

IX-008 – METODOLOGIA CLÁSSICA PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL COM A FINALIDADE DO USO NÃO POTÁVEL

Carlos Eugenio Pereira⁽¹⁾

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Heber Martins de Paula

Engenheiro Civil e Mestre pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG). Professor Assistente da Universidade Federal de Goiás – *Campus* Catalão-GO.

Marcio Ricardo Salla

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Endereço⁽¹⁾: Rua João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica - Uberlândia - MG - CEP: 38400-092 - Brasil - Tel: (34) 3239-4170 - e-mail: carloseugenio@feciv.ufu.br

RESUMO

O aproveitamento de Água Pluvial é tema muito abordado em vários centros de pesquisa. Vindo a contribuir com esse tipo de trabalho apresentam-se resultados parciais de estudo realizados dentro do *Campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), utilizando-se como área de captação de água pluvial o telhado do Bloco G, que se trata de um bloco padronizado pela universidade e que poderá servir de base para a execução de reservatórios de detenção para a maioria dos edifícios da UFU. Determinou-se o volume de água captada considerando dois anos de dados pluviométricos pelo método de Rippl e estimou-se formas de uso para essa água, considerando a irrigação de um campo de futebol próximo ao Bloco, lavagem de corredores e de banheiros do mesmo Bloco.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de Água Pluvial, Dimensionamento de Reservatório, Previsão de consumo.

INTRODUÇÃO

O problema da falta de água potável nos dias atuais, principalmente em grandes centros urbanos é essencial e devem-se estar atento as pesquisas sobre aproveitamento de água de chuva e ao reaproveitamento das águas cinza, tendo em vista diminuir o uso da água proveniente de rios e lagos.

A região do triângulo mineiro apresenta bem definido o período de estiagem (maio a setembro) e o período de chuvas (outubro a abril), este último intensificado de janeiro a março. Observa-se principalmente nos meses de julho e agosto que as gramíneas de praças, do *campus* da Universidade Federal de Uberlândia e de outras regiões da cidade praticamente secam nesse período e, por isso pode aumentar a quantidade de partículas sólidas contidas no ar, proveniente do solo que fica exposto ou da própria grama seca. Tendo em vista que algumas doenças respiratórias são provenientes desse tipo de fuligem, a irrigação de tais áreas no período de seca torna-se importante.

A cidade de Uberlândia-MG, no triângulo mineiro já estuda a expansão da Estação de Tratamento de Água (ETA) e reservação para atender uma população futura de 1 (um) milhão de habitantes, como a vazão do rio Uberabinha e Bom Jardim não são suficientes para atender essa demanda, estuda-se a possibilidade da adução de água da barragem de Capim Branco I e II, localizada a aproximadamente 8Km (oito quilômetros) da cidade. Observa-se que tal medida é válida, pois trata de planejamento por parte do município pensando em seu desenvolvimento futuro.

Aliada ao desenvolvimento que se espera para a cidade de Uberlândia e tendo em vista formas de economia e preservação da água, estudam-se maneiras de aproveitar água pluvial com base em dados de chuva, possíveis áreas de captação e locais para aproveitamento e; assim diminuir de forma significativa o consumo de água proveniente de rios ou água subterrânea, mantendo os reservatórios naturais com água armazenada, bem como,

auxiliando o município com os problemas de drenagem urbana, diminuindo picos de cheia e eventuais prejuízos nas estruturas causados por possíveis enchentes.

OBJETIVO

Avaliar a viabilidade econômica, do aproveitamento da água pluvial no Bloco G, no *Campus* Santa Mônica - Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por meio da comparação custo de água vs custo de instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos desse estudo, foi necessário obter os dados de chuva na Estação Meteorológica instalada no *Campus* Santa Mônica - Universidade Federal de Uberlândia de responsabilidade do Instituto de Geografia (IG). Com esses dados hidrológicos foi possível estimar a vazão e conseqüentemente os volumes a serem reservados.

A Figura 1 extraída de ANA (2005) apresenta a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso da água pluvial.

