

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL: ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

*Célia Medeiros Marques¹
Gilson Barbosa Athayde Júnior²
Ysa Helena Diniz Moraes de Luna²

PROPOSAL FOR RAINWATER HARVESTING SYSTEM FOR
A SCHOLAR INSTITUTE IN NORTHEAST REGION OF
BRAZIL: A STUDY OF THE ECONOMIC VIABILITY

Recibido el 6 de febrero de 2014; Aceptado el 4 de noviembre de 2014

Abstract

The expectation of drinking water shortage for the next years has been a motivating factor to search for alternatives to supply the demand of future generations, to promote rational use of water and to reduce its waste. Once water is directly linked to people's maintenance and quality of life, and also compromise all living species in our planet, it is imperative that the entire civil, business and industrial societies, as well as the government and its public institutions, to seek mechanism to preserve it. In this context, this paper aimed to propose a system of rainwater usage for Campina Grande campus of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba – IFPB, and analyze the economic viability of its establishment. To meet the increasing demand of water, we considered the rainfall in the region, and the potential to capture rainwater in that campus, which has been designed in a reservoir of 787 m³, the method Rippl. The proposed system aims at supplying 94% of non-potable consumption of that campus, which will provide a savings of 84% of water purchased from the Water Company of Paraíba - Cagepa, and based on the tools of financial mathematics, represents a relationship benefit /cost of 2.52 with Capital Return Period of 9.83 years. Therefore, the economic viability of the rainwater harvesting system implementation was proved and it showed to be attractive, especially when it requires a very high demand of water with less noble purposes, as it is the case.

Key words: economic viability, rainwater harvesting, water usages.

¹ Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB), Brasil.

² Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil.

*Autor correspondente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, REITORIA. Av. Primeiro de Maio, 720 Jaguaribe, 58015-430 - João Pessoa, PB – Brasil. Email: celia_mmarques@hotmail.com

Resumo

A expectativa de escassez de água potável nos próximos anos tem motivado a busca por alternativas que promovam seu uso racional, visando suprir as necessidades das futuras gerações. Sendo a água um recurso finito e essencial a toda espécie de vida no nosso planeta, é imperativo que a sociedade civil, empresarial, industrial, bem como o Governo e suas Instituições Públicas, busquem mecanismos para preservá-la. Neste contexto, o presente estudo propôs um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no *Campus* Campina Grande do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) e avaliou a viabilidade econômica de sua implantação. Foram considerados os índices pluviométricos da região e o potencial de captação de água de chuva no referido *Campus*, sendo dimensionado um reservatório de 787 m³, pelo método de Rippl. O sistema proposto seria capaz de suprir a demanda de 94 % do consumo não potável do referido *Campus*, o que proporcionaria uma economia de 84% da água comprada à Companhia de Água da Paraíba – CAGEPA, e com base nas ferramentas da matemática financeira, representaria uma relação Benefício/Custo de 2.52 com Período de Retorno de Capital de 9.83 anos. Dessa forma foi comprovada, a viabilidade econômica do sistema proposto, principalmente quando se requer grandes demandas de água para fins menos nobres, como é o caso.

Palavras-chave: aproveitamento de água de chuva, uso da água, viabilidade econômica.

Introdução

Diante do imenso espectro de crescente escassez de suprimento de água potável em qualidade e quantidade adequada, é necessário se buscar novas estratégias para a gestão sustentável dos recursos hídricos, de modo que não se provoquem impactos negativos para o uso das futuras gerações.

Li *et al.* (2010) propõem que, a utilização da água da chuva é essencial para melhorar o ambiente ecológico, e é uma das principais abordagens para conseguir recursos hídricos sustentáveis. Segundo Tomaz (2003), apesar de ser uma prática antiga, a captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis se mostra como uma estratégia interessante e atual para economia de água potável.

De acordo com Lima *et al.* (2011), a média de potencial de economia de água potável com o aproveitamento de água de chuva, estimada para 40 cidades da Amazônia é de 76%. Tal percentual aproxima-se aos valores obtidos por Athayde Júnior *et al.* (2008), para residências, no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, que variaram de 84 a 89%.

