

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS DE BRASÍLIA: POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL E VIABILIDADE ECONÔMICA

Davi da Fonseca Tavares (1); Vinicius Luis Rocha (2); Enedir Ghisi (3)

(1) Graduando do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, davi_fonseca@labeee.ufsc.br

(2) Eng^o Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil, vinicius@labeee.ufsc.br

(3) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, enedir@labeee.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-5184

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de economia de água potável e a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial na lavagem de veículos, em postos de combustíveis de Brasília. O estudo foi baseado em simulações computacionais por meio do algoritmo do programa Netuno considerando dados pluviométricos de duas estações meteorológicas, diferentes áreas de captação, volumes de reservatório, número de lavagens e demandas de água potável e pluvial. As áreas de captação consideradas foram 350, 550 e 750m²; as demandas de água potável adotadas foram 150 e 250 litros por veículo; e o número de lavagens foi de 15, 30 e 45 veículos por dia. Com relação às demandas de água pluvial, elas foram consideradas como um percentual da demanda de água potável, variando entre 0 e 150% conforme o dia da semana. Os volumes de reservatórios foram variados em intervalos de 1.000 litros. A análise de viabilidade econômica foi realizada para três casos distintos em função do potencial de economia. Os resultados mostraram que o potencial de economia médio de água potável a ser obtido pela utilização de água pluvial é de 32,7%, podendo atingir valores superiores a 70%. Verificou-se também que a implantação dos sistemas é viável na maioria das vezes, pois para uma taxa mínima de atratividade de 1% ao mês o valor presente líquido é positivo em alguns casos analisados.

Palavras-chave: aproveitamento de água pluvial, lavagem de veículos, viabilidade econômica.

ABSTRACT

The objective of this article is to evaluate the potential for potable water savings and the economic viability of rainwater usage for washing vehicles in petrol stations located in Brasília. The study was carried out by using the algorithm of *Netuno*, a computer programme for rainwater harvesting analysis. Rainfall data from two meteorological stations were considered, as well as different rainwater collecting areas, tank capacities, number of washings, and potable and rainwater demands. The data used for this analysis were: 350, 550 and 750m² for collecting areas; 150 and 250 litres per vehicle for potable water demands; and the number of washings were 15, 30 and 45 vehicles per day. As for the rainwater demands, they were considered as a percentage of the potable water demand, varying from 0 to 150%, according to the day of the week. The tank capacities were varied at increments of 1.000 litres. The economic viability analysis was performed for three different cases, taking into account the potential for potable water savings. It was observed that the average potential for potable water savings by using rainwater is 32.7% and it can reach 70%. The main conclusion obtained from this work is that rainwater usage for washing vehicles in petrol stations in Brasília is economically viable for most cases as the net present value is positive for an interest rate of 1% per month.

Keywords: rainwater harvesting, vehicles washing, economic viability.

1 INTRODUÇÃO

É notável a atenção que a sociedade está dedicando atualmente às questões ambientais. A elaboração de leis, o surgimento de cursos voltados para o meio ambiente e até o próprio *marketing* ambiental usado por muitas empresas refletem essa preocupação, que é imprescindível, pois o crescimento populacional que se observa aumenta a demanda pelos recursos naturais.

A água é um desses recursos que mais trazem inquietação. A distribuição dessa riqueza pelo mundo é desigual. A América do Sul possui aproximadamente 28% da água potável do planeta e tem apenas 12% da área terrestre deste (GEO-3, 2002). O Brasil, apesar de ser privilegiado em relação a este recurso, já sofre com problema de abastecimento em alguns lugares devido à falta de um gerenciamento adequado deste e também à própria escassez, pois existe uma distribuição irregular da água sobre o território brasileiro. A região Norte, por exemplo, detém cerca de 69% da água brasileira e a população naquela região representa somente 8% da população nacional (GHISI, 2006a).

