

DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA COLETA E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ**Carlos Sulzer Pêgo**Mestrando em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional/ UCAM/ RJ
sulzerc@click21.com.br**Milton Erthal Junior**Pós-Doutorado em Ciências Agrárias/ UENF/ RJ
erthal@uenf.br

Recebido: 23 de novembro de 2011. Revisado: 04 de junho de 2012. Aceito: 02 de julho de 2012.

Publicado online: 10 de julho de 2012.

RESUMO:

Este trabalho avalia a viabilidade técnica e econômica de se implantar um sistema de coleta de águas pluviais em uma instituição de ensino e uma residência, ambas localizadas no município de Campos dos Goytacazes, RJ. A pluviometria da cidade, área de captação e a estimativa do consumo de água não potável foi estimada para a Universidade Candido Mendes e uma residência dimensionada para cinco moradores. O custo de implantação, manutenção e valor da água tratada foi usado para calcular a viabilidade econômica do sistema. A precipitação na década de 2000 é significativamente maior do que na década de 1990. Os quatro primeiros e os dois últimos meses do ano são os mais chuvosos, enquanto que junho a agosto são mais secos. Apesar da água coletada atender a 100% da demanda, o projeto não é economicamente viável na residência. Na universidade, a coleta atenderia a 27% da demanda anual, no entanto, seria economicamente viável. O armazenamento e uso de água pluvial em áreas urbanas colaboram para a preservação do meio ambiente, é uma ferramenta de educação ambiental, evita enchentes, escassez e traz benefícios econômicos devido a redução do consumo de água tratada. Sua implantação em residência poderia ser incentivada com atos governamentais, como a redução de impostos. Para as empresas, além de redução de custos, é um sistema que pode compor o marketing verde, um seguimento de mercado em ascensão.

Palavras- chave: Recursos hídricos, Água da chuva, Pluviometria, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos a água foi considerada um recurso inesgotável. Atualmente, a sociedade está ciente quanto aos riscos de sua escassez e da necessidade de se tratar esta questão com mais responsabilidade (ANA, 2011). A medida que a população mundial cresce a disponibilidade da água potável reduz devido a crescente demanda e poluição dos mananciais hídricos. Há também a diminuição da oferta em consequência do mau uso do solo, que favorece ao escoamento superficial da água, minimizando o abastecimento dos mananciais subterrâneos, destruição de florestas, que compromete as nascentes, e o aquecimento global, que vem alterando o ciclo biogeoquímico da água a nível mundial. As alterações no ciclo da água estão causando problemas até nos países que possuem recursos hídricos abundantes, como o Brasil, onde a disponibilidade deste recurso natural muda de uma região para outra. Os estoques nacionais de água potável estão decrescendo em função do

aumento do consumo, contaminação superficial e subterrânea por esgotos domésticos e resíduos tóxicos da indústria e da agricultura (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

No Brasil, um marco legal importante na proteção dos recursos hídricos foi a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Este órgão tem o objetivo de estabelecer padrões e critérios que favoreçam o desenvolvimento sustentável (LEI 6.938, SISNAMA). Programas voltados ao uso racional da água estão sendo estimulados pelo poder público, iniciativa privada e a sociedade organizada. O governo federal estabeleceu o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) com a finalidade de incentivar o uso racional da água potável nas cidades brasileiras. O objetivo do PNCDA é promover a melhora da saúde pública e do saneamento ambiental (PNCDA, 2010).

Na cidade do Rio de Janeiro, o Decreto Municipal nº 23.940/04 faz algumas ressalvas quanto à utilização da água da chuva, estabelecendo que ela seja usada somente para fins não potáveis, e contenha sinalização de fácil identificação da origem dessa água, evitando assim o seu consumo indevido para fins potáveis e garantindo os padrões de qualidade da água para cada tipo de utilização. Esta lei define os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção da qualidade da água, evitando, assim, a contaminação do sistema predial de água potável.

O Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, determina o direito de captação de água da chuva nas edificações como prédios, evitando que desperdícios ocorram se a mesma puder ser aproveitada em outros prédios. Sendo de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum, porém, não poderá ser construído nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento dessas águas sem licença da administração (INEA, 2011).

