

IV-277 - DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO OESTE CATARINENSE

Márcio Antônio Nogueira Andrade⁽¹⁾

Eng. Civil, Doutor, Pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações do Departamento de Engenharia Civil da UFSC.

Marina Boldo Lisboa

Eng^a Sanitarista e Ambiental, mestranda no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Henrique de Melo Lisboa

Eng^o Civil, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rod. João Paulo, 1030, Bloco C, Apto. 101 – Bairro João Paulo - Florianópolis - SC - CEP: 88030-300 - Brasil - Tel: +55 (48) 9959-2496 - e-mail: mandrade@ecv.ufsc.br

RESUMO

No contexto da crescente pressão exercida sobre os recursos hídricos, trazendo conseqüências tanto em relação aos aspectos quantitativos quanto qualitativos, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para sistemas de aproveitamento de água da chuva surge como uma alternativa promissora. Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a construção de reservatórios de armazenamento de água da chuva, os reservatórios de placas de ardósia e os reservatórios de chapas de aço galvanizado. No desenvolvimento destas tecnologias já foram construídos cinco reservatórios com placas de ardósia (folhelhos ardósianos) e camada estrutural de ferrocimento, dos quais três são apresentados neste trabalho, e dois reservatórios de chapas de aço galvanizado calandradas e onduladas, sendo os dois apresentados neste trabalho. Estes reservatórios são elementos constituintes de sistemas-piloto de aproveitamento de água da chuva implantados no Oeste Catarinense. Trata-se de grandes reservatórios cilíndricos e apoiados sobre o solo. Os reservatórios de ardósia têm capacidades para 50, 80 e 250 m³, sendo que os dois primeiros foram executados em escolas públicas e armazenam água da chuva para fins não-potáveis, enquanto que o reservatório de 250 m³ foi executado em uma instalação suinícola e armazena água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações. Os reservatórios de chapas de aço galvanizado, ambos de 200 m³, foram executados em instalações agropecuárias e armazenam água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações. Realizou-se uma análise comparativa de custos entre estes reservatórios e os comumente utilizados na região de estudo. A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia apresentou rapidez e facilidade de construção, e baixo custo de execução. A ardósia, além de servir de forma para a moldagem da armadura e para a argamassagem, é um material natural e abundante na região central do Estado de Santa Catarina. Esta nova tecnologia apresenta assim grande potencial de aplicação e viabilidade econômica, dependendo principalmente do custo de transporte destas pedras. O reservatório de chapas de aço também apresentou viabilidade técnica e econômica, tendo em vista a grande oferta de material na região, e mesmo apresentando um custo global mais elevado em comparação ao reservatório de ardósia. A facilidade e rapidez na execução também favorecem a utilização desta tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Água da chuva, Reservatório, Ardósia, Aço Galvanizado, Oeste Catarinense.

INTRODUÇÃO

Na busca de se promover a conservação da água pode-se atuar tanto na gestão da demanda quanto na gestão da oferta. O aproveitamento da água da chuva de captação direta – utilizada junto de onde é captada – é uma fonte alternativa de oferta que pode contribuir para minorar a escassez de água.

Para uma redução efetiva do consumo de água, a literatura aponta para a eliminação ou a redução do uso de água potável como meio de transporte para dejetos humanos considerando-se que, aproximadamente, 30% da água utilizada em uma residência destinam-se a este fim. Presume-se que a utilização de águas menos nobres

associada às águas de chuva possa viabilizar, tanto sob aspectos técnicos como econômicos este transporte e, conseqüentemente, uma redução do consumo de água potável (PETERS, 2006).

A água da chuva é uma fonte alternativa que pode ser utilizada para diversas finalidades, tanto no meio rural, quanto no urbano. No meio urbano seu uso tem sido priorizado para fins não potáveis, como: descarga de vaso sanitário, irrigação de pequenas áreas (jardins e hortas), lavagem de roupa, de veículos e de pisos. Já no meio rural, além destes usos, tem-se também as demandas para dessedentação animal e “irrigação de salvação”.

Apesar da abundância dos recursos hídricos da Região Oeste de Santa Catarina, contemplada com altos índices de precipitação pluviométrica (com médias anuais em torno de 1700 mm) e com boa distribuição (espacial e temporal) de chuvas, o Oeste Catarinense, assim como outras regiões do Rio Grande do Sul, costumam passar por situações de escassez de água.

