

## I-126 - A EXPERIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS METÁLICOS PARAFUSADOS NA UN SUL/SABESP

### **Levi Bacarin**

Engenheiro Civil e Tecnólogo em Obras Hidráulicas, com Especialização em Engenharia de Saneamento Básico. Atua na Divisão de Adução e Serviços Especiais da Unidade de Negócio Sul da Sabesp.

### **João Guilherme Geller**

Técnico em Saneamento. Atua na Divisão de Adução e Serviços Especiais da Unidade de Negócio Sul.

### **Felipe Magno da Silva**

Engenheiro Civil e Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental. Atua na Divisão de Operação da Distribuição da Unidade de Negócio Sul.

### **Armando Gomes Ferreira Junior**

Engenheiro Civil. Gerente da Divisão de Adução e Serviços Especiais da Unidade de Negócio Sul.

### **Agostinho de Jesus G. Geraldês**

Engenheiro Civil. Gerente do Departamento de Serviços da Unidade de Negócio Sul.

**Endereço:** Rua Graham Bell, Alto da Boa Vista – São Paulo - SP - CEP: 04737-030 - Brasil - Tel: +55 (11) 56829957 - e-mail: levibacarin@sabesp.com.br.

### **RESUMO**

Entre os anos de 2014 e 2016 a Unidade de Negócio Sul da Sabesp implantou 7 novos reservatórios de aço parafusados.

Diversas questões técnicas executivas foram aprendidas durante a realização das obras e que poderão contribuir para o aprimoramento de trabalhos futuros.

As diferentes formas de aquisição do tanque – diretamente pela Sabesp ou como fornecimento dentro do contrato de implantação - permitiram conclusões sobre os benefícios e dificuldades inerentes a cada formato.

Um dos aspectos mais importantes refere-se ao resultado final da obra, ou seja, eventuais problemas estruturais ou de estanqueidade podem gerar conflito quanto à efetiva responsabilidade de um ou outro fornecedor, daí se percebe que a contratação conjunta minimiza a possibilidade de conflito.

Outro ponto relevante a ser administrado é a interface entre as fases de obras civis e montagens mecânicas do tanque.

Dentro desse enfoque segue-se uma breve comparação entre as formas de execução com a utilização do formato “short-start/*embed*” – embutida na concretagem da laje - ou com utilização de canaleta “*slot-montage*”.

As observações pontuadas acima levam a algumas conclusões para reflexão, das quais se destacam as seguintes:

- A contratação conjunta das obras civis e montagem do tanque sob o escopo de um mesmo contrato traz maior sinergia entre essas etapas durante a execução da obra.
- Quando houver a opção pela aquisição do tanque separada do contrato da obra civil, a opção pela montagem em canaleta é interessante por tornar quase totalmente independentes as fases de obra civil e de montagem mecânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatório, tanque de aço parafusado.

### **INTRODUÇÃO**

A crescente necessidade de otimização das obras, seja decorrente de restrições orçamentárias ou ainda do prazo curto para sua execução, parece ter encontrado uma solução no que diz respeito à implantação ou ampliação de centros de reservação de água para abastecimento público.

Os reservatórios de aço evoluíram da solução das chapas soldadas em campo para a montagem parafusada.

Dessa forma todo o processo de manufatura (cortes, furações, calandra, revestimentos interno e externo) se dá em ambiente controlado, no interior de uma fábrica (vide fotos 1 a 6, abaixo), sob rigoroso controle de qualidade do processo, sendo feita no campo apenas a atividade de montagem.

O fato de o reservatório já vir pronto da fábrica leva a uma menor mobilização de mão-de-obra no canteiro, menor prazo de execução da obra, menor necessidade de espaço no canteiro de obra, diminuição do consumo de recursos naturais e menor geração de resíduos de obra.

Talvez a velocidade de instalação seja um dos grandes pontos positivos desse sistema. Esse tipo de construção leva de 45 a 60 dias para ficar pronta e, se fossem de aço soldado, o tempo seria maior, tanto por causa do revestimento, que precisa ser feito no campo, como em função da soldagem, que demanda a mão-de-obra especializada de soldadores, além de testes de raio X, ultrassom ou líquido penetrante, etc.. Além disso, em períodos de chuva, a utilização da solda é dificultada.