Em estabelecimentos comerciais, escolas, prédios públicos e mesmo em indústrias, onde pode ser utilizada no processo produtivo, existem evidências que o uso da água para fins não-potáveis pode responder por mais de 50% do consumo. É necessária uma inspeção cuidadosa no local para uma avaliação precisa (Silva, 2007).

Com base neste cenário, o aproveitamento de água de chuva se mostra como opção sustentável e atrativa, sob o ponto de vista ambiental. No entanto, para implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial é necessário investigar outros fatores, entre os quais a viabilidade técnica, econômica e a aceitação social.

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento da água pluvial é o reservatório, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, área de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (Marinoski, 2007).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi propor um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no *Campus* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB em Campina Grande, e avaliar a viabilidade econômica da sua implantação, de modo a cumprir com os critérios de sustentabilidade ambiental exigidos pela Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG (BRASIL, 2010), visando captação, transporte, armazenamento e aproveitamento de água de chuva nas obras da Administração Pública Federal, neste caso, em especial, no referido *Campus*.

Material e Métodos

Identificação e caracterização do local de estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida no *Campus* Campina Grande do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), situado no bairro Dinamérica na cidade de Campina Grande – PB, região Nordeste do Brasil. Inaugurado no ano de 2008, o *Campus* está em processo de expansão e possui atualmente (2011) 15 salas de aula com capacidade para 30 alunos em cada uma delas, 02 blocos administrativos, 01 biblioteca, 01 auditório, 08 passarelas, 01 gabinete médico/odontológico, 01 quadra esportiva 01 área de vivência, totalizando uma área total construída de 5020 m², coberta com telha cerâmica. O *Campus* funciona nos três turnos com capacidade de 500 pessoas/turno (sendo 450 alunos, 20 técnicos administrativos e 30 professores). Atualmente (2011) o quantitativo populacional é de aproximadamente 1400 pessoas. Em sua estrutura física existem instalados, 27 vasos sanitários (com caixas acopladas de 6 litros por descarga), 10 mictórios, 18 lavatórios e 11 chuveiros, distribuídos nos banheiros dos diversos setores.

Levantamento da demanda de água não potável

Na presente pesquisa foi considerada a utilização da água de chuva nas dependências do *Campus* Campina Grande do IFPB, para uso em descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem de veículos, sendo estes usos não-potáveis os mais preponderantes no local.

A estimativa da demanda de água não potável foi baseada em dados bibliográficos (Barroso *et al.*, 2009; Tomaz, 2003).

Segundo Barroso *et al.* (2009), em pesquisa realizada em uma escola municipal, a demanda de água não potável atingiu 75% do total e o resultado médio encontrado para frequência de uso dos sanitários foi de 1.50 vezes (descarga/pessoa/dia). De acordo com Tomaz (2003), os valores adotados para estimativa de demandas pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Alguns parâmetros de Engenharia utilizados na demanda residencial de água para uso externo

Uso	Unidade	Valor
Descarga em bacia sanitária	Litro/pessoa.dia	9 ^a
Rega de Gramado ou Jardins	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros-Volume de água	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros-Frequência	Lavagem/mês	4

^aConsiderando caixas de 6L.

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003) e Barroso *et al.* (2009)

Levantamento da oferta de águas pluviais

A quantidade de águas pluviais potencialmente captáveis para utilização em fins não-potáveis foi calculada a partir dos índices pluviométricos mensais obtidos junto à SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), bem como das áreas de captação obtidas a partir de leitura nos projetos existentes no IFPB.

Dimensionamento do reservatório

O reservatório foi dimensionado para armazenamento da água de chuva coletada no telhado, admitindo-se sua utilização em fins menos nobres (descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens de veículos). Para efeito de cálculo, a evaporação, interceptação, vazamentos e demais perdas estão inclusos no coeficiente de Runoff, de valor de 0.8 (telhas cerâmicas). Para dimensionamento do reservatório foi escolhido o método analítico de Rippl, por apresentar a vantagem de considerar as demandas de água e ser flexível com relação aos dados de entrada. Segundo dados obtidos por Dornelles *et al.* (2010), o método de Rippl se mostrou válido para os locais com forte sazonalidade anual, ou seja, com o período de estiagem bem definido.