Vários fatores são responsáveis pela crise da água do Oeste Catarinense, e a solução desta crise deve contemplar um planejamento integrado dos recursos hídricos locais, pensando e agindo localmente e globalmente. Assim, o aproveitamento da água da chuva pode contribuir para minimizar os problemas de estiagem na Região.

Este trabalho busca desenvolver tecnologias inovadoras para a construção de reservatórios de armazenamento de água da chuva na região do Oeste Catarinense. Trata-se de grandes reservatórios cilíndricos e apoiados sobre o solo. Foram implantados três reservatórios de armazenamento de água da chuva com placas de ardósia (folhelos ardósianos) montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina - com abertura que possibilite a argamassagem manual, semelhante ao ferrocimento artesanal. Também foram construídos dois reservatórios de chapas de aço galvanizado corrugadas e calandradas.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a construção de reservatórios de armazenamento de água da chuva, os reservatórios de placas de ardósia e os reservatórios de chapas de aço galvanizado. No desenvolvimento destas tecnologias já foram construídos cinco reservatórios com placas de ardósia (folhelos ardósianos) e camada estrutural de ferrocimento, dos quais três são apresentados neste trabalho, e dois reservatórios de chapas de aço galvanizado calandradas e onduladas, sendo os dois apresentados neste trabalho. Estes reservatórios são elementos constituintes de sistemas-piloto de aproveitamento de água da chuva implantados no Oeste Catarinense. Trata-se de grandes reservatórios cilíndricos e apoiados sobre o solo. Os reservatórios de ardósia têm capacidades para 50, 80 e 250 m³, sendo que os dois primeiros foram executados em escolas públicas e armazenam água da chuva para fins não-potáveis, enquanto que o reservatório de 250 m³ foi executado em uma instalação suinícola e armazena água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações. Os reservatórios de chapas de aço galvanizado, ambos de 200 m³, foram executados em instalações agropecuárias e armazenam água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações.

Realizou-se uma análise comparativa de custos entre estes reservatórios de ardósia e outros tipos de reservatórios comumente encontrados na região de estudo, como reservatórios de concreto e fibra de vidro.

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, o componente mais oneroso é quase sempre o reservatório de armazenamento. Daí a importância de se desenvolver tecnologias que viabilizem estes componentes, principalmente quando são requeridos grandes volumes de água.

Este trabalho está inserido no âmbito do Projeto “Desenvolvimento de Tecnologias Apropriadas para Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva” financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC, com recursos repassados pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável, SDS do Governo de Santa Catarina e tem como executora a Fundação de Estudos e Pesquisas Sócio-Econômicos - FEPESE.

MATERIAIS E MÉTODOS

EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE ARDÓSIA

Optou-se por trabalhar com placas de ardósia principalmente devido à grande ocorrência desta rocha na região central do Estado de Santa Catarina, no município de Trombudo Central – SC. Além disso, a ardósia é uma pedra inerte, tem alta durabilidade, é impermeável e tem baixo custo. O metro quadrado da placa de ardósia com espessura de $6,0 \pm 1$ cm e com largura de 30,0 a 50,0 cm custa em torno de R\$ 3,00 a R\$ 5,00, dependendo do comprimento da peça.

A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia foi descoberta pelo Eng. Marcio Andrade, que utilizou esta técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m³ executada no Município de Urupema-SC em dezembro de 2007, conforme divulgado em Schweitzer & Andrade (2008).

As placas de ardósia (com dimensões 2,5 x 0,40 x 0,06 m) são montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina - com abertura que possibilite a argamassagem manual, semelhante ao ferrocimento artesanal. Portanto, este modelo de reservatório é constituído por uma camada interna de pedra de 6 cm de espessura, e outra camada estrutural (ferrocimento) de 3 cm de espessura, formando uma espessura total de 9 cm. A cobertura foi confeccionada com telhas de aço galvanizado corrugada, com espessura de 0,43 mm. Para sustentação das mesmas, foram instaladas tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado, com contraventamento, sem soldas, e totalmente aparafusadas.

Os folhelhos ardosianos utilizados neste trabalho foram extraídos de uma jazida no Município de Trombudo Central, região do Alto Vale do Itajaí. Esta rocha apresenta características de resistência inferiores a da ardósia propriamente dita, como as originárias de Minas Gerais, devido à sua origem sedimentar, enquanto a ardósia é uma rocha metamórfica. Neste trabalho chama-se o folhelho ardosiano de ardósia, como é popularmente conhecida.

A ardósia utilizada neste trabalho apresenta cor cinza-escura e desenvolve planos preferenciais de partição correspondentes à denominada “clivagem ardosiana”. Ela é uma rocha homogênea, compacta, com granulação muito fina, constituída essencialmente por quartzo, feldspatos, muscovita, clorita e micas, ou seja, minerais silicatados estáveis resistentes ao intemperismo.

EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS CHAPA DE AÇO GALVANIZADO

Este tipo de reservatório é comumente utilizado na Austrália. No Brasil, existem empresas que fabricam reservatórios similares (FIDO, 2010), porém estes costumam ser feitos sem cobertura e com altura máxima de 1,70 m. Estes reservatórios no Brasil são denominados de “reservatórios australianos”.

Optou-se por trabalhar com reservatórios de aço galvanizado por armazenarem grandes volumes de água (de 14.000 L a 2.000.000 L), sendo indicados para consumo animal e irrigação (ZELOTTI, 2010). Outro fator de escolha foi a predominância de funilarias na região do Oeste Catarinense. Por já trabalharem com chapas de aço galvanizado na fabricação de silos, estas fábricas podem incluir facilmente este modelo de reservatório em seus produtos de venda. São, portanto, potenciais fabricantes desta tecnologia, o que já viabiliza tecnicamente este modelo de reservatório na região de estudo.

Foram executados dois reservatórios de chapas de aço galvanizado corrugadas e calandradas com capacidades para 200 m³, um sobre uma laje de concreto e com vedação das juntas entre as chapas com adesivo selante; e o outro disposto diretamente sobre um leito de areia e com revestimento interno feito com geomembrana de PVC cinza, lisa e atóxica. A cobertura foi feita da mesma forma que a instalada nos reservatórios de ardósia, com telhas de aço galvanizado. Ambos os reservatórios armazenam água para dessedentação animal e higienização das instalações.

CUSTOS DE EXECUÇÃO

Os custos de execução dos reservatórios foram assim discriminados: base do reservatório em concreto armado ou areia; placas de ardósia ou chapas de aço galvanizado; camada estrutural (quando existente); instalações hidráulicas; cobertura; geomembrana de revestimento (quando existente); e por fim, custo da mão-de-obra.

Fez-se uma análise comparativa de custos entre os reservatórios de placas de ardósia e os que são usualmente utilizados para armazenamento de água da chuva na região Oeste de Santa Catarina, como os reservatórios de concreto, de fibra de vidro.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE ARDÓSIA

Na armadura da base de concreto armado foi utilizada uma tela soldada com malha de 15 x 15 cm e fio 4,2 mm em aço CA-60B. Na execução das bases dos reservatórios foram utilizados, no menor, concreto preparado no local da obra, com betoneira, e no maior, concreto usinado. O concreto usinado foi a solução mais econômica, mesmo considerando que a usina fica a cerca de 40 km da obra.

Para a execução das paredes laterais destes reservatórios, com placas de ardósia, trabalharam quatro operários, sendo um pedreiro e três serventes. Estes quatro operários montaram em torno de 12 placas de ardósia por hora trabalhada. Ressalta-se que cada placa tem 2,50 x 0,40 x 0,06 m e pesa em torno de 137 kg.

As equipes que construíram cada reservatório foram distintas, e nunca tinham trabalhado com este sistema construtivo com placas de ardósia, nem ferrocimento.

As coberturas metálicas dos dois reservatórios foram executados por equipes de uma empresa de funilaria, com larga experiência na execução de silos metálicos.

A execução dos reservatórios de placas de ardósia foi rápida e simples. Os reservatórios de 50, 80 e 250 m³ foram construídos em 7, 9 e 11 dias, respectivamente.

A Figura 1 apresenta etapas construtivas dos reservatórios de ardósia. Os três reservatórios de ardósia estão apresentados na Figura 2.



Figura 1: Etapas de construção do reservatório de ardósia.



Figura 2: Reservatórios de 50 (a), 80 (b) e 250 m³ (c).

EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE AÇO GALVANIZADO

Para a execução dos reservatórios de chapas de aço galvanizado, foram necessários de 3 a 4 dias. As chapas foram montadas por dois técnicos especializados em estruturas metálicas. Observou-se extrema facilidade e rapidez na execução. As chapas também podem ser facilmente perfuradas para passagem de tubulações.

A Figura 3 apresenta etapas de construção dos reservatórios de chapas de aço galvanizado de 200 m³. Cabe lembrar que o primeiro foi executado diretamente sobre um leito de areia e com revestimento interno de geomembrana de PVC; e o segundo foi construído sobre uma base de concreto armado, sem revestimento interno. Os reservatórios metálicos estão apresentados na Figura 4.



Figura 3: Etapas de construção do reservatório de chapas de aço galvanizado.



Figura 4: Reservatórios metálicos de 200 m³.

CUSTO TOTAL DE EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

O custo total de execução dos reservatórios de ardósia e de aço galvanizado estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Custo total de execução dos reservatórios de ardósia e de chapas de aço galvanizado.

Reservatório de ardósia			Reservatório de chapas de aço galvanizado	
Reserv. 50 m³ (com geomembrana)	Reserv. 80 m³	Reserv. 250 m³	Reserv. 200 m³ (sobre leito de areia e com geomembrana)	Reserv. 200 m³
R\$ 7.555,00	R\$ 7.800,00	R\$ 14.528,00	R\$ 23.983,00	R\$ 21.193,00

Para uma capacidade de 200 m³, um reservatório de concreto custa em média R\$33.000,00 e o tempo médio de execução é de 25 dias (RURAL BEBEDOUROS, 2010). Em fibra de vidro, o custo fica em torno de R\$ 29.600,00 (GONÇALVES et al., 2004) e o tempo de execução é de 2 a 3 dias (instalação de quatro caixas d'água de 20 m³, execução da base, dispositivos de proteção sanitária e etc). Portanto, mesmo considerando uma capacidade inferior à máxima estabelecida neste trabalho, o custo para executar reservatórios de concreto e de fibra de vidro é duas vezes maior que o custo para executar reservatórios de placas de ardósia.

Os custos de execução dos reservatórios de aço galvanizado foram mais elevados do que os custos de execução dos reservatórios de ardósia, mesmo assim os reservatórios metálicos são mais baratos que aqueles feitos em concreto e fibra de vidro.

É também possível verificar, por meio da Tabela 1, que a presença de geomembrana de PVC como revestimento interno encarece bastante o reservatório.

CONCLUSÕES

Estes métodos construtivos possibilitaram a execução de reservatórios com maior facilidade e rapidez, melhor desempenho estrutural, e baixo custo global da obra.

A ardósia, além de servir de forma para a camada de ferrocimento, é um material natural abundante na região central do Estado de Santa Catarina, além de ser inerte e ter alta durabilidade, baixo custo e com grande potencial de aplicação para reservatórios.

O reservatório de chapas de aço é também uma boa opção devido à grande oferta de material na região, apesar de apresentar um custo total de execução mais elevado em comparação ao reservatório de ardósia. A facilidade e rapidez na execução também favorecem a utilização desta tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FIDO. Disponível em: <<http://fido.com.br/>> Acesso em: 22 de março de 2010.
2. GONÇALVES, V. B. Estudo de viabilidade para a implantação de um sistema de captação e aproveitamento da água de chuva no prédio de salas de aula do centro tecnológico – ctc. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Santa Catarina. 2004.
3. PETERS, R. M. Potencial de Uso de Fontes Alternativas para Fins Não Potáveis em uma Unidade Residencial. Dissertação de Mestrado, Universidade federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2006.
4. RURAL BEBEDOUROS. Disponível em: <www.ruralbebedouros.com> Acesso em: 20 de outubro de 2010.
5. SCHWEITZER, S. F. A. ; ANDRADE, M. A. N. . Implantação de um programa de uso eficiente da água contemplando um sistema de aproveitamento de água de chuva na Escola E. B. Manuel Pereira de Medeiros. In: Bernardete Wrublevski Aued; Célia Regina Vendramini.. (Org.). Educação do
6. ZILOTTI. Disponível em: <www.zilotti.com.br > Acesso em: 22 de março de 2010.