabuleiro

A solução do projecto base para a super-estrutura desta obra de arte consistiu na remoção de todo o aterro do interior do cofre de alvenaria e posterior betonagem "in-situ" de um tabuleiro em betão armado. O tabuleiro, de forma a não interromper o fluxo automóvel e pedonal, estava previsto ser executado em 2 fases, o que dificultava sobremaneira a execução da obra.

De forma a optimizar a sua construção, foi proposto a execução de um aterro com largura suficiente para permitir a circulação rodoviária nos dois sentidos, realizado poucos metros a jusante do local da ponte, o que permitiu a execução do tabuleiro em uma só fase.

Para além do alargamento do tabuleiro, também estava prevista a limpeza e o tratamento das alvenarias, aplicação de verniz incolor de protecção nas pedras naturais e de pintura nos tímpanos e muros ala, após picagem do reboco. Foram, igualmente, executadas injecções de calda de cimento para a consolidação dos pilares, encontros e de toda a extensão do viaduto de acesso.

3.5 Solução proposta para as fundações

O estudo Geológico-Geotécnico atrás mencionado detectou que as sapatas de fundação, bem como o solo superficial em que estas estavam apoiadas, não tinham capacidade resistente suficiente para as novas condições impostas pelas sobrecargas do novo projecto.

De forma a garantir condições ideais para a fundação da obra de arte, foi proposta a execução de microestacas selectivamente multi-injectadas para reforço dos hasteais dos arcos existentes e dos encontros. Foram projectadas 18 microestacas nos apoios intermédios e 9 microestacas para os apoios extremos, num total de 54 unidades.

Estas microestacas, com capacidade resistente de 800kN, são constituídas por tubos de aço de alta resistência e reforçadas com varões de alta resistência em seu interior, tendo sido dimensionadas para as cargas verticais previstas no projecto, segundo a metodologia de Bustamante e de acordo com o método de Broms para cargas horizontais resultantes da acção sísmica.

As microestacas foram executadas por cima do tabuleiro existente, antes da escavação do interior do arco, com equipamento de dimensões adequadas, apropriado à capacidade resistente do tabuleiro original, e foram seladas no arco do tabuleiro a ser construído (Figuras 20 e 21).

Figura 20 – Execução das Microestacas

Figura 21 – Microestacas executadas

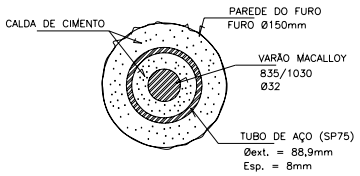

Figura 22 – Secção das Microestacas

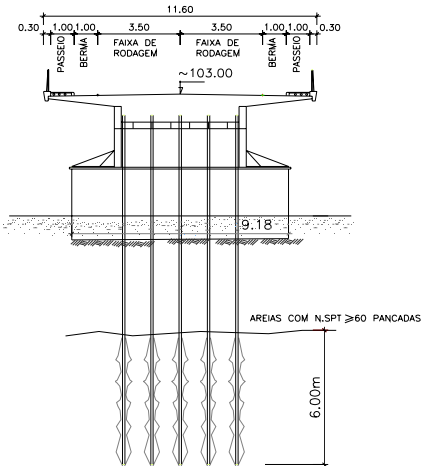

Figura 23 – Secção Transversal com Microestacas

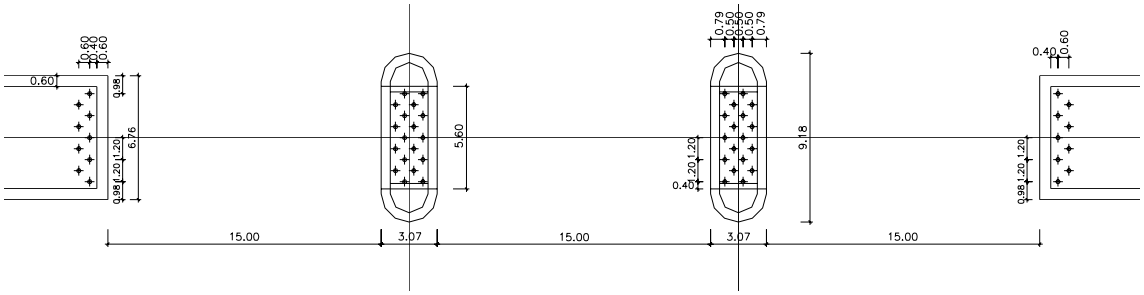

Figura 24 – Planta com Localização das Microestacas

3.6 Execução da obra

Para a realização desta obra foram necessárias as seguintes quantidades de Trabalho (Quadro 2):

Quadro 2 – Quantidades de trabalho principais

Movimento de Terras	1650m^3	Tratamento de Alvenarias	1145 m^2
Betão Projectado	170 m^2	Injecções de consolidação	Dez. de 2003
Pavimentação	5000 m^2	Microestacas	1080m
Aço	154500 kg	Valor da obra	1 045 200 €
Betão	1975 m^3	Data de Conclusão	2005

Figura 25 – Betonagem do tabuleiro

Figura 26 – Aspecto final da ponte

4. CONCLUSÕES

Apresentou-se nesta comunicação uma solução de reforço de fundações de duas pontes antigas por microestacas de grande capacidade multi-injectadas, tendo sido selados varões de alta resistência na armadura tubular pelo interior dos pilares e encontros existentes

Dada a execução das microestacas, ser feita através de máquinas de pequeno porte assentes no tabuleiro existente, esta tecnologia elimina os condicionalismos adicionais que a solução convencional acarreta, devido à necessidade das máquinas trabalharem ao nível da linha de água. Deste modo a utilização da tecnologia de microestacas para o reforço de fundações deste tipo de estruturas, devido ao incremento de cargas e/ou insuficiente capacidade resistente do solo ou dos elementos estruturais existentes, confirmou ser uma técnica apropriada e indicada.

Foram igualmente apresentados as soluções adoptadas para o tabuleiro das pontes, bem como os aspectos mais importantes do dimensionamento e execução da empreitada de reabilitação e reforço.

5. AGRADECIMENTOS

EP – Estradas de Portugal – Direcção de Estradas de Faro;
EP – Estradas de Portugal – Direcção de Estradas de Portalegre;
Pontave Construções S.A (Pré-Fabricados);
Engenheiros Consultores, Lda.

6. REFERÊNCIAS

[1] Bustamante, M; Doix, B. – Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés.
[2] Norma DTU13.2 (1992) – "Fondations profondes pour le bâtiment"
[3] Fundações – Teoria e Prática – Editora Pini.
[4] Poulos, H.G.; Davis E.H. – Pile Foundation analysis and design. – The University of Sydney.