Já no caso do concreto, a construção não levaria menos do que 180 dias.

Some-se a isso que as estruturas de concreto armado têm utilização intensiva de mão-de-obra quase artesanal, propiciando maior variabilidade no processo e, portanto sujeitas a maior quantidade de defeitos e consequente necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil.

É importante ressaltar ainda que enquanto os reservatórios de concreto tem peso próprio equivalente a até o dobro do peso da água reservada, o reservatório de aço pesa cerca de 1 décimo disso, propiciando assim a execução de fundações menos onerosas.

Desenvolvidos em meados da década de 20, os tanques em aço parafusados com revestimento de fábrica em epóxi foram usados primeiramente na indústria de exploração de petróleo dos Estados Unidos como tanques de armazenamento para petróleo bruto. Usados ainda hoje em poços petrolíferos de todo o mundo, os tanques adquiriram padronização do Instituto de Petróleo Americano (API) em 1953 sob a especificação da API-12B.

Com o incremento da tecnologia, em 1970 teve o reconhecimento da *American Water Works Association* (AWWA) sob o padrão AWWA D103. Os tanques incorporam um projeto de junta / flange nas junções horizontais e sobrepostas nas junções verticais, utilizando gaxetas elastoméricas em padrão EPDM para o arremate entre as chapas. As chapas dos tanques são de aço carbono ASTM A36 ou 1011. O revestimento epóxi sobre as chapas são aplicados na fábrica em ambientes rigorosamente controlados, de maneira análoga aos reservatórios vitrificados.

Desenvolvidos e patenteados em 1949 pela empresa A.O. Smith, os tanques em aço parafusados com revestimento vitrificado de fábrica incorporaram um avanço significativo na tecnologia de revestimento de tanques de aço.

Primeiramente utilizado com bastante êxito nos mercados de agricultura, a partir do início da década de 70, a mesma tecnologia foi introduzida para armazenamento de outros líquidos e também nos sistemas de abastecimento de água potável.

Através de processos altamente sofisticados, o processo de vitrificação foi desenvolvido para ser aplicado em ambos os lados das chapas de aço. O revestimento obtido pela fundição da camada de vidro ao aço, à temperatura de 850°C, torna-se impermeável a líquidos e vapores, resistente à corrosão e à abrasão.

Apresentam um sistema de contraventamento que permite reduzir a espessura das chapas utilizadas no costado, e sistema de proteção de cantos com a aplicação de selante nas bordas.

Uma ampla variedade de coberturas pode ser utilizada nesses tanques, dependendo da aplicação, tais como o domo geodésico de alumínio, PVC ou vitrificado.

Os fabricantes costumam prever também o fornecimento dos acessórios como flanges, conexões, extravasor, escadas guarda-corpo e sistema de proteção catódica.

Tipicamente executado num sistema em que a base é de concreto, assentando-se sobre fundação direta ou indireta, as chapas parafusadas são fáceis de montar e praticamente não necessitam de manutenção.

Fica evidente que a solução explora as melhores características do concreto e do aço para essa aplicação, tanto do ponto de vista estrutural como de operação e manutenção. A laje de fundo em concreto estará permanentemente submersa e, portanto protegida dos efeitos corrosivos da alternância de exposição entre as fases ar/água, enquanto que suas paredes de aço devidamente revestidas interna e externamente – de fábrica – não sofrem com os efeitos das intempéries da mesma forma que uma estrutura de concreto.

Os custos de manutenção do tanque em chapa vitrificada são baixíssimos, especialmente quando comparados aos dos tanques soldados em campo ou de concreto, isso porque o vidro está quimicamente e mecanicamente fundido ao aço e não requer manutenção periódica ou retoques de pintura durante sua vida útil. O revestimento epóxi pode requerer repintura ao longo da vida útil do reservatório.

Qualquer mancha pode ser removida com limpadores comuns. A limpeza decorrente da operação do tanque também é mais rápida e menos custosa que a limpeza de um tanque de concreto ou em aço soldado revestido na obra.