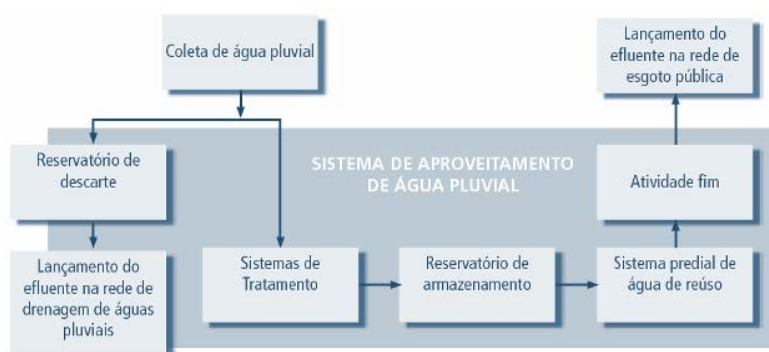


Figura 1: Sistema de aproveitamento de água pluvial em edificações.

Fonte: ANA (2005).

O sistema de aproveitamento de águas pluviais segundo o manual da ANA (2005) é composto por uma área disponível para coleta/captação, que pode ser um telhado, o solo ou uma represa. O sistema mais simples e usual é a coleta por telhado de uma edificação e necessita ainda de um subsistema de condução composto por calhas, condutos e reservatório, funcionando como cisterna. Ele deve conter um dispositivo tipo *by-pass* para descarte das primeiras chuvas e dependendo do uso da água será necessário implementar as etapas de tratamento, sistema elevatório, composto por bombas e um reservatório superior.

A Figura 2 (a) apresenta fotografia obtida do sistema de conduto vertical, em uma das laterais do prédio, que capta a água da chuva proveniente do telhado e a levam para uma canaleta lateral e em seguida para a rua. O sistema apresentado na Figura 2 (b) é do condutor localizado próximo a entrada principal do Bloco G e que conduz a água para uma pequena bacia de percolação, que facilita a infiltração da água no solo.



(a)

(b)

Figura 2: Localização da captação de Água Pluvial do Bloco G:**(a) Condutor Vertical de canto que capta água da região do espigão universal, $A=242,28\text{m}^2$** **(b) Condutor Vertical lateral que capta água em parte da lateral do telhado, $A=266,78\text{ m}^2$.**

O tipo de telha, a inclinação e a posição da calha foram obtidos junto a Prefeitura Universitária, por meio do projeto do telhado do Bloco G, situado no *Campus* Santa Mônica da UFU. Parte do telhado pode ser visualizada na Figura 3.

A área de coleta da água de chuva foi calculada de acordo com a NBR 10.844:1989. O coeficiente de escoamento superficial (CES) é definido conhecendo-se o material confeccionado para as telhas da edificação e da forma com que foi realizado o acabamento. Este serviço foi realizado recentemente nesse prédio, com isso, essas informações foram obtidas sem a necessidade de uma verificação mais detalhada.

O Coeficiente de *Runoff* adotado neste estudo, considerando perdas por evaporação, vazamentos e as perdas por lavagem do telhado foi de 0,8.

O Bloco G é utilizado pela Faculdade de Educação, sendo composto por dois pavimentos (térreo e superior) possuindo as seguintes áreas: construída: $2.749,45\text{m}^2$ (aproximadamente); captação (cobertura): $509,06\text{ m}^2$ (considerada); salas de professores, secretária e laboratórios (piso térreo): $1.144,73\text{m}^2$; salas de aula, sala do PET e laboratórios (piso superior): $1.144,73\text{m}^2$; corredores/banheiros (piso térreo): $230,00\text{m}^2$; corredores/banheiros (piso superior): 230m^2 .