Na cidade de Campos dos Goytacazes, o índice pluviométrico médio ao longo do ano é de 65 mm/m²/mês, ou 650 L/m²/mês. Se esta água fosse coletada poderia suprir parte significativa da demanda local. Além de ser uma ferramenta de educação ambiental para a população, a adoção desta prática seria útil na redução de pontos de alagamento, frequentes na cidade após chuvas fortes ou prolongadas e reduziria os focos de procriação de insetos vetores de doenças, outro problema local (PESSANHA, et al., 2011).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é dimensionar e avaliar a viabilidade econômica da implantação de sistemas de captação e uso de águas pluviais em uma residência e uma instituição de ensino superior, ambas localizadas na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Captação de Água Pluvial

Há 3000 a.C as cisternas escavadas em rochas já eram utilizadas para armazenar água da chuva, como a fortaleza de Masada, em Israel, que possui dez reservatórios com capacidade de armazenamento de 40 milhões de litros. Na Península e Lucatã, no México, existem cisternas que

foram construídas antes da chegada de Cristóvão Colombo à América, e que estão em uso até hoje (TOMAZ, 2003).

Em países como Estados Unidos, Alemanha e Japão, a construção de sistemas de captação de água de chuva possui financiamentos concedidos pelo governo. A cidade de Hamburgo, na Alemanha, foi pioneira no incentivo a captação de chuva, pois quem adota essa medida recebe uma ajuda de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00, contribuindo também para a contenção das enchentes (KOENIG, 2001).

O aproveitamento da água da chuva vem sendo utilizado não só em residências, como também nas indústrias, instituições de ensino e estabelecimentos comerciais, como é o caso dos lava-jatos, que usam a chuva visando retorno econômico e publicitário, com o chamado marketing verde, que caracteriza estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG 2003).

O Brasil possui um dos patrimônios hídricos mais importantes a nível mundial, sua extensão continental é de (8.514.876,599 km²): ocupa a quinta posição em território geográfico total (20,8% do território das Américas e 47,7% da América do Sul), perdendo apenas, sob este aspecto, para a Rússia, Canadá, China e Estados Unidos da América (Figura 1) (ANA, 2007). O país detém cerca de 35.732 m³/hab/ano de disponibilidade hídrica, sendo considerado um país “rico em água”, e possuidor de 12% da quantidade total de água doce do mundo, quando comparado às demais potências mundiais neste quesito (TOMAZ, 2001).

O Estado do Rio de Janeiro possui muitos rios, dentre eles destaca-se o Rio Paraíba do Sul que perfaz um percurso total de 1.137 km, desde a nascente do rio Paraitinga até sua foz, em São João da Barra. Outros rios estaduais se destacam por sua importância, como: o rio Itabapoana que faz fronteira com o Espírito Santo, o Macabu, que deságua na Lagoa Feia, o Macaé, o São João, os rios Macacu, o Majé e o Guandu, que abastecem as cidades do Rio de Janeiro e adjacentes (ANA, 2006).

Diversos pontos positivos são agregados ao uso sustentável da água pluvial, como redução do consumo de água potável, diminuindo os gastos com obtenção de água potável por meio de empresas do setor. A utilização de água de chuva diminui riscos de enchentes e preserva o meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004). Uma das vantagens do aproveitamento de água de chuva é a utilização das estruturas já existentes nas edificações como telhados, lajes, calhas e condutores, o baixo impacto ambiental, e obtenção de água de boa qualidade com pouco ou nenhum tratamento, o complemento ao sistema tradicional e a reserva de água para situações de emergência (SIMIONI et al., 2004).

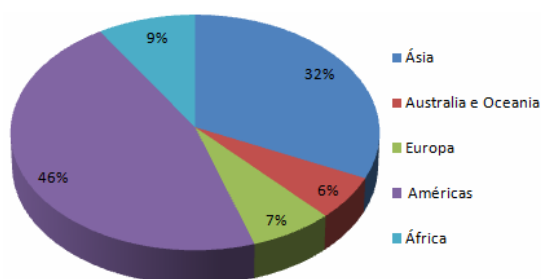


Figura 1- Distribuição de água doce nos cinco continentes. Fonte: adaptado de (ANA,2007).

O funcionamento do sistema consiste na captação da água de chuva que cai sobre os telhados ou lajes. Depois ela é conduzida até o ponto de armazenagem através de calhas e condutores, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Após passar pelo filtro, a água é armazenada em um reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (caixa d'água), onde tubulações irão distribuir a água não potável para o consumo na edificação (Figura 2).

