



GeoCompany
Tecnologia, Engenharia
e Meio Ambiente



MÓDULO: FUNDAÇÕES

Prof. Dr. Roberto Kochen – Presidente e Diretor Técnico
kochen@geocompany.com.br

Eng. M.Sc. Danielle Melo – Coordenadora de Projetos
danielle.melo@geocompany.com.br

www.geocompany.com.br

**Professor: LUIZ ANTONIO NARESI
JUNIOR**

E-mail: naresi@naresi.com

www.rtgespecializacao.com.br

INTRODUÇÃO

- A Estação Elevatória de Água Bruta Jaguari (EEAB Jaguari) é parte integrante da obra de interligação entre as Represas Jaguari e Atibainha
- A Obra permitiu a comunicação das bacias hidrográficas do Cantareira e do Paraíba do Sul
- 3 elementos principais que são:
 - EEAB Jaguari
 - EEAB Atibainha
 - Adutora entre tais estruturas

INTRODUÇÃO

- Objetivo
Apresentar a solução adotada para a fundação da EEAB Jaguari
- Estrutura tem dimensões externas de 30,2 x 29,7 metros

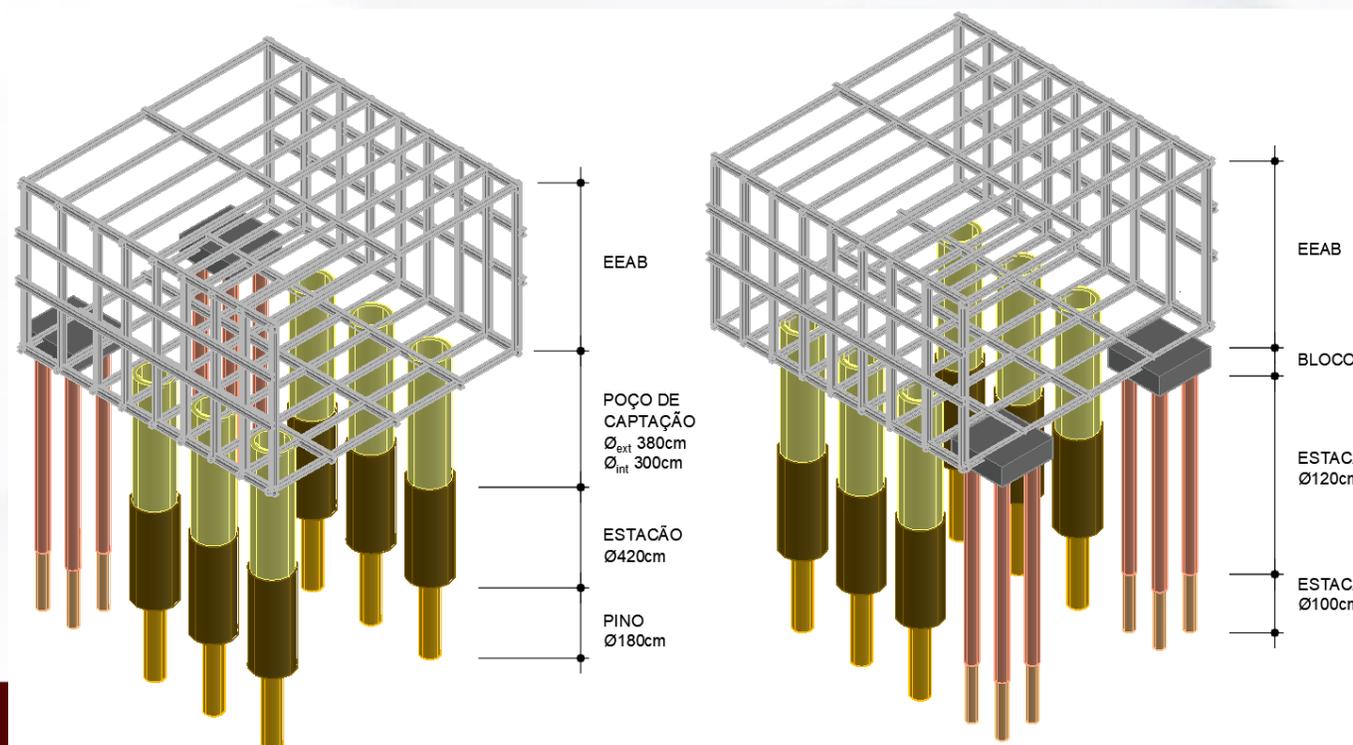


INTRODUÇÃO

- Reservatório da barragem de Jaguari
- Fundação realizada completamente submersa
- Necessário apoio de balsas, guindastes, martelo de cravação e equipe de mergulhadores profissionais
- A lâmina d'água no local da estrutura apresentava uma altura de $\approx 20\text{m}$