Em vários setores, a busca por medidas racionais ganha cada vez mais foco. Neste trabalho, avalia-se o potencial de economia de água potável em postos de combustíveis. O estudo avalia o potencial de economia ao substituir-se a água potável pela pluvial na lavagem de veículos nesse tipo de estabelecimento.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de economia de água potável em postos de combustíveis localizados em Brasília ao se fazer o aproveitamento de água pluvial na lavagem de veículos, bem como analisar a viabilidade econômica desse sistema.

3 METODOLOGIA

O estudo foi baseado em análises paramétricas utilizando dados de precipitação pluviométrica diária de duas estações meteorológicas, diferentes áreas de captação, volumes de reservatório e demandas de água potável e pluvial. Através de simulações computacionais estimou-se o potencial de economia de água potável para todas as combinações entre as variáveis e, em seguida, determinou-se o volume de reservatório considerado ideal para cada caso. A partir dos resultados obtidos, selecionou-se três casos com potenciais de economia de água potável distintos para a análise de viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

3.1 Simulação computacional

As simulações do potencial de economia de água potável ao se fazer o aproveitamento de água pluvial foram feitas em um programa computacional desenvolvido em linguagem MatLab a partir do algoritmo do programa Netuno (GHISI; TRÉS, 2004). Os dados de entrada necessários para essas simulações foram: precipitação pluviométrica diária, coeficiente de aproveitamento de água pluvial, área de captação, volume do reservatório de armazenamento e demanda diária de água. No caso de lavagem de veículos, a demanda diária de água, que é fornecida pela concessionária, pode ser suprida em até 100% dependendo da disponibilidade de água pluvial.

O algoritmo do programa Netuno realiza os cálculos em base diária e pode ser utilizado, também, para cálculos em base horária, considerando a demanda e a disponibilidade de água pluvial. Diariamente, a água pluvial que escoar pela superfície de captação, descontadas as perdas, é conduzida ao reservatório de armazenamento. Se a capacidade do reservatório é excedida, a demanda de água pluvial é atendida e o excesso de água é extravasado. Caso contrário, a demanda diária de água potável é atendida parcial ou totalmente pela concessionária (GHISI, 2006b). As equações apresentadas a seguir ajudam a entender o procedimento.

Inicialmente, calcula-se o volume de água pluvial que escoar diariamente pela superfície de captação através da Equação 1.

$$V_{ap} = P \times A \times C_p \quad (1)$$

Onde:

V_{ap} é o volume de água pluvial que escoar diariamente pela superfície de captação (litros/dia);

P é a precipitação pluviométrica diária (mm/dia = litros/m² por dia);
A é a área de captação (m²);
C_p é o coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional).

Em seguida, calcula-se o volume de água pluvial consumido diariamente, através da Equação 2, e o volume de água pluvial disponível no reservatório, através da Equação 3.

$$V_c = \min \begin{cases} D_p \times D \times n \\ VR_{da} + V_{ap} \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

V_c é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros);
D_p é a demanda diária de água pluvial (adimensional; % da demanda de água potável);
D é a demanda diária de água potável (litros *per capita*/dia);
n é o número de veículos lavados por dia (adimensional);
VR_{da} é o volume de água pluvial do dia anterior disponível no reservatório (litros).

O produto D_p x D x n representa a demanda diária de água pluvial (em litros) e neste trabalho foi substituído pelos valores apresentados na Tabela 1.

$$VR = \min \begin{cases} VR_{da} + V_{ap} - V_c \\ VT - V_c \end{cases} \quad (3)$$

Onde:

VR é o volume de água pluvial disponível no reservatório (litros);
VR_{da} é o volume de água pluvial do dia anterior disponível no reservatório (litros);
V_{ap} é o volume de água pluvial que escoar diariamente pela superfície de captação (litros/dia);
V_c é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros);
VT é o volume do reservatório (litros).

O potencial de economia de água potável é calculado através da relação entre o volume total de água pluvial consumido durante todo o período analisado e a demanda total de água para o mesmo período, conforme representa a Equação 4.

$$P_e = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^d V_c}{D \times n \times d} \quad (4)$$

Onde:

P_e é o potencial de economia de água potável estimado (%);
V_c é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros);
D é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);
n é o número de moradores da edificação (adimensional);
d é o número de dias no período analisado.