Ainda é controversa a aplicação de proteção catódica aos tanques. Na UN Sul foi seguida a recomendação do fabricante de não aplicar proteção catódica nos reservatórios com revestimento epóxi. No tanque com revestimento vitrificado foi aplicada proteção catódica passiva com anodo de sacrifício.

Imagens da fabricação:

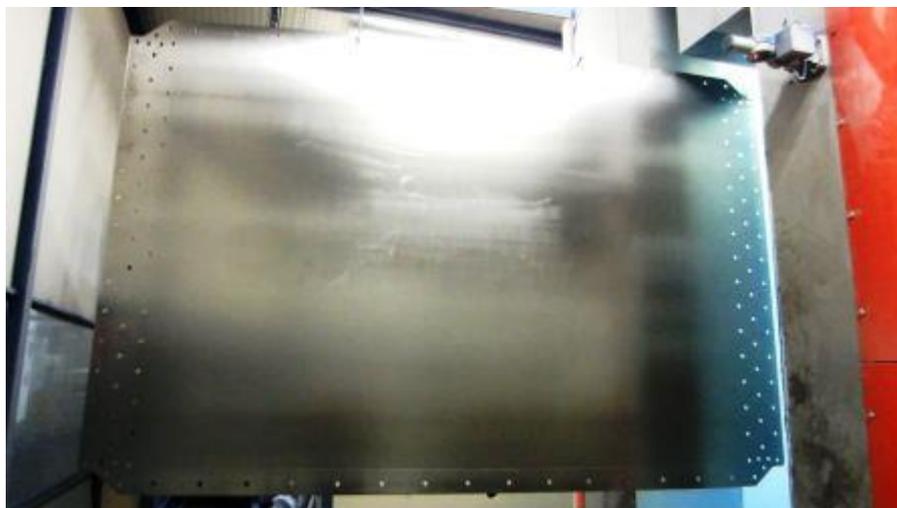


Figura 1 - Chapa preparada entrando na câmara de aplicação da camada de revestimento

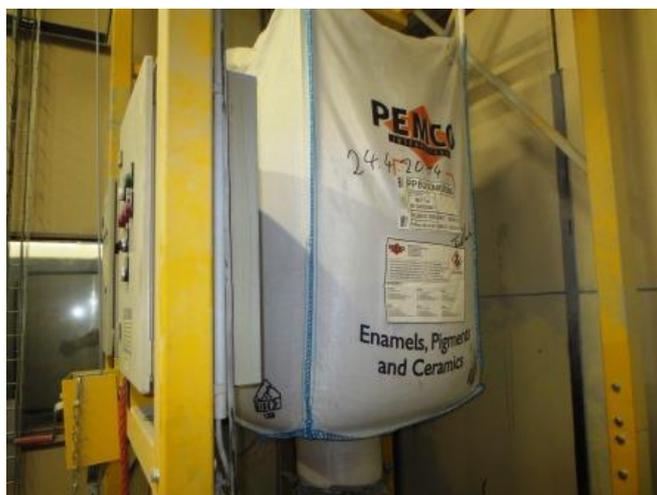
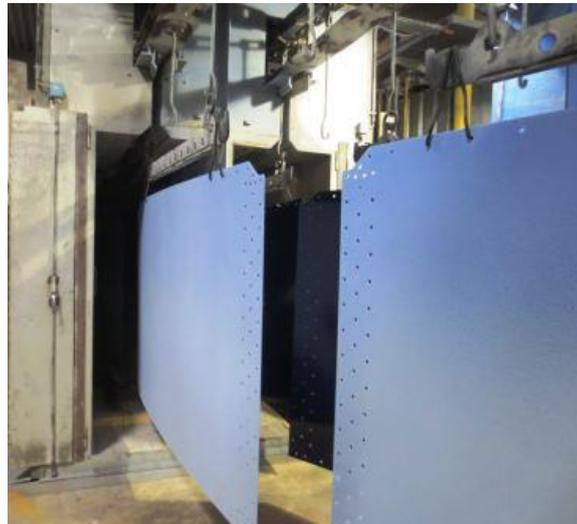


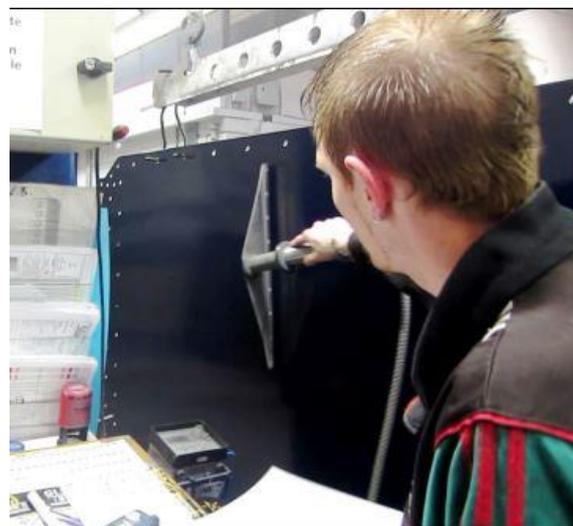
Figura 2 - Material de revestimento aplicado em forma de pó



**Figura 3 - Chapas saindo da câmara de aplicação do revestimento**



**Figura 4 - Chapas entrando e saindo do forno, onde passam por aquecimento e resfriamento graduais até a temperatura de e 850°C**



**Figura 5 - Todas as chapas passam por verificação de continuidade do revestimento**



**Figura 6 - Preparação das chapas para transporte**

## **OBJETIVO**

O presente trabalho técnico tem o propósito de apresentar e discutir diversos aspectos da implantação dos reservatórios metálicos parafusados na UN Sul da Sabesp, advindos das soluções técnicas de projetos e da execução das obras, tendo como contexto a forma de contratação e administração da obra.

## **A EXPERIÊNCIA**

Em face do desafio de implantar um grande número de reservatórios na Região Metropolitana de São Paulo, foi adotada a solução de utilização da tecnologia dos tanques de aço parafusados, principalmente pela redução do prazo de execução, menor mobilização de mão-de-obra no canteiro além do benefício ambiental da redução de consumo de recursos naturais, pela redução de aplicação de aço e concreto.

Conforme diretriz da Diretoria Metropolitana, num trabalho conjunto entre diversas unidades foi adquirido um lote de tanques para aplicação em diversos locais.

Dessa forma, as aquisições dos tanques foram feitas pela Superintendência de Gestão de Empreendimentos da Metropolitana (ME) e as implantações das obras civis pela Unidade de Negócio Sul (MS), em parceria.

Na UN Sul foram previstas as seguintes implantações:

- Embu Guaçu – Centro (Volume útil de 2.500m<sup>3</sup>)
- Itapeperica – Campestre (5.000m<sup>3</sup>)
- Embu das Artes – Sto. Eduardo (5.000m<sup>3</sup>)
- Ribeirão Pires – Ouro Fino (5.000m<sup>3</sup>)

Com o recrudescimento da crise hídrica foram agilizadas as implantações de outros reservatórios, cujas obras civis e respectivos tanques foram contratados pela UN Sul:

- Itapeperica – Jd. Jacira (6.000m<sup>3</sup>)
- Itapeperica – Centro (2.500m<sup>3</sup>)
- São Paulo – Jd. São Luiz (5.000m<sup>3</sup>)

O reservatório Itapeperica-Jd. Jacira foi executado nos moldes acima explicitados, porém a aquisição do tanque foi feita pela UN Sul numa contratação à parte. Os reservatórios Itapeperica-Centro e Jd. São Luiz tiveram os tanques adquiridos dentro do escopo do contrato da obra, fornecidos pelo contratado.

As diferentes formas de aquisição do tanque e execução da obra permitiram conclusões sobre os benefícios e dificuldades que ambas as formas apresentam, especialmente no que concerne à administração e execução da obra.

Um dos pontos mais relevantes a serem administrados é a interface entre as fases de obras civis e montagens mecânicas do tanque.

Quando essas atividades são executadas por fornecedores diferentes, as eventuais modificações de prazos e cronogramas decorrentes da dinâmica da execução da obra podem gerar conflitos que tem de ser administrados com algum desgaste para compatibilização das necessidades das duas frentes e seus executantes.

Esse conflito por vezes se dá até mesmo pela precedência no aproveitamento do espaço do canteiro de obras.

Outro aspecto ainda mais importante refere-se à questão de garantia técnica, ou seja, eventuais problemas estruturais ou de estanqueidade que podem ser questionados quanto à efetiva responsabilidade de um ou outro fornecedor.

Além disso, diversas questões técnicas executivas que foram aprendidas durante a realização das obras e que poderão contribuir para o aprimoramento de trabalhos futuros são apresentadas a seguir.

Dentro desse enfoque também é apresentada a seguir uma breve comparação entre as formas de execução que têm sido mais utilizadas: uma com a utilização do formato onde o primeiro anel do tanque em sua parte inferior, é 'chumbado' na base de concreto no ato da execução da laje de fundo, e a outra é o sistema de montagem com canaleta, onde a base de concreto é construída com uma canaleta em dimensões adequadas, onde posteriormente é montado o costado do tanque com as fixações necessárias e feita sua concretagem para consolidação final.

## O APRENDIZADO

### 1. Forma de contratação:

As figuras 8 e 9 demonstram a dificuldade do local devido ao espaço exíguo e irregular da área de implantação, solucionada pela montagem de andaime tipo bandeja em seu entorno, viabilizando a montagem.

Essa solução foi facilitada pelo fato de a obra civil e o fornecimento e montagem do tanque estarem no escopo do mesmo contrato.



**Figura 7 – Falta de espaço para montagem**



**Figura 8 – Plataforma de trabalho montada**

Assim como o exemplo acima, os tópicos seguintes têm algum nível de relação com a forma de contratação ilustrada na figura 7, dada a interface inevitável entre a obra civil e a atividade de montagem.

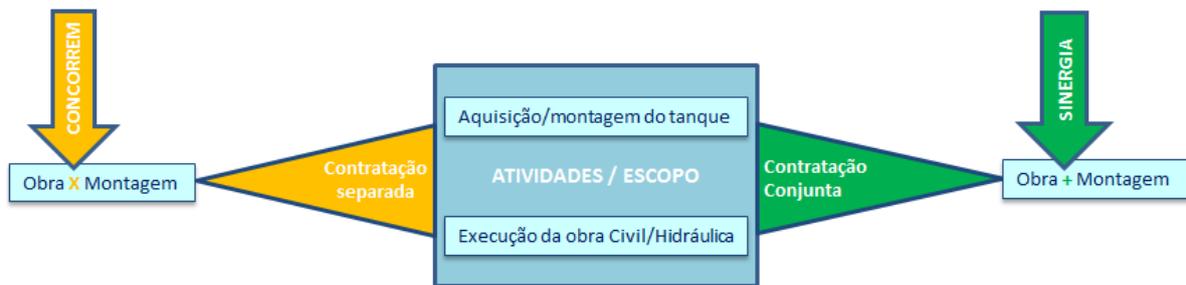


Figura 9- Implicação da forma de contratação na gestão da obra

## 2. Forma de execução

### 2.1 Execução com canaleta:

A montagem em canaleta pode ser uma boa solução quando se pretende adquirir o fornecimento e montagem do tanque separadamente do contrato de obras civis.

Cuidado adicional deve ser tomado com a cura da concretagem da laje de fundo, pois não é possível manter lâmina de água sobre a superfície para uma cura eficiente.

Mesmo na montagem em canaleta é importante que a chapa inicial seja curta (short-start), pois isso evitará que a escotilha para acesso humano fique em altura antiergonômica, como mostra a figura 26.

Alguns aspectos prós e contra, a respeito desse método, são apontados nas figuras seguintes.



Figura 10 - Laje de fundo executada com canaleta (0,30m x 0,40m - PxL)



Figura 11 – Facilita a separação das fases de obras Civis e Montagem mecânica do tanque



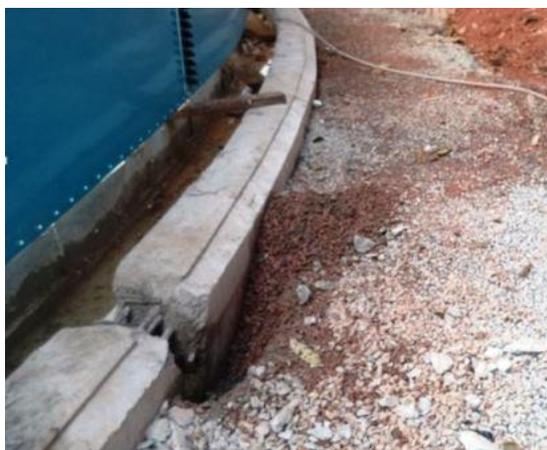
**Figuras 12 e 13 – Dificuldade: execução das formas para concretagem única da laje de fundo com canaleta**



**Figura 14 – Dificuldade: obter nivelamento da canaleta**



**Figura 15 - Importante: Apicoar a canaleta para garantir a aderência da concretagem de consolidação**



**Figura 16 - Importante: Prever saída para drenagem provisória da canaleta**



**Figura 17 - Importante: Retração do concreto de preenchimento da canaleta alerta para a necessidade de cuidados especiais na sua especificação e aplicação**

## 2.2 Execução com o primeiro anel de chapas inserido na concretagem da laje de fundo

A execução da laje de fundo com a montagem prévia do primeiro anel do costado tem a vantagem de evitar a junta fria de concretagem que se tem no sistema anterior.

Esse sistema também favorece a cura adequada do concreto da laje de fundo pois facilita a manutenção de lâmina d'água sobre sua superfície durante esse processo.

Entretanto são necessários alguns cuidados e preparativos como se demonstra nas figuras que seguem.

A fixação dos tirantes de ancoragem mostrada na figura 18 também pode ser feita após a primeira concretagem, por meio de chumbamento químico.

A primeira concretagem preenche a viga perimetral que contorna a borda da laje de fundo até a cota em que mantenha livre a armadura positiva da laje (figura 19).

O cuidado com o cobrimento da fita hidroexpansiva é primordial para evitar que sua expansão rompa o concreto junto ao costado. A recomendação do seu fabricante é de cerca de 15 cm em regiões não armadas.



**Figura 18 - A montagem prévia do primeiro anel de chapas possibilita concretagem única e favorece a cura da laje com lâmina d'água**



**Figura 19 - Dano potencial à chapa de arranque que precisa ser adequadamente protegida durante a concretagem**



**Figura 20 - Fixação dos chumbadores devidamente protegidos**



**Figura 21 - Primeira etapa de concretagem para a consolidação dos chumbadores**



**Figura 22 - Fixação da fita hidroexpansiva garantindo seu cobrimento mínimo**



**Figura 23 - Chapa de arranque pronta para a segunda concretagem, já com a armação de reforço fixada ao ferro "J"**

### 3. Detalhamento dos projetos

É extremamente importante a boa compatibilização entre os projetos do tanque, forma e armação, observando-se, entre outros, os aspectos abaixo relacionados e ilustrados nas figuras 22 e 23:

- 1- Especificação do cobrimento mínimo da bentonita (fita hidroexpansiva);
- 2- Especificação da forma de fixação dos tirantes de ancoragem (chumbamento ou soldagem prévia na armação);
- 3- Especificação da altura e largura livres para instalação dos pratos niveladores;
- 4- Detalhamento da montagem de armação e formas adequadas às duas etapas de concretagem.