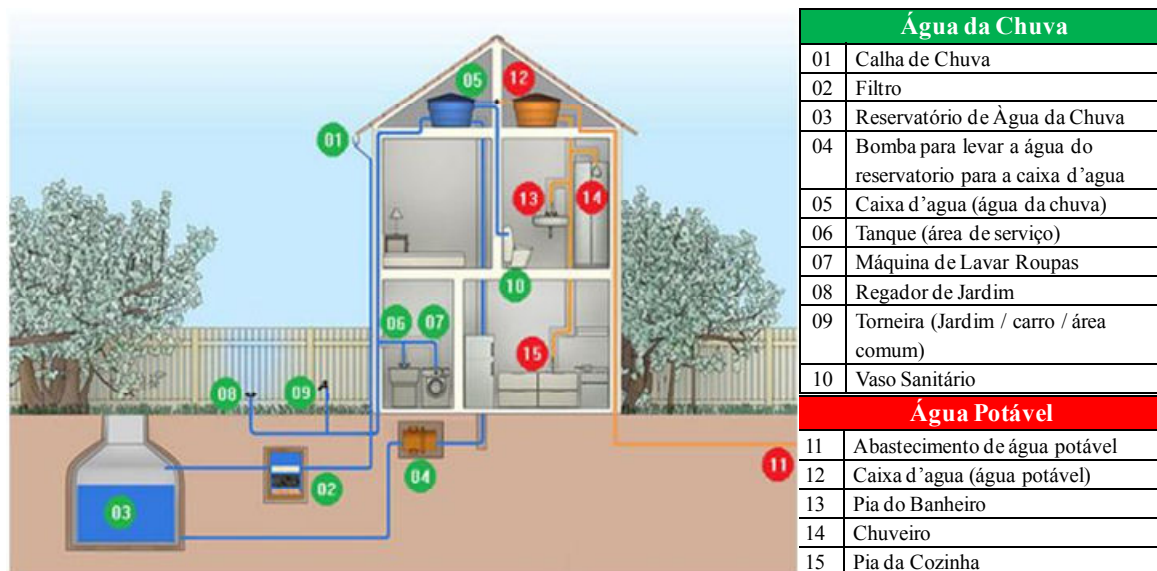


Figura 2 - Esquema de funcionamento de um sistema para aproveitamento de água de chuva em uma residência. Fonte: adaptada de Saúde, Segurança do Trabalho & Meio Ambiente.

A seguir serão detalhados os principais itens envolvidos em um projeto para captação de água da chuva.

3.1.1 Área de Captação

É a área onde será captada a água da chuva, normalmente são os telhados dos imóveis. O telhado de captação de água de chuva pode estar inclinado, pouco inclinado ou até mesmo plano. A coleta também pode ser feita no piso da unidade, porém, neste caso, devemos ter maiores cuidados com a qualidade da água coletada, por apresentar alto índice de impurezas (TOMAZ, 2003).

3.1.2 Telhas, Calhas e Condutores

Do telhado a chuva migra para as calhas e em seguida para os condutores. São diversos os materiais utilizados para a captação, entre eles estão: telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfícies de concreto, cerâmicas, policarbonato e fibra de vidro. As calhas e condutores também devem ser fabricados com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos (MACOMBER, 2001).

3.1.3 Mecanismos de Remoção de Impurezas

O filtro (Figura 3) é um equipamento muito utilizado para remover materiais de suspensão proporcionando limpeza da água em um sistema de aproveitamento de água pluvial (KOENIG, 2001).

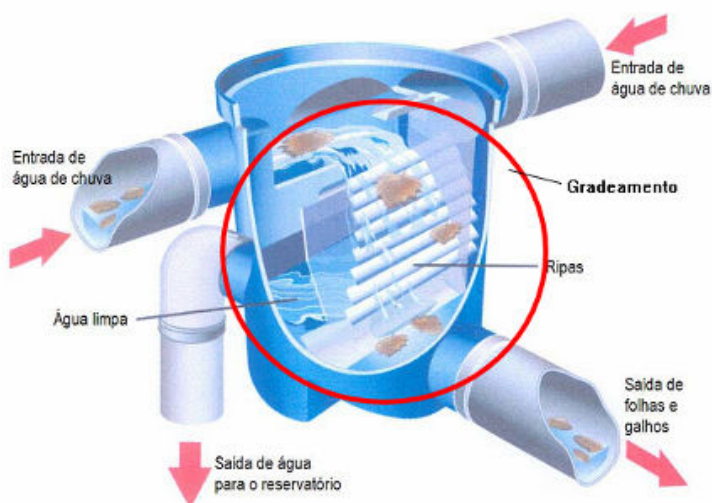


Figura 3 - Filtro modelo VF1 utilizado para remoção de resíduos sólidos em suspensão presentes na água de chuva após percorrer telhas e calhas. Fonte: 3PTéchnik.

Outra forma de se remover impurezas em suspensão é o uso de By Pass. Este equipamento pode ser acionado manualmente, com o uso de tubulações e registros para desviar a sujeira para fora do reservatório, ou através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação (TOMAZ, 2003).

3.1.4 Reservatório

A água de chuva captada deve ser armazenada em cisternas, evitando assim que problemas de contaminação da água ocorram, e haja uma garantia adequada no padrão de qualidade da água (FERREIRA, 2005).

O reservatório deve ser dimensionado com base no consumo mensal de água não potável (m^3) e nos índices pluviométricos de cada localidade. A água caracterizada como não potável é aquela usada em: bacias sanitárias, rega de jardim, lavagem de carros e lavagem de áreas comuns. Esses dados são importantes para obter-se maior precisão no dimensionamento e na viabilidade do projeto, bem como o retorno do investimento. O reservatório pode ser construído em concreto armado, plástico, aço, fibrocimento ou alvenaria de bloco armada.

O reservatório é o elemento mais importante no sistema de captação de água de chuva, devendo ser dimensionado com base nos seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para a captação. A distribuição anual das chuvas é uma importante variável a ser avaliada no dimensionamento do reservatório (NGIGI, 1999).

3.1.5 Bomba e Extravasor ou Ladrão

A bomba é usada para levar a água de chuva captada e armazenada no reservatório para um reservatório elevado. Deve-se instalar um extravasor e que contenha um dispositivo que evite a entrada de animais e a sobrecarga do sistema, lançando o acúmulo de chuva existente no reservatório para fora (TOMAZ, 2003).

3.2 Análise de Viabilidade Econômica

A análise de viabilidade econômica do sistema faz-se necessária para a tomada de decisão quanto à sua implantação. O método do Valor Presente Líquido (VPL), é uma ferramenta usada para avaliar o tempo de retorno do investimento.

O método VPL é uma função matemática que auxilia na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto. Segundo Laponi (2000) o VPL compara todas as entradas e saídas de capital na data inicial do projeto, descontando os retornos futuros do fluxo de caixa com a taxa de retorno ou taxa de atratividade do projeto. O VPL é utilizado para cálculos de séries não uniformes, em que os valores líquidos do fluxo de caixa são descontados até a data focal, ou data zero do investimento, à taxa mínima requerida (neste caso, 8%), sendo o valor obtido deduzido o investimento feito. Caso o VPL seja maior do que zero o investimento retorna ao investidor, além do percentual estipulado como taxa mínima requerida, um valor adicional, indicando, em princípio, a viabilidade do projeto.

4. METODOLOGIA

O cálculo da precipitação média mensal na cidade de Campos dos Goytacazes, localizada no norte do Estado do Rio de Janeiro, foi efetuado com a utilização de bancos de dados compreendendo duas séries históricas: a primeira entre 1992 e 2001; e a segunda entre 1997 e 2006. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro. Por apresentar variações abruptas nos dados, os cálculos de dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais para fins não potáveis foram realizados com a série histórica mais recente. A viabilidade econômica do sistema foi realizada para duas situações: a) uma casa habitada por cinco moradores, com 100 m² de telhado, área calçada externa de 120m², um jardim de 250m² e 2 carros; b) a Universidade Candido Mendes-*campus* Campos dos Goytacazes, que por sua vez utiliza a água coletada para a rega de jardins, em bacias sanitárias, lavagem de carros e lavagem da área comum.

A viabilidade dos projetos, casa e universidade, foi calculada com dados do consumo mensal de água não potável, o valor mensal cobrado na conta de água pela empresa Concessionária Águas do Paraíba, e o valor para a construção do reservatório. O cálculo do potencial de água coletável na casa e na universidade foi baseado na área de cobertura de telhado, na precipitação da cidade e pelo coeficiente de perdas – Runoff. O consumo de água não potável foi estimado de acordo com as equações descritas na Tabela 1.