3.1.1 Precipitação pluviométrica

A fim de verificar a influência dos dados de diferentes estações pluviométricas nos resultados, foram feitas simulações utilizando dados diários de precipitação de duas estações distintas, a estação Jockey e a ETE Sul, localizadas em Brasília, para o período de janeiro de 1997 até junho de 2007.

3.1.2 Coeficiente de aproveitamento de água pluvial

Quanto ao coeficiente de aproveitamento de água pluvial - utilizado para representar o volume aproveitável de água após o desvio de escoamento inicial, descarte de folhas e detritos e, também, as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação - foi assumido como sendo igual a 0,80 em todas as simulações. Este coeficiente representa, portanto, perdas de 20% de água pluvial.

3.1.3 Área de captação de água pluvial

Os valores adotados para a área de captação de água pluvial que correspondem à dimensão da cobertura dos postos de combustíveis foram 350, 550 e 750 m² devido aos diferentes tamanhos de postos existentes em Brasília.

3.1.4 Demanda diária de água

Para o cálculo da demanda diária de água, utilizou-se o produto do número de veículos lavados por dia pelo volume de água que é utilizado na lavagem de cada veículo. Baseado em outros trabalhos (MORELLI, 2005; BRAGA, 2005) adotou-se os volumes de 150 e 250 litros por lavagem para 15, 30 e 45 carros por dia, totalizando seis combinações diferentes para cada uma das três áreas de captação adotadas, ou seja, foram feitas 18 combinações para cada estação pluviométrica. Devido à variação do fluxo diário de veículos considerou-se que, na segunda-feira a demanda de água é 50% menor que a demanda expressa na Tabela 1, no sábado é 50% maior e no domingo não há consumo de água para lavagem de veículos.

Tabela 1 - Demandas de água utilizadas nas simulações

Volume de água utilizado na lavagem por veículo (litros)	Número de veículos lavados por dia	Demanda diária (litros)
150	15	2250
	30	4500
	45	6750
250	15	3750
	30	7500
	45	11250

3.1.5 Volume do reservatório de armazenamento

Os volumes de reservatório foram variados em intervalos de 1.000 litros, sendo considerado como volume ideal aquele cujo acréscimo no potencial de economia do volume subsequente era igual ou inferior a 0,50%. Como dado de entrada no programa foi adotado, para cada condição de área de captação, demanda diária de água e estação pluviométrica, um volume máximo de reservatório de 100.000 litros. Desta forma, foram feitas 3.600 simulações de volume de reservatório e respectivo potencial de economia de água potável.

3.2 Análise de viabilidade econômica

Após determinado o volume de reservatório ideal para cada caso, selecionou-se três desses casos com potenciais de economia distintos (mínimo, médio e máximo) e áreas de captação diferentes para subsidiar a análise de viabilidade econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Portanto, o caso 1 é o de menor potencial de economia de água potável para área de captação de 350 m²; o caso 2 é o de potencial de economia aproximadamente médio para área de captação de 550 m²; e o caso 3 é o de maior potencial de economia para área de captação de 750 m².

Considerou-se que os postos possuem calhas e condutores (verticais e horizontais) para captação da água pluvial, sendo necessário complementar as instalações com dispositivos para melhoria da qualidade e armazenamento da água pluvial. Além disso, tomou-se como possível a disponibilidade de área para localização do reservatório e a possibilidade de sistema de distribuição direto. Sendo assim, não foi necessário prever reservatório superior e estimar custos com energia elétrica para bombeamento de água.

Inicialmente, especificou-se os principais equipamentos e materiais necessários para a execução dos sistemas e estimou-se o intervalo ideal para manutenção. Em seguida, foram determinados os custos de implantação e operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial. Para isso, adotou-se custos médios de materiais obtidos através de pesquisas junto a empresas especializadas, e custos de mão-de-obra estabelecidos pelo Sindicato da Indústria de Construção Civil no Distrito Federal (SINDUSCON-DF, 2008). Com relação aos custos de operação, estes poderão ser decorrentes da manutenção dos

sistemas que inclui a limpeza da superfície de captação, calhas, condutores, caixas de inspeção e reservatório, e da substituição eventual de peças e dispositivos em função das condições de operação.