Viabilidade econômica de projetos

A viabilidade econômica do projeto foi avaliada com base nas ferramentas da matemática financeira. De acordo com Contador (2000), para se decidir sobre a viabilidade de um projeto,

utiliza-se de critérios e regras para que esses sejam aceitos e ordenados por preferência. Na Tabela 2 são apresentados alguns indicadores de análise econômica (Ywashima, 2005).

Tabela 2. Expressões matemáticas para determinação dos indicadores econômicos

Indicador econômico	Condição/equação
Período de recuperação do investimento (payback descontado)	Menor valor de n que satisfaz: $\sum_1^n \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} = I_0$
Taxa Interna de Retorno (TIR)	Taxa em que: $VP_{benefícios} = VP_{custos}$
Valor presente líquido (VPL)	Calculado pela expressão: $VPL_j = \sum_0^n F_n (1+i)^{-n}$
Valor Presente Líquido Unitário (VPLU)	Calculado pela expressão: $VPLU = \frac{VPL}{C}$
Benefício/Custo (B/C)	Calculado pela expressão: $\frac{B}{C} = \frac{VP_{benefícios}}{VP_{custos}}$

Onde: I_0 = Investimento inicial; B = benefícios; C = custos relevantes, excluindo os investimentos iniciais; VP = valor presente; i = taxa de juros ou taxa de desconto.

De acordo com Dias (2007), em projetos de engenharia a identificação dos benefícios e custos começam pela definição da vida útil ou alcance de projeto, o qual corresponde ao período de atendimento das estruturas físicas projetadas, tanto equipamentos como obras civis. As instalações hidráulicas prediais são projetadas geralmente com alcance de 20 anos. Neste trabalho, utilizou-se uma vida útil de projeto de 30 anos e taxa de juros de 8,5% a.a.

Resultados e Discussões

Dados pluviométricos do município de Campina Grande

Para permitir o conhecimento prévio da realidade local, foram verificados os índices pluviométricos da região. Utilizou-se uma série de dados referente à pluviometria - média histórica (acima de 30 anos) em Campina Grande-PB, fornecidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, conforme demonstra a Figura 1.

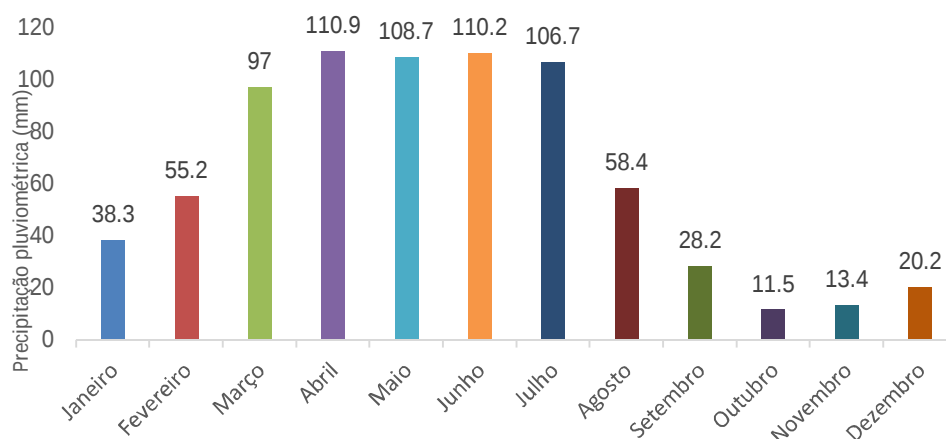


Figura 1. Precipitação média mensal em Campina Grande - PB (1911-1985)
Fonte: SUDENE (1990)

Levantamento do consumo de água

Por meio da análise das faturas mensais de água do *Campus* Campina Grande - IFPB cobradas pela Companhia de Água da Paraíba - CAGEPA, verificou-se que o consumo de água no *campus* considerado apresenta variações ao longo do ano que se acentua nos meses com pouca incidência de chuvas. A Tabela 3, mostra o consumo de água dos últimos 3 anos (período de 2009-2011). Verificou-se que no ano de 2011 ocorreu um pequeno decréscimo do consumo em relação ao ano anterior (ano de 2010), devido a uma greve de 52 dias entre os meses de agosto a outubro, período em que a instituição esteve fechada.

Considerando os dados da Tabela 3, nos últimos 3 anos obteve-se a média de volume de água comprada de 325.9 m³/mês, o que representa um gasto financeiro anual médio de R\$ 44057.72 (1 US\$ = R\$ 1.90; dezembro de 2011).

Tabela 3. Média de consumo de água comprada nos últimos 3 anos (2009-2011)

Ano	Consumo (m ³)	Valor pago (R\$)
2009	3738.00	36047.29
2010	4532.00	50986.88
2011	3465.00	45138.98
Média dos últimos 3 anos	3911.66	44057.72
Média Mensal	325,9	

Fonte: Marques (2012)

Estimativa das demandas de água não potável

Para cálculo da demanda mensal de água não potável no campus estudado do IFPB, considerou-se o seu uso para descargas em bacias sanitárias, rega de jardins e lavagens de veículos. Para estimar o volume de água utilizado nos vasos sanitários, considerou-se com base na bibliografia estudada, e dados da Tabela 1, que cada pessoa efetue 1.5 acionamentos da caixa acoplada de 6 litros. Então, para a população do referido *Campus* de 1400 pessoas a demanda diária é de 12600 litros/dia de água, que totaliza uma demanda mensal de 252 m³ de água para descargas.

Para o cálculo da demanda mensal de água para rega de jardins, considerou-se dados bibliográficos de 2 litros/dia/m², com frequência de 12 vezes por mês. Para a área externa de 728 m² de jardins, obteve-se a quantidade de 17m³/mês. Para o cálculo da demanda mensal de água para lavagens de carros, adotou-se 150 litros/ lavagem/ carro, com frequência de 4 lavagens por mês, sendo obtido o valor de 2.4 m³/mês para lavagem de 4 veículos do campus estudado, sendo considerados apenas os veículos oficiais da administração do *campus*.

Verifica-se que o total de demanda não potável de 271.4 m³/mês representa um percentual de cerca de 84% da média de volume mensal de água comprada dos últimos 3 anos (325.9 m³/mês) à Companhia de Água da Paraíba – CAGEPA, percentual este, bastante próximo aos obtidos por Athayde Júnior *et al.* (2008) e Lima *et al.* (2011) em estudos sobre aproveitamento de água de chuva.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos no cálculo da demanda de água não potável.

Tabela 4. Demanda total de água não potável estimada para o *Campus* Campina Grande

<i>Uso não potável</i>	<i>Quantidade estimada</i>
Descarga em vasos sanitários	252 m ³ /mês
Rega de jardins	17 m ³ /mês
Lavagem de veículos	2.4 m ³ /mês
Demanda total mensal	271.4 m ³ /mês

Fonte: Marques (2012)

Dimensionamento do reservatório

Para dimensionamento do reservatório foi escolhido o método analítico de Rippl, por apresentar a vantagem de considerar as demandas de água e ser flexível com relação aos dados de entrada. Utilizando os dados obtidos da série histórica de precipitação na região, da demanda total não potável no referido *Campus* e da área de captação de coberta foi elaborada a Tabela 6.

De acordo com a Tabela 5, determinou-se que para o volume de chuva de 3046.9 m³/ano será necessário um reservatório com capacidade de 787 m³, volume este obtido pelo somatório dos valores negativos da coluna 6 (Diferença entre os Volumes da Demanda – Volume de Chuva Capitado), que é a quantidade de água excedente decorrente dos meses com maior precipitação pluviométrica.

Tabela 5. Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl

Mês	Precip. média (mm)	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva capitado (m ³)	Déficit de água (m ³)
Jan	38.3	271	5020	153.8	117.2
Fev	55.2	271	5020	221.7	49.3
Mar	97.0	271	5020	389.6	-118.6
Abr	110.9	271	5020	445.4	-174.4
Mai	108.7	271	5020	436.5	-165.5
Jun	110.2	271	5020	442.6	-171.6
Jul	106.7	271	5020	428.5	-157.5
Ago	58.4	271	5020	234.5	36.5
Set	28.2	271	5020	113.3	157.7
Out	11.5	271	5020	46.2	224.8
Nov	13.4	271	5020	53.8	217.2
Dez	20.2	271	5020	81.1	189.9
Σ	758.7	3252	-	3046.9	

Fonte: Marques (2012)

Observando-se o total do volume anual das demandas de água (3252 m³/ano) e o total do volume de chuva acumulado (3046.9 m³/ano), verifica-se que o volume de chuva suprirá 94% da demanda de água não potável, ou 84% da atual demanda total de água no *Campus*, para o reservatório com capacidade de 787 m³.

Análise econômica

O sistema de captação e armazenamento de águas pluviais foi concebido contendo o telhado, calhas, condutos verticais e horizontais, filtro de areia, reservatório inferior e reservatório superior.

O sistema proposto foi dimensionado para uma área de captação (coberta) de 5020 m², numa região cuja precipitação média anual é de 758 mm. Para atender a demanda de água não potável estimada em 271 m³/mês, foi dimensionado um reservatório com capacidade de 787 m³, com custo de implantação de R\$ 180447.44, incluídos custos diretos e indiretos, levantados com base nos preços de mercado praticados em Campina Grande para o ano de 2011. Como

alternativa para análise de um investimento menor, também foram avaliados os custos e benefícios com indicadores econômicos para reservatórios com capacidade reduzida nos seguintes volumes: 394 m³, 262 m³, 197 m³, 157 m³, 100 m³, 80 m³, 60 m³, 40 m³, 30 m³, 20 m³, 15 m³ e 10 m³ (ver Tabela 6).

Os custos dos reservatórios de acumulação (reservatório inferior e superior) em concreto foram baseados nos preços de mercado. A princípio, para o volume do reservatório inferior de 787m³, necessário para suprir 94% da demanda estudada, verificou-se um elevado custo para implantação do sistema proposto. Em seguida foi estudado o custo de reservatórios com volumes menores estimados em 394 m³, 262 m³, 197m³, 157m³ (volumes correspondes a 1/2, 1/3, 1/4, e 1/5 do valor inicial e valores de 100m³, 80m³, 60 m³, 40m³, 30 m³, 20 m³ e 10m³ respectivamente), até obter valores mais atrativos para o sistema.

Tabela 6. Estimativa de custos do reservatório inferior em volumes variados

<i>Custo do reservatório inferior</i>						
Volume (m ³)	Dimensões do reservatório			Volume de concreto (m ³)	Escavação (m ³)	Custo do Reservatório (R\$)
	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)			
787	3.00	11.45	22.91	83.39	787.00	152855.12
394	3.00	8.10	16.21	48.15	394.00	88042.00
262	3.00	6.61	13.22	35.31	262.00	64472.25
197	3.00	5.73	11.46	28.60	197.00	52177.48
157	3.00	5.12	10.23	24.28	157.00	44250.03
100	3.00	4.08	8.16	17.69	100.00	32190.87
80	3.00	3.65	7.30	15.19	80.00	27626.21
60	3.00	3.16	6.32	12.54	60.00	22778.67
40	3.00	2.58	5.16	9.64	40.00	17488.47
30	3.00	2.24	4.47	8.04	30.00	14572.29
20	3.00	1.83	3.65	6.26	20.00	11343.11
15	3.00	1.58	3.16	5.27	15.00	9536.83
10	3.00	1.29	2.58	4.15	10.00	7509.23

Fonte: Marques (2012)

A Tabela 7 apresenta a estimativa de custos para construção do reservatório inferior em concreto armado, considerando o valor do metro cúbico de concreto e de escavação de R\$ 1800.00 e R\$ 3.50, respectivamente. A Tabela 8 apresenta a estimativa de custo de construção

de reservatório superior, para estrutura em concreto armado, com altura de 12 metros e fundação em sapata, para diferentes volumes de reservatório.

Tabela 7. Estimativa de custo de construção de reservatório superior para diferentes volumes

<i>Custo do reservatório superior</i>						
Volume (m ³)	Dimensões do reservatório			Volume de concreto (m ³)	Escavação (m ³)	Custo do Reservatório (R\$)
	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)			
27	3.00	3.00	3.00	14.04	9.00	25303.50
14	3.00	3.00	1.56	10.71	9.00	19303.50
11	3.00	3.00	1.22	10.31	9.00	18583.50
6	3.00	3.00	0.67	9.64	9.00	17383.50
2	1.50	1.50	0.89	8.02	9.00	14473.50

Fonte: Marques (2012)

Para os gastos com tubulações, conexões e calhas estimou-se o valor de R\$ 200.00 (duzentos reais). Para recalcar água do reservatório inferior ao reservatório superior foi orçado um investimento em torno de R\$ 1000.00 (hum mil reais) necessário para compra de um conjunto motor-bomba de ¼ CV, para altura manométrica de 12 m.c.a e vazão de 1,5 m³/h, incluindo mão-de-obra e conexões. O custo de investimento para construção de um filtro de areia varia de acordo com a vazão de projeto. Este valor foi calculado após ser estabelecido o tipo de filtração (rápida), taxa de filtração (igual a 180 m³/m².dia para filtros de camadas simples), a espessura da camada filtrante (0.7m) e área do leito filtrante dado pela equação (1):

$$Q = 0.024IA$$

Equação (1)

onde:

Q é a vazão de projeto em m³/dia;

I é a intensidade de precipitação, igual a 140 mm/h, para chuva de duração de 5 min e período de recorrência de 5 anos;

A = Área de captação = 5020 m²

A área do leito filtrante é dada pela equação (2)

$$A_{LF} = \frac{Q}{T}$$

Equação (2)

Onde:

A_{LF} é a área do leito filtrante em m²

Q é a vazão em L/dia

T é a Taxa de filtração em L/m².dia.

O filtro de areia, de seção horizontal quadrática, resultou em um lado de 9.68 m. Considerando o filtro de areia de seção horizontal quadrática, com as dimensões representadas na Figura 2, o custo de construção em alvenaria foi calculado em de R\$ 25,00 o metro quadrado. Logo, tem-se o custo de investimento do filtro de areia estimado em de R\$ 1.936,00 (hum mil, novecentos e trinta e seis reais).

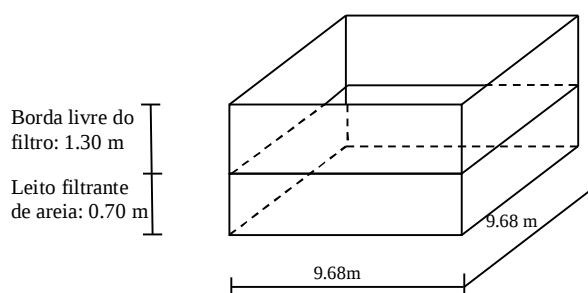


Figura 2. Dimensões do filtro de areia

O custo da areia necessária para o filtro é obtido pelo volume de areia ($9.68 \times 9.68 \times 0.70$) multiplicado pelo preço do metro cúbico de areia filtrante no mercado, sendo orçado em R\$ 25.00/m³ (vinte e cinco reais por metro cúbico), obtém-se o custo de R\$ 1639.75.

Com relação aos custos de energia elétrica para elevação da água de chuva do reservatório inferior para o superior, com base nas faturas de energia pagas à concessionária local (Energisa), verificou-se que o custo do kilowatt-hora cobrado para a demanda institucional utilizada atualmente (2011), era de R\$ 0.38, incluído os impostos.

Para o cálculo do custo do metro cúbico de água comprada, quando necessário suprir a demanda de água, verificou-se com base no faturamento no ano de 2011 cobrado pela Companhia de Água da Paraíba - Cagepa, o volume de água comprada pelo *Campus Campina Grande* – IFPB foi de 3465 m³/ano, com um custo total de R\$ 45138.00 (quarenta e cinco mil, cento e trinta e oito reais), representando um valor médio de R\$ 13.00/m³ de água comprada.

Para todos os volumes de reservatório propostos, foram calculados os indicadores econômicos de Valor Presente Líquido (VPL), razão Benefício/Custo para uma vida útil de do sistema de 30 anos e o período de retorno do investimento. A análise econômica de cada um dos reservatórios para o Valor Presente Líquido (VPL), está mostrada na Tabela 8.

De acordo com os valores obtidos, verifica-se que o VPL tende a aumentar à medida que volumes maiores de água pluvial sejam utilizados. Pelos dados obtidos na Tabela 8, comprovou-se que a acumulação em reservatórios com capacidade reduzida resulta em maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno. Porém, para longo prazo, reservatórios com maiores capacidades de armazenamento resultarão num maior retorno do investimento financeiro, conforme demonstra a Tabela 8.

Tabela 8. Indicadores econômicos da alternativa estudada

<i>Volume do reservatório (m³)</i>	<i>Valor Presente líquido (R\$)</i>	<i>Relação Benefício/Custo (B/C)</i>	<i>Período de retorno (anos)</i>
787	274701.45	2.52	9.83
394	223821.64	2.99	11.51
262	208333.60	3.37	12.63
197	202676.72	3.75	13.60
157	200652.66	4.16	14.52
100	195441.99	4.79	15.75
80	193949.07	5.13	16.31
60	192739.04	5.58	16.99
40	191971.67	6.22	17.84
30	191859.06	6.66	18.37
20	192059.45	7.27	19.01
15	192351.33	7.67	19.40
10	192864.54	8.19	19.86

Fonte: Marques (2012)

Conclusões e Sugestões

O estudo demonstrou que aproveitamento de águas pluviais para o *Campus* Campina Grande do IFPB é economicamente viável comparando-se os custos referentes à implantação e manutenção do sistema com a economia de água comprada. A análise econômica do investimento para um reservatório de 787 m³ num período de 30 anos de vida útil do sistema, com taxa de juros compostos de 8.5% ao ano, demonstrou um benefício econômico anual em torno de R\$ 39609.70 comparado ao volume de água que deixaria de ser comprada, resultando numa economia de R\$ 455148.90 durante o período de vida útil do sistema e obtendo-se a relação benefício/custo = 2.52, com VPL= R\$ 274701.45 e período de retorno de cerca de 9 anos e 10 meses.

Com relação à análise de economia de água comprada, para as alternativas de reservatórios menores sugeridos, a pesquisa mostrou ser viável o aproveitamento de água de chuva em todos os cenários propostos, para atender parcialmente ou em sua totalidade a demanda de água não potável. O que determinará o volume do reservatório a ser construído é a disponibilidade de recursos orçamentários e a vontade dos gestores, dentro da autonomia

administrativa que a lei lhes faculta, na tomada de decisões para a implantação do sistema proposto.

Conclui-se ainda, que apesar do retorno do investimento de um sistema de aproveitamento de água de chuva ocorrer de forma lenta, principalmente em situações que requerem grandes reservatórios, a decisão de se construir um sistema de aproveitamento de água de chuva em edificações, não deve ser tomada unicamente em função da economia e sim, com o objetivo de garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo o uso racional e conservação da água e auxiliando no controle de enchentes.

Referências Bibliográficas

- Athayde Junior, G.B; Dias I.C.S.; Gadelha, C.L.M. (2008) Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. *Ambiente Construído*, **8**(2), 85-98.
- Barroso, L. B; de Araújo, R.K; de Godoy, J; Fensterseifer, C.A.J; Lopes, M.I.P. (2009) Dimensionamento de reservatório de água de chuva em escola municipal para fins não-potáveis, em *25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Anais...Recife.
- Brasil (2010). Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão – SLTI/MPOG. *Instrução Normativa Nº 01/2010* - Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.
- Contador, C. R. (2000) *Projetos sociais: avaliação e prática*. 4ed. Atlas, São Paulo, 375pp.
- Dias, I. C. S. (2007) Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. Dissertação Mestrado UFPB.
- Dornelles, F.; Tassi, R.; Goldenfum, J.A. (2010) Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **15**(2), 59-68.
- Li, X.; Wang, L.; Zhou, X.; Deng, T.; (2010) Study on rainwater utilization of building district in water shortage city of northern China. en *4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. Chengdu, China. 1-4.
- Lima, J.A.; Dambros, M.V.R.; Antonio, M.A.P.M.; Janzen, J.G.; Marchetto, M. (2011) Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidade da Amazônia. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, **16**(3), 291-298.
- Marinoski, A. K. (2007) Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis-SC. Trabalho de conclusão de curso UFSC, Florianópolis.
- Marques. C.M. Proposição de um sistema de aproveitamento de água de chuva para o campus Campina Grande do IFPB: estudo de viabilidade econômica. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em engenharia urbana e ambiental. Universidade Federa da Paraíba. João Pessoa, Brasil. 2012.
- Silva, G. da. (2007) Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso. Tese Doutorado FEC Unicamp, Campinas.
- Sudene – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Série Pluviometria 5. Recife. 1990.
- Tomaz, P. (2003) *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Ed. Navegar, São Paulo, 180 pp.
- Ywashima, L.A. (2005) 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 FEC Unicamp, Campinas.