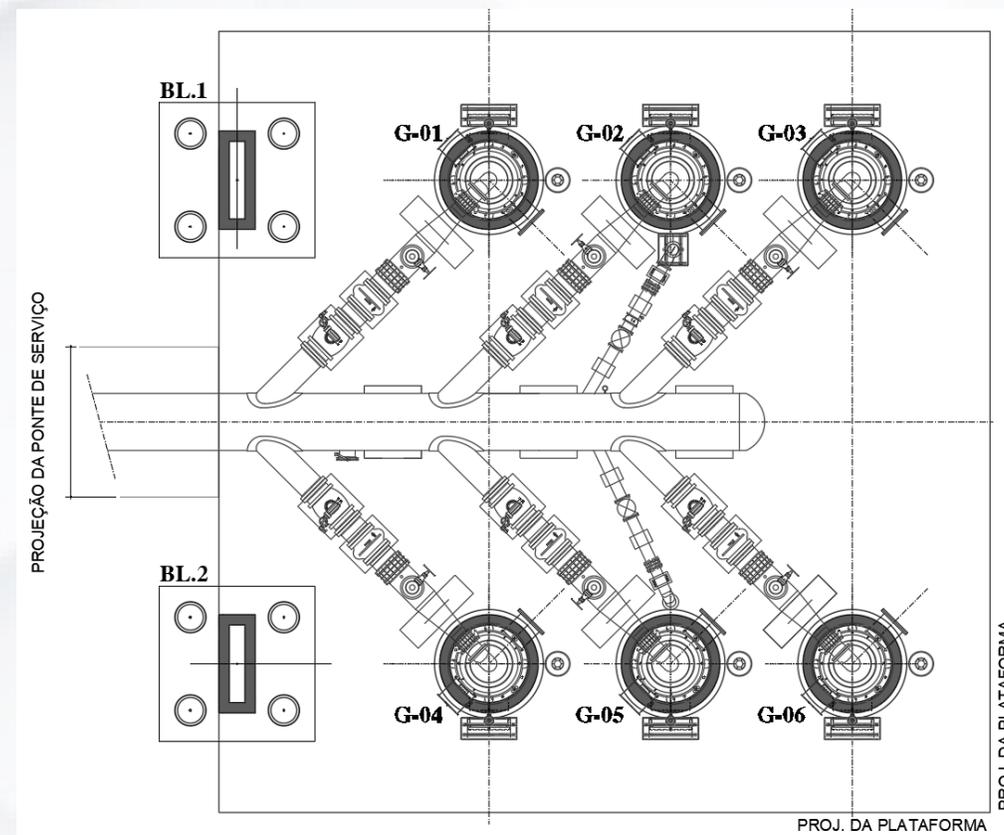
EEAB Jaguari

- A EEAB Jaguari é composta por 6 conjuntos de moto-bomba de eixo verticais de 5000cv de potência dispostas em duas linhas paralelas com 3 bombas cada



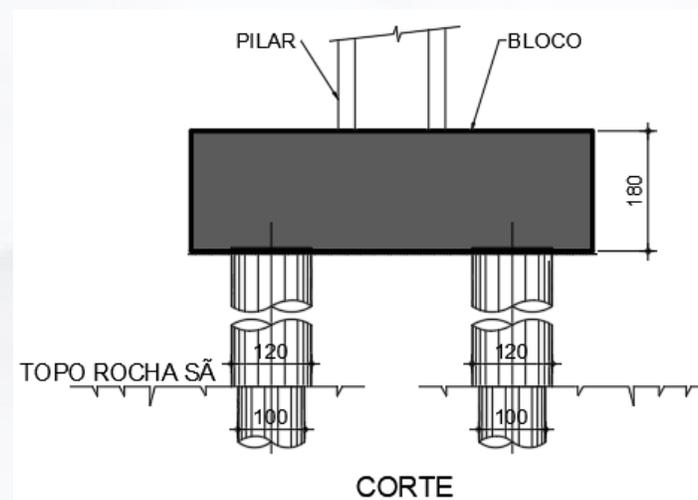
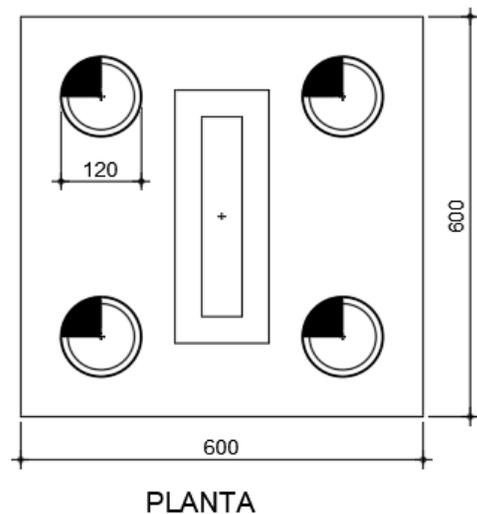
EEAB Jaguari

- No centro destas linhas existe um tubo coletor de recalque (cavalete) com DN 2200 mm em formato espinha de peixe, que receberá a descarga das 6 bombas
- O conjunto tem a capacidade de transpor uma vazão média anual de $5,13\text{m}^3/\text{s}$ e uma vazão máxima de $8,5\text{m}^3/\text{s}$ a um desnível geométrico de 176m no sentido Jaguari Atibainha



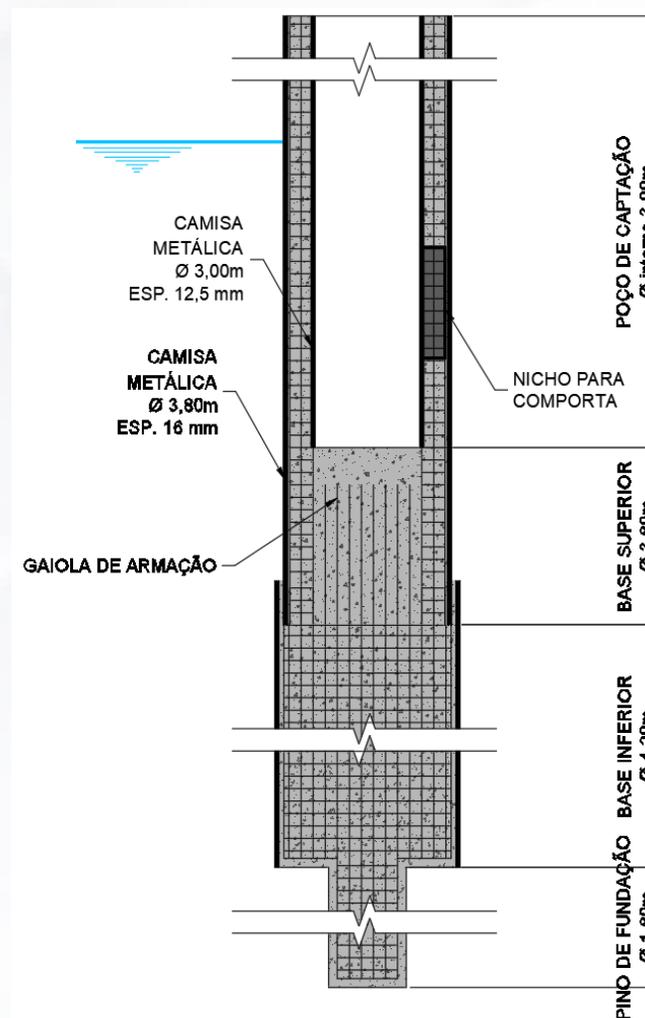
EEAB Jaguari

- A estrutura da EEAB Jaguari é apoiada sobre dois blocos e os seis poços de captação
- Cada um dos blocos é suportado por 4 estacas com diâmetro de 1,20m no trecho em solo e de 1,00m no trecho em rocha



