

USO RACIONAL DA ÁGUA: AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM ESCOLA DO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS

Karl W. Acerbi¹; Alexandre Silveira²; Andrea P. Ferreira³; Antonio D. G. de Souza⁴; José A. P. Júnior⁵

Resumo: Este artigo se refere a um estudo que objetiva dimensionar um sistema para aproveitamento de água de chuva para uma escola municipal de Poços de Caldas – MG, Brasil, onde foram feitas análises para viabilizar a captação, transporte e utilização nos vasos sanitários da instituição. A partir de mapas, dados pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Águas Brasileira e, através do método de Thiessen, foram determinadas as precipitações médias mensais na bacia do Ribeirão das Antas, resultando em uma precipitação média anual de 1742,7 mm. Com as medidas da escola, os dados fornecidos por Thiessen e a demanda média mensal foi dimensionado o reservatório pelo método analítico de Rippl, resultando em 30 m³. Determinado o volume do reservatório realizou-se, baseado na estrutura da escola e seu terreno, o dimensionamento do sistema hidráulico. Utilizando o levantamento dos valores econômicos e financeiros de implantação, manutenção e economia mensal do sistema projetado, foi determinado através da Tabela *price*, o tempo de retorno do investimento de 10 anos e 5 meses.

Palavras-chave: uso racional da água; aproveitamento de água de chuva.

RATIONAL USE OF WATER: EVALUATION OF THE UTILIZATION OF RAINWATER TO NON POTABLE PURPOSES IN A SCHOOL OF POÇOS DE CALDAS'S CITY

Abstract: This article refers to a study that aims to dimension a rainwater utilization system in a school localized in Poços de Caldas – MG, Brazil, where analysis to enable the capitation, transport and utilization of the rainfall in the institution toilets were done. Using maps, pluviometric data provided by the National Brazilian Water Agency, and through the Thiessen's method, the average monthly rainfall in Ribeirão das Antas's watershed was determinate, resulting in an average annual rainfall of 1742.7 mm. With the school's measures, the Thiessen's data and the average monthly demand, the reservoir was scale using the Rippl's method, obtaining the volume of 30 m³. After that, the hydraulic system was designed based on the school's structure and topography. Using the financial and economic values of deployment, maintenance and system monthly saving, the payback time was determined by the Price Table method, resulting in 10 years and 5 months.

Keywords: Rational use of water; utilization of rainwater.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

Em um cenário de degradação dos mananciais e corpos d'água, aumento dos gastos públicos com tratamento de água para abastecimento, aumento da demanda de água, crescimento e concentração populacional, recorrência de enchentes, a escassez de água potável se descortina

¹ Bacharelado em Ciência e Tecnologia/UNIFAL-MG. karl_acerbi@hotmail.com

² Instituto de Ciência e Tecnologia/UNIFAL-MG. alesilveira72@gmail.com

³ Instituto de Ciência e Tecnologia/UNIFAL-MG. andreapaulaferreira@yahoo.com.br

⁴ Instituto de Ciência e Tecnologia/UNIFAL-MG. antonio.souza@unifal-mg.edu.br

⁵ Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia Ambiental/UNIFAL-MG. jjuniorarq@hotmail.com

como uma realidade a ser evitada por meio da efetivação de ações de proteção dos recursos naturais e, hídricos. Nesta perspectiva, estudos que tratam usos e tecnologias que ampliam a racionalidade do uso da água e controle de enchentes, como os sistemas de aproveitamento de água de chuva, são relevantes.

O emprego de sistemas de aproveitamento de água de chuva permite substituir a água potável em atividades que não exigem tal qualidade, gerando benefícios para todo o sistema de abastecimento de água e seus usuários e majorando o grau de segurança deste. O sistema de aproveitamento de água de chuva auxilia no controle de enchentes interceptando parcela da precipitação. Um dos maiores problemas enfrentados para a disseminação do aproveitamento da chuva é o custo de implantação do sistema e, conseqüentemente, o tempo de retorno do investimento.

O trabalho aqui tratado tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e financeira da implantação e uso de um sistema de aproveitamento de água de chuva dimensionado para uma escola municipal de ensino fundamental de Poços de Caldas .

2. METODOLOGIA

Foi selecionado como objeto de estudo uma escola municipal de Poços de Caldas localizada em um bairro da zona sul. O levantamento da área, características do terreno, características construtivas dos edifícios, dimensões dos edifícios, áreas disponíveis para implantação de reservatórios e equipamentos, características de telhados e instalações hidráulicas foram levantadas *in loco*, com auxílio de trena e fotografias, devido à indisponibilidade de documentação específica na escola e na secretaria de educação do município.

O sistema proposto deveria prever minimamente reservatórios para água de chuva, reservatório elevado de água de chuva para abastecer por gravidade os vasos sanitários, coletores, tubulações e conexões hidráulicas, peneira para sólidos, bomba hidráulica para abastecer o reservatório elevado.

Dos telhados existentes na escola, o da quadra poliesportiva foi identificado como o mais adequado para ser utilizado como área de captação para o sistema por ser o de maior área, ter formato geométrico simples, retangular, não possuir rufos ou recortes, ser constituído de telhas metálicas trapezoidais dispostas em duas águas, apresentar estrutura de suporte apropriada para fixação dos coletores necessários para a condução da água da chuva e, guardar proximidade com o local de utilização da água da chuva.

A utilização da água da chuva foi limitado ao abastecimento dos vasos sanitários do banheiro dos alunos da escola, uso não potável segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde (2004). A demanda para o fim específico foi estimada conforme UNESCO (2012), como 30% do consumo de água.

O dimensionamento dos reservatórios de água de chuva foi feito através do método analítico de Rippl com os dados de demanda média mensal, área de captação, coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) do telhado e precipitação média mensal na bacia hidrográfica considerada. O método de Rippl apresentou resultados mais consistentes que os demais métodos citados na referida NBR 15527 publicada pela ABNT (2007).

Com o volume do reservatório e tendo em vista a infraestrutura e topografia da escola, foi feito o dimensionamento do sistema hidráulico determinando-se a potência da bomba, comprimento da tubulação, acessórios e elementos necessários para o sistema.

A precipitação média mensal local foi determinada a partir da aplicação do método dos polígonos de Thiessen, conforme Pinto et al (2011) e Tucci et al (2004). Para tal foi necessário o levantamento e localização geográfica das estações pluviométricas com dados disponíveis para o período desejado existentes na região e posterior delimitação da bacia hidrográfica que abrangesse as estações pluviométricas, da área de influência de cada estação e da ponderação dos dados pluviométricos. Os dados de precipitação utilizados e as coordenadas geográficas das estações pluviométricas utilizadas estão disponíveis no *web site* da Agência Nacional de Águas – ANA (2012).

O custo de implantação e de manutenção do sistema foi determinado pela somatória dos custos dos componentes, mão de obra, orçados por meio de pesquisa dos preços praticados no comércio local. O custo da energia elétrica consumida pela boma hidráulica foi calculada com base na tarifa praticada pelo Departamento Municipal de Energia (2012). A viabilidade financeira foi qualificada por meio da análise dos custos de implantação e manutenção do sistema e da economia gerada com a utilização do sistema, permitindo determinar o tempo de retorno do investimento. A economia foi contabilizada à partir da minoração do consumo de água, valorado com base na tarifa praticada pelo DMAE (2012). Foi utilizada amortização Tabela price e taxa de juros de 1% ao mês.

3. PRINCIPAIS RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Área de Estudo e Coleta de dados iniciais

A escola selecionada como objeto de estudo está situada no município de Poços de Caldas, localizado no sul do estado de Minas Gerais. A Figura 1 apresenta a localização do município.