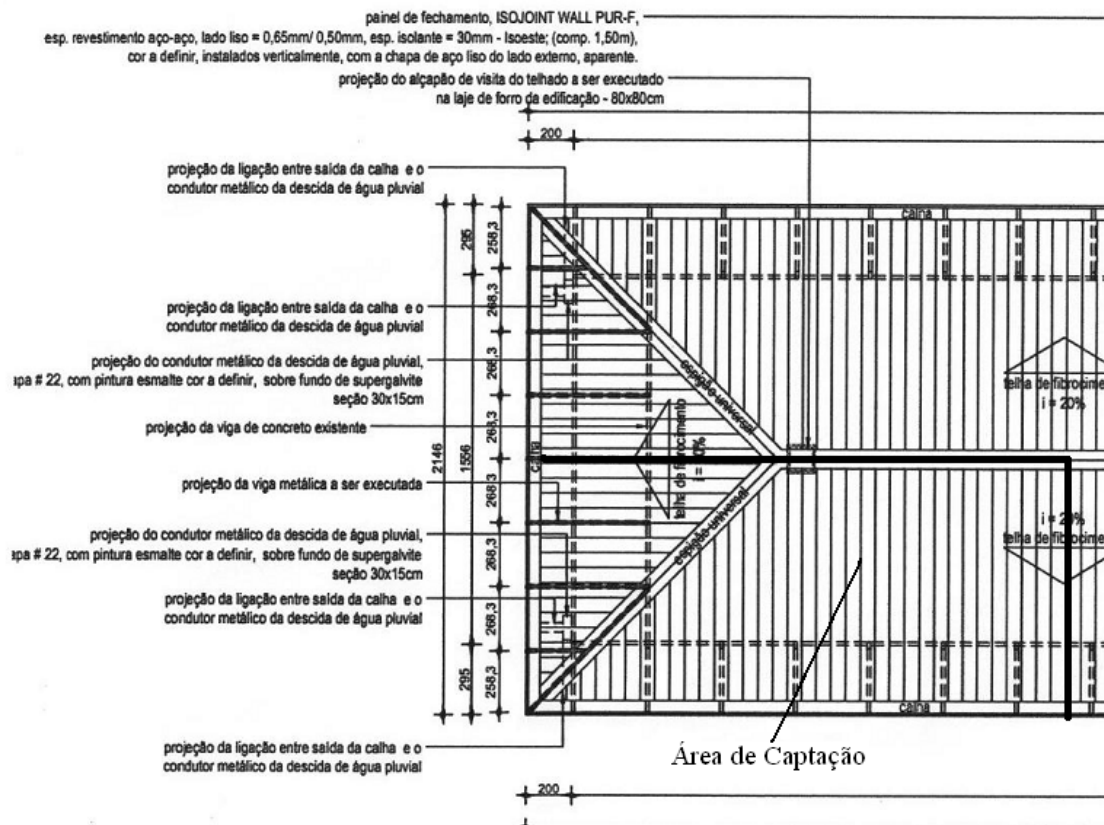


Figura 3: Área definida para captação de água pluvial.

O levantamento da demanda de água pluvial foi realizado considerando-se a utilização de água para lavagem dos pisos de corredores, salas de aula e de professores, além dos banheiros, tanto para o piso térreo quanto para o piso superior e, a utilização na irrigação do campo de futebol situado próximo da Faculdade de Educação. Para alcançar o resultado de utilização mensal de água para os fins descritos acima, o cálculo foi realizado segundo uma frequência média. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Cálculo da Demanda de Água Pluvial.

Meses	Volume necessário para lavagem de salas/laboratórios (m ³)	Volume necessário para lavagem de corredor/banheiro (m ³)	Volume necessário para irrigação do campo de futebol (m ³)	Demanda Total (m ³)
Janeiro	Não estimado	27,6	30,0	57,6
Fevereiro	0,0	27,6	30,0	57,6
Março	0,0	27,6	30,0	57,6
Abril	0,0	27,6	30,0	57,6
Maio	0,0	27,6	30,0	57,6
Junho	0,0	27,6	30,0	57,6
Julho	Não estimado	27,6	30,0	57,6
Agosto	0,0	27,6	30,0	57,6
Setembro	0,0	27,6	30,0	57,6
Outubro	0,0	27,6	30,0	57,6
Novembro	0,0	27,6	30,0	57,6
Dezembro	0,0	27,6	30,0	57,6

The Rainwater Technology Handbook (2001) *apud* Tomaz (2003), afirma que é necessária a instalação de um sistema de gradeamento, com o intuito de separar o material grosseiro e as folhas presentes na água que será armazenada, evitando o acúmulo de matéria orgânica e preservando a qualidade da água. Esse sistema utiliza grades e malhas e apresenta uma tubulação de entrada da água bruta e as saídas de água filtrada e material sólido.

