

Artigo Técnico

Reservatório de ardósia para sistemas de aproveitamento de água de chuva

*Slate tank for rainwater storage systems*Marcio Antonio Nogueira Andrade¹, Marina Boldo Lisboa², Henrique de Melo Lisboa³**RESUMO**

No contexto da crescente pressão exercida no mundo todo sobre os recursos hídricos, qualitativa e quantitativamente, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para sistemas de aproveitamento de água de chuva surge como alternativa promissora. Este trabalho tem como principal objetivo apresentar uma tecnologia inovadora para armazenamento de água de chuva, trazendo como modelo a construção de um reservatório executado com placas de ardósia, com capacidade para 250 m³, que faz parte de um sistema de aproveitamento de água de chuva implantado em uma instalação suinícola no Oeste Catarinense. Nesse sistema, a água de chuva é destinada para dessedentação animal e higienização das instalações. Também são apresentados, porém com menos enfoque, os dispositivos de tratamento da água de chuva desenvolvidos no projeto. Realizou-se uma análise comparativa de custos entre esse reservatório e os comumente utilizados na região de estudo. Também foram feitas análises físico-químicas e bacteriológicas da água de chuva em diferentes pontos do sistema, a fim de verificar se a qualidade da água é adequada para os usos pretendidos. A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia apresentou rapidez e facilidade de execução e baixo custo de construção. 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. As análises físico-químicas e bacteriológicas mostraram a eficiência dos dispositivos de tratamento da água de chuva aplicados neste trabalho. Por fim, observou-se que a água de chuva é adequada para dessedentação animal, já que atende às condições e padrões para as águas de Classe 3 da Resolução CONAMA 357. Deste modo, a nova tecnologia apresenta grande potencial de aplicação e viabilidade econômica para a região de estudo.

Palavras-chave: água de chuva; reservatório de ardósia; qualidade da água de chuva.

ABSTRACT

In the context of increasing pressure, in quantitative and qualitative aspects, on water resources, the development of appropriate technologies for rainwater harvesting systems emerges as a promising alternative. This paper aims to present an innovative technology for building rainwater storage tanks in western Santa Catarina. It presents a slate tank with a capacity of 250 m³, which is part of a rainwater harvesting system implanted on a pig production in western Santa Catarina (Brazil). In this system, the rainwater is used for livestock drinking and to sanitation farms. It also presents, with less focus, rainwater treatment devices developed in this research project. A comparative analysis of costs between this tank and commonly used tanks in the study area was realized. Physico-chemical and bacteriological tests of rainwater were done in different parts of the system in order to check if the water quality is suitable for the intended uses. This technology showed speed and ease construction and low cost of implementation. The slate plaque, besides serving as a form to ferrocement layer, it's a natural and abundant material in the central region of Santa Catarina. The physical-chemical and bacteriological tests displayed the efficiency of the rainwater treatment devices applied in this research project. Finally, it was noted that rainwater is suitable for animal consumption, since it observed the conditions and standards for waters of Class 3 of CONAMA Resolution 357. Thus, this new technology has great potential for application and economic viability for the study area.

Keywords: rainwater; slate tank; rainwater quality.

¹Pesquisador da Coordenadoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis (SC), Brasil.

²Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis (SC), Brasil.

³Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis (SC), Brasil.

Endereço para correspondência: Marina Boldo Lisboa - Rua Purpurina, 162 - Sumarezinho - 05435-030 - São Paulo (SP), Brasil - E-mail: marinalisboa@hotmail.com

Recebido: 21/12/11 - **Aceito:** 10/08/16 - **Reg. ABES:** 77829

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 de chuva de captação direta – utilizada juntamente de onde é captada – é uma fonte alternativa de oferta que pode contribuir para minorar situações de escassez hídrica.

A água de chuva pode ser usada 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 as demandas para dessedentação animal e “irrigação de salvação”.