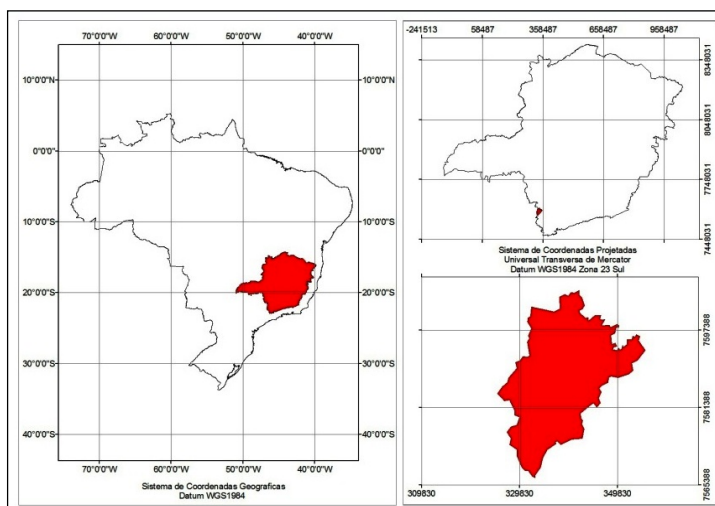


Figura 1 - Localização do município de Poços de Caldas.

3.2 Precipitação média na área de estudo

A escola se localiza na área urbana da bacia hidrográfica do córrego do Vai-Volta. A bacia utilizada para determinação da precipitação média foi a do Ribeirão das Antas. Os limites das bacias hidrográficas estudadas são indicados na Figura 2.

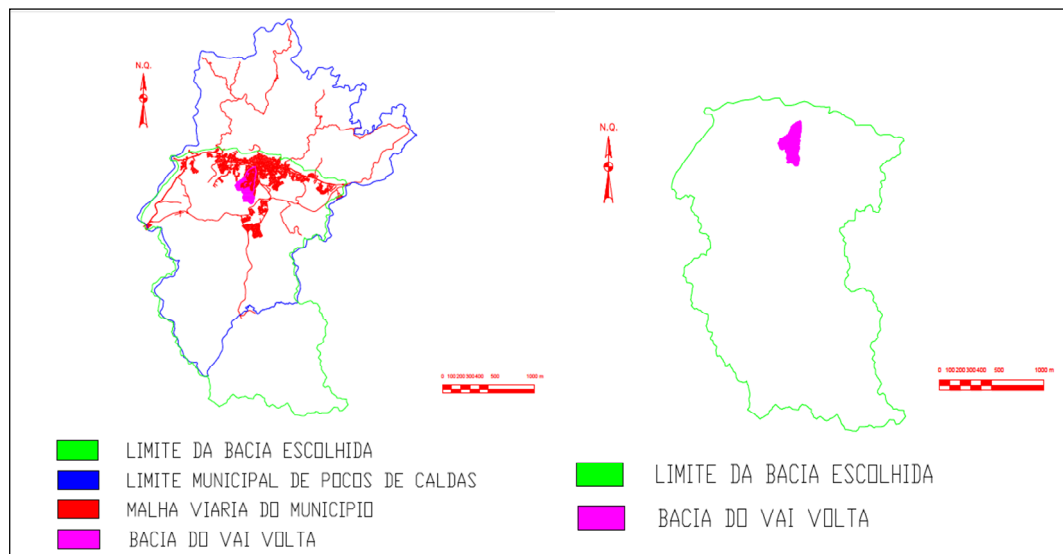


Figura 2 – Limites das Bacias Hidrográficas.

Com base na localização geográfica das estações pluviométricas e utilizando o limite da bacia hidrográfica mostrada na Figura 2 foram delimitados os polígonos apresentados na Figura 3 e calculadas as áreas de influência de cada uma das estações pluviométricas pelo método dos Polígonos de Thiessen.

