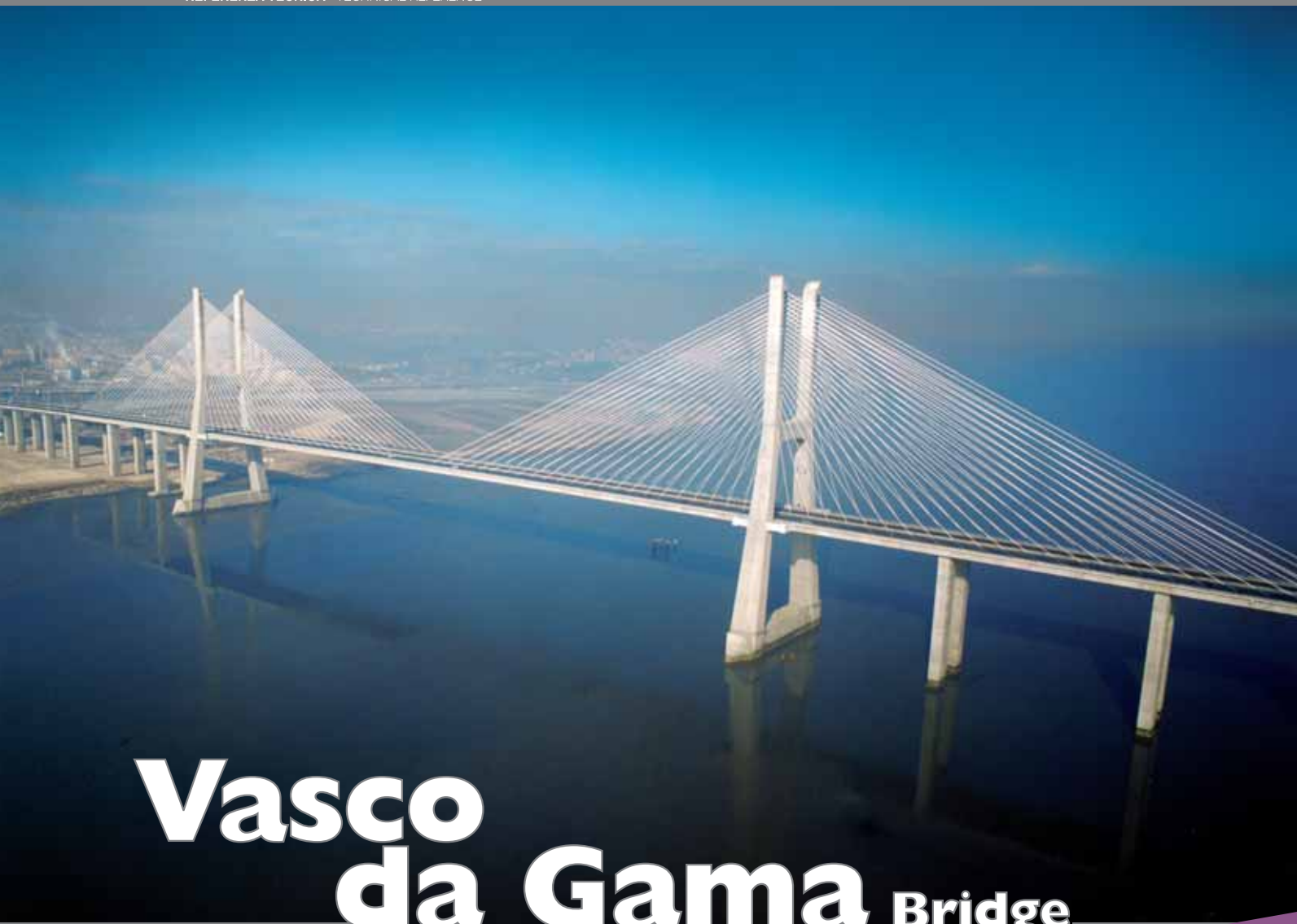


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



# Vasco da Gama Bridge



Lisbon, Portugal

Pali trivellati  
Bored piles

Palancolati  
Sheet-Piles

Cliente:  
Owner:

GATTEL (Lisbon)

Contrattista principale:  
Main Contractor:

NOVAPONTE ACE (Lisbon)

Durata dei lavori:  
Duration of work:

1995 - 1996

## Introduzione

Il Ponte Vasco da Gama sul fiume Tago, inaugurato nel marzo del 1998, costituisce uno dei più importanti progetti infrastrutturali realizzati recentemente in Europa.