O tamanho do reservatório foi calculado pela análise de simulação, onde o valor do reservatório é arbitrado, esperando-se um melhor aproveitamento do sistema e uma redução no investimento para a sua construção. O método Rippl não foi usado por que utiliza a demanda constante

de água não potável e, geralmente, subdimensiona o reservatório. Foi usado o coeficiente de perdas ou coeficiente de Runoff, que varia de acordo com o tipo de telha e representa a água evaporada, absorvida ou usada para limpeza do telhado, estipulado em $C=0,8$, o que equivale a 20% de perda (TOMAZ, 2003). Este volume de água coletada é descontado do volume de água pluvial captada. Desta forma dimensiona-se o reservatório de acordo com o acúmulo máximo possível que, neste estudo, coincide com o mês de dezembro (TOMAZ, 2003).

Tabela 1 – Equações usadas para se estimar o consumo mensal de água de chuva.

Uso	Cálculo
Bacia Sanitária	Número de Pessoas x Número de vezes/dia x Qtd.Litros x 30 dias
Rega de Jardim	Área do Jardim em m^2 x 0,8 litros/dia/ m^2 x Número de Dias no Mês
Lavagem de Calçada/Área Comum	Calçada/Área Comum em m^2 x Número de Vezes no Mês x 3 litros/dia/ m^2
Lavagem de Carro	Número de Carros x 100 litros/lavagem x Número de Vezes/Mês

Fonte: ROGGIA (2007).

O reservatório pode ser de concreto armado, plástico, aço, fibrocimento ou alvenaria de bloco armada. Na análise feita neste trabalho foi adotado o uso do reservatório enterrado de concreto armado. Segundo Tomaz (2003), o custo de $1m^3$ para a construção do reservatório é de US\$ 107,00. O custo anual para manutenção do reservatório é de aproximadamente R\$ 100,00 (GUILHERME, 2006).

O custo da água foi estimado pelo valor cobrado nas contas de água emitidas pela empresa Águas do Paraíba. O custo mensal de $1m^3$ de água (C_u) foi estimado pela Equação 1 (Tabela 2), que é a razão entre o custo mensal médio e a quantidade média consumida. Conhecidos os C_u da casa e da universidade, foram realizados os cálculos da economia monetária anual (E_a) e a quantidade média de água disponível no reservatório (Q_a) de água pluvial durante os 12 meses do ano (Equação 2, Tabela 2). O cálculo da viabilidade econômica do sistema de coleta de água da chuva foi realizado com o método do VPL (Equação 3, Tabela 2).

Tabela 2 – Equações usadas para calcular a viabilidade econômica do sistema de captação de água de chuva em uma residência e na universidade Candido Mendes

Equação 1	C_u	$C_u = \frac{Ca}{C_m}$	C_u = Custo médio de $1 m^3$ de água (R\$); Ca = Custo mensal médio de água (R\$); C_m = Consumo médio mensal (m^3)
Equação 2	E_a	$E_a = Q_e \times C_u \times 12$	E_a = Economia monetária anual; Q_e = Quantidade média disponível no reservatório (mês); C_u = Custo médio de $1 m^3$ de água
Equação 3	VPL	$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}$	I = Investimento inicial; FC_t = Fluxos previstos de receitas ou despesas no período “t”; t = Período de análise; k = Taxa Mínima de Atratividade (TMA) n = Tempo de retorno do capital (anos).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados históricos de precipitações ocorridas nos dois períodos históricos analisados na cidade de Campos dos Goytacazes revelaram variações abruptas entre os períodos comparados (Figura 4). Na década de 90 a precipitação era significativamente menor se comparada aos dados mais atuais. Este fato ressalta a importância do uso de dados atuais do volume de chuva, para um melhor dimensionamento do reservatório. Os gráficos mostram que o município apresenta variações sazonais significativas de chuva ao longo do ano, o que é característico nas regiões subtropicais do globo. Observa-se que os meses de novembro e dezembro são os mais chuvosos, enquanto que os meses de junho, julho e agosto são os mais secos.