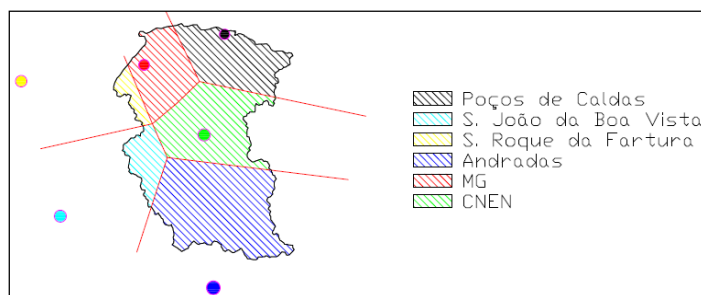


Figura 3 - Polígonos de Thiessen com base nas estações disponíveis, situação esquemática sem escala.

A precipitação mensal medida em cada estação pluviométrica foi ponderada segundo a área de influência correspondente para resultar na precipitação mensal média na bacia, mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Precipitações médias de Poços de Caldas

Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)
Jan	313,7	Abr	36,8	Jul	30,2	Out	209,6
Fev	270,9	Mai	65,1	Ago	35,3	Nov	168,4
Mar	197,7	Jun	33,2	Set	80,4	Dez	301,4

Os dados apresentados na Tabela 1 totalizam uma precipitação média anual de 1742,7 mm/ano, valor que se encontra dentro da faixa prevista (1680 – 1791 mm/ano) para a região de acordo com o Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM (2010).

3.3 Dimensionamento do Reservatório

Considerando-se a área de captação, 800 m², e um coeficiente de escoamento superficial (runoff) do telhado de 0,75, calculou-se os volumes mensais de captação, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Volume mensal passível de captação considerando-se o coeficiente de escoamento

Mês	Volume captado (m ³)	Mês	Volume captado (m ³)	Mês	Volume captado (m ³)	Mês	Volume captado (m ³)
Jan	188,2	Abr	22,1	Jul	18,1	Out	125,8
Fev	162,6	Mai	39	Ago	21,2	Nov	101
Mar	118,6	Jun	19,9	Set	48,2	Dez	180,8

Para estimar a demanda média foi usado o consumo mensal da escola no ano de 2011 fornecido pelo DMAE, exposto na Tabela 3.

Tabela 3 - Consumo mensal de água potável da escola.

Mês	Consumo (m ³)	Mês	Consumo (m ³)	Mês	Consumo (m ³)	Mês	Consumo (m ³)
Jan	43	Abr	90	Jul	7	Out	69
Fev	116	Mai	91	Ago	66	Nov	123
Mar	67	Jun	82	Set	93	Dez	39
MÉDIA				73,83 m ³ /mês			

A demanda média estimada para abastecimento dos vasos sanitários é de 22,15 m³/mês para a escola considerada. Com o valor da demanda e do volume captado foi realizado o dimensionamento pelo método de Rippl, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl analítico

Mês	Volume captado (m ³)	Demanda (m ³)	Captado - Demanda (m ³)	Operação (m ³)
Jan**	188,19	22,15	166,00	22,20
Fev	162,55	22,15	140,40	22,20
Mar	118,63	22,15	96,50	22,20
Abr	22,06	22,15	-0,10	22,20
Mai	39,04	22,15	16,90	22,20
Jun	19,93	22,15	-2,20	20,00
Jul**	18,10	22,15	-4,00	15,90
Ago	21,19	22,15	-1,00	15,00
Set	48,24	22,15	26,10	22,20
Out	125,76	22,15	103,60	22,20
Nov	101,03	22,15	78,90	22,20
Dez	180,83	22,15	158,70	22,20

** Usado para limpeza

Como o volume do reservatório calculado pelo método foi menor do que a demanda média mensal, o volume adotado para o reservatório principal foi igual ao volume mensal demandado (22,15 m³). Como não existem reservatórios comerciais desse volume, optou-se por adotar dois reservatórios de 15 m³.