Para analisar a viabilidade do empreendimento foi verificado o valor presente líquido (VPL) do fluxo financeiro para cada caso analisado. Considerou-se uma vida útil de 15 anos e uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 1% a.m. Desse modo, o investimento é considerado viável quando o VPL é positivo. Complementarmente, foi calculado o tempo de recuperação de capital através do método do *payback* descontado, de acordo com a Equação 5. O tempo de recuperação do capital é numericamente igual ao valor de 'm' que iguala ou torna imediatamente inferior a condição expressa pela Equação 5 para I_0 .

A diferença $B_m - C_m$ representa a economia monetária (em reais) na data m.

$$I_0 \leq \sum_1^m \left[\frac{B_m - C_m}{(1 + r)} \right] \quad (5)$$

Onde:

- I_0 é o investimento inicial (R\$);
- m é o número de meses da vida útil;
- B_m é o benefício monetário no mês m (R\$);
- C_m é a soma dos custos no mês m (R\$); não inclui o investimento inicial;
- r é a taxa mínima de atratividade (adimensional).

Para avaliar o benefício monetário mensal obtido pelo aproveitamento de água pluvial, considerou-se tarifas de água e esgoto da concessionária regional de saneamento e a demanda mensal média de água. No cálculo desta demanda, levou-se em conta a demanda diária de água (Tabela 1), distribuída ao longo de meses de 30 dias, e sua variação em função do dia da semana. Assim, determinou-se a demanda mensal de água para sete meses distintos, cada um deles iniciados por um dia da semana diferente. A partir desses valores, obteve-se a demanda mensal média de água.

4 RESULTADOS

4.1 Potencial de economia de água potável

Realizadas as simulações computacionais alterando os diferentes parâmetros para cada uma das estações pluviométricas, foram obtidos os potenciais de economia de água potável para diferentes volumes de reservatório. O potencial médio de economia de água potável alcançado em 3.600 simulações foi de 32,7%. No Gráfico 1 encontram-se os resultados para a estação Jockey apenas para as áreas de captação de 350 e 750 m² devido a limitação de espaço no artigo. Percebe-se, de uma forma geral, que ao se aumentar a demanda de água, para uma mesma área de captação e número de carros lavados por dia, o potencial de economia é reduzido (Gráficos 1-a e 1-b). E ao se aumentar a área de captação, para uma mesma demanda, tem-se a elevação do potencial de economia de água, pois o volume de água pluvial captada é maior (Gráficos 1-b e 1-d).

4.2 Volume de água pluvial consumido e extravasado

No Gráfico 2, encontram-se os resultados, também para a estação Jockey para as áreas de captação de 350 e 750 m², do volume de água pluvial consumido e extravasado para cada volume de reservatório adotado no período de análise. Pode-se notar que, para uma área de captação de 350 m², não há aumento de consumo devido ao aumento da demanda, pois não existe água disponível devido à pequena área de captação (Gráficos 2-a e 2-b). Percebe-se claramente a diminuição do volume extravasado quando se aumenta o volume consumido para área de captação de 750 m² (Gráficos 2-c e 2-d.).

4.3 Comparação dos resultados obtidos para as duas estações

Os resultados obtidos por meio das simulações utilizando os dados pluviométricos da ETE Sul são semelhantes aos anteriores e, portanto, não serão reproduzidos. Como forma de comparação, a Tabela

2 apresenta o volume do reservatório ideal, o potencial de economia de água potável e o volume médio anual de água pluvial consumido para as duas estações. Percebe-se que o potencial de economia de água potável obtido com os dados pluviométricos da estação ETE Sul são menores do que os da Jockey. Isso se deve ao fato da precipitação média anual obtida na estação Jockey ser de 1.485 mm enquanto na ETE Sul é de 1.264 mm.