Os métodos adotados para o cálculo do volume reservado seguirão as recomendações feitas por Vaccari et al. (2005) e Dornelles et al. (2010), levando em consideração os aspectos referentes à detenção para controle do escoamento superficial na área de estudo e o volume reservado para as possíveis atividades fim de uso dessa água.

Segundo Vaccari et al. (2005), além dessa primeira etapa de filtração é necessário o descarte das primeiras chuvas, tendo em vista que essa é responsável pela lavagem da atmosfera e da área de captação. Tal medida é importância, pois favorece a qualidade da água armazenada no reservatório. Essa água pode ser armazenada em um reservatório de descarte ou de auto-limpeza.

Dornelles et al. (2010) afirmam que apesar das diversas iniciativas que apontam para a regulamentação e incentivo ao aproveitamento de águas de chuva, as questões de ordem técnica precisam ser melhor estudadas, pois a capacidade de reserva é fundamental e deve ser dimensionada com base na avaliação do nível de atendimento à demanda e eficiência. Em seu estudo os autores determinaram os volumes de reserva por meio de 6 diferentes métodos, entre eles: métodos empíricos, probabilísticos e de simulação; com o intuito de obter uma ferramenta prática de auxílio à estimativa de desempenho desses sistemas de água pluvial.

Vale ressaltar a necessidade de um estudo minucioso da água pluvial captada, esse irá depender das condições pluviométricas da região de estudo, tais como regime de chuvas, dias sem chuva (estiagem) e período de chuvas, entre outros parâmetros relevantes. Deve-se considerar também onde será aplicada a água armazenada, sendo importante um estudo de demanda específica, por exemplo, em uma edificação.

No que diz respeito a literatura sobre o dimensionamento de reservatórios de acumulação, o método comumente encontrado é o de Rippl, também conhecido como diagrama de massa. Trata-se de um

procedimento gráfico onde a curva de volumes médios mensais acumulados é graficado em função do período de dados hidrológicos.

A Figura 4 mostra o diagrama de Rippl e a linha de demanda, a partir da linha de demanda traça-se duas retas tangentes a essa linha (pontilhadas) e que encontrem as maiores diferenças no diagrama de massa. A soma das duas maiores diferenças entre a curva de demanda e o diagrama de massas, ou seja, V_1 e V_2 é o volume a ser acumulado.

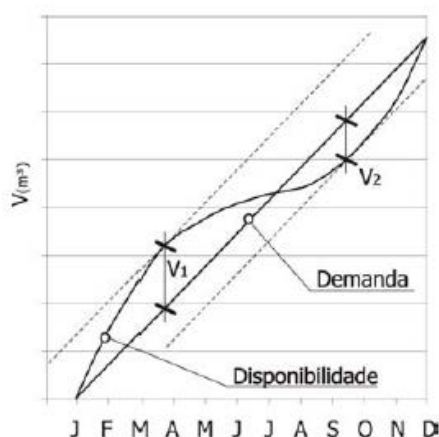


Figura 4: Diagrama de Rippl ou de Massa (Dornelles et al., 2010).

Outros métodos poderão ser testados para verificar a melhor metodologia para determinação do volume do reservatório. Contudo, pode-se adiantar que esse método corresponde bem ao regime de chuvas encontrado para a região de Uberlândia-MG, onde o período seco é expressivo com grande amplitude da variação dos volumes precipitados nos períodos secos e úmidos (DORNELES et al., 2010).