3.4 Dimensionamento do Sistema Hidráulico

Por questões de facilidade e minimização de custos de implantação, optou-se por instalar os reservatórios principais ao lado esquerdo da quadra poliesportiva da escola, área de cobertura usada para a captação, como indicado na Figura 4.

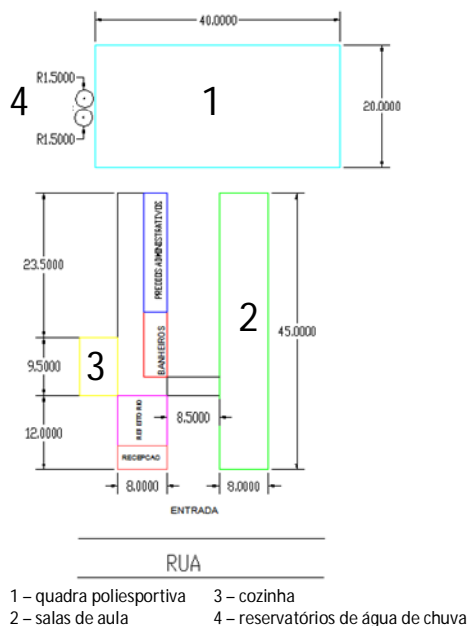


Figura 4 - Localização dos reservatórios de água de chuva na escola.

A demanda diária aproximada da escola é de $1\text{m}^3/\text{dia}$ e, assim foi previsto a instalação de reservatório de água de chuva superior, instalado sobre os sanitários, com capacidade de 1m^3 . Como o local escolhido para a implantação dos reservatórios se encontra na parte do terreno com menor altitude, foi necessário indicar a instalação de bomba hidráulica para abastecer o reservatório superior localizado sobre os sanitários. A vazão da bomba foi adotada como a mínima necessária para encher o reservatório superior em 10 minutos, ou $0,0017\text{ m}^3/\text{s}$, exigindo tubulação de recalque com 2 polegadas e de sucção com $2\frac{1}{2}$ polegadas. As demais peças hidráulicas necessárias à instalação, como válvulas, cotovelos, entre outros, são apresentados na Figura 5.

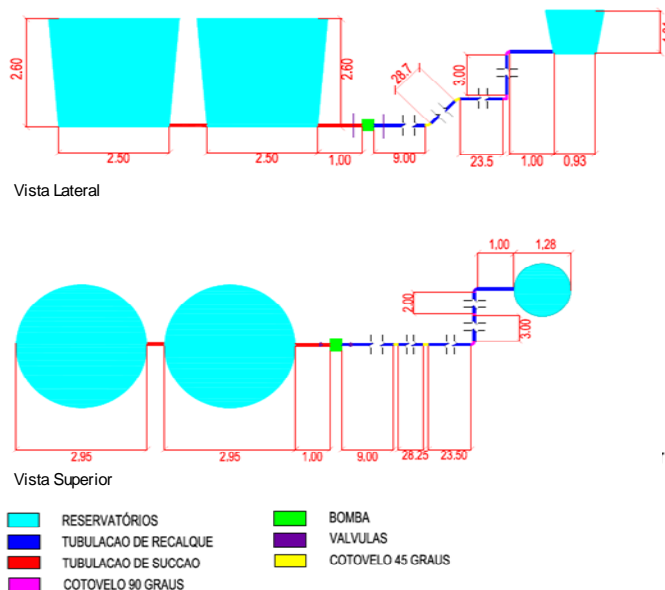


Figura 5 - Representação esquemática do sistema.

As perdas de carga singulares oferecidas pelos cotovelos e válvulas foram transformadas em comprimentos equivalentes a fim de facilitar o cálculo da perda total conforme indicada em Porto (1999). O comprimento real de tubulação, recalque e sucção, no sistema é de 72,2 metros, e o comprimento equivalente é de 94,1 metros. Obteve-se a perda de carga no recalque de 1,29 m e na sucção 0,05 m. Utilizando a diferença de altura entre os reservatórios baixo e alto do sistema de água de chuva, 7,5 m, observada no local, se chegou a uma altura manométrica da máquina de 8,83 m.