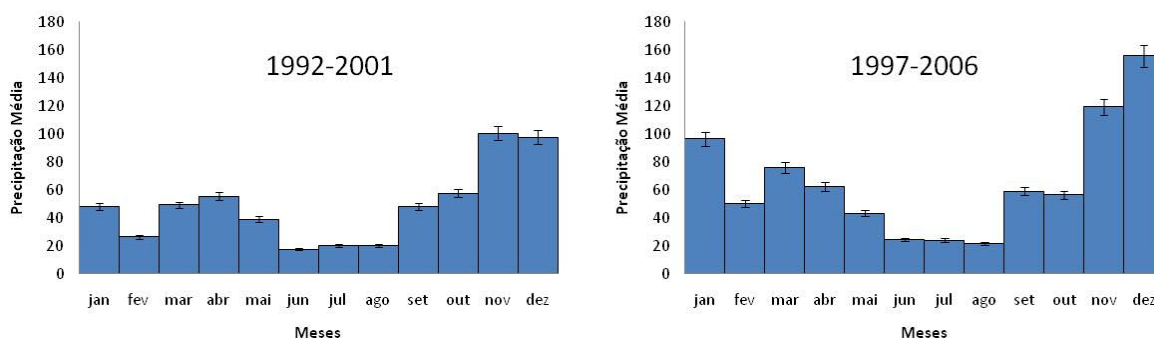


Figura 4 - Precipitação média mensal no município de Campos dos Goytacazes, segundo estimativa de dois períodos de 10 anos de coleta: 1992 a 2001 e 1997 a 2006. As barras verticais indicam o desvio padrão.

O consumo estimado de água pluvial na residência descrita neste trabalho é apresentado na Tabela 3. Estes dados mostram que esta família consome aproximadamente 7,12 m³/mês. A rega do jardim e a bacia sanitária são os itens que mais consomem água pluvial, representando, aproximadamente, 79% do consumo.

Tabela 3 – Estimativa de consumo de água mensal não potável de uma casa localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, onde residem cinco pessoas.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	5	pessoas	4	6	3600	50,56
Rega de Jardim	250	m ²	10	0,8	2000	28,09
Lavagem de Calçada	120	m ²	2	3	720	10,11
Lavagem de Carro	2	carros	4	100	800	11,24
Total					7120	100,00

O dimensionamento do reservatório para acúmulo da água captada, estimado pela análise de simulação do reservatório, está descrito na Tabela 4.

Na casa (Tabela 5), onde moram cinco pessoas, o projeto não é economicamente viável, pois o investimento inicial foi de US\$ 1.712,00 (US\$ 107,00 x 16m³), que transformado para valores em Real, baseado na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011, foi de R\$ 1,5607. O custo final do reservatório é de R\$ 2.671,92 e o retorno anual foi de R\$ 169,17, gerando um valor presente líquido (VPL) negativo de R\$ -2.155,26 após 20 anos.

O consumo estimado de água pluvial na Universidade Candido Mendes é apresentado na Tabela 4. Estes dados mostram que a universidade consome aproximadamente 295,50 m³/mês. A lavagem de área comum e a bacia sanitária são os itens que mais consomem água pluvial, representando, aproximadamente, 89,85% do consumo.

Tabela 4 – Estimativa de consumo de água mensal não potável na Universidade Candido Mendes localizada em Campos dos Goytacazes, RJ.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	4000	Pessoas	4	4,5	72.000	24,37
Rega de Jardim	2500	m ²	15	0,8	30.000	10,15
Lavagem de Área Comum	4300	m ²	15	3	193.500	65,48
Total					295.500	100,00

Na universidade (Tabela 6) sugere-se a construção de uma cisterna de 80m³, que corresponde ao índice pluviométrico máximo a ser captado. Esta cisterna teria capacidade para suprir 27,12% da demanda anual. O investimento inicial de US\$ 8.560,00 (US\$ 107,00 x 80m³), transformado em Real com base na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011 (R\$ 1,5607) teria custo final de R\$ 13.359,59 com retorno anual de R\$ 13.246,47, gerando uma valor presente líquido (VPL) positivo de R\$ 84.837,23 após 20 anos. Conclui-se que na universidade o projeto é economicamente viável.

Tabela 5 - Cálculo do reservatório da residência utilizando a análise de simulação do reservatório