Con i suoi 18 km di sviluppo, il ponte riduce i problemi di traffico per l'attraversamento del Tago, completando il sistema viario che circonda la città di Lisbona e costituisce un nodo importante per l'attraversamento del Portogallo e della Spagna nella direttrice Nord-Sud. Il ponte ha consentito inoltre l'accesso diretto all'Esposizione Mondiale EXP0'98 tenutosi a Lisbona. Il ponte, con tre corsie per ogni senso di marcia, si sviluppa su viadotti per circa un terzo dell'intero sviluppo: circa 10 km sono localizzati in acqua ed il resto a terra.

Tre sono le vie di navigazione previste, di cui la principale, per il

## Introduction

The construction of the new Vasco da Gama bridge over Tagus river, opened to traffic in March 1998, is one of largest civil engineering projects in Europe.

With its 18 km of extension, the bridge greatly alleviates traffic congestion of the city centre, by completing Lisbon's ring road network, also providing a new route for vehicles travelling between northern and southern Portugal and Spain. The bridge moreover offered direct access to the World Expo 98 site. The bridge, carrying six lanes of traffic, three in each direction, extends along viaducts for about two thirds of its whole length: about 10 km are on water and the remaining on land.

Three navigation channels are provided; the main one allows the passage of up to 30.000 tons vessels,



passaggio di navi sino a 30.000 ton, si sviluppa al disotto di un ponte sospeso, con una campata principale di 420 m e due secondarie di 205 m cadauna, con due piloni da 150 m di altezza che permettono una luce libera di 45 m al disopra del livello massimo di marea.

Precauzioni speciali sono state adottate per rispettare l'ecosistema dell'ambiente fluviale e per il recupero delle Saline di Samouco, nella zona Sud, come Riserva Naturale.

Partendo da Nord, il Progetto può essere suddiviso in quattro parti principali:

- **Viadotto Expo**, a terra, di 670 m;
- **Ponte Principale**, in acqua, con i due piloni di 150 m di altezza e con una campata principale di 420 m e due laterali di 205 m;
- **Viadotto Centrale**, in acqua, che si estende per 6,5 km. ed include le due vie di navigazione di Cala de Barcas e Samora;
- **Viadotto Sud**, a terra, con una lunghezza di 3,85 km che include le aree di servizio degli svincoli di Montijo.

under a cable-stayed bridge with a 420 m main span and two 205 m side spans, based on two 150 m high concrete pylons, which give a clearance of 45 m above high water level.

Strict environmental protection rules have been adopted in order to safeguard the river ecosystem and for the recovery of the Samouco salt craps, in the Southern area, to become a Natural Reserve.

Starting from the North, the Project can be subdivided into four main parts:

- **Expo Viaduct**, on land, 670 m long;
- **Main Bridge**, on water, with two pylons of 150 m in height and with a main span of 420 m and the two side ones of 205 m;
- **Central Viaduct**, on water, which is extended for 6.5 km and includes the two navigation channels of Cala de Barcas and Samora;
- **South Viaduct**, on land, with a length of 3.85 km, which includes service areas and Montijo crossings.



Nell'Aprile 1994 è stato firmato il contratto di concessione trentennale fra Gattel, Ente Portoghese dipendente dal Ministero dei Trasporti, e Lusoponte, un Consorzio Internazionale formato da Trafalgar House (GB), Campeon Bernard-SGE (F) e sei imprese portoghesi: Bento Pedroso, Mota & Companhia, Somague Construcciones, Teixeira Duarte, H. Hagen e Edifer.

*In April 1994, the 30 year BOT Contract was signed between Gattel, a Portuguese Body depending on the Ministry of Transport and Lusoponte, an International Consortium formed by Trafalgar House (GB), Campeon Bernard-SGE (F), and six Portuguese Companies: Bento Pedroso, Mota & Companhia, Somague Construccoes, Teixeira Duarte, H.Hagen and Edifer.*

## Terreni e strutture di fondazione

L'ambiente nel quale è localizzato il ponte è la laguna del fiume Tejo, situata immediatamente a ridosso della sua foce. L'escursione media di marea è nell'ordine dei 4 m. Tutta la zona interessata alla costruzione del ponte è stata dragata fino alla quota di -2,00 m dalla minima marea, per poter permettere ai numerosi mezzi marittimi di spostarsi con facilità.

