

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

BERNARDO ALBIERO BUENO RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE RESERVATÓRIOS DE CONCRETO ARMADO E
AÇO VITRIFICADO PARAFUSADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE
ÁGUA**

**CASCATEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

BERNARDO ALBIERO BUENO RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE RESERVATÓRIOS DE CONCRETO ARMADO E
AÇO VITRIFICADO PARAFUSADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE
ÁGUA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Professor Especialista
Engenheiro Civil Nelson Muller Junior**

**CASCABEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

BERNARDO ALBIERO BUENO RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO DE RESERVATÓRIOS DE CONCRETO ARMADO E
AÇO VITRIFICADO PARAFUSADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE
ÁGUA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Esp. Eng. Civil Nelson Muller Junior**.

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a) Prof^a. **Esp. Eng. Civil Nelson Muller Junior**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Professor (a) **Esp. Eng. Civil Ricardo Paganin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil

Professor (a) **Me. Eng. Civil Andrea Resende Souza**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 20 de novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amigos, minha namorada, meu filho, meus irmãos e meus pais,
fontes de minha dedicação e determinação.

AGRADECIMENTOS

À minha namorada por me acompanhar nas noites perdidas de sono, mesmo com um bebezinho na barriga e acreditar em mim em todos os momentos.

Ao meu professor orientador Nelson Muller Junior por ter me aceito como pupilo e dedicado sua fundamental ajuda em momentos críticos da realização deste trabalho.

Agradeço a Empresa SANEPAR, e o tempo de seus engenheiros e engenheiras para proporcionar a coleta dos dados necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos de Macaé e São Paulo por me acompanharem nos momentos de reabastecimento psicológico pessoal, habitação indeterminada e desenvolvimento pessoal na faixa e relaxamento neural necessário durante esta longa jornada. Lembrando a todo momento que a vida deve ser vivida epicamente.

Ao meu pai, por dedicar-se a ajudar-me nos momentos de maior importância deste trabalho, e junto à minha mãe, em todos os momentos de minha vida.

Ao meu irmão pelas palavras de apoio e à minha irmã pelo alicerce gigantesco proporcionado ao meu resgate nos momentos de tensão, sempre com palavras delicadas.

Aos meus amigos de Cascavel pelo acompanhamento constante em todas as situações apresentadas, quebrando recordes nunca antes vencidos, mesmo com dúvidas a todo momento, marcando esta página inesquecível de nossas vidas.

EPÍGRAFE

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo. ”

Albert Einstein

RESUMO

Com o Brasil em constante desenvolvimento, os centros urbanos, a cada dia mais adensados, requerem soluções para seus constantes e novos problemas. Com o rápido crescimento da demanda de centros de reservação surge a necessidade de suprir a mesma, em tempo recorde e com o mínimo comprometimento a futuros reparos e reinvestimentos, que poderiam atrasar outros processos sanadores da demanda inicial. Vê-se nos reservatórios de aço vitrificado parafusado com cobertura de dômus em alumínio, uma possível solução para tais pressupostos, que em outros países representou a reposta ideal para o problema. Com a comparação em diversos aspectos entre o reservatório de aço vitrificado e o convencional em concreto armado, obteve-se uma comparação suficientemente resolutiva para o cumprimento da demanda. Isso se alcançou através de estudos bibliográficos que proporcionaram a formulação de questionários. Estes direcionaram-se a profissionais da SANEPAR, que trabalham diretamente com os sistemas de reservação em estudo, a fim de suprir a bibliografia escassa. Além de um breve, porém conclusivo, comparativo orçamentário, que junto às respostas dos questionários, resultou em um quadro de pontuações onde o reservatório de aço vitrificado foi declarado viável com grande vantagem sobre o de concreto armado. Com isso, o trabalho gerou uma comparação descomplicada não somente para empresas necessitadas desses sistemas, como também para os agentes gerenciadores de recursos hídricos, e também à população, que é a principal demandante e beneficiária desta tecnologia e cobriu parcialmente uma lacuna bibliográfica tão escassa.

Palavras chave: Reservatório de água, Aço vitrificado, Recursos hídricos.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quadro de tomada de decisão do reservatório viável.....	23
Quadro 2: Quadro comparativo de custos.....	25
Quadro 3: Quadro comparativo de custos de implantação e de manutenção após 30 anos.....	26
Quadro 4: Quadro de tomada de decisão do reservatório viável (preenchido).....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Incidência de patologias.....	16
---	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	10
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	12
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
CAPÍTULO 2.....	13
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1.1 Situação dos recursos hídricos no Brasil	13
2.1.2 Serviços a serem realizados pela contratada na implantação	14
2.1.3 Custo de implantação (CAPEX).....	15
2.1.4 Custo de manutenção do sistema operando (OPEX).....	15
2.1.5 Patologias	15
2.1.6 Caracterização dos materiais – concreto armado	17
2.1.7 Caracterização dos materiais – aço vitrificado	18
2.1.8 Processo decisório para escolha da melhor opção caso a caso.....	19
CAPÍTULO 3.....	21
3.1 METODOLOGIA	21
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	21
3.1.2 Caracterização da Amostra.....	21
3.1.3 Instrumento e procedimentos para coleta de dados	21
3.1.3.1 Levantamento e análise das planilhas orçamentárias dos reservatórios	21
3.1.3.2 Levantamento das técnicas executivas e dificuldades envolvidas.....	22
3.1.3.3 Quantificação da frequência e dificuldades de manutenção dos sistemas.....	22
3.1.3.4 Levantamento das patologias de maior incidência e mais prejudiciais aos reservatórios .	22
3.1.4 Análise dos dados.....	23
CAPÍTULO 4.....	25
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1.1 Análise de custos	25
4.1.2 Fatores técnicos de influência na escolha.....	26
4.1.3 Tomada de decisão	30

CAPÍTULO 5.....	32
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A – QUESTIONARIO 1: TÉCNICAS EXECUTIVAS E DIFICULDADES ENVOLVIDAS	36
APÊNDICE B – QUESTIONARIO 2: FREQUÊNCIA E DIFICULDADES DE MANUTENÇÃO	37
APÊNDICE C – QUESTIONARIO 3: PATOLOGIAS DE MAIOR INCIDÊNCIA E MAIS PREJUDICIAIS AOS RESERVATÓRIOS.....	38

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de abastecer todas as médias e grandes cidades do país, vê-se a necessidade da criação urgente de um sistema de gerenciamento hídrico através da implementação de centros de reservação de água bruta ou potável. No entanto, é necessário um conjunto de esforços para alcançar a população em toda sua gama e espectro, e considerando o atual momento em que o Brasil vive, não existe real solução formatada e delineada para atender a demanda de abastecimento desordenado, que tem no crescimento exponencial a causa de sua escassez*.