Após tratamento adequado, a água de chuva também pode ser utilizada para abastecimento humano, pois em algumas situações é a água de melhor qualidade disponível. O governo brasileiro implantou promissoras programas que incentivam pequenos agricultores a construir cisternas principalmente no semiárido da Região Nordeste. O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), elaborado em parceria com organizações não governamentais (ONGs) — como a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) — e financiado por organizações governamentais e pelo setor privado, com o objetivo de melhorar a vida das famílias que vivem na Região Semiárida do Brasil, garantindo o acesso à água de qualidade. E também o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que contempla o aproveitamento da água de chuva não somente para o consumo humano, mas também para a produção de alimentos (GNADLINGER, 2006).

O Brasil possui uma norma para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, regida pela NBR 15527/2007 (ABNT, 2007). Quanto ao meio rural, apesar de várias utilizações, ainda não existe uma norma brasileira particular para tais aplicações.

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, costuma passar por situações de escassez de água.

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

Na busca pelo desenvolvimento de soluções apropriadas para a construção de grandes reservatórios de armazenamento de água de chuva, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar uma tecnologia inovadora e apropriada para a construção de reservatórios de armazenamento de água de chuva no Oeste Catarinense. Nesta pesquisa é descrito um reservatório executado com placas de ardósia,

com capacidade para 250 m³, que faz parte de um sistema de aproveitamento de água de chuva implantado em uma instalação suinícola na região. Nesse sistema, a água de chuva é destinada para dessedentação animal e higienização das instalações. Também são explicados, porém com menos enfoque, os dispositivos de tratamento da água de chuva desenvolvidos no projeto.

Realizou-se uma análise comparativa de custos entre o reservatório de ardósia e outros tipos de reservatório comumente encontrados na região de estudo. Também foram feitas análises físico-químicas e bacteriológicas da água de chuva em diversos pontos do sistema a fim de verificar sua qualidade ao longo do percurso no sistema.

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 esses componentes, principalmente quando são requeridos grandes volumes de água armazenada.

O presente trabalho fez parte 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). Os recursos foram repassados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), do Governo do Estado de Santa Catarina, e tem como executora a Fundação de Estudos e Pesquisas Socioeconômicas (FEPESE).

METODOLOGIA

Sistema de aproveitamento de água de chuva

O sistema de aproveitamento de água de chuva foi implantado em uma propriedade constituída por duas pocilgas: uma superior, com área de 900 m²; e outra inferior, com área de 731 m². Na época da implantação do sistema, em 2011, existiam 1200 suínos em fase de terminação.

É aproveitada a água de chuvas que caem na cobertura da pocilga superior, que se localiza em uma cota superior em relação à outra. A cobertura da pocilga inferior não foi utilizada como área de captação devido às restrições orçamentárias do projeto.

O reservatório de armazenamento, com capacidade para 250 m³, foi construído ao lado da pocilga inferior. Este foi executado utilizando-se placas de ardósia, sendo seu método construtivo abordado em item posterior.

Após atingirem a área de captação, a água de chuva passa pelas calhas e condutores e, antes de ser armazenada no reservatório de ardósia, a água ainda passa por um dispositivo de descarte de sólidos — para a retirada de detritos e materiais grosseiros — e por um dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos — para a retirada do primeiro milímetro de chuva que atinge a área de captação. O reservatório de armazenamento encaminha a água de chuva para um reservatório

intermediário de 5000 L, dentro do qual é feita a desinfecção da água. Por fim, a água de chuva é encaminhada para seus usos finais, que são a dessedentação animal e higienização das instalações.

Na falta de água de chuva no reservatório de ardósia, a mudança para o sistema de abastecimento convencional deve ser feita de forma manual. Cabe ressaltar que o sistema convencional utiliza a água superficial próxima à propriedade, que não passa por um processo de tratamento.

A Figura 1 apresenta o croqui do sistema de aproveitamento de água de chuva implantado nesse trabalho.