EEAB Jaguari

- Os poços de captação têm dupla funcionalidade, atuam como estrutura de captação, na qual serão instaladas as bombas verticais para tomada de água, e servem também como elemento de transmissão da carga, da estrutura para a fundação.
- A fundação se deu através de um estacão de grande diâmetro, 4,20m, ancorado em rocha sã através de um pino de 1,80m

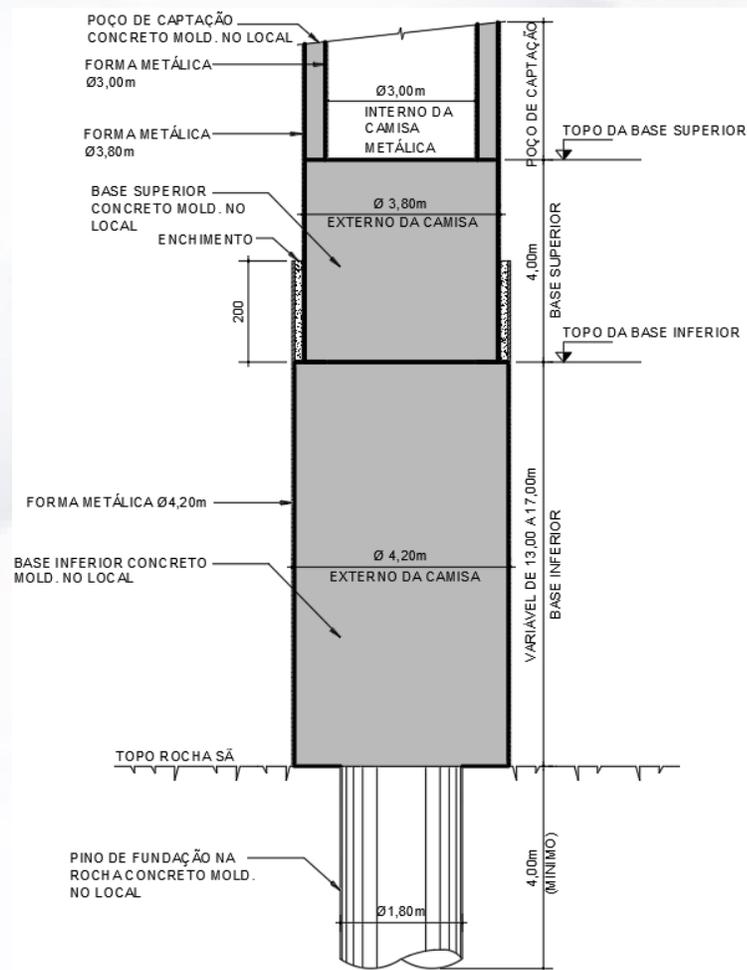


Aspectos Construtivos

- A construção dos poços e das suas fundações foi realizada de forma completamente submersa
- A principal dificuldade construtiva se deu pela opção de executar a estrutura dentro do reservatório, sem o auxílio de ensecadeira
- Tal medida construtiva foi tomada para que fosse possível atender ao curto prazo de construção, tendo em vista que a obra foi uma resposta do Governo do Estado de São Paulo à crise hídrica que atingiu o Estado nos últimos anos
- Lâmina d'água no local de ≈ 20 m