Também pode-se observar na Tabela 2 que não existe boa correlação entre os volumes dos reservatórios ideais e as demandas diárias de água; assim como esses volumes e os potenciais de economia de água. Portanto, a utilização de um reservatório com o dobro do volume porque a demanda de água é o dobro, ou com o objetivo de dobrar esse potencial de economia não é adequada.

4.4 Análise de viabilidade econômica

A partir dos volumes ideais de reservatório apresentados na Tabela 2, selecionou-se três casos da estação Jockey para a análise de viabilidade econômica. Assim, o caso 1 (área de captação de 350 m²) é aquele cujo potencial de economia de água potável é 9,2% para uma demanda diária de água de 11.250 litros e volume do reservatório de 7.000 litros; o caso 2 (área de captação de 550 m²) é o de potencial de economia de 37,5% para uma demanda diária de água de 4.500 litros e volume do reservatório de 19.000 litros; e o caso 3 (área de captação de 750 m²) é o de potencial de economia de 57,2% para uma demanda diária de água de 2.250 litros e volume do reservatório de 18.000 litros.

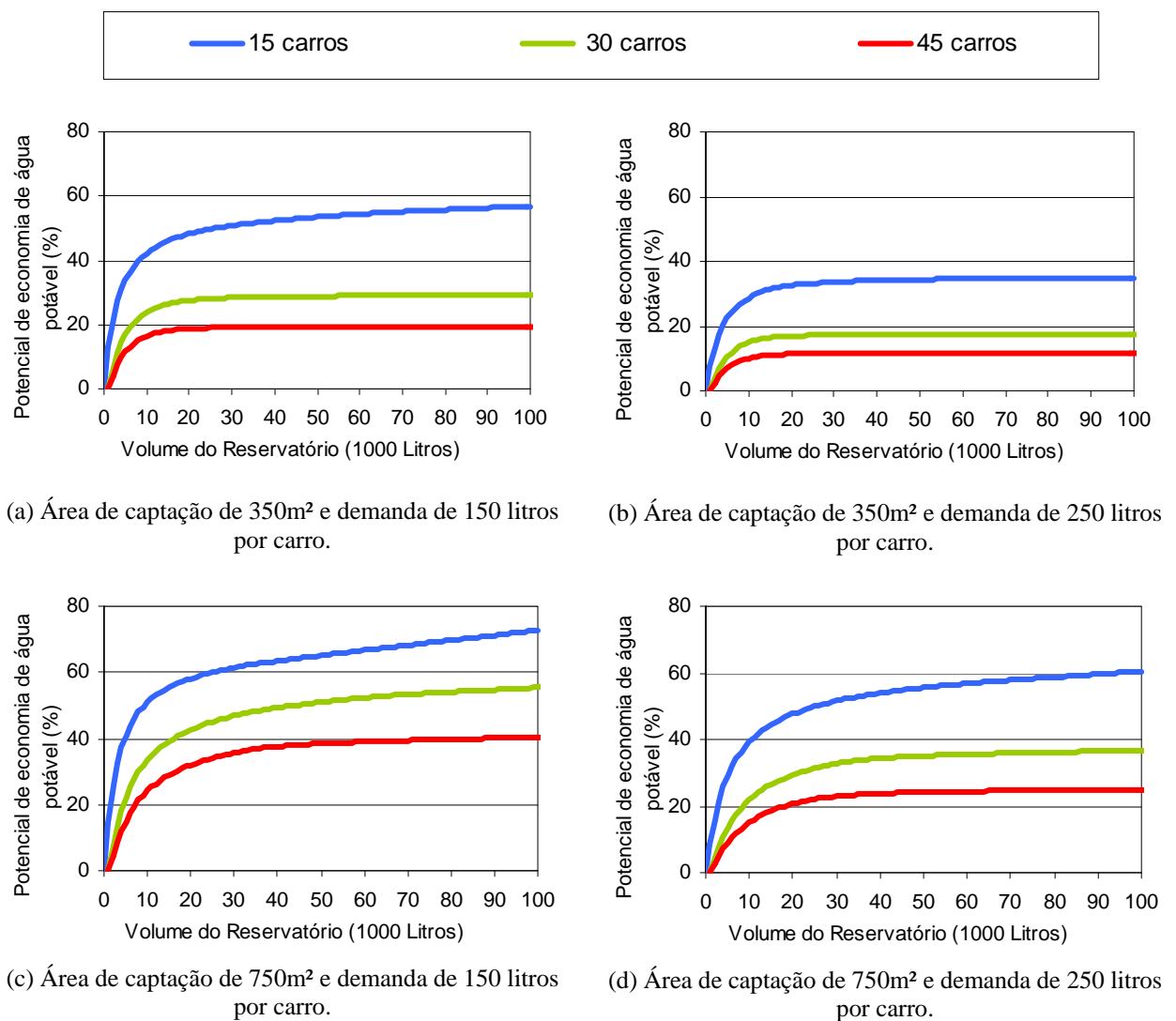
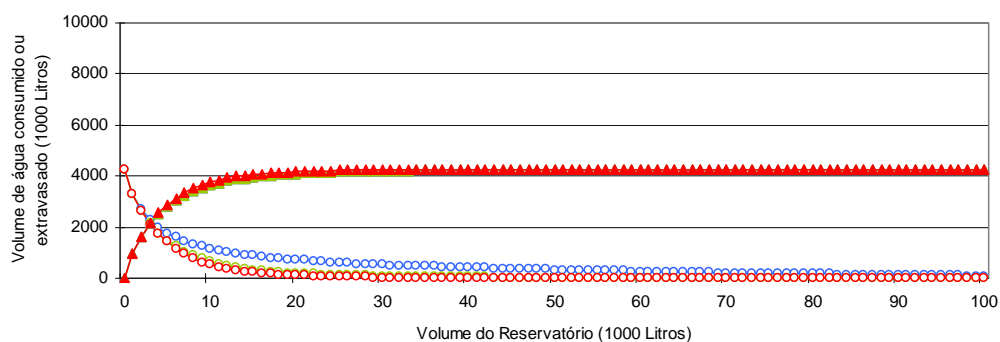
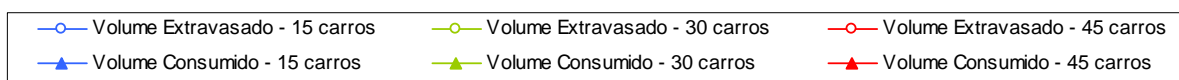
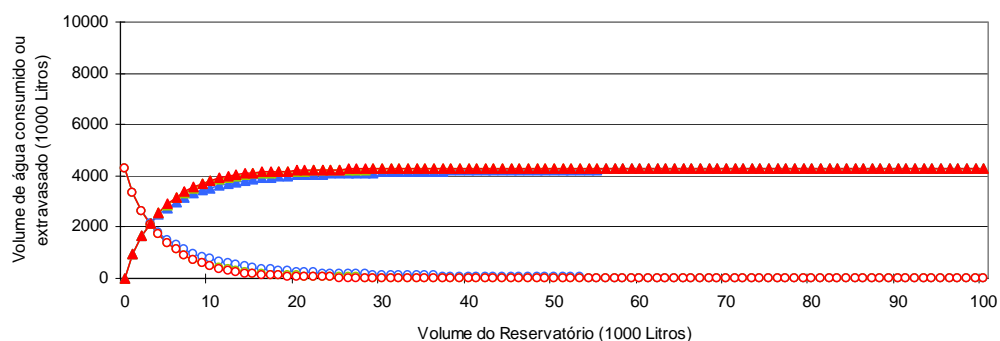