Reservatório de ardósia

Optou-se pela tecnologia de ardósia devido à forte ocorrência desse material na Região Central de Santa Catarina; e, também, devido ao baixo custo da pedra (cerca de R\$ 5,00/m²) e à facilidade na execução, já que as placas de ardósia servem de “forma perdida” para a camada estrutural.

A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia foi descoberta pelo engenheiro Marcio Andrade, que utilizou a técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m³ executada no município de Urupema (SC), em dezembro de 2007, conforme divulgado por Schweitzer e Andrade (2009).

A ardósia utilizada neste trabalho foi extraída de uma jazida no município de Trombudo Central, região do Alto Vale do Itajaí. Trata-se de uma rocha homogênea, compacta e com granulação muito fina e apresenta cor cinza-escuro. Os principais minerais encontrados nas ardósias são: quartzo, mica branca, clorita, sericita, feldspato, carbonato e óxido de ferro (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2016).

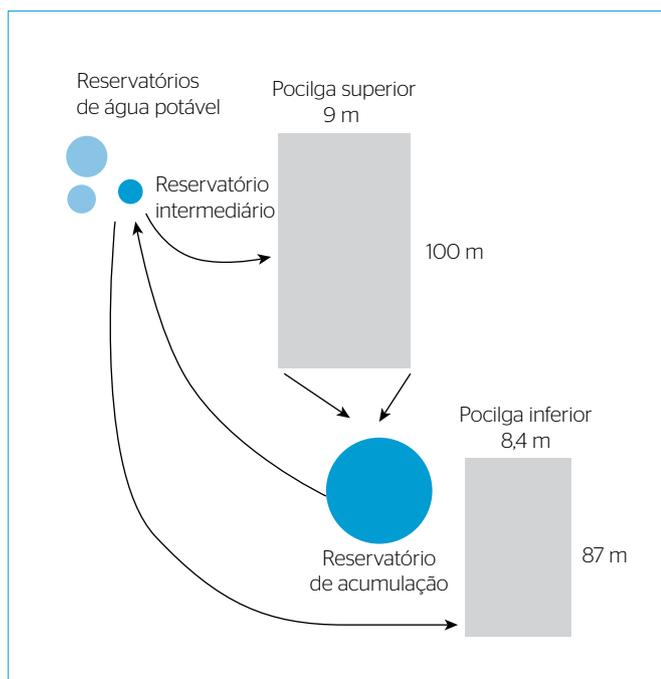


Figura 1 - Croqui do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Execução do reservatório de ardósia

Apresenta-se, a seguir, o método construtivo do reservatório de ardósia:

- Preparação do terreno: o terreno deve ser limpo e firme, livre de ocorrência de formigueiros ou aterros;
- Execução da base do reservatório: deve-se construir uma laje circular de concreto armado. Nesta laje, deve-se executar uma vala anelar que irá receber as placas de ardósia. Estas serão encaixadas na vala e consolidadas com argamassa. A espessura da laje pode ser variável, côncava, com a menor espessura no centro e mais espessa nas extremidades, nas proximidades da vala em que são encaixadas as placas de ardósia;
- Montagem da lateral do reservatório: as placas de ardósia (com dimensões 2,50 x 0,40 x 0,06 m) devem ser consolidadas na vala da base e rejuntadas com selante siliconado à base de poliuretano. Após a montagem das placas, coloca-se a armadura, constituída por uma tela soldada, de aço estrutural, com malha de 10 x 20 cm, e com fio 4,20 mm. Aplica-se, então, a armadura complementar com aço CA-60B, com diâmetro também de 4,20 mm. Depois, devem ser utilizados espaçadores para promover o distanciamento conveniente entre a armadura e as placas de ardósia, posicionando e esticando bem a armadura, o que proporciona melhor comportamento estrutural. A armadura estrutural e de sustentação é então envolvida por uma tela, com abertura de malha que possibilita a sustentação da argamassa. Esta tela, além da função de permitir a argamassagem manual da peça, promove a subdivisão e distribuição da armadura e, conseqüentemente, contribui para “combater” a fissuração da peça. A argamassa deve ser rica em cimento, com traço 1:2:0,5 em volume (cimento:areia média:água). O acabamento deve ser realizado com argamassa de cimento e areia fina, com traço de 1:3 em volume (cimento:areia fina) e conveniente quantidade de água que permita boa trabalhabilidade. O cobrimento final deve ficar com cerca de 6 mm de espessura. A parede do reservatório é, portanto, constituída por uma camada de placas de ardósia de 6 cm de espessura, e uma camada de ferrocimento com aproximadamente 3 cm de espessura. É necessária uma mão de obra constituída por quatro operários, sendo um pedreiro e três serventes. Estes operários instalam cerca de 12 placas de ardósia por hora trabalhada;
- Cobertura Metálica: para a cobertura, instala-se uma estrutura metálica composta por treliças de aço galvanizado, aparafusadas, sem solda, com contraventamento e executadas com perfis, em chapa de aço galvanizado, dobrada em forma de “L”. As telhas são em chapas de aço galvanizadas e corrugadas. A cobertura foi executada por funcionários de uma empresa de funilaria, com muita experiência na execução de silos metálicos.