O reservatório de armazenamento poderá ser construído em concreto ou alvenaria, confeccionados com diversos volumes de armazenamento.

RESULTADOS

Os resultados alcançados podem ser resumidos em: definição da área de captação da água de chuva; com base nas intensidades de precipitação estimaram-se os dados de vazão; pela aplicação do método de Rippl, entre outros; determinou-se o provável volume do reservatório de detenção.

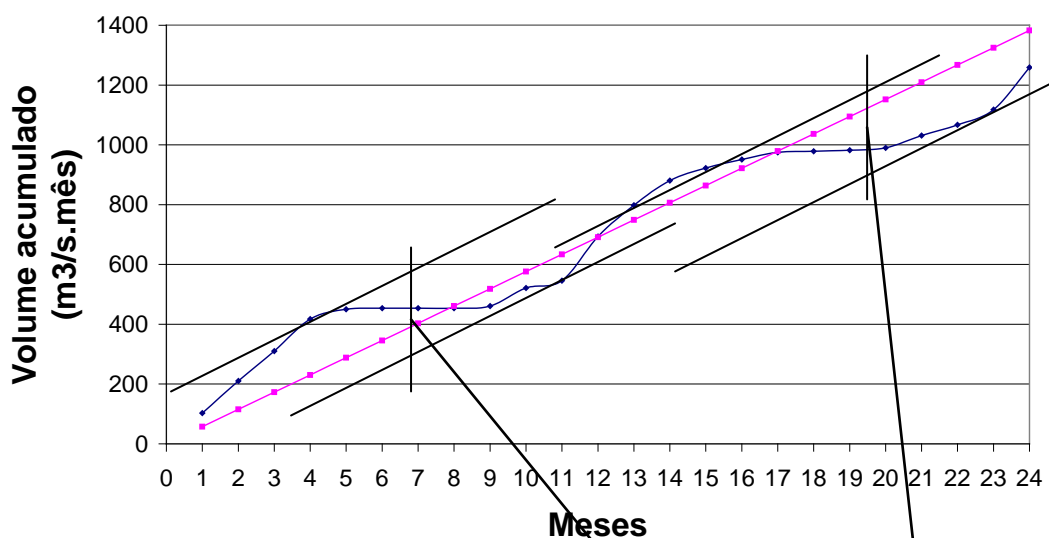
Os principais benefícios esperados com esse estudo são: a economia gerada pela redução do consumo de água e aumento da disponibilidade de água para usos mais nobres.

A Tabela 2 apresenta o cálculo do volume do reservatório pelo método tradicional do déficit acumulado e o resultado corrobora com o diagrama de massa apresentado na Figura 5, com o volume do reservatório definido entre duas retas tangentes ao volume acumulado fornecido pelas chuvas, essas retas tangentes são paralelas a reta dos volumes acumulados de demanda.

Tabela 2: Cálculo do Déficit Acumulado.