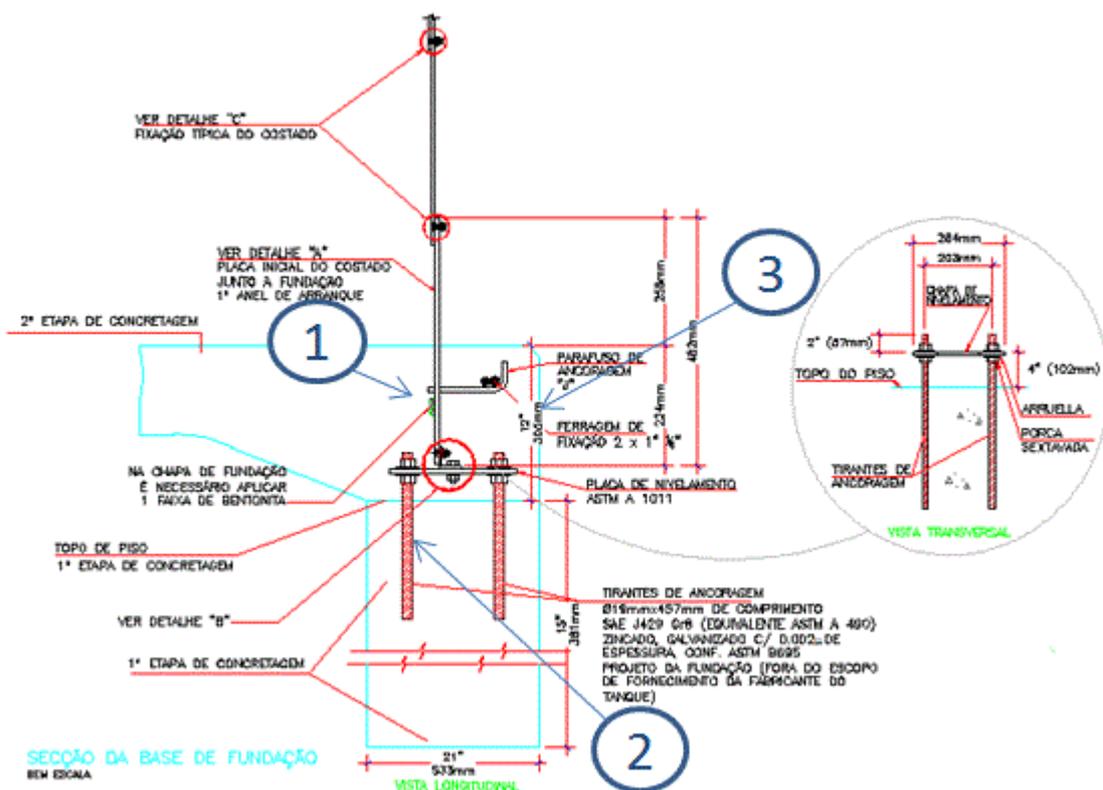


Figura 24 – Indicações típicas indispensáveis no projeto do tanque

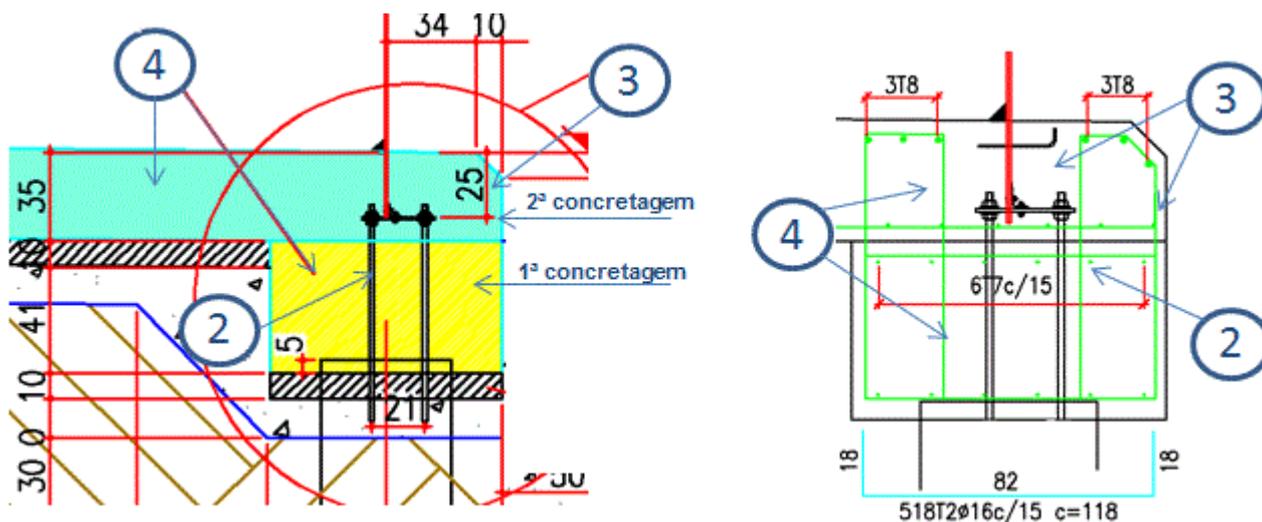


Figura 25 – Indicações típicas indispensáveis no projeto civil, compatibilizadas com o projeto do tanque