Ressalta-se que a execução do reservatório, incluindo a preparação do terreno, execução da base, montagem da parede lateral e instalação da cobertura metálica, foi concluída em 11 dias de trabalho.

Execução dos dispositivos de tratamento da água de chuva

Para o tratamento da água de chuva, foram instalados os seguintes dispositivos:

- Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos: optou-se pela bombona plástica com boia flutuante e dreno de fundo. Para sua execução, foi aproveitada uma bombona retangular de 1000 L, utilizada anteriormente para armazenamento de aditivos para ração de animais. O dispositivo, com suas peculiaridades, foi desenvolvido e proposto neste trabalho de pesquisa;
- Dispositivo de descarte de sólidos: foram utilizados dois dispositivos do tipo “funil coador”, de 100 L cada. Consiste em um funil em fibra de vidro dentro do qual foram introduzidas três peneiras, com aberturas de malha diferenciadas, as quais retêm os materiais sólidos presentes na água de chuva. Esse dispositivo, com suas peculiaridades, também foi desenvolvido e proposto neste trabalho de pesquisa;
- Dispositivos de proteção sanitária: a entrada da água de chuva é encaminhada até o fundo do reservatório, onde é colocado um freio d'água. Esse dispositivo possibilita a dissipação de energia cinética do escoamento, amortecendo-o e favorecendo a sedimentação de sólidos no fundo do reservatório. O reservatório é equipado, ainda, com um extravasor com sifão, um conjunto flutuante de sucção, e uma visita. O sifão impede a entrada de gases provindos da rede de drenagem pluvial, além de restringir a entrada de animais. O conjunto flutuante de sucção permite a retirada da água próxima à superfície, de melhor qualidade. A visita possibilita a inspeção e a manutenção do reservatório;
- Dispositivo de desinfecção da água de chuva: para promover a desinfecção da água de chuva, instalou-se o dispositivo Gutwasser, da marca LICS SUPER ÁGUA, recomendado exclusivamente para a aplicação dosada de cloro. Esse dispositivo foi instalado ao lado do reservatório intermediário, no interior do qual foi feita a desinfecção da água de chuva.

Custos de execução do reservatório de ardósia

Os custos de execução do reservatório de ardósia foram assim discriminados: base do reservatório em concreto armado; placas de ardósia; camada estrutural em ferrocimento artesanal; cobertura metálica; instalações hidráulicas; e custo com mão de obra.

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

Cabe ressaltar que placas de ardósia com espessura de 6 ± 1 cm, e com largura de 30 a 50 cm custam de R\$ 3,00 a R\$ 5,00 por metro quadrado, dependendo do comprimento das peças. No preço do frete rodoviário, deve-se considerar que estas pedras apresentam peso

específico, em torno de 2.580 kg/m^3 , e que a carga deve ser corretamente arrumada para evitar quebras.