Em todo o mundo, nas duas últimas décadas, buscou-se uma solução que não se opusesse como delimitante ao crescimento das cidades, com seus novos bairros e projetos de expansão urbana (GRAY, 2017). Segundo Marçal (2016), a solução encontrada nos centros de expansão do mercado imobiliário tinha como pré-requisito o melhor aproveitamento do solo e a utilização racional das linhas de adução advindas das estações de tratamento de água (ETA's). Para não causar transtorno foi adotada, dentro das zonas altamente adensadas, em mais de 300 metrópoles no mundo, o sistema de reservatórios de aço vitrificado parafusado de fácil montagem em contraposição aos reservatórios de concreto armado em todas as geometrias, obsoletos e de alto valor. Essa solução já vem sendo adotada há pouco mais de 60 anos nos Estados Unidos da América e em outros países com resultados extremamente satisfatórios. Porém, mesmo com tantas experiências, o Brasil ainda reluta na implantação desse sistema.

Partindo desse pressuposto, neste trabalho foram comparadas a eficiência, eficácia e a diminuição dos tempos de implantação com a adoção dessa nova tecnologia (reservatórios de aço vitrificado parafusado com cobertura em dômus de alumínio). Além disso foi analisado se esse sistema resulta em ganhos de escala parametrizáveis sobre os reservatórios de concreto armado utilizados atualmente, inferindo não apenas numa “questão de opinião”, mas sim numa real necessidade brasileira.

* *Palestra sobre a "Reservatório para abastecimento público em aço vitrificado e ETEs compactadas com tratamento terciário: um desafio a curto prazo – solução permanente" proferida por Paulo Ramos, na Faculdade Unipar em 10 de maio de 2017.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Comparar os reservatórios de aço-vitrificado parafusado com cobertura de dômus em alumínio com os reservatórios convencionais de concreto armado.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os preços de ambos os reservatórios (de concreto e de aço vitrificado parafusado para diferentes volumes de reservação);
- Analisar a diferença de custos de implantação (fundação e reservatório) (CAPEX);
- Estimar os gastos com manutenção dos reservatórios (OPEX);
- Determinar a relevância de outros fatores na decisão e contabilizá-los;
- Determinar o modelo de reservatório viável para abastecimento público de água.

1.3 JUSTIFICATIVA

A partir da necessidade de incrementar volumes consideráveis de água armazenada em contraposição à diminuição das áreas para implantação de projetos grandiosos, ocasionado pelo crescimento desordenado em muitas metrópoles do Brasil, viu-se a necessidade de permear um conjunto de soluções adequado, diferenciado e preciso em suas dimensões, ocupando menores áreas e permitindo a integração desses sistemas na malha urbana.

A integração do sistema na paisagem não pode interferir nas comunidades por longos períodos, que é o que se apresenta quando se adota a construção convencional em concreto, obras com grandes prazos e muito impacto em toda a vizinhança.

Para as companhias de saneamento, quer sejam estatais, ou sistemas autônomos de água e esgoto (SAAE's), o grave problema de desabastecimento requereu a busca por novas tecnologias. Este trabalho contempla o conjunto de análises com o objetivo de apresentar uma solução que se adeque a essa nova demanda, sem o interesse de dar solução para o todo, mas sim, em sua maior porção, sendo os reservatórios de aço vitrificado parafusado a possível resposta.

Em complemento aos itens citados, a busca de novas tecnologias justifica-se em um combate direto contra a obsolescência.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quando se pode optar pelo reservatório de aço vitrificado parafusado ao invés da tradicional alternativa do concreto armado?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Com as características físicas e químicas que o aço vitrificado possui e seu já existente histórico no exterior, além de alguma aplicação sua existente no Brasil, não restam dúvidas da necessidade imediata de sua adoção, ao invés dos obsoletos reservatórios de concreto armado que descendem do padrão de engenharia de continuidade brasileiro.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa se limitou ao estudo de reservatórios de aço vitrificado parafusado com cobertura em dômus de alumínio, e reservatórios de concreto armado, para diferentes volumes de reservação. Os dados foram obtidos através da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e de seus colaboradores.

O levantamento de informações foi realizado através de estudos bibliográficos e questionários a engenheiros e técnicos da SANEPAR. Não houve testes laboratoriais. Restringiu-se à pesquisa a levantamento de custos dos reservatórios, análise das diferenças de implantação, manutenção e patologias, e finalmente uma conclusão do reservatório viável.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foram pesquisadas abordagens dos conhecimentos necessários para se entender os itens utilizados na comparação dos reservatórios, buscando dar o maior subsídio possível para compreensão plena das metodologias tomadas para resolução do problema, focando principalmente na multidisciplinaridade requisitada para uma conclusão satisfatória do trabalho.

2.1.1 Situação dos recursos hídricos no Brasil

A água é um dos fatores mais relevante na saúde humana, na sua escassez ou quando de má qualidade muito se retrai no desenvolvimento de uma população. Felizmente o Brasil dispõe de um volume privilegiado de recursos hídricos, possuindo cerca de 13,7% da água doce disponível no mundo todo. Apesar desta citação, a distribuição desses recursos se dá de maneira destoante, onde somente na região amazônica 73% desse recurso se localizam, restando somente 27% nas demais regiões brasileiras (SIRVINSKAS, 2005, p. 155).

Nas últimas décadas a escassez da água tem se tornado um assunto de sustentabilidade ambiental, e se vê que a redução da disponibilidade da mesma vem se agravando. Segundo Victorino (2007), vê-se no desperdício e no uso inadequado e inconsequente da água, uma das principais causas da deterioração desse recurso.

Também existem outros fatores que contribuem para escassez hídrica, entre os quais, tem-se a contaminação dos aquíferos. Segundo a SANEPAR (2015), a maior parte das cidades brasileiras sofrem deste problema, tendo como um dos maiores agentes contaminantes, o nitrato (NO_3), que parte de fossas sanitárias e redes de esgoto em estado precário, enquanto nas regiões rurais o uso excessivo de fertilizantes é quem provê o nitrato nos aquíferos.

Segundo Setti, *et al.* (2012), a gestão incorreta dos recursos hídricos junto a falta de racionamento da água é responsável pela grande escassez hídrica, principalmente quando ocorrem grandes períodos de estiagem. Por isso o gerenciamento dos recursos hídricos passa a ser uma tarefa não apenas útil, como necessária, para a conservação e distribuição estratégica da água.

Partindo desses pressupostos, surge a necessidade de reservação para abastecimento público da água, de responsabilidade das empresas gerenciadoras dos recursos hídricos.

2.1.2 Serviços a serem realizados pela contratada na implantação

Independente do modelo de reservatório a ser implantado, múltiplos serviços devem ser realizados para o cumprimento de uma boa implantação. De acordo com a especificação básica nº 7.3.2.005 (2016) da SANEPAR, para reservatórios em chapa de aço parafusado com revestimento vitrificado devem-se apresentar os memoriais de cálculo da fundação e a base do reservatório que são executados em concreto armado, da parte hidráulica, costado, teto, spda, ancoragem definitiva, escada de acesso e guarda corpo.