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	96,4	7,12	150	11,6	16,0	0,0	16,0	0,0	0,0
Fevereiro	50,5	7,12	150	6,1	16,0	16,0	14,9	0,0	0,0
Março	76,1	7,12	150	9,1	16,0	14,9	14,9	1,0	0,0
Abril	62,6	7,12	150	7,5	16,0	14,9	15,3	0,0	0,0
Maiο	43,2	7,12	150	5,2	16,0	15,3	13,4	0,0	0,0
Junho	24,4	7,12	150	2,9	16,0	13,4	9,2	0,0	0,0
Julho	24,1	7,12	150	2,9	16,0	9,2	5,0	0,0	0,0
Agosto	21,9	7,12	150	2,6	16,0	5,0	0,5	0,0	0,0
Setembro	59,0	7,12	150	7,1	16,0	0,5	0,4	0,0	0,0
Outubro	56,6	7,12	150	6,8	16,0	0,4	0,1	0,0	0,0
Novembro	119,2	7,12	150	14,3	16,0	0,1	7,3	0,0	0,0
Dezembro	155,8	7,12	150	18,7	16,0	7,3	7,3	2,9	0,0
Total	790	85,44 (m ³ /ano)		95 (m ³ /ano)				3,8	0,0

Tabela 6 - Cálculo do reservatório da Universidade Candido Mendes utilizando a análise de simulação do reservatório

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	96,4	294,3	1349,99	104,1	80,0	0,0	80,0	0,0	190,2
Fevereiro	50,5	294,3	1349,99	54,6	80,0	80,0	-159,7	0,0	159,7
Março	76,1	294,3	1349,99	82,2	80,0	0,0	-212,1	0,0	212,1
Abril	62,6	294,3	1349,99	67,6	80,0	0,0	-226,7	0,0	226,7
Maiο	43,2	294,3	1349,99	46,6	80,0	0,0	-247,7	0,0	247,7
Junho	24,4	294,3	1349,99	26,4	80,0	0,0	-267,9	0,0	267,9
Julho	24,1	294,3	1349,99	26,0	80,0	0,0	-268,3	0,0	268,3
Agosto	21,9	294,3	1349,99	23,7	80,0	0,0	-270,6	0,0	270,6
Setembro	59,0	294,3	1349,99	63,7	80,0	0,0	-230,6	0,0	230,6
Outubro	56,6	294,3	1349,99	61,1	80,0	0,0	-233,2	0,0	233,2
Novembro	119,2	294,3	1349,99	128,7	80,0	0,0	-165,6	0,0	165,6
Dezembro	155,8	294,3	1349,99	168,2	80,0	0,0	-126,1	0,0	126,1
Total	790	3531,6 (m ³ /ano)		853 (m ³ /ano)				0,0	2.598,7

Através da Equação 1 (Tabela 2), foram alcançados os seguintes resultados:

Residência, sendo: Cu = Custo médio de 1 m³ de água (R\$); Ca = Custo mensal médio de água (R\$ 12,67); e Cm = Consumo médio mensal (7,12 m³)

$$C_u = \frac{12,67}{7,12} = \mathbf{R\$ 1,78} \quad (\text{Preço médio de } 1\text{m}^3 \text{ de água. Sistema Residencial})$$

Universidade Candido Mendes, sendo: Cu = Custo médio de 1 m³ de água (R\$); Ca = Custo mensal médio de água (R\$ 4569,10); e Cm = Consumo médio mensal (294,3 m³)

$$C_u = \frac{4569,10}{294,3} = \mathbf{R\$ 15,53} \quad (\text{Preço médio de } 1\text{m}^3 \text{ de água. Sistema Empresarial})$$

Através da Equação 2 (Tabela 2), foram alcançados os seguintes resultados:

Residência

Qe = total do volume de chuva mensal (vide Tabela 5) / 12 meses => 95/12 = 7,92

$$E_a = 7,92 \times 1,78 \times 12 = \mathbf{169,17} \quad (\text{economia monetária anual})$$

Universidade Candido Mendes

Qe = total do volume de chuva mensal (vide Tabela 6) / 12 meses => 853/12 = 71,08

$$E_a = 71,08 \times 15,53 \times 12 = 13.246,47 \text{ (economia monetária anual)}$$

O cálculo do VPL, com horizonte de planejamento de 20 anos foi calculado com uma taxa requerida de 15% ao ano. Foi adotado o ano de 2011 como a “data” zero, ou seja, o ano do início do projeto.