Qualidade da água de chuva

Foram realizados exames bacteriológicos e análises físico-químicas de amostras retiradas da água de chuva, coletadas em quatro pontos do sistema instalado:

- Ponto 1 (P1): antes de atingir a superfície de captação;
- Ponto 2 (P2): após passar pela superfície de captação;
- Ponto 3 (P3): no interior do reservatório de armazenamento;
- Ponto 4 (P4): após passar pelo sistema de desinfecção.

As amostras de água de chuva para análise físico-química foram analisadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas (LAFQ), da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia. Os exames bacteriológicos foram realizados no Centro de Diagnóstico de Sanidade Animal (Cedisa), em Concórdia.

Todos os parâmetros qualitativos foram analisados seguindo procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Os parâmetros selecionados para esta pesquisa foram: pH, turbidez, fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total, sulfato total, coliformes fecais (CF), cobre, zinco, ferro, manganês, cloreto e fluoreto.

A análise desse conjunto de parâmetros possibilitou verificar se a qualidade da água de chuva fornecida aos animais atende as condições e padrões para as águas de Classe 3 da Resolução CONAMA 357, de março de 2005 (BRASIL, 2005). Além disso, objetivou-se verificar a influência da ardósia na qualidade da água armazenada no reservatório, já que a mesma fica em contato direto com a água armazenada.

Foram realizadas cinco coletas, distribuídas nos meses de fevereiro a abril de 2011. Portanto, para cada parâmetro foi calculada a média dos cinco valores encontrados, assim como o desvio padrão. Para os parâmetros que se encontraram abaixo de seu limite de quantificação, considerou-se no resultado o próprio limite de quantificação, o que deixa a média calculada superior à média real. Isso explica o sinal de “inferior a” (<) em algumas médias calculadas. Cabe salientar que os limites são definidos pela instrumentação existente no laboratório de análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Execução do reservatório de ardósia

As Figuras de 2 a 7 apresentam as etapas de execução do reservatório de ardósia com capacidade para 250 m^3 . As Figuras de 8 a 10 apresentam os dispositivos de tratamento da água de chuva aplicados neste trabalho.

Custos de execução do reservatório de ardósia

Os custos de execução do reservatório de armazenamento estão discriminados na Tabela 1.



Figura 2 - Execução da base do reservatório.



Figura 5 - Escoramento da parede.



Figura 3 - Montagem das placas de ardósia.



Figura 6 - Argamassagem concluída.



Figura 4 - Armadura e argamassagem.



Figura 7 - Vista geral do reservatório de 250 m³.

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, 2004) e o tempo de execução é de 2 a 3 dias (incluindo a instalação de quatro caixas d'água de 20 m³, execução da base, dispositivos de proteção sanitária, etc.). Portanto, mesmo considerando



Figura 8 - Dispositivo de descarte de sólidos.



Figura 9 - Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos.

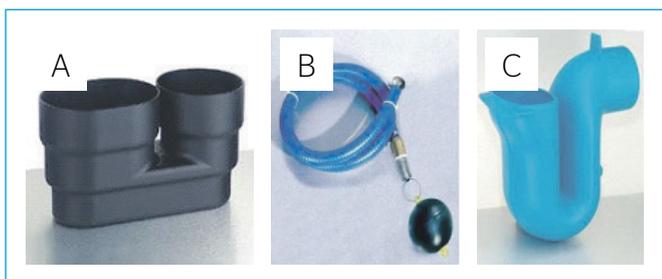


Figura 10 - Dispositivos de proteção sanitária instalados no reservatório de água de chuva: a) freio d'água; b) conjunto flutuante de sucção; c) sifão extravasor.

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.

Para uma capacidade de 300 m³, um reservatório de geomembrana de PEAD custa em média R\$ 12.100,00 e o tempo de execução é de 10 dias (BIOTER, 2010). Percebe-se que, mesmo considerando uma capacidade superior à máxima utilizada neste trabalho, o custo deste reservatório é inferior ao custo do reservatório de ardósia de 250 m³. Entretanto, os reservatórios de geomembrana apresentam inconveniências que devem ser consideradas, tais como: baixa durabilidade, necessidade de escavação (reservatório enterrado), dificuldade para manutenção e identificação de furos/vazamentos.