Ano	Meses	Precipitação (mm)	Área de Captação (m ²)	Run off	Volume (m ³)	Demanda Mensal (m ³ /mês)	Volume-Demanda Mensal (m ³ /mês)	Somatório
	Jan	252,5	509,06	0,80	102,8	57,6	45,2	-
	Fev	264,8	509,06	0,80	107,8	57,6	50,2	-
	Mar	244,6	509,06	0,80	99,6	57,6	42,0	-
	Abr	262,2	509,06	0,80	106,8	57,6	49,2	-
	Mai	80,8	509,06	0,80	32,9	57,6	-24,7	-24,7
	Jun	9,0	509,06	0,80	3,7	57,6	-53,9	-78,6
	Jul	0,0	509,06	0,80	0,0	57,6	-57,6	-136,2
	Ago	0,5	509,06	0,80	0,20	57,6	-57,4	-193,6
	Set	17,5	509,06	0,80	7,1	57,6	-50,5	-244,1
	Out	148,2	509,06	0,80	60,4	57,6	2,75	-241,3
	Nov	59,9	509,06	0,80	24,4	57,6	-33,2	-274,6
	Dez	363,3	509,06	0,80	147,9	57,6	90,4	-
	Jan	256,4	509,06	0,80	104,4	57,6	46,8	-
	Fev	202,4	509,06	0,80	82,4	57,6	24,8	-
	Mar	103,1	509,06	0,80	42,0	57,6	-15,6	-15,6
	Abr	70,2	509,06	0,80	28,6	57,6	-29,0	-44,6
	Mai	58,8	509,06	0,80	23,9	57,6	-33,6	-78,3
	Jun	8,5	509,06	0,80	3,5	57,6	-54,1	-132,4
	Jul	8,5	509,06	0,80	3,5	57,6	-54,1	-186,6
	Ago	19,8	509,06	0,80	8,1	57,6	-49,5	-236,1
	Set	101,3	509,06	0,80	41,3	57,6	-16,3	-252,4
	Out	87,5	509,06	0,80	35,6	57,6	-22,0	-274,4
	Nov	125,5	509,06	0,80	51,1	57,6	-6,5	-280,9
	Dez	346,6	509,06	0,80	141,1	57,6	83,6	-

DIAGRAMA DE MASSA OU DE RIPPL



Volume do reservatório, na leitura do gráfico: $600 - 320 = 280 \text{ m}^3$ ou $1190 - 910 = 280 \text{ m}^3$.

Figura 5: Diagrama de Massa ou de Rippl para a vazão estimada na tabela 1.

O volume do reservatório foi estimado em $280,9 \text{ m}^3$, considerando a área de coleta definida neste trabalho. As dimensões possíveis desse reservatório poderão ser $22 \text{ m} \times 14 \text{ m}$, considerando a área para possível extravasamento de água em épocas cujos volumes de chuvas sejam maiores. A Figura 6 apresenta um esquema em planta do possível reservatório do Bloco estudado.

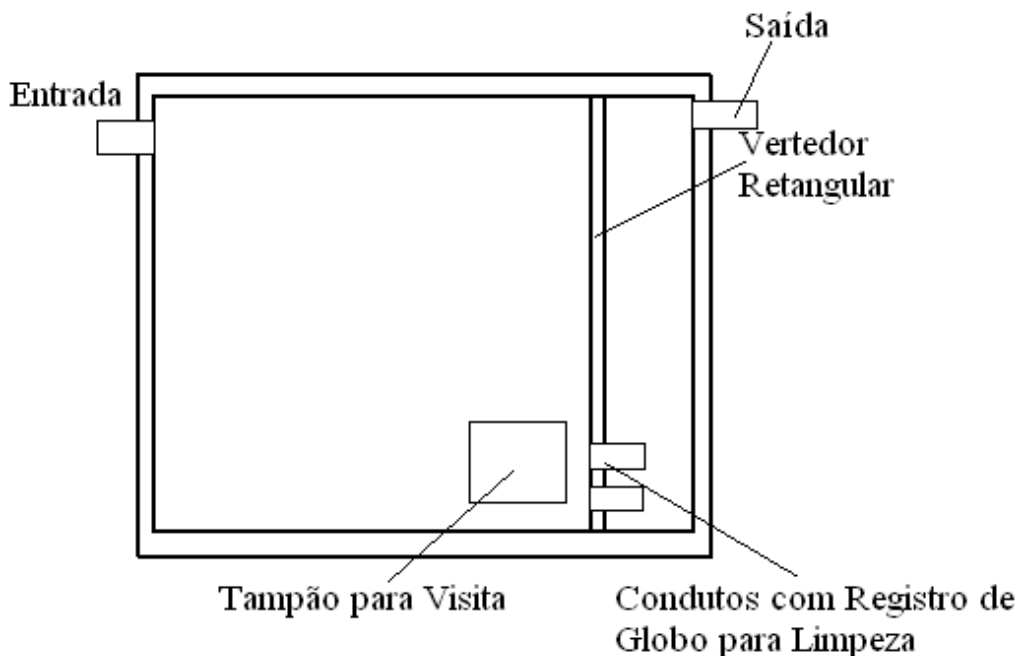


Figura 6: Esquema em planta apresentando o reservatório de retenção para o Bloco G.