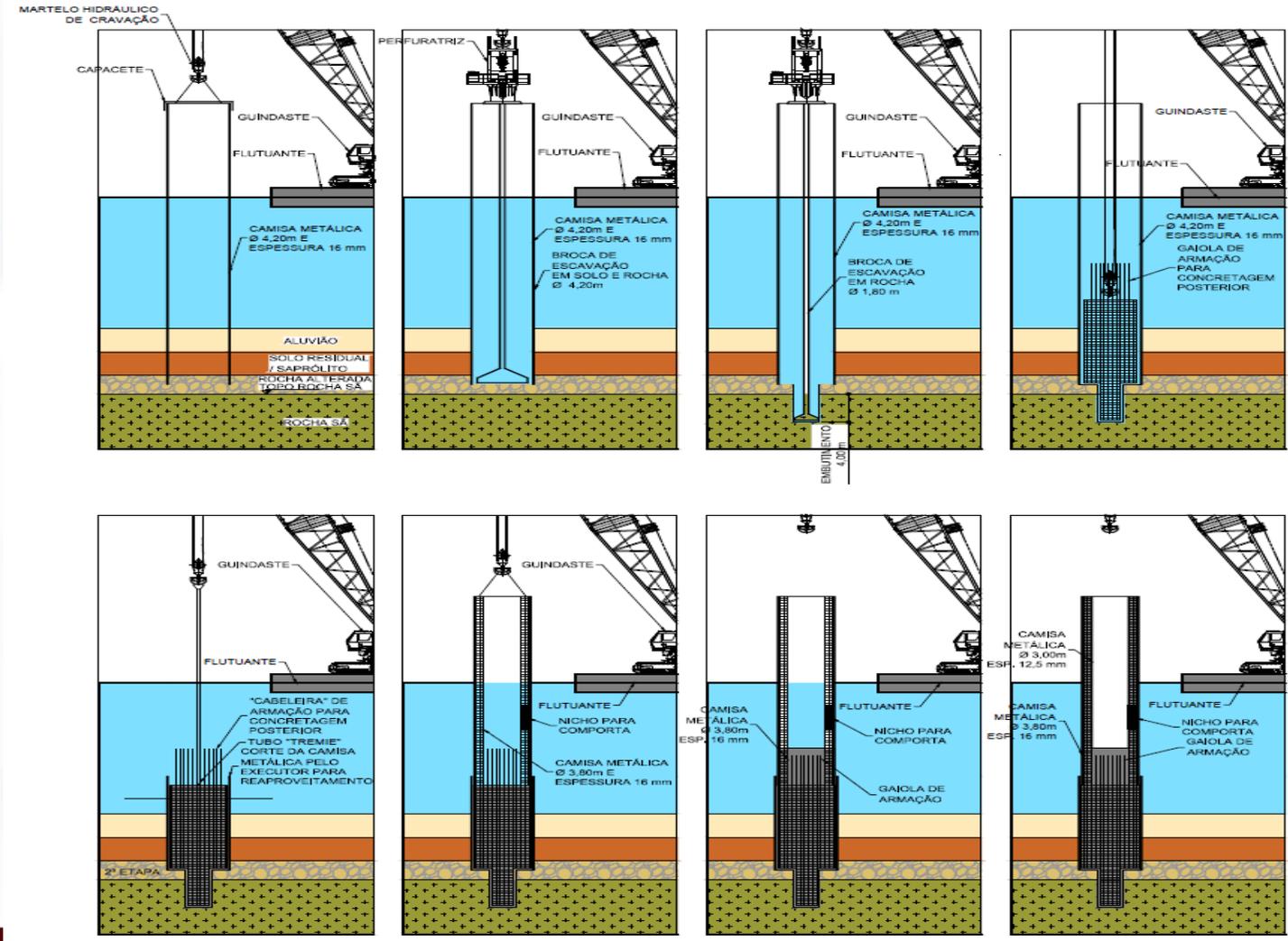


Aspectos Construtivos



- A estrutura da fundação dos poço de captação é composta pelos seguintes elementos:
 - pino de fundação com diâmetro de 1,80m embutido em rocha sã
 - base com diâmetro de 4,20 m concretado através do apoio de uma camisa metálica e
 - poço propriamente dito, com diâmetro externo de 3,80 m e diâmetro interno de 3,00 m concretado através da utilização de camisas metálicas.

Sequência de Execução



Método Construtivo

- Para a construção das fundações o primeiro passo foi a cravação de uma camisa metálica de 4,20 m de diâmetro até encontrar o topo rochoso
- Dificuldade na execução → topo rochoso é variável e a camisa metálica precisava se manter plana e com prumo
- Rigoroso controle de qualidade durante a cravação destas camisas
- Após a cravação ocorria a escavação em solo e rocha com perfuratriz do tipo Wirth com diâmetro de 4,20 m até a cota especificada em projeto

Método Construtivo

- Escavação da base da fundação com diâmetro de 4,20m



Método Construtivo

- Escavação da base da fundação com diâmetro de 4,20m



Método Construtivo

- Com a conclusão do trecho que se encontrava em solo e em maciço rochoso alterado, se iniciou a escavação dos pinos de fundação, com diâmetro de 1,80 m, escavado através de perfuratriz tipo Wirth com limpeza através de circulação reversa
- O comprimento médio do pino de fundação para os poços foi de 8,2m
- Findada a escavação e limpeza do pino, se iniciava a descida da gaiola de armação. A armação dos pinos foi montada juntamente com a armação dos estacões de 4,20m de diâmetro, formando uma estrutura em formato de cálice
- Após o posicionamento da armação ocorria a concretagem em etapas que foi realizada submersa através de tubo tremie
- O consumo médio de concreto por apoio foi de 225 m³, considerando do pino de fundação ao início da parede do poço de captação.

Método Construtivo



Método Construtivo



Método Construtivo

- Após a concretagem da fundação iniciou-se a execução dos poços de captação. A estrutura do poço de captação é composta por duas camisas metálicas, a camisa interna tem diâmetro de 3,00m e a externa tem diâmetro de 3,80m
- A sequência de execução do poço de captação foi a seguinte: descida da camisa metálica de 3,80m de diâmetro, descida da armação da parede do poço e concretagem da região interna, descida de camisa metálica de 3,00m e concretagem da parede do poço de captação. A parede dos poços ficou com espessura de 40cm, contendo aberturas, onde foram instaladas comportas, para permitir a captação da água

Método Construtivo



RTG

ESPECIALIZAÇÃO



RTG

ESPECIALIZAÇÃO



RTG

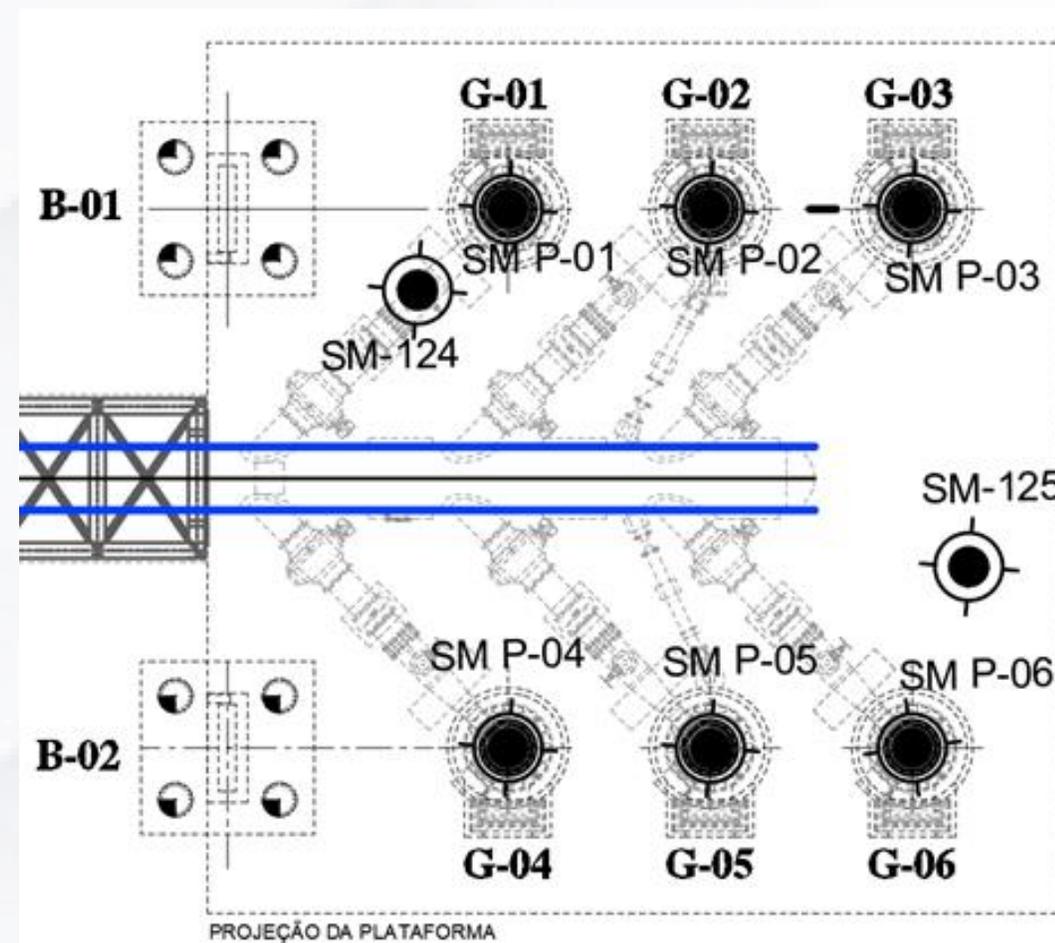
ESPECIALIZAÇÃO





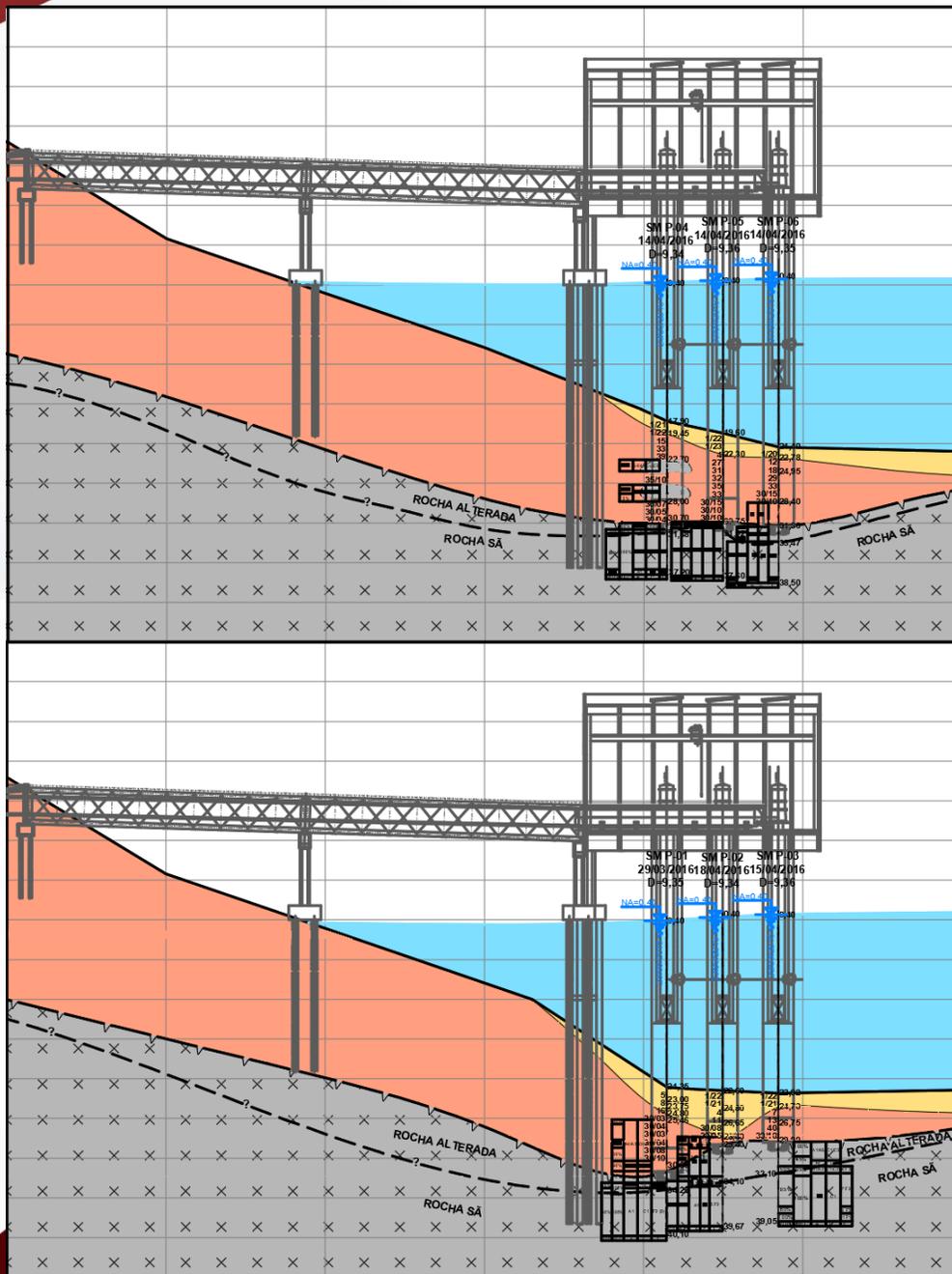
Subsolo Local

- Campanha de sondagens
- 1 sondagem mista no eixo de cada um dos poços de captação da EEAB totalizando 6 sondagens
- 2 sondagens mistas na área ao redor



Subsolo Local

- Perfil geológico é composto por:
- camada de aluvião (areia fina a grossa, com pedregulho fino a médio, com trechos de argila siltosa, marrom amarelada a cinza variegada)
- camada de solo residual (silte pouco arenoso, com mica, marrom escuro a marrom amarelado)
- maciço rochoso (granito-gnaisse milonitizado pertencente ao granitóide intrusivo Santa Isabel (neoproterozoico), apresentando característica de rocha sã a pouco alterada, com trechos xistosos, com porfiroblastos de quartzo e k-feldspato, foliação inclinada, subvertical e incipiente, granolepidoblástico, fanerítico fino a médio, com trechos muito alterados, cinza escuro e branco).

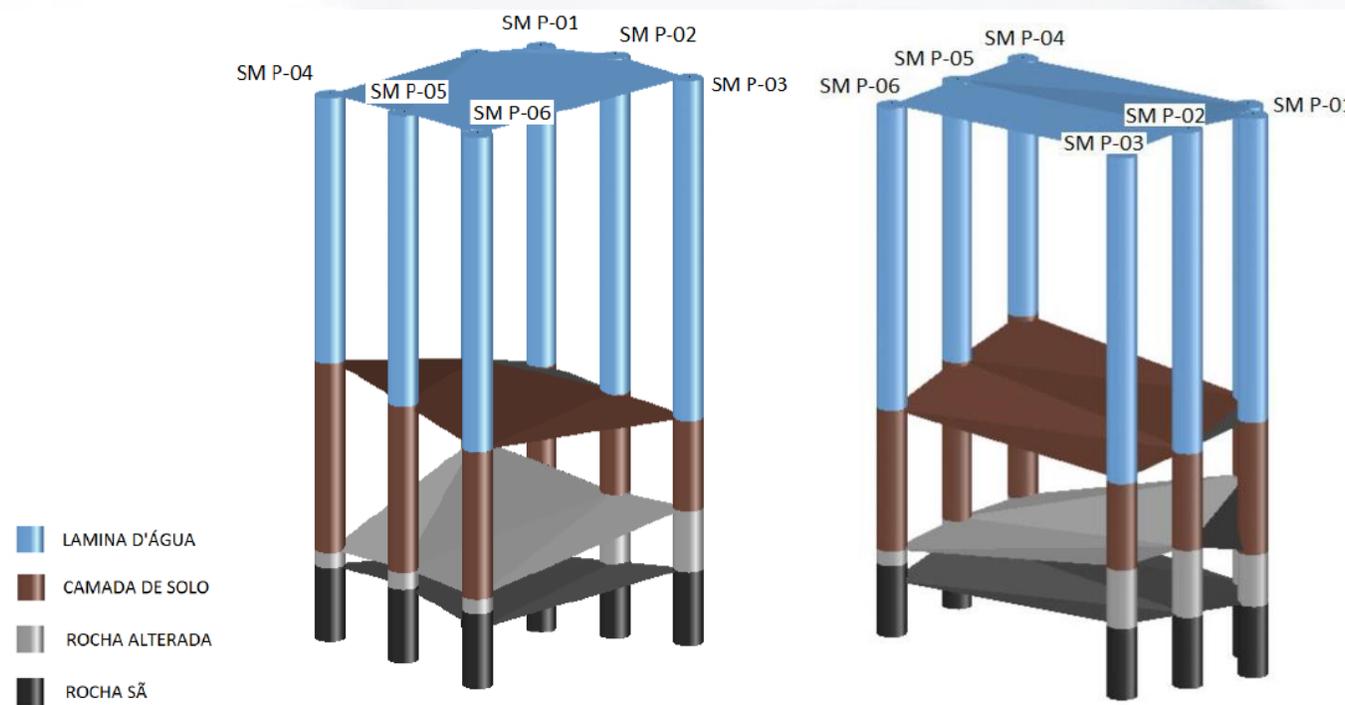


LEGENDA

-  **ALUVIÃO:** AREIA FINA A GROSSA, COM PEDREGULHO FINO A MÉDIO (CASCALHO), COM TRECHOS DE ARGILA SILTOSA, MARROM AMARELADA A CINZA VARIEGADA
-  **SOLO SAPROLÍTICO / SAPRÓLITO:** SILTE ARENOSO (FINA), POR VEZES ARGILOSO, MICÁCEO, COM CAULIM, MARROM VARIEGADO A CINZA VARIEGADO
-  **MACIÇO ROCHOSO:** GRANITO-GNAISSE MILONITIZADO PERTENCENTE AO GRANITÓIDE INTRUSIVO SANTA ISABEL (NEOPROTEROZOICO), APRESENTANDO CARACTERÍSTICA DE ROCHA SÃO A POUCO ALTERADA, COM TRECHOS XISTOSOS, COM PORFIROBLASTOS DE QUARTZO E K-FELDSPATO, FOLIAÇÃO INCLINADA, SUBVERTICAL E INCIPIENTE, GRANOLEPIDOBLÁSTICO, FANERÍTICO FINO A MÉDIO, COM TRECHOS MUITO ALTERADOS, CINZA ESCURO E BRANCO