## Soil & foundation structures

*The environment in which the bridge is located, is the lagoon of Tagus river, placed right next to its mouth. The average tide excursion is about 4 m. The whole area interested by the bridge construction has been dredged up to -2.00 m below the lowest, in order to facilitate the movement of the several river transport means needed for the bridge construction.*



VIADOTTO CENTRALE - CENTRAL VIADUCT

VIADOTTO SUD - SOUTH VIADUCT



Dall'alveo della Laguna la successione dei terreni più rappresentativa è la seguente:

**Argilla limosa normal consolidata** con materiale organico: spessore medio 35 m.

**Sabbia fine** da limosa ad argillosa: spessore medio 10 m.

**Argilla limosa sovraconsolidata:** spessore medio 15 m.

**Ghiaia e sabbia** con presenza di ciottolame grossolano: spessore medio 10 m.

**Sabbie** da mediamente addensate a leggermente cementate: spessore medio 15 m.

La base del palo è impostata sullo strato di sabbia e ghiaia, oppure sulle sabbie plioceniche sottostanti, sviluppando così una lunghezza di palo variabile da 55 a 73 m. La parte superiore del palo è contenuta da un lamierino metallico permanente per una lunghezza media di 40 m, che va ad incastrarsi nelle argille limose sovraconsolidate.

*Starting from the sea bed, the most representative sequence of soils is the following:*

**Silty clay, normally consolidated** with organic material: average thickness 35 m

**Fine sand, from silty to clayey:** average thickness 10 m

**Overconsolidated silty sand:** average thickness 15 m

**Gravel and sand** with presence of gross size pebbles: average thickness 10 m

**Sands from medium densed** to slightly cemented: average thickness 15 m

*The toe of the pile is on sand and gravel layer, or on underlying Pliocene sands, hence developing a pile length variable from 55 to 73 m. The upper part of the pile is contained in a permanent steel casing for an average length of 40 m, which is stuck in the overconsolidated silty clays.*

Dopo l'esecuzione di numerose prove di carico preliminari le fondazioni adottate per i viadotti sono risultate di due tipi:

- **Pali trivellati a grande diametro** per le zone del Viadotto Expo, il Ponte Principale ed il Viadotto Sud.

Nei viadotti su terraferma i diametri dei pali variano da 800 a 1.800 mm, mentre per il Ponte Principale sono stati adottati pali da 2.200 mm di diametro.

- **Pali battuti in acciaio del diametro di 1.700 mm** per il Viadotto Centrale ad esclusione delle pile adiacenti ai canali di navigazione di Cala de Barcas e Samora dove si sono utilizzati **pali trivellati da 2.200 mm di diametro**.

After the execution of several preliminary load tests, the foundations adopted for viaducts were of two types:

- **Large diameter bored piles** for the areas of Expo Viaduct, Main Bridge and South Viaduct. **The pile diameters of the viaducts on land vary from 800 to 2.200 mm, while for the Main Bridge 2.200 mm diam. piles have been adopted.**

- **Steel driven piles** for the Central Viaduct, excluding the piers next to the navigation channels of Cala de Barcas and Samora, where 2.200 mm diam.bored piles have been adopted.



## L'intervento Trevi

Nel settembre 1994 a TREVI sono stati affidati i lavori per l'esecuzione di una **prova di carico preliminare in acqua fino a 2000 ton** e per la realizzazione dei **148 pali trivellati** (di diametro 2.200 mm e profondità 70 m dal livello medio mare) per il ponte principale e dei **60 pali trivellati** (di diametro 2.000 mm e profondità di 79 m dal livello medio mare) per la porzione in acqua del viadotto sud.

Grazie alla perfetta organizzazione di cantiere ed allo scrupoloso rispetto dei programmi temporali e dei requisiti di qualità richiesti, a TREVI sono stati commissionati, in corso d'opera, i seguenti ulteriori lavori:

- **Costruzione dei cofferdams**, con palancole in acciaio per i 4 piloni del ponte principale in acqua, il loro successivo dragaggio, la scapitozzatura dei pali, la posa subacquea di un doppio strato di geotessile a contenere un filtro di ghiaia e l'esecuzione del getto subacqueo di un tampone in calcestruzzo di 1,5 metri di spessore.

## The TREVI intervention

In September 1994 TREVI has been awarded the works for the execution of an **offshore preliminary load test up to 2000 ton** and the construction of **148 bored piles** (2.200 mm in diameter and 70 m depth from m.s.l.) for the Main Bridge and **60 bored piles** (2.000 mm in diameter and 79 m depth from m.s.l.) for the South Viaduct's piers on water.

TREVI, thanks to its efficient job-site organisation and because of the respect of construction schedule and quality requirements, was awarded following additional contracts:

- **Marine construction of cofferdams** for the 4 Main Bridge Pylons, including steel sheet piles driving, inside dredging, piles trimming, underwater laying of a double geotextile layer spaced by a gravel filter and final underwater 1,5 m thick concrete plug.
- **Manufacturing and assembling of two 130 m long jetties**, as



- **Costruzione e montaggio di due pontili in acciaio**, di 130 metri di sviluppo, quali opere temporanee per le installazioni di cantiere.
- **2 prove di carico** in acqua su pali battuti.
- **Esecuzione di ulteriori 64 pali trivellati di diametro 2.000 mm** per le pile dei viadotti in corrispondenza dei canali di navigazione di Cala de Barcas e Samora.

Inoltre Trevi si è aggiudicata la produzione dei tubi metallici utilizzati per la realizzazione dei pali trivellati: in uno stabilimento di produzione appositamente approntato in cantiere sono stati lavorati ca. 5200 tonnellate di acciaio.

I lavori di competenza della TREVI, iniziati nel marzo 1995, sono stati ultimati nel novembre 1996.

*temporary works for site services.*

- **Two load tests** on water for driven piles.
- **Construction of 64 bored piles, 2000 mm in diameter**, for the piers of the viaduct sections over Cala de Barcas and Samora navigation channels.

*Moreover TREVI was awarded the manufacturing of permanent steel casing adopted for the construction of bored piles. About 5200 ton of steel have been processed in a factory built on purpose on site.*

*TREVI works, started in March 1995, were completed in November 1996.*



## Tecnologie applicate

Il metodo costruttivo adottato per l'esecuzione dei pali trivellati in acqua è stato ampiamente utilizzato da TREVI in occasione di numerose opere similari realizzate in tutto il mondo, tra le quali i ponti sul fiume Paranà in Argentina, il Terzo ponte di Lagos in Nigeria, i ponti sul fiume Po in Italia.

Il sistema di perforazione con rotary e kelly, anche per pali di 2.200 mm di diametro profondi 75 m, si è dimostrato il più idoneo per i terreni presenti lungo l'allineamento del Ponte Vasco de Gama a Lisbona.

Le attrezzature SOILMEC adottate hanno dimostrato anche in questa occasione le loro doti peculiari: elevata potenzialità ed alto grado di affidabilità.

Per l'infissione dei tubi metallici di rivestimento, sino al livello delle

## Applied technologies

*The offshore bored piles excavation method has been widely tested by TREVI in several similar works performed all around the world. The bridges on Paranà river in Argentina, Third Mainland bridge in Lagos, Nigeria and many bridges over the Po river in Italy have been based on bored piles constructed by Trevi.*

*The rotary and kelly system proved to be the most suitable one also for 2200 mm diameter - 75 m depth - piles, adopted for the crossing of Tagus river in Lisbon.*

*The adopted SOILMEC equipment proved once more their peculiar advantages: the high excavation rate and the high reliability degree.*

*Steel casings have been driven into the consolidated clays, at a depth ranging from 34 to 43 m from the sea level, by using a SOILMEC VS-16 hydraulic vibrator.*

*The soil excavation, inside the casings and up to the final depth,*

argille consolidate a quota variabile da 34 a 43 m dal l.m.m., si è utilizzato un vibratore idraulico **SOILMEC VS-16**.

Lo scavo dei pali è stato eseguito con rotary e kelly, utilizzando un fluido di perforazione confezionato con polimeri. L'uso dei polimeri, consigliabile in quanto a minimo impatto ambientale, ha comportato un attento studio dei terreni e del metodo di perforazione. I dosaggi ottimali sono stati definiti attraverso numerose prove condotte in laboratorio ed in cantiere. La posa in opera della gabbia metallica di armatura è stata una delle fasi più delicate e complesse dell'intero processo produttivo. Il peso della gabbia, mediamente pari a 30 ton, l'impiego di barre longitudinali di 56 mm e la presenza di 6 tubi di diametro variabile da 2" a 5", per i controlli non distruttivi da eseguire su ogni palo completato, hanno richiesto l'uso di sistemi di sollevamento appositamente studiati e di una tecnica di

*has been performed by rotary and kelly system, in presence of a polymer based drilling fluid, the advisable solution to minimise environmental pollution. Polymers drilling fluid dosage and physical parameters have been adopted after several tests performed both in laboratory and on site.*

*The laying of steel reinforcements proved to be one of the most difficult phase in the piles construction process. Specially designed lifting equipment and precise operational procedure have been adopted to respect quality and safety requirements in the laying of 30 ton steel cages manufactured with 56 mm main bars and equipped with 6 pipes, 2" and 5" in diameters, to be utilized for the non destructive tests that have been performed on all the piles.*

*The concrete for the piles has been supplied and pumped by floating*



posa in opera che garantisca il rispetto dei requisiti di qualità e di sicurezza. Per il getto dei pali si è utilizzato un impianto di produzione e fornitura del calcestruzzo galleggiante, per una capacità produttiva di 120 m<sup>3</sup>/ora ed in grado di stoccare 580 m<sup>3</sup> di inerti.