De acordo com os cálculos obtidos para o custo total do reservatório, custo de manutenção e economia anual, calculou-se o VPL usando a Equação 3 (Tabela 2), e obteve-se o seguinte resultado:

Residência

$$VPL = -2.671,92 + \sum_{t=1}^{20} \frac{[169,17 + (-100)]}{(1+0,15)^{20}} = R\$ - 2.155,26$$

Universidade Candido Mendes

$$VPL = -13.359,59 + \sum_{t=1}^{20} \frac{[13.246,47 + (-100)]}{(1+0,15)^{20}} = R\$ 84.837,23$$

6. DISCUSSÃO

A utilização de água de chuva, além de viabilizar a economia de água potável, diminui riscos de enchentes e favorece a preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004). O município de Campos dos Goytacazes apresenta muitas possibilidades para captação de recursos hídricos que incluem: o rio Paraíba do Sul, que corta a cidade, lagos, rios de pequeno e médio porte, além de um lençol freático abundante. Portanto, o incentivo para captação de água de chuva neste município apresenta como benefício direto e imediato a minimização dos problemas de enchentes na cidade, que são frequentemente registrados em função da topografia plana, acúmulo de lixo nas ruas e sistemas de drenagem mal dimensionados.

A adoção de políticas públicas voltadas para a utilização racional e sustentável dos recursos hídricos deveria contemplar ações de estímulo a coleta e uso da água pluvial. O município de Venda Nova do Imigrante, localizado no Estado do Espírito Santo, criou o projeto de lei nº 027/2011, que autoriza a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano- IPTU aos proprietários de imóveis, residenciais e não residenciais, que adotem medidas de proteção, preservação e recuperação do meio ambiente.

Este trabalho mostra que a precipitação ao longo dos anos vem sofrendo alterações abruptas, fator esse que influencia diretamente no dimensionamento do reservatório, quanto maior for o período analisado, mais preciso será o tamanho do reservatório. As chuvas neste município se concentram nos meses de novembro, dezembro e janeiro, os quais são significativamente superiores aos demais meses.

Durante pesquisas sobre o melhor método para estimativa do tamanho do reservatório constatou-se que o método Rippl não se mostrou muito eficiente, por analisar somente os períodos críticos, gerando informações subestimadas quanto ao tamanho do reservatório. Com a aplicação da análise de simulação do reservatório, foi possível determinar arbitrariamente o seu tamanho, tomando como parâmetros a análise do overflow (água sobrando que é jogada fora) e do suprimento de água externa proveniente de outra fonte que não de água da chuva.

Este estudo demonstra que é possível avaliar economicamente a implantação de um sistema de captação de água de chuva, gerando um ganho ambiental considerável com a economia de água potável, evitando enchentes, e inundações, além de evitar uma reestruturação na rede de distribuição de água potável devido ao aumento da população.

7. REFERÊNCIAS

3P TECHNIK. Informações sobre aproveitamento de águas de chuva. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/>. Acesso em: 01 de julho de 2011

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>, acessado em Maio de 2011.

FERREIRA, D. F. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinza para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Junho de 2005.

GUILHERME, L. B. Aproveitamento das águas de chuva da cidade do Natal para fins potáveis. Dissertação (Mestre) – Centro de tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 141 p, Natal, 2006.

INEA – Instituto Estadual do ambiente. Disponível em http://www.inea.rj.gov.br/l_federal/dec24643.asp. Acessado em Março de 2011.

KOENIG, KLAUS W. The rainwater technology handbook : rainharvesting in building. Dortmund: Open Library, 2001.

LAPPONI, J. C. Matemática Financeira: Redesenho organizacional para o crescimento e desempenho máximos. Editora Campus, 1992

MACOMBER, P.S.H. Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii. Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa, 2001

MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MIERZWA, J; HESPANHOL, I. Água na indústria uso racional e reuso. São Paulo – SP, Oficina de Textos, 2005.

NGIGI, S. N. Optimization of rainwater catchment systems design parameters in the arid and semiarid lands of Kenya. Conferência Internacional Sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Disponível em http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html (acesso em Janeiro de 2011).

PESSANHA, F.B.; ALVES, K.S.C.; SHIMODA, E.; ERTHAL, JR., M. Benefícios econômicos do saneamento básico para o município de Campos dos Goytacazes, RJ. Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, MG, outubro de 2011.

PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Disponível em: <http://www.pncda.gov.br>. Acessado em abril de 2011.

ROGGIA, M.N. Estruturação de uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações. Dissertação (Mestre) - Universidade de Passo Fundo- RS, 2007.

Saúde, Segurança do Trabalho & Meio Ambiente. Disponível em <http://maesso.wordpress.com/2011/07/04/caiu-do-ceu-aproveitamento-da-agua-da-chuva/>. Acessado em 05 de junho de 2011.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo – SP, 2004.

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente, LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acessado em Março de 2011.

TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.