A tabela 3 apresenta os materiais e custos relativos para a aquisição de reservatórios em polietileno, bombas centrifugas e tubulações de 20mm para recalque e possíveis destinações da água dentro do prédio. Na irrigação do campo de futebol imagina-se que se pode atender ao sistema de irrigação através de uma bomba de 2CV ligada diretamente ao reservatório de retenção e 36 metros de tubulação para alcançar as tubulações do sistema.

Tabela 3: Estimativa de custos de um sistema de reúso.

Quantidade	Equipamento/Material	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
2 unidades	Reservatório de água em polietileno capacidade de 1.000 litros	269,00	538,00
1 unidade	Bomba centrífuga de água de 1 CV.	816,67	816,67
1 unidade	Bomba centrífuga de água de 2 CV.	1.048,00	1.048,00
20 barras	Tubulação de PVC 20mm	9,50	190,00
6 barras	Tubulação de PVC 50mm	33,90	203,40
		Custo Total	2.796,07

O custo inicial sem contar com a execução do reservatório para detenção foi estimado em R\$ 2.796,07. Sabe-se que parte da água utilizada pela universidade provém de poços artesianos, contudo, para se ter uma base de custos será aplicada a tabela de preços do DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto).

O custo da água na cidade de Uberlândia na categoria comercial é calculado considerando um preço mínimo de R\$ 6,81, acrescido de R\$ 2,53 por m³ excedente, totalizando para a demanda estimada neste trabalho um valor de R\$ 127,24 de custo mensal. O valor investido com material pode ser recuperado em menos de dois anos, contudo vale ressaltar que não está considerado o custo da execução do reservatório.

Dentro da metodologia proposta sabe-se que a maioria dos estudos será realizada de maneira teórica, pois se pretende com os resultados obtidos ter embasamento teórico/prático para buscar parcerias junto a empresas públicas ou privadas para a implementação desse projeto em escolas municipais, estaduais e particulares, visando uma economia nos custos de manutenção. Espera-se também futuramente dar continuidade a esse projeto preocupando-se com a qualidade da água de reúso e, trabalhar dentro desse tema com Educação Ambiental.

CONCLUSÕES

A detenção da água pluvial é uma alternativa para a redução da escassez de água e para a conservação dos mananciais. A finalidade de tal ação é a redução do escoamento superficial dentro de pequenas áreas, como nos lotes urbanos ou em áreas maiores, como é o caso de macro-drenagem das vias urbanas. Pode-se citar como consequência direta o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução das inundações. A água captada e armazenada pode ser posteriormente utilizada para fins não potáveis como rega de jardim, lavagens de corredores e banheiros, etc.

Nos últimos anos percebeu-se certa tendência, que nos anos de 2008 e 2010 o período de estiagem foi maior que no ano de 2009. Nesse ano as chuvas foram mais comuns e com maior intensidade, desta maneira, espera-se obter dados de chuva desses três anos para então iniciar os cálculos de vazão e verificar o pior período de chuva e determinar o volume do reservatório para essa situação relativamente mais crítica.

O custo com instalações básicas pode ser recuperado em menos de dois anos, levando em consideração os custos com água tratada em Uberlândia-MG.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Universitária do *Campus* Santa Mônica pela disponibilização do projeto do telhado do Bloco G, ao Instituto de Geografia pelos dados de precipitação e a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, S.V. & AMORIM, D.J.A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. *Ambiente Construído*. v.8, n.2, p. 53-66, abr-jun. 2008.
2. DORNELES, F.; TASSI, R; GOLDENFUM, J. A. Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água de Chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.15, n.2, p. 59-68, abr-jun. 2010.
3. CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES (2005) Volume único. MMA/ANA/SINDUSCON/FIESP/SESI/SENAI.
4. TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2003.
5. VACCARI et al. (2005) Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES) In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS.