

ESTUDO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM UMA ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE

Daniel Martins Papini Mota
 Marcos Rocha Vianna⁶⁴
 Adriana Marques Moreira Rocha da Silva
 Andreia Eliza de Melo
 Andréa Freitas da Silva⁶⁵
 Edson Menezes de Oliveira
 Daniel Caetano de Melo

RESUMO

O esforço desenvolvido pela Administração Pública do município de Belo Horizonte para levar a sustentabilidade a seus imóveis refletiu-se sobre a escola estudada, sob forma de procurar reduzir seu consumo hídrico em, pelo menos, 30%. Os autores foram procurados pela escola para desenvolverem um estudo destinado a captar e armazenar a água pluvial precipitada sobre os telhados. Tendo por base normas específicas, esse sistema foi concebido, considerando dados pluviométricos da região, o consumo de água potável da escola e a área disponível para implantação da cisterna. Procedeu-se, em seguida, à análise do custo e retorno do investimento. A implantação do projeto extrapola o atendimento dos interesses financeiros; será também um instrumento visível para conscientização da necessidade e possibilidade real de se preservar os recursos hídricos disponíveis na natureza.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; aproveitamento de água pluvial; economia.

1 INTRODUÇÃO

A ideia de se ter um sistema de captação de água de chuva é milenar. De acordo com Tomaz (2009), em 3600 a.C. já existiam escavações para reservatórios com objetivo de captar as águas pluviais na Mesopotâmia e, em 2750 a.C., as casas já possuíam sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Conforme Piazza (1983) *apud* Oliveira (2004), no Brasil, durante o século XVIII, em Santa Catarina, construíram-se as primeiras cisternas que coletavam águas de chuva do telhado. A água coletada era destinada para consumo de tropas e diversos outros fins.

⁶⁴ Professor Doutor, Engenharia Civil Fumec. E-mail: projetopluvial@gmail.com

⁶⁵ Acadêmica de Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras. E-mail: projetopluvial@gmail.com



Basicamente, o sistema de captação de água pluvial é definido como um sistema que capta a água de chuva precipitada em determinada área. Após o descarte das primeiras águas precipitadas, conduz-se a água até a cisterna. Essa água é então distribuída para consumo não potável, ou seja, para lavagens de pátios, regagem de jardins, utilização nos vasos sanitários, entre outros.

Segundo Tomaz (2003), a principal recomendação é que o sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser impreterivelmente identificado como tal. A água da chuva não é potável e não deve ser misturada com água potável em hipótese alguma. Esse mesmo autor, acrescenta ainda, que uma cisterna de boa qualidade é indispensável ao bom funcionamento do sistema, inclusive no que diz respeito às proibições das passagens dos tubos através dela e à estanqueidade de sua tampa de inspeção.

O trabalho realizado e descrito a seguir, teve por objetivo possibilitar o aproveitamento da água pluvial, para fins não potáveis, coletada nos telhados de uma escola da rede municipal de ensino em Belo Horizonte. Em sua elaboração, foi analisada a viabilidade econômica da implantação do sistema, visto que ele permitirá reduzir o consumo de água potável fornecido pela concessionária. Mas essa implantação extrapolará esse objetivo, tendo em vista que, o sistema assim implantado numa escola pública, introduzirá, nos corpos docente e discente, a desejada conscientização da viabilidade e importância da construção de edificações sustentáveis.

2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para realizar o estudo de captação da água de chuva, buscou-se junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os dados de precipitação da cidade de Belo Horizonte dos últimos cinco anos, 2010 a 2014. Foram obtidos os valores apresentados na tabela 1, correspondentes à média mensal.

Tabela 1: Média Pluviométrica Mensal de Belo Horizonte.

MÉDIA PLUVIOMÉTRICA MENSAL	
Mês	mm
Janeiro	313,00
Fevereiro	44,00

Março	133,00
Abril	149,00
Maió	42,00
Junho	18,00
Julho	16,00
Agosto	1,00
Setembro	19,00
Outubro	80,00
Novembro	211,00
Dezembro	259,00
Total	1517

Fonte: Arquivo do autor, 2015

Os dados pluviométricos são fundamentais para a realização do dimensionamento do sistema. Percebe-se que nos meses de maio a setembro ocorre um período de pouca chuva. Sendo assim, se possível, deve-se dimensionar uma cisterna que seja capaz de suprir esses meses de escassez de água.

3 VISITAS TÉCNICAS E LEVANTAMENTOS DE DADOS

Para dar início aos estudos, foram realizadas visitas técnicas à escola a fim de estudar a melhor alternativa para implantação do sistema.

A primeira visita à escola teve como objetivo realizar o reconhecimento da área. Procurou-se encontrar o local adequado para instalação de cisternas, observar os tipos de telhados, definir aqueles telhados que serviriam para captação da água de chuva, os tipos de estruturas de suporte dos telhados e a existência de calhas, ver figuras 1 a 4. Foram também quantificados o número de alunos, professores, e consumo de água.

Na segunda visita foram determinados *in loco* a área disponível para construção da cisterna, as dimensões dos telhados a serem utilizados na captação da água de chuva, os caminhos ideais para o percurso das tubulações, o melhor local para instalação do reservatório de descarte das primeiras águas, o local a ser instalada a caixa d'água para abastecer os vasos sanitários nos vestiários. Foram também levantados possíveis problemas e soluções para manter os telhados sempre limpos.

Figura1: Local para implantação do reservatório



Fonte: Arquivo do autor, 2015

Figura 2: Telhado para captação de água para reservatório.



Fonte: Arquivo do autor, 2015

Figura 3: Telhado com estrutura adequada para posicionar calhas



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Figura 4: Local ideal para implantação da caixa d'água não potável



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Tabela 2: Média do Consumo Mensal da Escola do ano de 2014

Ano base 2014	Consumo de água total da escola (m ³)	Consumo de água total da escola não potável (m ³)
Janeiro	191,33	49,75
Fevereiro	220	57,20
Março	248,67	64,65
Abril	212,67	55,29
Mai	221,33	57,55
Junho	208	54,08
Julho	200	52,00
Agosto	184	47,84
Setembro	230,33	59,89
Outubro	241,67	62,83
Novembro	193	50,18
Dezembro	216,33	56,25

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NA ESCOLA

Após as visitas técnicas, discutiu-se qual seria a melhor opção para a implantação do sistema, levando-se em consideração a realidade local e buscando um custo baixo para sua implantação.

Assim, definiu-se que o projeto será implantado usando todo o telhado do prédio principal, com área de 522,41m². Esse prédio abriga vestiários, cozinha, refeitório e despensas. Próximo à cisterna será colocado o reservatório de descarte de precipitação inicial, com acesso fácil para manutenção.

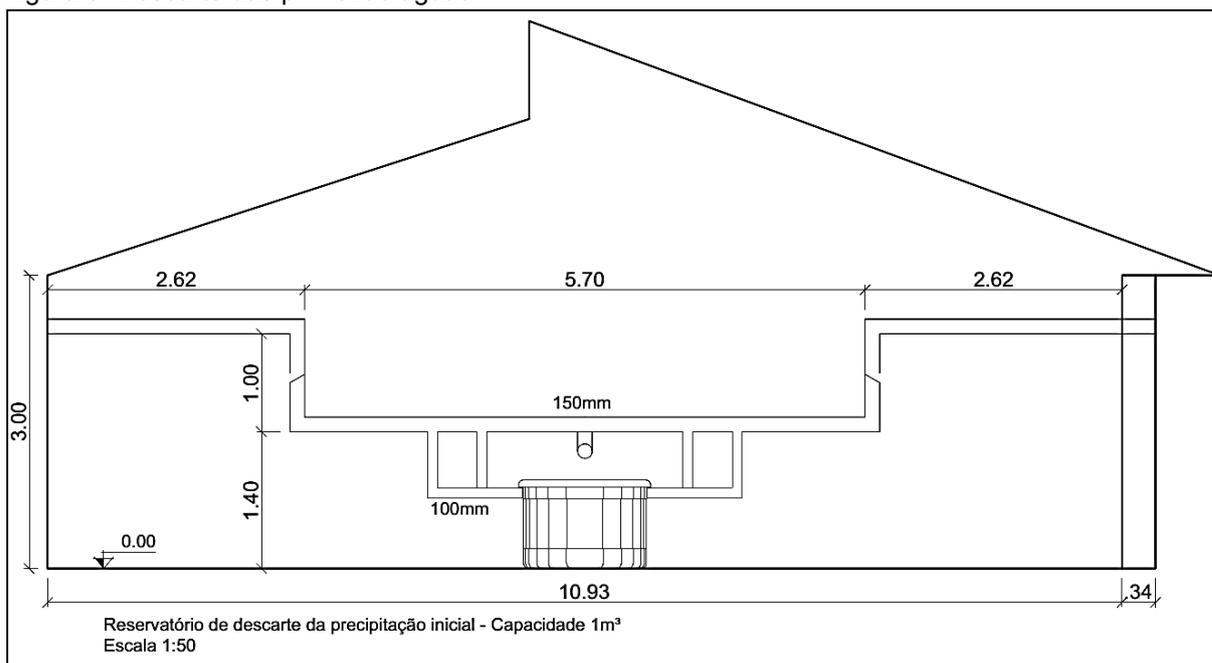
Devido à possibilidade da presença de resíduos acumulados na área de captação, a NBR 15527 recomenda o descarte dos primeiros 2 mm da precipitação

inicial. Para esse fim, utilizou-se um reservatório de 1 m³, para o qual são dirigidos os tubos que alimentam a cisterna. Quando o limite de reserva dessa unidade é atingido, válvulas de boia, instaladas nas extremidades desses tubos, são acionadas fechando o acesso de água captada ao seu interior. Dessa forma, ela é direcionada para a cisterna.

Após o término das chuvas, o reservatório de descarte (que recebe as primeiras águas) deve ser esvaziado. Abre-se, manualmente, o registro de saída, instalado em seu fundo. A água drenada é utilizada na irrigação das hortas.

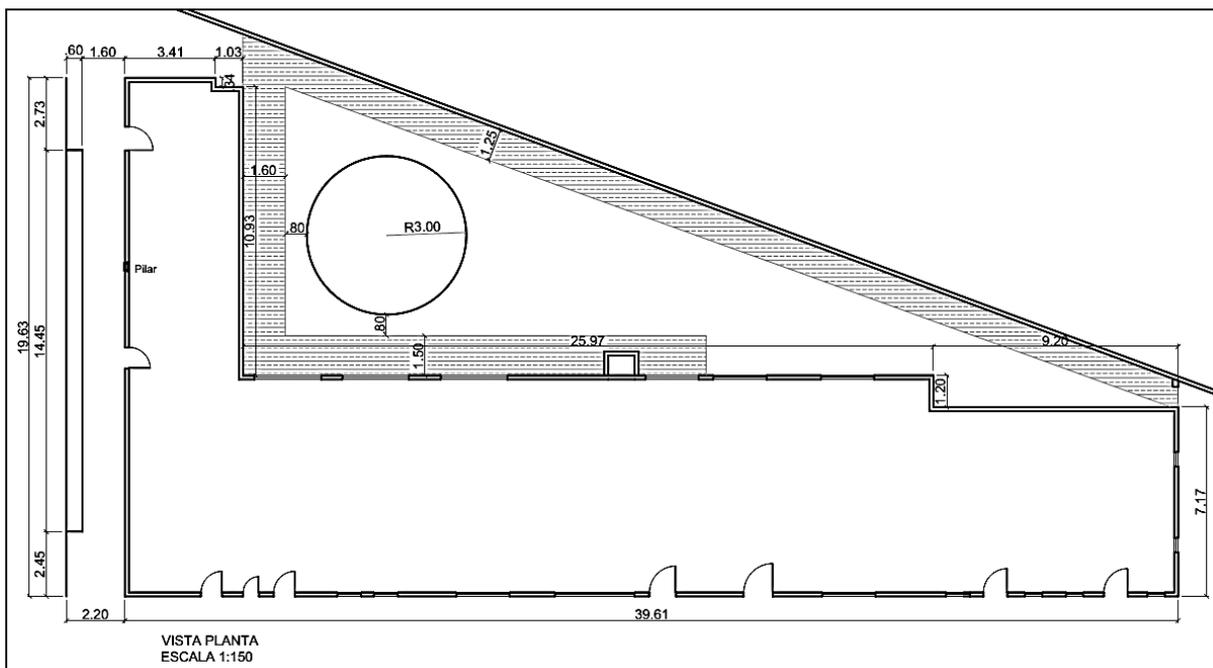
Para remoção de detritos maiores, que poderiam entupir as boias, previu-se a instalação de telas nos tubos de captação, antes da entrada no reservatório de descarte, em ângulos de 45°, com aberturas que permitem projetar, para o exterior desses tubos, os detritos retidos.

Figura 5: Descarte das primeiras águas



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Figura 6: Planta do Projeto Aproveitamento de Águas Pluviais.



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

4.1 Dimensionamento das calhas de beiral

O dimensionamento dessas calhas foi realizado através da fórmula (1) de Manning-Strickler, segundo a NBR 10844:

$$Q = K * \frac{S}{n} * R h^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

S = Área da seção molhada, em m^2

n = Coeficiente de rugosidade

R_h = Raio hidráulico, em m

i = Declividade da calha, em m/m

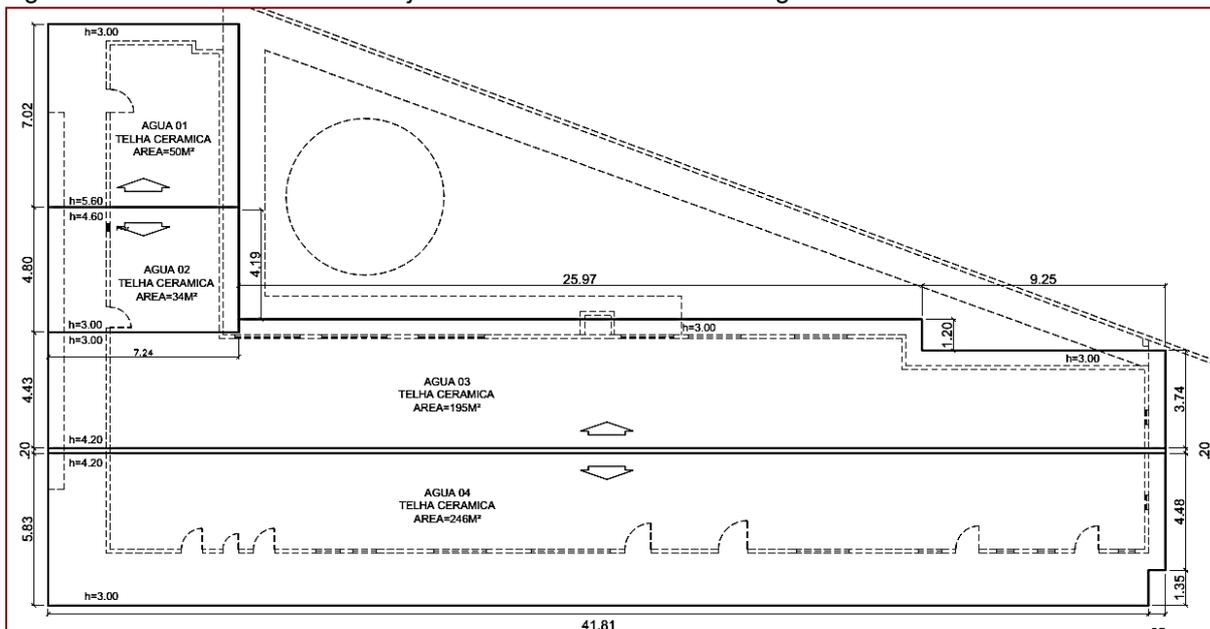
$k = 60.000$

Para sua aplicação, considerou-se a lâmina de água igual a 2/3 da altura, o coeficiente de rugosidade de 0,011 conforme o material do telhado, cerâmica, e a declividade de 0,005 m/m.

Como resultado, as calhas correspondentes às quatro águas do telhado ficaram definidas com as dimensões e formas a seguir:

- águas 1 e 2: calha retangular com as dimensões de 0,10 m de altura, 0,10 m largura.
- águas 3 e 4: calha retangular com as dimensões de 0,15 m de altura, 0,20 m largura.

Figura 7: Projeto das águas do telhado



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

4.2 Dimensionamento dos condutores

Os condutores, também, foram definidos conforme as orientações da NBR 10844, itens 5.6 e 5.7, tendo-se chegado aos resultados a seguir:

- nas calhas 01 e 02, deverá ser instalado 01 condutor vertical com diâmetro de 75mm.
- nas calhas 03 e 04, deverão ser instalados 04 condutores verticais com diâmetro de 100mm e espaçamento de 10m entre eles.

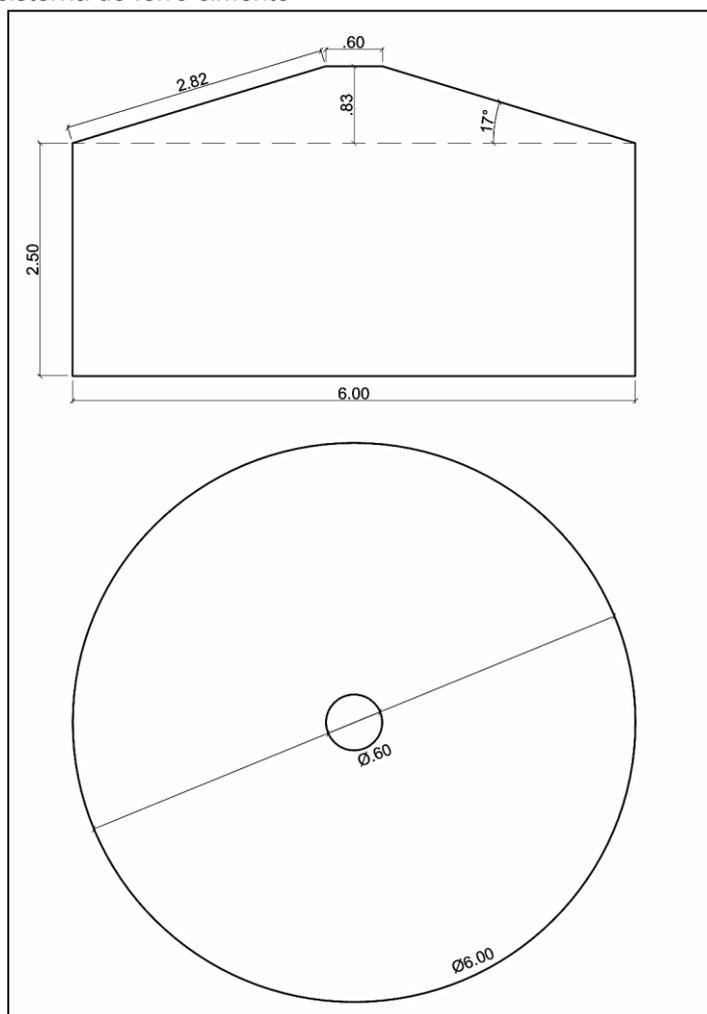
Para o transporte das águas dos telhados 01, 02 e 04, será utilizado um condutor horizontal com diâmetro de 200mm e declividade de 0,5% e para o transporte da água do telhado 03, será utilizado um condutor horizontal com diâmetro de 150mm e declividade de 1%.

4.3 Dimensionamento da cisterna

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.258-270, dez. 2015.

A partir das visitas técnicas, verificou-se que a área disponível na escola para a localização da cisterna era pequena. Assim, pensou-se em uma forma de aproveitar o espaço com o maior volume possível. Optou-se por uma cisterna a ser construída de ferrocimento com 6,00m de diâmetro e 2,50m de lâmina d'água, capaz de acumular o volume de 70m³, ver figura 8.

Figura 8: Projeto da cisterna de ferro cimento



Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Comparando, mês a mês, a capacidade de acumulação da cisterna com o volume de chuva captado, construiu-se a tabela 3, para verificar qual o volume anual de água que poderá ser economizado.

Tabela 3: Volume do Aproveitamento Mensal

	Área (m ²)	Coefficiente de escoamento	Precipitação média mensal (mm)	Volume de chuva aproveitável (m ³)	Reservatório (m ³)
Janeiro	522,41	0,8	313	130,81	70,00
Fevereiro	522,41	0,8	44	18,39	18,39
Março	522,41	0,8	133	55,58	55,58
Abril	522,41	0,8	149	62,27	63,98
Mai	522,41	0,8	42	17,55	17,55
Junho	522,41	0,8	18	7,52	7,52
Julho	522,41	0,8	16	6,69	6,69
Agosto	522,41	0,8	1	0,42	0,42
Setembro	522,41	0,8	19	7,94	7,94
Outubro	522,41	0,8	80	33,43	33,43
Novembro	522,41	0,8	211	88,18	70,00
Dezembro	522,41	0,8	259	108,24	70,00
		Total	1285,00	537,04	421,51

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Será possível aproveitar, portanto, um volume de chuva de 422 m³/ano do total captado de 537 m³/ano. Isto é, com o dimensionamento previsto, aproveita-se 78% do volume total captado.

De acordo com Fasola et al, sabe-se que 26% do consumo total de água, é destinado ao uso não potável. Assim, calculou-se o consumo total da escola de água não potável, conforme tabela 4. Percebe-se que o reservatório de 70 m³ não será suficiente para suprir todo o consumo de água não potável da escola, isto é, o reservatório será capaz de realizar a economia de 63% do consumo de água não potável da escola.

Tabela 4: Demanda Mensal

Ano base 2014	Consumo total da escola de água não potável (m ³)	Reservatório (m ³)
Janeiro	49,75	70,00
Fevereiro	57,20	18,39
Março	64,65	55,58
Abril	55,29	63,98
Mai	57,55	17,55
Junho	54,08	7,52
Julho	52,00	6,69
Agosto	47,84	0,42
Setembro	59,89	7,94
Outubro	62,83	33,43
Novembro	50,18	70,00
Dezembro	56,25	70,00
Total	667,51	421,51

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

4.4 Estimativa de custo

Foi realizado um orçamento de todo material a ser utilizado: tubulação, calhas, matérias de construção para a cisterna e bombas, entre outros. O custo de investimento para implantação deste sistema é de, aproximadamente, R\$ 12.000,00. A economia anual a realizar pela escola será de aproximadamente R\$4.000,00. Assim, o tempo de retorno do empreendimento será de 3 anos.

5 ANÁLISE DOS DADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar o estudo de sistema de captação de água pluvial para uma escola municipal de Belo Horizonte, obteve-se as seguintes considerações:

1. a escola possui uma área reduzida para implantação da cisterna pluvial, o que limita o seu tamanho; assim optou-se por um reservatório de 70m³;
2. o reservatório adotado será capaz de economizar 63% do consumo da água não potável da escola;
3. a escola terá um tempo de retorno para o investimento de 3 anos.

Analisando os dados encontrados, percebeu-se que o volume necessário do reservatório para que a escola seja autossuficiente em relação ao consumo de água não potável é maior do que o adotado. Porém, existem alguns fatores, transcritos a seguir, que impedem que essa condição:

1. o índice pluviométrico da região durante 6 meses é muito baixo, implicando no não enchimento total do reservatório nesses meses, o que mostra que em alguns meses o reservatório será esvaziado;
2. a área disponibilizada para a cisterna é pequena, impossibilitando a construção de um reservatório autossuficiente;

Analisando a estimativa de custo, percebe-se que uma escola será capaz de economizar R\$4.000,00 ao Município por ano. Ou seja, essa economia pode ser utilizada em benfeitorias na própria escola. E, se várias escolas adotassem um sistema de captação de água de chuva a economia para o Município seria maior, além de estar conscientizando a população e possibilitando a aplicação do valor economizado em melhorias para o ensino público.

Conclui-se também, que o sistema de captação de água pluvial será distinto para cada edificação apresentada, uma vez que ele depende do índice pluviométrico R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.258-270, dez. 2015.

da região em que se encontra, da área de telhado para captação da chuva, da disponibilidade de área física para construção do reservatório e do tipo de reservatório a ser construído. Assim, deve-se sempre fazer um estudo prévio antes de implantar o sistema.

THE STUDY ABOUT A SUSTAINABLE SYSTEM OF HARVESTING RAINWATER IN A PUBLIC SCHOOL OF BELO HORIZONTE CITY.

ABSTRACT

The efforts developed by the public administration of the city Belo Horizonte to take the sustainability into their estate was reflected on the School studied, about to try to reduce its water consumption by at least 30%. The authors were contacted by the school to develop a study to capture and store the rainwater precipitated on the roofs. Based on specific standards, this system is designed considering rainfall data in the region, the consumption of potable water in the school and the area available for the cistern. It proceeded then to analyze the cost and return on investment. The implementation of the project goes beyond the financial interests; It will also be a visible tool for awareness of the necessity and real possibility of preserving water resources available in the wild.

KEYWORDS: Sustainability; harvesting rainwater; economy.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 1557/2007: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 10844/1989: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro 2007.

FASOLA G. Balparda.; GHISI E.; MARINOSKI A. Kelly; BORINELLI J. Bressan. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, out./dez. 2011.

OLIVEIRA, Y.V. **Balanço Hídrico Seriado como base para o Planejamento de Captação de Água de Chuva para Utilização em Propriedades Rurais na Região de Chapecó - SC.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

TOMAZ, P. (2003). **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora- SP, 180 p.

TOMAZ, P. (2009). **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora- SP, Capítulo 0- Introdução, 13 p.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.258-270, dez. 2015.

YWASHIMA, L. A. Avaliação do Uso de Água em Edifícios Escolares Públicos e Análise de Viabilidade Econômica da Instalação de Tecnologias Economizadoras nos Pontos de Consumo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.