Qualidade da água de chuva

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas ao longo do sistema de aproveitamento de água de chuva estão apresentados na Tabela 2. Foram calculados a média e o desvio padrão para cada parâmetro analisado.

Os desvios elevados (próximos ou mesmo superiores às suas respectivas médias) mostram que existe grande variabilidade nos resultados encontrados. Além disso, vale ressaltar que o número de amostras analisadas é insuficiente para se chegar a comprovações efetivas. Contudo, os resultados revelam certos comportamentos que merecem ser discutidos.

Não foi feita análise bacteriológica no P1 em função da baixa probabilidade de ocorrência de coliformes totais e fecais na água de chuva sem a interferência de superfície de coleta.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que a qualidade da água de chuva vai melhorando à medida que percorre os diferentes pontos do sistema, o que comprova a eficiência e eficácia dos dispositivos de tratamento da água de chuva considerados neste trabalho.

De acordo com a CONAMA 357 (BRASIL, 2005), para dessedentação de animais criados confinados, não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL. Nesse caso, verificou-se que a água de chuva está de acordo com esse limite estabelecido para todos os pontos de coleta. Portanto, em se tratando deste parâmetro,

Tabela 1 - Custos de execução do reservatório de placas de ardósia.

Item	Reservatório 250 m ³
Laje	R\$ 3.048,44
Pedras	R\$ 524,12
Estrutura (ferrocimento)	R\$ 4.580,08
Tubos e conexões	R\$ 485,05
Cobertura	R\$ 4.490,00
Mão de obra	R\$ 1.400,00
Total	R\$ 14.527,68
Tempo de execução	11 dias

Tabela 2 - Resultados de qualidade da água de chuva ao longo do sistema.

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357	P1		P2		P3		P4	
			Média	σ	Média	σ	Média	σ	Média	Σ
pH		6 a 9	6,30	0,30	6,90	0,50	7,20	0,20	6,40	0,70
Amônia	mg.L ⁻¹	13,30	0,96	0,62	1,42	1,31	0,07	0,04	0,03	0,01
Turbidez	UNT	100	<5	0	64	49	<5	0	<5	0
Ferro	mg.L ⁻¹	5	<3	0	<3	0,00	<3	0	<3	0
Cobre	mg.L ⁻¹	0,013	<2	0	<2	0,00	<2	0	<2	0
Zinco	mg.L ⁻¹	5	<0,40	0	0,74	0,23	<0,40	0	<0,40	0
Manganês	mg.L ⁻¹	0,50	<1	0	<1	0,00	<1	0	<1	0
CF	UFC.mL ⁻¹	1000 em 100 mL	x	x	29	42	5	8	0	0
Fósforo	mg.L ⁻¹	0,15	<0,50	0	1,71	0,71	<0,69	0,31	<0,7 4	0,46
Nitrato	mg.L ⁻¹	10	0,31	0,29	8,21	8,66	3,34	0,69	3,17	0,23
Nitrito	mg.L ⁻¹	1	<0,54	0	0,71	0,03	<0,54	0	x	x
Fluoreto	mg.L ⁻¹	1,40	0,02	0,03	0,10	0,07	0,03	0,04	0,05	0,06
Cloreto	mg.L ⁻¹	250	0,10	0,09	0,62	0,38	4,59	8,92	14,72	8,70
Sulfato	mg.L ⁻¹	250	0,10	0,17	1,81	1,78	0,47	0,27	0,46	0,32

CF: coliformes fecais ou termotolerantes.

a água de chuva aproveitada é adequada para fins de dessedentação animal, não havendo necessidade de desinfecção da água. No entanto, é importante mencionar que a Norma 15527 (ABNT, 2007) estabelece um limite de zero coliforme termotolerante por 100 mL para usos não-potáveis mais restritivos e, nesse caso, o sistema de desinfecção passa a ser necessário.