Os projetos estruturais de fundação e da laje base também devem ser formulados pela contratada, assim como os demais projetos, tanto da montagem no local, como das estruturas e até mesmo da fabricação dos materiais a serem utilizados. Como em qualquer outra modalidade de obra, todas as ARTs devem ser apresentadas, mesmo vindo de outros países, os equivalentes valem e são necessários (especificação básica nº 7.3.2.005, 2016).

Segundo a mesma especificação básica nº 7.3.2.005 (2016), o reservatório de aço vitrificado parafusado respeita o mesmo princípio das normas utilizadas para reservatórios de concreto armado. Onde a execução da fundação e laje de fundo pode ser realizada pela mesma empresa fornecedora do reservatório. No caso de não ser a mesma empresa, a que realizará a instalação do reservatório se responsabiliza por conferir se as condições de entrega dos serviços prévios estão adequadas. Deve-se seguir a correta implantação do reservatório e garantir integralidade da vida útil do sistema.

Em alguns casos o que acontece é que a empresa fornecedora do sistema a ser implantado não possui equipe de montagem, nesses casos a mesma é responsabilizada por fornecer a equipe de montagem devidamente treinada. Sendo assim, a própria fornecedora é que tem que encontrar o terceirizado de montagem e se responsabilizar pelo processo e possíveis contratempos (especificação básica nº 7.3.2.005, 2016).

Também é de responsabilidade da contratada o fornecimento e instalação do SPDA, do material e mão de obra destinados a execução dos testes no reservatório, dos materiais necessários a pintura de proteção no caso de imperfeições geradas ou não no local, assim como a inspeção final, limpeza e desinfecção e o teste final de estanqueidade de todo o sistema.

Com quase todas as responsabilidades destinadas a contratada, o que resta a empresa contratante se resume as intervenções do local em que a obra se situa, o devido requerimento

de manutenção quando necessária do reservatório, o custo da obra, e o custo de reparos quando fora da garantia.

2.1.3 Custo de implantação (CAPEX)

Despesas de capitais, Investimentos em bens de capitais, ou mais conhecido, CAPEX, representa um conhecimento vital para o sucesso de um projeto e saúde financeira de uma empresa (TREASY, 2016). Vindo do inglês *Capital expenditure*, o CAPEX engloba todos os custos relacionados à aquisição de equipamentos e instalações, e é a base para o cálculo do ‘Retorno sobre o investimento’ de qualquer projeto.

No caso dos reservatórios, tanto o custo do reservatório em si, como o de transporte dos materiais, implantação do sistema, fundação, sondagem, mão de obra para execução, entre outros custos da compra, são relacionados ao CAPEX.

2.1.4 Custo de manutenção do sistema operando (OPEX)

A partir do inglês “Despesas e Dispendios Operacionais e no Investimento em Manutenção de Equipamentos” (TREASY, 2016), ou OPEX, diferentemente do CAPEX, abrange os gastos do cotidiano, como por exemplo despesas com funcionários, luz, comercial, tributária, e a manutenção de equipamentos e tanto no sentido de reparo, quanto de operação.

No caso dos reservatórios, relacionam-se ao OPEX, o custo de manutenção durante a sua vida útil, sob garantia e fora dela, incluídos limpeza, reparo em vazamentos, substituição do adesivo selante, troca de parafusos ou vedação em flanges de acesso, proteção catódica, pintura, entre outros custos de manutenção.

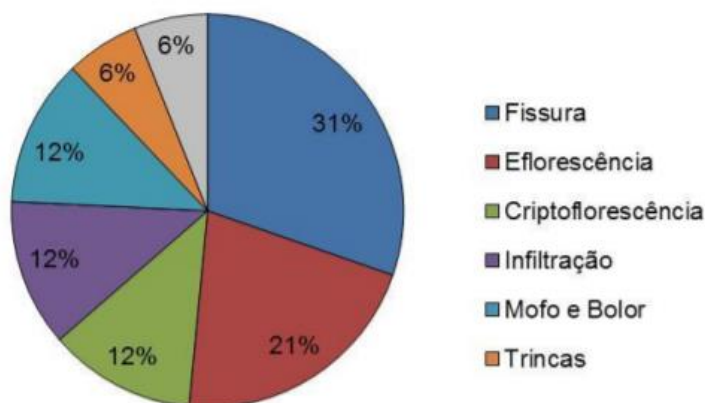
2.1.5 Patologias

De acordo com Souza e Ripper (1998) as deteriorações das estruturas podem ser causadas por vários fatores, onde parte-se desde o envelhecimento natural, até a irresponsabilidade da utilização de materiais sem especificações, que podem gerar acidentes. A falta de estudos com relação aos detalhes construtivos, tanto na execução como na própria concepção dos projetos participam muitas vezes da diminuição da vida útil das estruturas (RACHID E LONDERO, 2013).

Estes são apenas alguns dos muitos fatores que influenciam diretamente ou indiretamente na manifestação de patologias e redução da vida útil dos reservatórios. Por isso é importante ater-se a quase inevitabilidade da ocorrência de patologias, já que os responsáveis permanecem os mesmos, com os mesmos costumes, e a partir disso quantificar e qualificar a essas ocorrências nos diferentes sistemas, concreto armado e aço vitrificado (MARCELLINO, 2011).

Segundo Rachid e Londero (2013), quando se trata de reservatórios de concreto armado acima de 500m³ semienterrados e apoiados, constatou-se que as principais patologias foram em ordem de frequência: fissuras, eflorescências, criptoflorescências, infiltração, mofo e bolor e bolores e descolamento do revestimento. Um gráfico foi elaborado a partir da pesquisa delas apontando a porcentagem de cada manifestação numa amostra de 10 reservatórios de concreto armado estudados da cidade de Cascavel-PR, aqui apresentado na Figura 1.

Figura 1: Incidência de patologias



Fonte: Rachid e Londero (2013)

Ainda conforme Rachid e Londero (2013) constatou-se que os reservatórios de 500 m³ possuem maior incidência de manifestações patológicas comparado aos de maior volume. Também teve como outro grande influenciador de incidência a localidade, onde em locais de altitude baixa, áreas rurais, fundos de vale, ambientes urbanos agressivos e ambientes com tráfego intenso de veículos, há bem mais patologias que em ambientes urbanos pouco agressivos.

Para se ter uma dimensão do assunto, apenas a SANEPAR tem operando atualmente centenas de reservatórios, assim como existem reservatórios de concreto armado em funcionamento há mais de 40 anos, de acordo com a Revista Concreto nº 47 (2007), que também cita: “Essa grande quantidade de estruturas suscita a necessidade de programação de obras de manutenção, bem como reabilitação, modernização e eventual *retrofit*” e ao final alarma a complexidade de tais operações devido ao curto período que se tem de paralização dessas estruturas sem afetar os consumidores.

No caso dos reservatórios de aço vitrificado parafusado, as falhas dos elementos construtivos são verificadas em fábrica, restando somente imperfeições na fundação e nos seladores. No caso de imperfeição da fundação, a empresa contratada já possui a obrigação de verificar previamente ao processo de montagem do reservatório. Como as cargas tem área bem mais distribuída por unidade de carga, a fundação a ser realizada é de menor complexidade, necessitando apenas um cuidado especial no diâmetro a ser atendido pelo reservatório, e uma interface executada de maneira correta entre o aço e o concreto através do grauteamento e selagem da canaleta de interface, (Especificação Básica nº 7.3.2.005, 2016).

O tipo mais comum de patologias analisados no sistema de aço vitrificado é o vazamento na junta dos parafusos que normalmente deve ser preenchida por agentes selantes. Seja por execução incorreta do preenchimento, ou pela vida útil comprometida do selante, a correção do problema é bem simples, sendo requerido apenas a reaplicação do selador, ressaltando o fato dos selantes terem garantia de 30 anos.

Outra possível ocorrência é uma possível falha na pintura do reservatório, que pode ser acarretada devido a falhas do transporte ou mal manuseamento *in loco* das placas. Diante dessas falhas, a especificação básica nº 7.3.2.005 (2016) da SANEPAR, que engloba 9 outras normas e manuais, prevê que a chapa deve ser trocada imediatamente a custos da contratada, quando não de dimensão grande a falha, que neste caso pode ser corrigida *in loco*.

É importante ressaltar que a maioria dos problemas relacionados aos reservatórios de aço vitrificado parafusado ocorre na fase de implantação da obra, sendo assim, já são corrigidos previamente a operação do sistema já que possuem exigências muito mais rigorosas que os reservatórios de concreto armado que seguem normas não tão específicas.

2.1.6 Caracterização dos materiais – concreto armado

O concreto armado é uma técnica utilizada no mundo inteiro na construção civil. A partir da necessidade de misturar a resistência à compressão e durabilidade da rocha, com as

características flexíveis do aço, surge o concreto armado, ainda capaz de proteger a fragilidade química do metal (MARCELLINO, 2011).

De acordo com Marcellino (2011), também se vê no concreto armado a possibilidade de se assumir praticamente qualquer forma, e como já convive com a população brasileira há muitos anos, já é de amplo conhecimento as suas manias. A execução de estruturas a partir desse método construtivo, apesar de simples, requer alguns cuidados para garantir todas as vantagens que cada um dos materiais, aço e concreto, têm a oferecer, e suprimir as dificuldades de ambos. Esses cuidados requerem prazos maiores de execução quando comparados a outros materiais.

As principais vantagens do concreto armado abordam matéria prima de custo não muito alto, relativa rapidez na construção (que se perde quando comparado a sistemas de montagem), de simples de preparo, não necessitando mão de obra muito especializada, durabilidade, impermeabilidade, resistente ao fogo, às intempéries, ao desgaste mecânico, ao choque e às vibrações (MARCELLINO, 2011). Em contrapartida dentre as principais desvantagens estão o peso elevado, e a dificuldade na realização de reformas e demolições, que são caras e custosas.

Infelizmente, o que se vê é que muitos dos cuidados necessários para o desempenho ótimo do concreto armado, são negligenciados, e a correção dessas falhas, é de alto custo, financeiro e temporal. Porém, não só esses são os fatores de falhas de desempenho. De acordo com a Revista Concreto nº 47 (2007), a NBR 6118:2003 que é a regulamentadora de obras em concreto, as fissurações permitidas na norma estão numa escala muito alta para um universo que necessita de 100% de estanqueidade, que é o caso dos reservatórios. Isso se dá devido ao fato da norma ser elaborada para obras que não lidam com 100% do tempo de contato concreto-água, portanto é uma falha encontrada na universalização da norma.

2.1.7 Caracterização dos materiais – aço vitrificado

No caso do aço vitrificado se tem um material que mescla a resistência física do aço com a resistência química do vidro. Ao contrário do concreto armado, que tem sua união *in loco*, o aço vitrificado é fundido em fábrica, com um processo muito mais rigoroso, assim não dispensando cuidados na união dos materiais (MARÇAL, 2016). O revestimento do aço pelo vidro é realizado interna e externamente, inteiro em fábrica, sem nenhuma umidade, permitindo que o aço permaneça intacto.

Segundo Marçal (2016), ao contrário dos reservatórios de concreto que possuem peso próprio igual ao dobro do peso da água reservada, os reservatórios de aço vitrificado pesam 20 vezes menos, isso provoca diretamente a necessidade de fundações 3 vezes menos requeridas.

Na construção de reservatórios de aço vitrificado após a execução da fundação e da laje de apoio, o restante da obra é quase todo de montagem, permitindo prazos curtos de execução e mínimos transtornos no local da obra e região. O mesmo resulta em quase nenhuma geração de detritos durante a construção. Como o processo é de montagem e não uma obra artesanal, erros executivos são quase inexistentes (MARÇAL, 2016).

De acordo com a AQUASTORE ® (2012) as principais vantagens dos reservatórios de aço vitrificado consistem em: nunca precisam de pintura, as manutenções são mínimas ao longo da vida, não têm corrosão ou ferrugem, possuem garantia de desempenho, não necessitam guias ou outros equipamentos de grande porte pois se montam com macacos hidráulicos, podem ser construídos em locais isolados ou remotos, a instalação é muito pouco afetada pelo clima, podem ser projetados para futuras expansões ou realocações, já que são desmontáveis, com exceção da base e fundação, e possuem um baixíssimo custo de ciclo de vida.

2.1.8 Processo decisório para escolha da melhor opção caso a caso

Para se determinar uma escolha fundamentada da melhor opção, devem-se analisar múltiplos fatores que possam influenciar na decisão final, e não somente os teores básicos de custos CAPEX e OPEX (CST, 2012).

Segundo a engenheira da SANEPAR (2017), revisora da especificação básica nº 7.3.2.005, o processo que se tomou dentro da companhia para a decisão entre reservatórios não possui uma regra estabelecida. Após o levantamento de centenas de reservatórios de concreto armado perceberam-se que muitos dos sistemas se encontravam comprometidos de suas qualidades originais, e as manutenções necessárias, além de custosas, necessitavam de intervenções muitas vezes indesejadas, e outras muitas vezes, inviáveis operacionalmente. Ela afirma que isso se dá devido à dificuldade de se executar uma manutenção no concreto, que depende de tempos de cura para estabilização do material, num ambiente em que intervenções podem durar no máximo de 10 a 12 horas.

Partindo-se desse levantamento, abriu-se a opção por novas tecnologias que suportassem melhor as demandas atuais e futuras da companhia, não necessariamente deixando o concreto armado de lado, mas antes de uma compra futura outros dados além do preço, passaram a ganhar sua devida relevância na decisão. Dentre os principais pontos de influência

para uma decisão, portanto, aparecem o CAPEX e OPEX, acompanhados do tempo de degradação e vida útil da estrutura, a dificuldade e frequência de manutenção dos sistemas, abordando principalmente o tempo necessário de intervenção para realização destes reparos, entre outros pontos que devem ser estudados de caso em caso como dito anteriormente pela engenheira da SANEPAR (2017). Seguindo modo de avaliação que a engenheira aborda como ideal, neste trabalho todos os itens de relevância citados foram utilizados no processo decisório do reservatório viável.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O estudo foi misto, pois inicialmente constituiu-se de entrevistas com profissionais relacionados à implantação, operação e manutenção de reservatórios de concreto armado e aço vitrificado parafusado, que são funcionários da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), e o engenheiro responsável de uma fornecedora de tanques de aço vitrificado parafusado de nome TANKSBR. Ao final foram quantificados os valores de cada conteúdo abordado para o processo de decisão assim como uma comparação de custos.

A classificação da pesquisa foi quanto à natureza, aplicada, pois mesmo com a utilização de estudo bibliográfico, também foram realizados estudo de campo, e análise de planilhas orçamentárias. Quanto aos objetivos, exploratório, pois os objetivos não visam apenas explicar ou descrever um conhecimento, mas sim elucidar novos conhecimentos e inferir solução ao caso. Quanto aos procedimentos, de campo, bibliográfico e de levantamento.

3.1.2 Caracterização da Amostra

O estudo foi realizado com dados obtidos de reservatórios de água com diferentes volumes de reservação nos modelos de aço vitrificado parafusado com cobertura em dômus de alumínio e concreto armado para cada um dos volumes. É de extrema importância ressaltar que os casos analisados foram de reservatórios cotados para as mesmas situações (solo, tamanho, local, etc).

3.1.3 Instrumento e procedimentos para coleta de dados

3.1.3.1 Levantamento e análise das planilhas orçamentárias dos reservatórios

Como primeiro procedimento, foram analisadas as planilhas orçamentárias de ambos os modelos de reservatórios, em diferentes volumes, para os mesmos locais de implantação. Essas planilhas foram levantadas junto a engenheiros da SANEPAR, onde se concluiu vantagem

absoluta de preço ou um tempo de *payback* calculado entre os reservatórios pelo valor de manutenção.

3.1.3.2 Levantamento das técnicas executivas e dificuldades envolvidas

Para maior compreensão das técnicas executivas e suas complexidades, foi apresentado o questionário 1 (Apêndice A) ao engenheiro do departamento de projetos da SANEPAR, responsável pela norma n 7.3.2.005, que fixa os requisitos mínimos a serem atendidos para o fornecimento e montagem de reservatórios de água tratada em aço vitrificado parafusado, e a engenheira do setor U.S. Projetos e Obras de Curitiba (USPO-CT). A partir dessas respostas constatou-se ter um bom conhecimento sobre as técnicas executivas e suas complicações. Porém a pesquisa bibliográfica foi de fundamental importância para entender essas técnicas e na própria formulação dos questionários.

3.1.3.3 Quantificação da frequência e dificuldades de manutenção dos sistemas

Com as técnicas e complexidades executivas concluídas, as frequências e dificuldades de manutenção se tornaram o próximo objetivo do estudo. A fim da obtenção dos detalhes relacionados à manutenção, optou-se como melhor solução a realização do questionário 2 (Apêndice B). Para isso, o questionário 3 (Apêndice C) foi respondido pela técnica de projetos da SANEPAR, revisora da norma técnica 7.3.2.005 (já citada anteriormente). Assim como os demais questionários, este foi acompanhado de pesquisa bibliográfica para sua formulação e entendimento.

3.1.3.4 Levantamento das patologias de maior incidência e mais prejudiciais aos reservatórios

Como última informação a ser identificada antes da análise geral dos dados, buscou-se o levantamento das patologias de maior relevância (frequência/dimensão). Para isso, o questionário 3 (Apêndice C) foi respondido pelo engenheiro da Unidade de Projetos e Obras de Curitiba (USPO-CT), que com sua experiência prática do assunto deu conteúdo suficiente ao item aqui abordado com suas respostas. Porém como se objetiva um estudo de amplo espectro, também se têm pesquisas bibliográficas adicionadas a este item. Também se utilizou da bibliografia para a formulação do questionário. Vale ressaltar que os engenheiros entrevistados serviram de opinião também nos questionários propostos aos demais, o que acabou fazendo

com que todos os engenheiros dessem opinião sobre todas as questões que eles tinham experiência para responder.

3.1.4 Análise dos dados

Com a falta de um método definitivo para a tomada de decisão do reservatório na bibliografia, foi proposto nesse trabalho um método que objetiva identificar fatores de relevância para cada item que devesse comparar entre os reservatórios. Para isso, adicionalmente a cada uma das perguntas dos questionários, adicionou-se um fator de relevância, que varia de 0 à 3, para decisão final de comparação. Esse fator é proposto pelo próprio engenheiro entrevistado, já que após cada pergunta é feita a seguinte pergunta “De 0 à 3, onde 1 representa pouca relevância, 2 relevância, 3 muita relevância, e 0 irrelevância. Que fator de relevância a pergunta proposta remete na decisão final de compra do reservatório? ”. No caso em que algum dos questionários não foi inteiramente conclusivo no que se espera, foi-se buscar na revisão bibliográfica o complemento necessário, a fim de se esclarecer as diferenças e prosseguir à comparação final determinando-se a melhor solução entre os reservatórios de abastecimento público de água para diferentes volumes de reservação. Estes dados coletados foram inseridos no Quadro 1 e a conclusão foi dada a partir do mesmo.

Quadro 1: Quadro de tomada de decisão do reservatório viável.

QUADRO COMPARATIVO DOS RESERVATORIOS		
	Número de vantagens entre os reservatórios	
Fator de relevância	Reservatório de Aço Vitrificado Parafusado	Reservatório de Concreto Armado
X		
XX		
XXX		
Total		
Total com Pesos de relevância		
0		
RELEVÂNCIA		
X	Pouco relevante ao processo de decisão final	

XX	Relevante ao processo de decisão final
XXX	Muito relevante ao processo de decisão final

Fonte: Autor (2017).

No Quadro 1 dois resultados são obtidos somando-se o número de respostas com cada fator de relevância a favor de ambos os reservatórios. O ‘Total’ demonstra a soma direta das perguntas a favor de cada reservatório, enquanto o ‘Total com Pesos de relevância’ multiplica o número de respostas a favor de cada reservatório pelo fator de relevância 1, 2 e 3 respectivamente e os soma para sua obtenção. Este segundo valor é a resposta final, onde o maior dos dois valores, entre reservatório de aço vitrificado parafusado e reservatório de concreto armado, é declarado como o reservatório viável. As respostas com fator de relevância 0 apenas agregaram a bibliografia escassa.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste capítulo foi desenvolver a metodologia proposta, demonstrando-se os resultados obtidos e discutindo-se os mesmos.

4.1.1 Análise de custos

Para ser feita uma comparação entre os preços dos dois modelos de reservatórios, foi realizado um levantamento dos melhores preços obtidos no processo de compra de 5 reservatórios como visto no Quadro 2.

Quadro 2: Quadro comparativo de custos.

Localidade	Volume (m³)	Custo (R\$)- Reservatório em aço vitrificado - com base e fundação	Custo (R\$)- Reservatório em concreto armado
Brasilândia do Sul	300	655.565,00	***
Reserva	500	877.156,00	780.000,00
Bela Vista do Paraíso	600	987.297,95	900.000,00
Ivaté	750	1.102.400,00	1.000.000,00
Francisco Alves	1000	1.240.600,00	1.200.000,00
Toledo	2000	1.915.589,99	2.200.000,00
Cianorte	2500	2.485.000,00	***

Fonte: Autor (2017).

Além deste levantamento, foi analisado o custo de manutenção de ambos os modelos. Segundo a engenheira entrevistada, quanto ao custo de manutenção, não se tem um valor exato. Mas com o histórico de ocorrências dos reservatórios, faz-se uma estimativa destes custos, onde nos reservatórios de concreto armado, ao longo de 30 anos, prevê-se um custo em torno de 20% do valor da implantação. Enquanto na manutenção dos reservatórios de aço vitrificado, um

valor estimado de R\$ 15.000,00 a cada 10 anos de utilização é previsto, variando muito pouco quanto ao volume, utilizando de referencial a SABESP, já que a SANEPAR ainda não possui um histórico longo com esses reservatórios.

Em seguida, realizou-se uma comparação do CAPEX com o OPEX, e obteve-se os tempos de retorno sobre investimento utilizando a diferença de custo de manutenção de ambos os modelos para cada um dos volumes de reservação, representados no Quadro 4.

Quadro 3: Quadro comparativo de custos de implantação e de manutenção após 30 anos.

Localidade	Volume (m³)	Custo AV	Custo CA	Custo AV (30 anos) - R\$15.000,00/10anos	Custo CA (30 anos) 20%/30anos
Brasilândia do Sul	300	655.565,00	***	700.565,00	#VALOR!
Reserva	500	877.156,00	780.000,00	922.156,00	936.000,00
Bela Vista do Paraíso	600	987.297,95	900.000,00	1.032.297,95	1.080.000,00
Ivaté	750	1.102.400,00	1.000.000,00	1.147.400,00	1.200.000,00
Francisco Alves	1000	1.240.600,00	1.200.000,00	1.285.600,00	1.440.000,00
Toledo	2000	1.915.589,99	2.200.000,00	1.960.589,99	2.640.000,00
Cianorte	2500	2.485.000,00	***	2.530.000,00	#VALOR!

Fonte: Autor (2017).

Como visto no Quadro 2, o reservatório de aço vitrificado passa a ter um custo inicial viável a partir de volumes de reservação superiores à 1000 m³. Porém, quando comparado o custo de manutenção, vê-se no Quadro 3 que após 30 anos de operação, os reservatórios de aço vitrificado com volume de 500 m³ ou superior passam a ter um custo total inferior ao de concreto armado de mesmo volume.

4.1.2 Fatores técnicos de influência na escolha

Como mencionado na metodologia, para decisão do modelo de reservatório viável, questionários foram submetidos a engenheiros da SANEPAR, que possuíam o conhecimento técnico e a vivência profissional para respondê-los e agregar conhecimento a decisão final. As respostas aos questionários foram enumeradas abaixo seguidas de seus fatores de influência a

favor do aço vitrificado (AV) ou do concreto armado (CA), separadas pelos questionários que representam.

Respostas ao questionário 1:

1 – O reservatório de aço vitrificado tem o menor tempo de execução já que sua execução assume um processo de montagem na maior parte, onde apenas a fundação tem uma característica mais artesanal. Retorno financeiro, pois o equipamento está disponível para operação mais rapidamente, reduzindo a desvalorização do recurso a ser investido. Os prazos do reservatório de aço vitrificado variam em torno de 6 meses devido importação. Já os do concreto armado em torno de 10 a 12 meses dependendo do tamanho da obra e condições climáticas. Fator de Relevância: 3 AV

2 – Aço Vitrificado. Pois o projeto só é necessário após a contratação, licitamos com uma especificação técnica, e o contratado apresenta proposta de projeto conforme especificação técnica para aprovação da Sanepar. O projeto do reservatório de concreto é necessário para a elaboração de preço para a contratação. Quando licitado reservatório de concreto os projetos (hidráulico, estrutural, geotécnico, impermeabilização) são fornecido na licitação. Fator de Relevância: 3 AV

3 – Não, pois mesmo sendo um produto importado, possui menor tempo de execução. Fator de Relevância: 0

4 – Aço vitrificado. Para o reservatório de aço vitrificado são necessários 1 fiscal na obra por um período de algumas semanas e 1 encarregado responsável por ir na fábrica durante o período de fabricação das chapas metálicas. Para o concreto armado 1 fiscal durante o período de 10 a 12 meses responsável pela medição de trabalhos executado e um laboratório para fiscalização da qualidade dos materiais utilizados com um número de funcionários para coletar material e realizar os testes. Este serviço podendo ser terceirizado. Fator de Relevância: 2 AV

5 – Os reservatórios de concreto podem assumir quase qualquer geometria, dependendo somente do processo construtivo. Quanto aos de aço vitrificado só podem ser cilíndricos. Sim, porém o caráter eliminatório é imposto sobre o reservatório de concreto armado, já que o volume de um cilindro de menor espessura sempre pode ser contido num quadrado de maior espessura, enquanto em algumas situações a espessuras do costado de concreto armado impossibilita sua instalação em áreas limitadas. Fator de Relevância: 2 AV

6 – Depende do tipo de processo construtivo. No caso do aço vitrificado, dois são os tipos de montagem. A por andaimes nas laterais, necessita de espaço para fluxo de materiais,

como chapas de aço e demais insumos, consumindo aproximadamente 2 ou 3 metros de raio a mais. Enquanto a pôr macacos hidráulicos (Jacks), necessita apenas de 1 metro extra de raio para limpeza e aperto de parafusos. (Ambas as situações considerando terreno plano). Se o terreno for acidentado e necessário incluir o talude. No melhor caso do concreto armado pelo menos 2 metros extras de raio são necessários para montagem de andaimes. Fator de Relevância: 1 AV

7 – Os reservatórios de concreto armado podem assumir todos os tipos. Já os reservatórios de aço vitrificado apenas podem ser implantados de forma apoiada devido ao aparecimento de vazamentos que devem ser tratados e arrumados. Não. Fator de Relevância: 3 CA

8 – Durante a obra, para ambos, aumento de circulação de veículos e caminhões, e poluição sonora. A obra do aço vitrificado dura em torno de 3 a 4 semanas, já a de concreto de 10 a 12 meses. Fator de Relevância: 2 AV

9 – O de aço vitrificado. Em torno de 20 vezes mais leve que o volume de água que reserva, enquanto o de concreto armado possui cerca de 2 vezes mais peso que o volume de água que reserva. Maior facilidade de montagem. E possibilidade de implantação em solos menos estáveis. Fator de Relevância: 2 AV

10 – Para os reservatórios de aço vitrificado são realizados testes e ensaios em fábrica utilizando as normas ISO 28765 e AWWA D 103-09 de referência. Enquanto para o concreto armado é feito o controle de resistência de concreto através de corpos de prova e teste de estanqueidade no final da obra. O que caracteriza o reservatório de aço vitrificado o de melhor controle. Falhas de performance não previstas devido a um processo de fiscalização menos criterioso. Fator de Relevância: 2 AV

11 – As principais falhas encontradas no processo de execução de reservatórios de aço vitrificado consistem de imperfeições na construção da laje, parafusos não apertados, falta de seladores e possíveis falhas na pintura de chapas, que geralmente ocorre devido a falhas do transporte ou mal manuseamento in loco das placas. Já as principais complicações que podem ocorrer nos reservatórios de concreto armado são a desagregação do concreto, bicheiras, impermeabilização feita de maneira incorreta, entre outros. Fator de Relevância: 2 AV

12 – Ambos os reservatórios sofrem na implantação com climas ruins, porém como o prazo da instalação do reservatório de aço vitrificado é mais reduzido, se tem menor influência climática. Não. Fator de Relevância: 1 AV

Respostas ao questionário 2:

1 – Não existe uma periodicidade fixa de manutenção. Estas geralmente ocorrem devido ao grau de risco de colapso da estrutura. Porém, na maior parte das vezes, são contabilizadas as manutenções de 10 em 10 anos. Visto isso, os reservatórios de aço vitrificado requerem menor manutenção de modo geral, já que o grau de risco que enfrentam, devido as suas patologias mais frequentes, é significativamente menor que o do concreto armado. Fator de Relevância: 2 AV

2 – Os principais processos de manutenção nos reservatórios de concreto armado são pintura, impermeabilização de paredes, laje de cobertura interna e vigas, tratamento superficial de trincas e vazamentos. Na manutenção de 20 anos podem ocorrer também tratamento de maior complexidade de trincas, substituição da proteção externa da laje de cobertura, tratamento e substituição de armadura, recomposição de concreto, entre outros. Já os de aço vitrificado podem ocorrer substituições de chapas em caso de vazamento, limpeza, aperto dos parafusos, e reaplicação do selante. Os reservatórios de concreto armado ficam interditados de 90 a 180 dias, dependendo do volume e complexidade da manutenção, enquanto os de aço vitrificado são interditados com um prazo de 30 dias para manutenção. Fator de Relevância: 3 AV

3 – O cloro dissolvido na água deve manter a água apta para consumo até o final do processo, e este cloro é medido em cada reservatório de modo a monitorar onde se está consumindo mais cloro e avaliar a potabilidade dos reservatórios. O de concreto armado, pela característica de exsudação inerente ao concreto. Fator de Relevância: 1 AV

4 – Para o vitrificado, se houver um tiro e ocorrer um furo no reservatório, deve-se passar selante e colocar um parafuso com porca. Para o de concreto deve-se tratar as trincas. Já no caso de pichação pode-se remover a mesma através de substâncias químicas a base de tinner. Fator de Relevância: 0

Respostas ao questionário 3:

1 – Nos de aço vitrificado é o vazamento pelo selante e possíveis falhas na fundação que acarretam em mais vazamentos. Nos de concreto armado são fissuras, eflorescências, criptoflorescências, infiltração, mofo, bolor e descolamento do revestimento. Demandam manutenção sempre que apresentado grau de risco. Esses reparos podem afetar muito cidades aonde se tem apenas um único reservatório. Fator de Relevância: 1 AV

2 – Mais de 30 anos. Os de concreto armado já existem reservatórios com mais de 100 anos, que é algo que pode ocorrer quando as devidas manutenções são realizadas. Já no caso dos reservatórios de aço vitrificado, já existem reservatórios com mais de 50 anos vida. Esta diferença se dá principalmente pela idade tecnológica de cada um dos reservatórios. Manutenção incorreta. Fenômenos da natureza. Fator de Relevância: 2 CA

3 – Varia de 5 anos de garantia contra defeitos de fabricação e montagem. O preço, por que em caso de prazo de garantia superior a 5 anos a contratada terá que contrair seguro de garantia estendida, que pode chegar a duplicar, em prazos superiores a 20 anos. Pode chegar a 30 anos de garantia. Fator de Relevância: 0

4 – O reservatório de aço vitrificado, 10 anos dentro da SANEPAR. Já o de concreto, aproximadamente 100 anos. Fator de Relevância: 2 CA

5 – O fator eliminatório da tecnologia do concreto armado foi a manutenção. Enquanto no aço vitrificado as dimensões de manutenção são de maioria quase desprezíveis, composta por pequenas substituições de peças e selante, no concreto armado se vê muito presente a necessidade de manutenção em escala de obra, o que requer equipes maiores de manutenção, e recursos muitas vezes não disponível. Fator de Relevância: 3 AV

4.1.3 Tomada de decisão

A partir das respostas obtidas com seus devidos fatores de relevância, foi gerado o Quadro 4, onde os fatores são contabilizados para cada um dos modelos de reservatório, como se observa a seguir:

Quadro 4: Quadro de tomada de decisão do reservatório viável (preenchido).

QUADRO COMPARATIVO DOS RESERVATORIOS		
	Número de vantagens entre os reservatórios	
Fator de relevância	Reservatório de Aço Vitrificado Parafusado	Reservatório de Concreto Armado
X	4	
XX	7	2
XXX	4	1
Total	15	3
Total com pesos de relevância	30	5
0	3	
RELEVÂNCIA		
X	Pouco relevante ao processo de decisão final	
XX	Relevante ao processo de decisão final	
XXX	Muito relevante ao processo de decisão final	

Fonte: Autor (2017).

Como pôde-se observar no Quadro 4, o valor Total com pesos de relevância de maior valor é o do reservatório de aço vitrificado parafusado com grande vantagem sobre o reservatório de concreto armado (30x5), assim declarando-o como o reservatório viável para abastecimento público de água.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como principal ponto contributivo do trabalho está uma análise geral, abordando diferentes pontos comparativos dos reservatórios, mas com finalidade objetiva de obter a melhor opção de compra de um dos modelos de reservatório. O acesso à informação privilegiada por parte dos funcionários engenheiros da SANEPAR por si só, caracterizou uma geração de bibliografia, que se tem grande complexidade de se encontrar na atualidade.

O maior impasse que se teve que enfrentar foi a falta de um modelo pré-estabelecido de comparação de reservatórios na bibliografia, onde teve-se que criar um, baseando-se nas opiniões de profissionais que trabalham na área num teor maior do que se utilizando de uma bibliografia específica. Tal fato, deixou o autor dependente da cooperação de vários profissionais da área a fim de estabelecer métodos e dar resposta aos próprios métodos propostos.

A análise dos dados, como se baseou num método desenvolvido durante a execução do trabalho, pode ter mais características a serem revistas em diferentes projetos, representando uma limitação inerente ao trabalho em certos critérios. Um item de baixa relevância de modo geral pode ter uma relevância significativamente maior em casos específicos, como por exemplo a metragem adicional necessária para a execução da obra. Na maior parte das vezes possui relevância quase nula na escolha do reservatório, já que quase sempre a empresa dispõe de maiores áreas de implantação, porém em alguns casos inviabiliza um método construtivo ou modelo de reservatório.

Felizmente, ou infelizmente para os que ainda utilizam o concreto armado, o trabalho atingiu neste projeto uma conclusão bastante satisfatória no sentido de ter encontrado o reservatório absolutamente superior, visto a grande discrepância dos méritos de cada um dos modelos. Por mais que este tenha apresentado alguns vieses, dado que os questionários foram formulados pelo próprio autor, com base bibliográfica, porém sem padronização ou já adoção em outros trabalhos, o que poderia apresentar favorecimento para um dos lados, a diferença cabal entre os dois modelos não deixa margem para questionamentos sobre a influência desses vieses na decisão final da viabilidade do reservatório de aço vitrificado.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A primeira sugestão para um próximo trabalho seria de uma comparação de diferentes modelos de reservatórios de aço, como por exemplo o revestimento de epóxi, onde se demonstrasse quando que este teria uma vantagem sobre o vitrificado e os demais. Uma segunda sugestão para um futuro trabalho seria um estudo mais aprofundado de quando deve-se optar pela substituição do concreto armado em outros setores da engenharia, pois acredito que mesmo fugindo um pouco do tema de reservatórios, este trabalho foi realizado para mostrar que o concreto armado apresenta muitas falhas e atrasos para alguns setores da engenharia. A terceira sugestão seria a de um estudo de algum material ou técnica construtiva que pudesse também substituir os reservatórios semienterrados ou enterrados.

REFERÊNCIAS

- AQUASTORE®, **CST Brochure 2012**. Disponível em <http://tanksbr.com.br/materiais/CST_Global_Catalogo_PT-BR.pdf> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- ESPECIFICAÇÃO BÁSICA Nº 7.3.2.005. **Reservatório em chapa de aço parafusado com revestimento vitrificado**. Paraná: Sanepar, 2016.
- GRAY, D., MD. SBS Tanks, **Fast Population Growth Means Fast Infrastructure!** Creamer Media's Engeneering News. Disponível em <<http://www.engineeringnews.com/za/print-version/fast-population-growth-means-fast-infrastructure-2017-04-27>> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- MARCELLINO, N. **Concreto armado é solução durável e econômica**. AECweb. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-armado-e-solucao-duravel-e-economica_6993_0_1> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- MARÇAL, F. Tanks BR, **Tanks BR Institucional 2016**. Disponível em <http://tanksbr.com.br/materiais/TanksBR_Catalogo_16.pdf> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- RACHID, L.E.F; LONDERO, C. **Levantamento de patologias em reservatórios de concreto armado no município de Cascavel-PR**. Paraná: Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420, 1ª edição, 2013.
- REVISTA CONCRETO. **Deterioração e intervenção em obras de saneamento**. Disponível em <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_47.pdf> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- SANEPAR, Companhia de Saneamento do Paraná. **Gestão sustentável dos aquíferos**. Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/sustentabilidade/gestao-sustentavel-dos-aquiferos>> Acesso em: 06 de junho, 2017.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: ANEE, SEIH, 2000.
- SIRVINKAS, L. P. **Manual de Direito Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.
- TREASY, **CAPEX x OPEX: entenda as principais diferenças e saiba o que levar em consideração na hora de escolher**. Disponível em <<https://www.treasy.com.br/blog/ca-pex-x-op-ex>> Acesso em: 06 de junho, 2017.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

APÊNDICE A – QUESTIONARIO 1: TÉCNICAS EXECUTIVAS E DIFICULDADES ENVOLVIDAS

Questão 1 – No quesito tempo, qual dos dois modelos tem sua execução mais rápida? Quais são os prazos aproximados? Que tipo de vantagens este item trás?

Questão 2 – Quanto aos projetos, qual dos modelos tem mais facilidade de formulação? Por que?

Questão 3 – A questão do reservatório de aço vitrificado ser algo novo no país não o torna mais difícil de ser comprado que um reservatório de concreto armado? Em que sentido?

Questão 4 – Qual dos dois processos requer maior pessoal por parte da contratante durante a etapa de implantação? Que tipo de profissionais são necessários para ambos os casos para tornar essa necessidade maior?

Questão 5 – Que geometrias os reservatórios podem assumir? Essa diferença pode assumir um caráter eliminatório num processo de compra, ou sempre é contornável?

Questão 6 – Qual a área extra necessária a ser integrada nos projetos dos reservatórios de aço vitrificado e concreto armado?

Questão 7 – Ambos os reservatórios podem ser apoiados, semienterrados e enterrados? A impossibilidade de assumir um dos tipos é contornável?

Questão 8 – Que tipos de impacto na vizinhança cada um dos modelos de reservatórios gera em sua implantação? Durante que períodos?

Questão 9 – Qual reservatório possui menor peso próprio? A diferença de peso dos reservatórios influencia em algum outro quesito além do preço?

Questão 10 – Qual dos modelos de reservatórios possui maior controle de qualidade dos materiais? Que tipo de influência essa diferença pode causar?

Questão 11 – Que tipos de dificuldades executivas os reservatórios de cada modelo podem enfrentar? A contratante tem que se preocupar com isso? Por que?

Questão 12 – O clima pode afetar um dos dois modelos de reservatório de maneira diferente? Essa influência pode assumir caráter eliminatório ou é contornável?

APÊNDICE B – QUESTIONARIO 2: FREQUÊNCIA E DIFICULDADES DE MANUTENÇÃO

Questão 1 – Qual dos reservatórios requer manutenção com menor frequência? Qual a periodicidade?

Questão 2 – Quais os principais processos de manutenção nos reservatórios? Quanto tempo cada um dos modelos permanece interditado quando há a necessidade de manutenção?

Questão 3 – Existe a possibilidade de contaminação da água reservada pelas paredes de algum dos modelos de reservatórios? Qual dos modelos apresenta maior ocorrência de contaminação?

Questão 4– Os reservatórios estão sujeitos a vandalismo? Quais são os atos que se pode prever? Qual a principal diferença entre os dois reservatórios perante estas ocorrências?

**APÊNDICE C – QUESTIONARIO 3: PATOLOGIAS DE MAIOR INCIDÊNCIA E
MAIS PREJUDICIAIS AOS RESERVATÓRIOS**

Questão 1 – Quais as patologias de maior incidência nos reservatórios de concreto armado e aço vitrificado? Que prejuízos estas proporcionam à contratante e à comunidade?

Questão 2 – Qual a vida útil que se espera de cada um dos reservatórios? Até quantos anos estes reservatórios podem operar? Quais são os agentes limitantes? E os imprevistos?

Questão 3 – Quais as garantias exigidas aos construtores e montadores de cada um dos modelos? O que remete em variações da mesma? Quais os prazos?

Questão 4 – A quanto tempo os reservatórios já estão testados no Paraná?

Questão 5 – Qual foi a principal diferença entre os reservatórios de aço vitrificado e concreto armado, que levou a SANEPAR a adotar a norma que dita a adoção definitiva de reservatórios de aço vitrificado para todos os casos de reservação apoiada, acima de 1000m³?