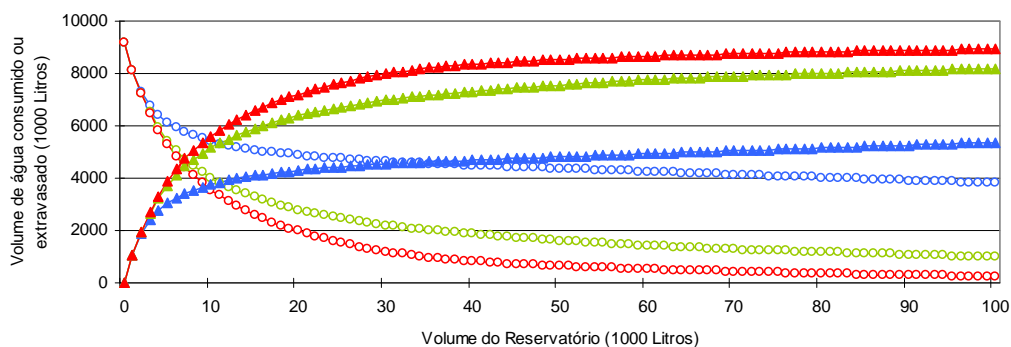
Gráfico 1 – Potencial de economia de água potável para diferentes demandas e áreas de captação de água pluvial utilizando precipitação pluviométrica da estação Jockey.



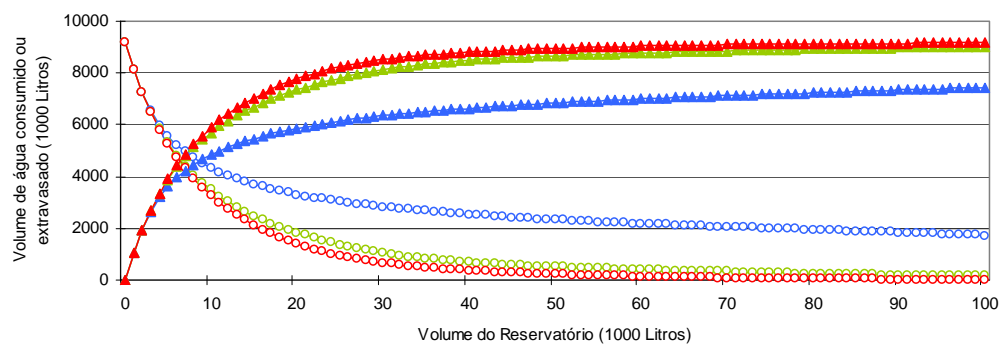
(a) Área de captação de 350m² e demanda de 150 litros por carro



(b) Área de captação de 350m² e demanda de 250 litros por carro



(c) Área de captação de 750m² e demanda de 150 litros por carro



(d) Área de captação de 750m² e demanda de 250 litros por carro

Gráfico 2 – Volume de água pluvial consumido e extravasado para diferentes demandas e áreas de captação de água pluvial utilizando precipitação pluviométrica da estação Jockey.

Tabela 2 – Comparação dos resultados obtidos nas simulações das duas estações pluviométricas utilizadas

Área de captação (m²)	Demanda diária de água (litros)	Jockey			ETE Sul		
		Volume do reservatório ideal (litros)	Potencial de economia (%)	Volume anual consumido (litros)	Volume do reservatório ideal (litros)	Potencial de economia (%)	Volume anual consumido (litros)
350	2250	16000	46,6	375432	14000	40,8	283234
	3750	13000	30,6	354559	11000	25,8	298481
	4500	12000	25,7	357225	10000	21,4	296828
	6750	10000	17,0	354163	8000	13,7	284764
	7500	9000	14,9	345225	8000	12,4	285838
	11250	7000	9,2	318760	6000	7,4	257936
550	2250	18000	54,1	375393	20000	51,9	360510
	3750	19000	42,5	492068	18000	37,6	434863
	4500	19000	37,5	520083	16000	31,8	441349
	6750	15000	25,2	525717	13000	21,2	440936
	7500	14000	22,5	521863	12000	18,7	433401
	11250	11000	14,3	495579	10000	11,9	413384
750	2250	18000	57,2	397107	22000	56,7	393874
	3750	20000	47,7	551430	22000	44,7	516768
	4500	20000	43,2	599941	21000	39,5	548017
	6750	18000	31,5	656384	17000	27,4	570467
	7500	18000	28,9	669536	17000	25,1	283234
	11250	15000	19,0	661353	13000	15,7	296829