Quanto aos outros parâmetros analisados, verificou-se que a água de chuva atendeu aos limites estabelecidos pela CONAMA 357 (BRASIL, 2005), sendo adequada para os usos finais estabelecidos neste trabalho.

Por fim, também foi possível observar que a ardósia não compromete a qualidade da água armazenada, já que todos os parâmetros químicos analisados na água coletada no interior dos reservatórios (P3) apresentaram-se abaixo dos padrões estipulados pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esse método construtivo possibilitou a execução do reservatório com maior facilidade e rapidez, melhor desempenho estrutural, e baixo custo global da obra. O reservatório de ardósia apresenta maior durabilidade que o de ferrocimento, já que a água não se mantém em contato direto com a argamassa de revestimento das paredes. Como a ardósia é uma rocha inerte, a armadura do reservatório fica mais protegida. Além de servir de forma para a camada de ferrocimento, essa rocha é um material natural abundante na Região Central do Estado de Santa Catarina; é também encontrada com abundância em outros estados, notadamente em Minas Gerais.

Dessa forma, essa nova tecnologia apresenta grande potencial de aplicação e viabilidade econômica, dependendo principalmente do custo de transporte das pedras, que é quase sempre mais caro que o valor pago na compra das mesmas. Nesse experimento foi possível constatar que as pedras de ardósia são facilmente perfuradas para passagem de tubulações, com serra copo de vídea. Elas também podem ser cortadas com facilidade com serra circular.

As análises físico-químicas e bacteriológicas mostraram a eficiência dos dispositivos de tratamento da água de chuva aplicados neste trabalho, ao se constatar a melhoria da água ao longo do percurso no sistema.

A água de chuva aproveitada demonstrou ser adequada para fins de dessedentação animal, não havendo necessidade de desinfecção da água. Contudo, a desinfecção torna-se necessária para o atendimento da Norma 15527 (ABNT, 2007).

Com base nos parâmetros analisados, também foi possível observar que a ardósia não compromete a qualidade da água armazenada, já que todos os parâmetros químicos analisados na água coletada no interior dos reservatórios (P3) apresentaram-se abaixo dos padrões estipulados pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

Recomenda-se o aprofundamento do monitoramento da qualidade da água de chuva deste trabalho de pesquisa, aumentando-se o número de parâmetros e amostras analisadas para se chegar a resultados e constatações mais efetivas.

Sugere-se a continuidade de pesquisas com a ardósia em outras aplicações em saneamento (como em biodigestores rurais) e a pesquisa de outros tipos de pedra para a execução de reservatórios, como rochas de calcário laminado, conhecidas comercialmente como “Pedras Cariri”, disponíveis no Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007) *NBR 15527: água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Requisitos*. Rio de Janeiro.

BIOTER - BioTer Proteção Ambiental LTDA. Reservatórios de geomembrana de PEAD para armazenamento de água de chuva. Disponível em: <<http://www.bioter.com.br>>. Acesso em: 8 fev. 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005) Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

GNADLINGER, J. (2006) Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva em Regiões semiáridas. In: KÜSTER, A; MELCHERS, I; MARTI, J.F. (Org.). *Tecnologias Apropriadas Para Terras Secas*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, v. 1, p. 103-122.

GONÇALVES, V.B. (2004) *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 Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Santa Catarina.

PORTAL SÃO FRANCISCO. *Rochas*. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/rochas/rochas.php>> Acesso em: 30 jun. 2016.

RURALBEBEDOUROS. Disponível em: <<http://www.ruralbebedouros.com>> Acesso em: 20 out. 2010.

SCHWEITZER, S.F.A.; ANDRADE, M.A.N. (2009) 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: AUED, B.W.; VENDRAMINI, C.R. (Orgs.). *Educação do campo: desafios teóricos e práticos*. Florianópolis: Insular. v.1. p. 353-368.