I pontoni principali e quelli di servizio sono stati appositamente studiati ed attrezzati per poter operare nelle diverse fasi produttive e con variazioni di marea superiori ai 4 metri. In particolare il pontone principale "Fittona", è stato allestito sia per la posa dei rivestimenti metallici che per la trivellazione dei pali, fungendo inoltre da pontone di supporto per l'impianto di preparazione e depurazione del fluido di perforazione. Bettoline a fondo apribile sono state utilizzate per il carico del materiale di risulta delle trivellazioni, che veniva poi trasportato in apposite aree di discarica.

TREVI ha collaborato intensamente con il Contrattista Principale adattando attrezzature, personale e programmi lavori alle esigenze del cantiere, sin dalla fase iniziale di impianto cantiere e lavori preparatori.

*concrete plant of 120 cum/h output and with an aggregate stocking capacity of 580 cum.*

*The main and ancillary pontoons have been specially designed and equipped in order to satisfy all different requirements in terms of production phases and various tasks.*

*The "FITTONA" main barge has been prepared to insert the permanent casings, to bore the piles and to be utilized as preparation and processing plant for drilling fluids.*

*Debris resulting from boring operations were loaded on barges with opening bottom and transported to selected undersea waste deposits.*

*Trevi strongly collaborated with Main Contractor by adapting equipment, personnel and programs to the site requirements, especially in the starting phase for the site installation and preparatory works.*



## Qualità e Sicurezza

Il cantiere è stato organizzato e condotto secondo il Sistema Qualità ISO 9000, stabilendo, in accordo con Novaponte, tutte le procedure inerenti ogni fase delle lavorazioni di Trevi ed il coordinamento con le operazioni del Contrattista Principale.

Controlli rigorosi di qualità sono stati condotti sulla manifattura dei tubi in acciaio, sui trasporti marittimi, sulle operazioni inerenti la costruzione dei cofferdams e naturalmente dei pali.

Controlli non distruttivi sono stati eseguiti su tutti i pali, al fine di verificare la corrispondenza qualitativa del calcestruzzo e del metodo esecutivo adottato.

È stato istituito infine in cantiere un apposito Dipartimento di

## Quality and Safety

The site has been organised and carried out according to the Quality System ISO 9000, by setting, with Novaponte, all procedures concerning each phase of Trevi works and the interferences with the operations of the Main Contractor.

Accurate quality controls have been organised for the production of steel pipes, maritime transports, operations relative to cofferdam and pile execution.

Non destructive controls have been carried out on all piles performed, in order to check the quality standards of the concrete and the applied execution methods.

A special Industrial Safety Department has been established in



Sicurezza Industriale per seguire gli aspetti di prevenzione ed applicazione delle Norme di Sicurezza per ogni fase delle lavorazioni affidate alla Trevi.

order to follow all aspects relevant to prevention and application of the Safety Rules for each phase of the works awarded to Trevi.

### Principali quantità / Main quantity

<b>Pali Trivellati / Bored Piles</b>	2200 Ø	148
<b>Pali Trivellati / Bored Piles</b>	2000 Ø	124
<b>Prove di carico su pali in acqua / Load testing on bored piles on water</b>		3
<b>Palancole in acciaio / Steel Sheet Piles</b>		16.400
<b>Dragaggi / Dredging</b>		80.000
<b>Jetties: Pali infissi / Driven Piles</b>		110
<b>Superficie impalcato / Deck Surface</b>		3.450
<b>Posa subacquea geotessile / Underwater laying of geotextiles</b>		11.300
<b>Posa subacquea calcestruzzo / Underwater laying of concrete</b>		6.700
<b>Costruzione tubi in acciaio / Steel pipes construction</b>		5.200



a TREVI Group company

5819, via Dismano - 47522 **Cesena** (FC) - Italy  
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.318542  
e-mail: [intdept@trevispa.com](mailto:intdept@trevispa.com)  
[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)



TREVI S.p.A.  
Divisione RODIO