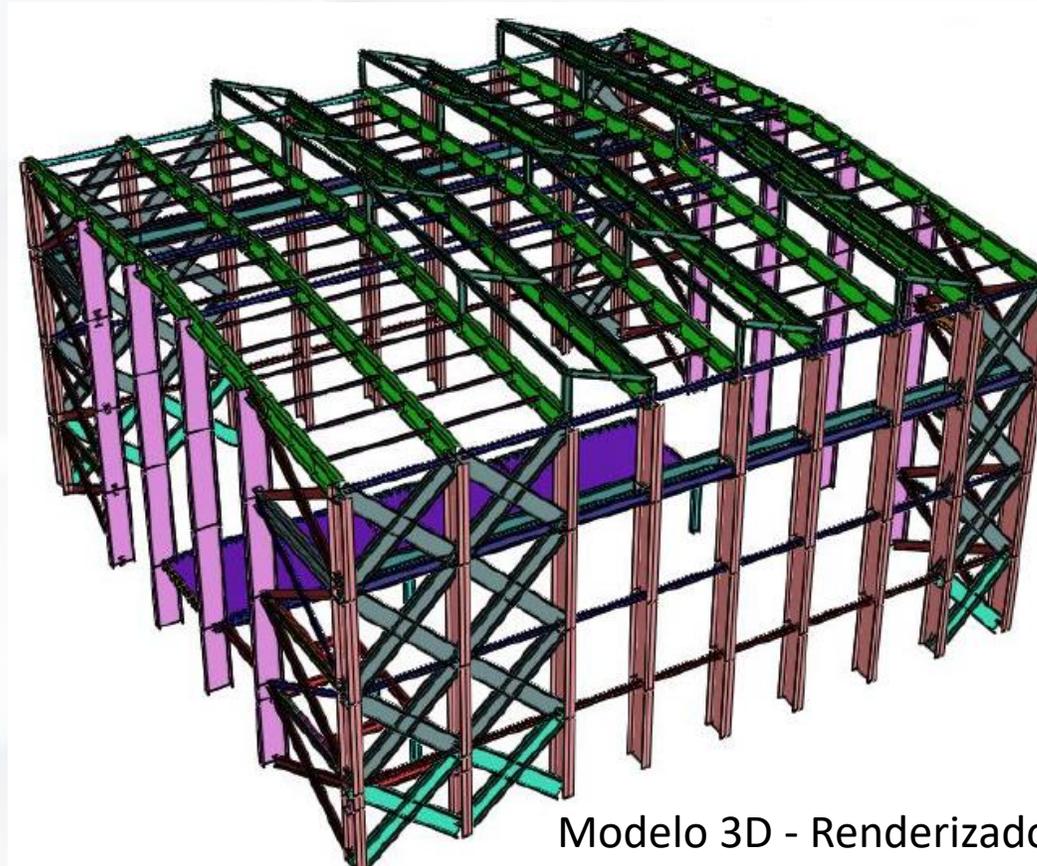
Subsolo Local

- representação tridimensional da geologia encontrada no local dos poços de captação, indicando a extensão da lâmina d'água, camada de solo, de rocha alterada e de rocha sã.



Fundação

- Para a definição das cargas atuantes foi utilizado o software STRAP 2009, sendo considerada a estrutura de fechamento e cobertura, carga móvel adotada TB-45 e a ponte rolante com capacidade para 30tf, cujo peso é de 15tf



Modelo 3D - Renderizado

Fundação

- Permanente
 - Peso próprio
 - Peso Bombas
- Permanente e Acidental
 - Carga da estrutura
- Acidental
 - Vento e Bombas

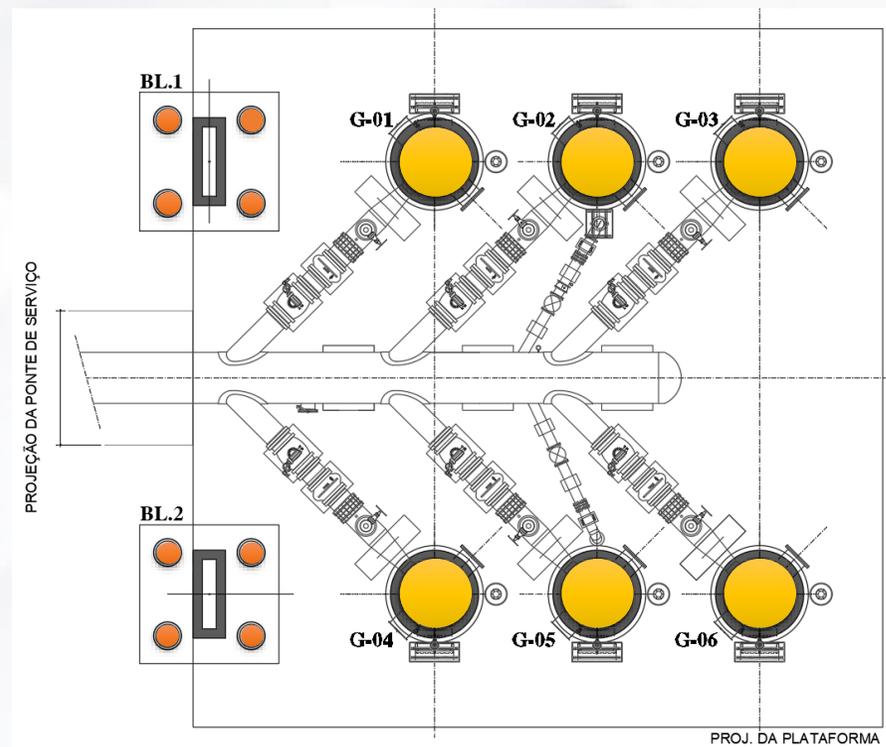
Item	Fz [tf]	Fz [tf]	Fz utilizado [kN]	Sondagem referência
G1	1.570,30	1.580	15.800	SM P-01
G2	1.310,10	1.320	13.200	SM P-02
G3	1.771,20	1.780	17.800	SM P-03
G4	1.376,30	1.380	13.800	SM P-04
G5	1.081,00	1.090	10.900	SM P-05
G6	1.645,80	1.650	16.500	SM P-06

Fundação

- Carregamento

Entre 1081 e 1771tf por estaca/poço

Entre 166 e 229tf por estaca



Fundação

- Para o dimensionamento da capacidade de carga das estacas foi utilizado o método proposto por Cabral-Antunes (SEFE 2000)
- capacidade de carga de estacas embutidas em rocha pode ser considerada como a soma da parcela da resistência por atrito lateral com a parcela de resistência de ponta

$$P_{adm} = P_{ponta,adm} + P_{lateral,adm}$$

Fundação – Cabral Antunes

- Resistência de ponta

Tipo de Rocha	Muito Alterada RAM	Alterada RAD	Pouco alterada a sã RS
Tipo 1	2,50 a 6,00	7,00 a 25,00	8,00 a 40,00

Tipo 1 = Rochas ígneas e metamórficas → basaltos, gnaisses e granitos

- Limite: $\sigma_p < 0,40f_{ck}$

- Resistência Lateral

$\sigma_l = 2,5\% \text{ a } 3,5\% \sigma_p$

- Limite: $\sigma_l < f_{ck}/15$

Fundação – Cabral Antunes

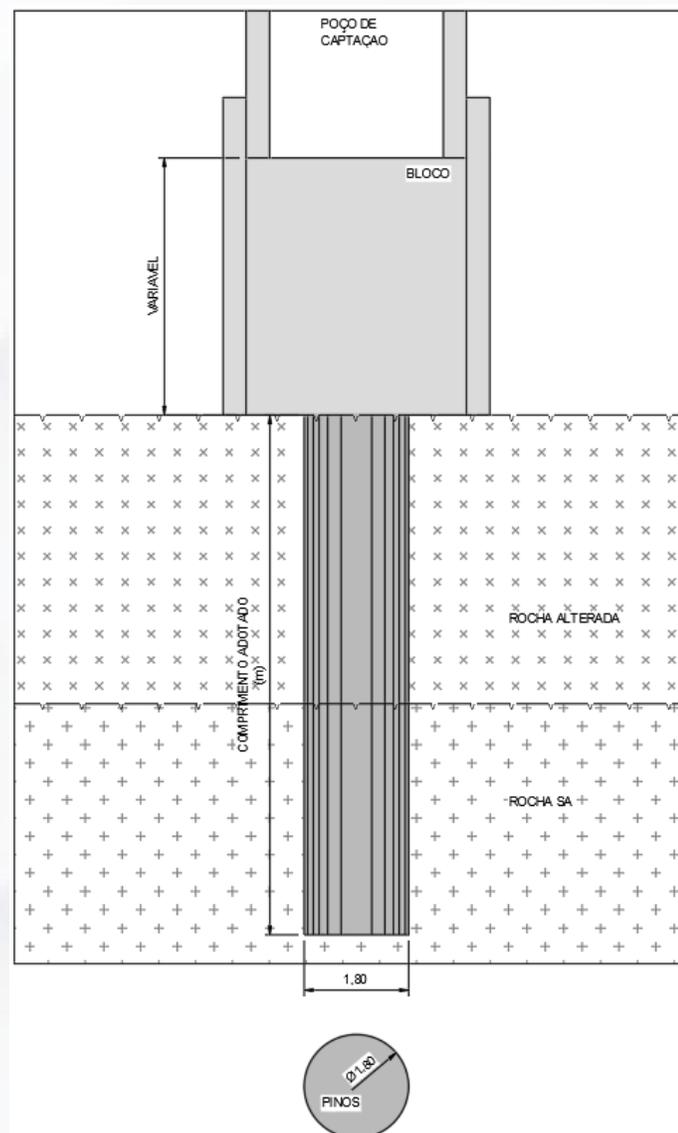
$L_e \rightarrow$ comprimento de embutimento

Nível de confiança e qualidade da rocha	Fator multiplicador
Não existe dúvidas quanto a limpeza e qualidade da rocha de apoio	$L_e = 0,5 D$
Possibilidade de a qualidade da rocha de apoio ser inferior a encontrada no final da perfuração	$L_e = 1,5 D \rightarrow \sigma_p > 30MPa$ $L_e = 2,0 D \rightarrow 15MPa < \sigma_p < 30MPa$
Problemas com relação a limpeza e qualidade da rocha de apoio	$L_e = 3,0 D \rightarrow \sigma_p > 30MPa$ $L_e = 4,0 D \rightarrow 15MPa < \sigma_p < 30MPa$

- Adotado comprimento mínimo de embutimento em maciço rochoso de elevada competência (rocha sã) de 4,0m.

Fundação

- O comprimento de embutimento da estaca de 1,80m variou entre 4,0m e 11,0m em rocha sã



CONCLUSÕES

- Este trabalho apresentou uma descrição da fundação offshore em rocha com estacas de grande diâmetro realizada na estrutura de captação da EEAB Jaguari, na obra de Interligação entre as Represas Jaguari e Atibainha.



CONCLUSÕES

- Para servir de base para os poços de captação, a fundação foi feita através de estações de 4,20 m de diâmetro e pinos com diâmetro de 1,80 m.



CONCLUSÕES

- Cada um dos dois pilares foi sustentado por 1 bloco com 4 estacas, estas estacas têm diâmetro de 1,20 m no trecho em solo e de 1,00 m no trecho em rocha.



CONCLUSÕES

- O projeto e execução dessa fundação apresentou características ímpares, como a dificuldade na logística de execução dentro da represa, com o posicionamento das camisas, gaiolas de armação e da própria concretagem, que teve que ser realizada em etapas.

RTG

ESPECIALIZAÇÃO



CONCLUSÕES

- Com as soluções inovadoras, empenho na elaboração do projeto e na execução da obra, o empreendimento pôde ser entregue dentro do prazo estipulado, garantindo a segurança hídrica da Região Metropolitana de São Paulo.



RTG

ESPECIALIZAÇÃO