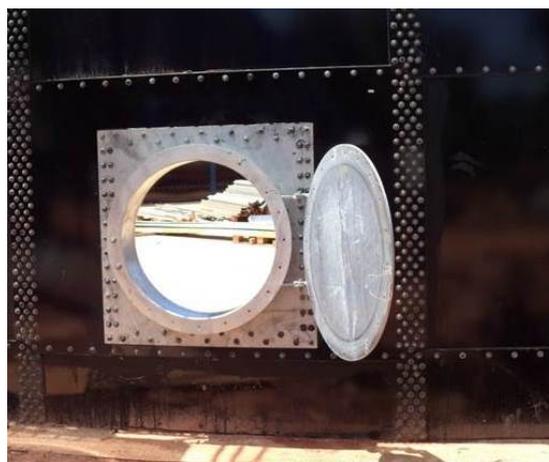
**4. Fornecimento do tanque e suas características**

A escotilha de acesso humano é um item importante. A figura 26 mostra um tanque onde a escotilha tem apenas 0,60m de diâmetro. Como foi utilizada uma chapa inteira no primeiro anel, a escotilha ficou a cerca de 1,30m de altura do chão, tornando-se quase inutilizável.

Por outro lado, a figura 27 apresenta uma situação ideal, do ponto de vista ergonômico, onde a escotilha tem diâmetro de 0,90m a cerca de 0,50m de altura, isso só é possível com a utilização de chapa curta no primeiro anel.



**Figura 26 – Tanque iniciado com chapa inteira, em canaleta**



**Figura 27 – Tanque iniciado com chapa 'short-start'**

É conveniente que todos os acessórios sejam fornecidos pelo fabricante do tanque, pois sua instalação durante a montagem do costado se torna muito mais simples do que se for feita ao final. Como exemplo podemos citar a tulipa do extravasor mostrada na figura 29, cuja instalação foi feita quando as primeiras chapas foram montadas, no nível do chão e não a 9m de altura, após a conclusão da montagem.



**Figura 28 – Anodo de sacrifício instalado no tanque vitrificado pelo fornecedor**



**Figura 29 – Tulipa do extravasor instalada durante a montagem do costado**

## **CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES**

- 1- A contratação conjunta das obras civis e montagem do tanque sob o escopo de um mesmo contrato traz maior sinergia entre essas etapas durante a execução da obra. Isso também simplifica a atribuição de responsabilidade sobre o resultado da obra como um todo, tanto no aspecto estrutural, de estanqueidade, qualidade em geral, cumprimento de prazos e garantias.
- 2- Quando houver a opção de aquisição do tanque separada do contrato da obra civil, a opção pela montagem em canaleta é interessante por tornar quase totalmente independentes as fases de obras. Melhor ainda se a entrada de água for por baixo e não no topo do costado, onde a condição de operação permitir isso.
- 3- O projeto do tanque e do reservatório devem prescrever especificações claras sobre:
  - Cobrimento da fita hidroexpansiva (bentonita);
  - Tipo de fixação dos tirantes de ancoragem (chumbamento químico ou soldagem na armação);
  - Altura livre dos pratos niveladores em relação à armação, bem como da profundidade de inserção do costado na laje, no caso da utilização de short-start;
  - Detalhamento de armação e formas adequadas às duas etapas de concretagem

A aplicação de anodo de sacrifício nos tanques vitrificados ainda precisa ter sua eficiência melhor aferida.

Ainda se percebe entendimentos diferentes sobre a aplicação de proteção catódica e que precisam ser mais debatidas por especialistas no tema.

Essas recomendações visam contribuir para o sucesso desse tipo de empreendimento firmando-o como uma solução definitiva para obras de reservatórios em sistemas de abastecimento de água.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Site de pesquisa: <http://www.eurotanks.com.br>
2. Site de pesquisa: <http://tanksbr.com.br>
3. LIMA, JOSÉ CARLOS, ARADO, CELSO G. *Aplicação de tanques metálicos parafusados nas obras do Sistema produtor São Lourenço. São Paulo, 2016, AESabesp - Trabalhos Técnicos 2016*
4. Relatórios internos e arquivos fotográficos de fiscalização de obras – Sabesp