Com eficiência estimada de 75% e peso específico da água 9810 N/m³, a potência necessária para a bomba hidráulica resultou em 196,41 W ou 0,26 CV.

3.5 Análise Financeira

A Tabela 5 mostra os preços estimados para os componentes do sistema. Os preços foram determinados com base no levantamento dos preços praticados no comércio local para os componentes do sistema.

Tabela 5 - Componentes do sistema e seus preços estimados (Valores encontrados no comércio local)**

Componente	Preço (Reais) **	Componente	Preço (Reais) **
2 Válvulas registro de gaveta	80,00	71,2 Metros de PVC 2 pol.	492,00
4 Cotovelos 90°	14,00	1 Bomba centrífuga de ½ CV	727,00
2 Cotovelos 45°	7,20	2 Reservatórios de 15 m ³	7056,38
1 Metro de PVC 2.1/2 pol.	6,60	1 Reservatório de 1 m ³	208,89
TOTAL			8592,07

Para determinar o custo de mão de obra considerou-se um custo de 120 reais/dia para o pedreiro e 60 reais/dia para o servente, preços estipulados de acordo com os valores encontrados no mercado. Considerou-se cinco dias de obra, totalizando em um custo de 900 reais de mão de obra, resultando em um custo de implantação de 9492,07 reais.

Para o cálculo da economia gerada pelo uso do sistema de aproveitamento de água de chuva foram considerados o valor da tarifa de água, 4,6 reais/m³, e o custo da energia elétrica, 0,27 reais/KWh.

O gasto mensal de manutenção do sistema é restrito à energia elétrica necessária para alimentar a bomba hidráulica por 20 minutos diários, que resulta em 0,47 reais por mês.

A economia referente a minoração do consumo de água potável é de 138 reais mensais. A economia mensal do uso do sistema é de 137,63 reais.

Utilizando o sistema de amortização Tabela Price com taxa de juros de 1% ao mês, o tempo de retorno do investimento resultante é de 10 anos e cinco meses.

4. CONCLUSÕES

A conformação e características construtivas e do edifício ocupado pela escola municipal são propícias à instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, exigindo pequena reforma para adaptação da instalação hidráulica, sendo viável tecnicamente.

A substituição da água potável dos vasos sanitários da escola pela água da chuva gerou uma economia que permite obter o retorno do investimento necessário para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva em 10 anos, prazo correspondente a 1/5 da vida útil estimada do

sistema e do edifício, o que permite concluir que o sistema traz considerável benefício financeiro, sendo bastante viável financeiramente e, principalmente, ambientalmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- ABNT (2007). *NBR 15527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. ABNT, Rio de Janeiro – RJ.
- ANA (2012). *Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas*. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 12/08/12
- DMAE (2012). *Tabela de Valores de Água e Esgoto*. Disponível em <<http://www.dmaepc.mg.gov.br/servicos/tarifas.php>> Acesso em 05/08/12.
- DME (2012). *Tarifa e Taxas*. Disponível em <http://www.dme-pc.com.br/on_valorestaxas.php> Acesso em 05/08/12.
- IGAM (2010). *Plano Diretor dos Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu/Pardo*. Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/Igam/gd6-i.pdf>> Acesso em 12/08/12.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). *Portaria Nº 518/GM Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Brasília – DF.
- PINTO, N.L.S. et al (2011). *Hidrologia Básica*. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo – SP.
- PORTO, R. M. (1999). *Hidráulica básica*. EESC/USP São Carlos - SP.
- TUCCI, C. E. M. et al (2004). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora da UFRGS/ABRH, Porto Alegre - RS.
- UNESCO (2012). Disponível em <http://www.unesco.org>. Acesso em Abril de 2012.