Na Tabela 3 são apresentados os custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial para o caso 1; as siglas Ma e Mo correspondem, respectivamente, a material e mão-de-obra. Pode-se perceber que o volume do reservatório orçado é maior do que o determinado como volume ideal. Esta diferença serve para compensar a redução de volume útil devido às cotas de instalação das tubulações de entrada e saída de água pluvial no reservatório. Os custos totais de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial para os casos 2 e 3 foram calculados de forma semelhante e são, respectivamente, R\$ 11.538,89 e R\$ 13.986,89. Em todos os casos está prevista uma válvula solenóide, instalada em um ramal de água potável, para possibilitar a alimentação do reservatório quando não houver água pluvial em quantidade suficiente para suprir a demanda diária de água.

Tabela 3 - Custos de implantação para o caso 1

Descrição	Quant.	Custo unitário (R\$)		Subtotais (R\$)		
		Ma	Mo	Ma	Mo	Ma + Mo
1. Reservatório em fibra de vidro de 10000 litros	1	1725,30	110,64	1725,30	110,64	1835,94
2. Base em concreto armado para reservatório	1	589,91	297,04	589,91	297,04	886,95
3. Válvula solenóide d=3/4"	1	144,95	75,13	144,95	75,13	220,08
4. Chave de nível elétrica para válvula solenóide	1	81,95	70,30	81,95	70,30	152,25
5. Dispositivo para remoção de detritos (3P Technik)	2	1045,00	55,32	2090,00	110,64	2200,64
6. Suporte para dispositivo de remoção de detritos	2	79,34	16,60	158,67	33,20	191,87
7. Dispositivo para desvio de escoamento inicial	2	550,00	27,66	1100,00	55,32	1155,32
8. Tubos e conexões (15% dos itens 1 a 7)	-					996,46
9. Projeto e administração (20% dos itens 1 a 8)	-					1527,90
Custo total (R\$)						9167,40

Os custos de operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial são mostrados na Tabela 4. Estimou-se uma limpeza completa a cada 4 meses e a substituição da válvula solenóide e da chave de nível elétrica na metade da vida útil dos sistemas, ou seja, em 7,5 anos.

Tabela 4 - Custos de operação

Descrição	Custo (R\$)		
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Limpeza quadrimestral do sistema	145,88	222,71	277,93
Substituição de válvula solenóide	128,50		
Substituição de chave de nível	50,50		

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) pratica diferentes tarifas em função da ocupação da edificação. No caso de estabelecimento comercial, é cobrado mensalmente R\$ 34,30 para consumo de água de até 10m³/mês, acrescidos de R\$ 5,66 por m³ excedente de água. A tarifa de esgoto corresponde a 100% da tarifa de água, quando o sistema de coleta é do tipo convencional e não condominial (várias unidades consumidoras em um mesmo lote ou edificação). O Decreto Distrital Nº 26.590, de 23 de fevereiro de 2006, prevê a cobrança do volume de esgoto gerado por outra fonte de abastecimento de água no local (CAESB, 2008); no entanto, não se sabe se esta cobrança é aplicada ao se fazer o aproveitamento de água pluvial. Assim sendo, levou-se em conta duas variações para a análise de viabilidade econômica, quais sejam: desconsiderando ou considerando o volume de esgoto oriundo da utilização de água pluvial na lavagem de veículos. A Tabela 5 apresenta os dados utilizados e os resultados obtidos para cada caso analisado sob o aspecto econômico.

Tabela 5 - Dados utilizados e resultados obtidos na análise de viabilidade econômica

Dados utilizados	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Demanda mensal de água potável (m³/mês)	289,29	115,71	57,86
Custo mensal com água e esgoto (R\$/mês)	3230,16	1265,24	610,38
Potencial de economia de água potável (%)	9,2	37,5	57,2
Resultados desconsiderando o esgoto gerado por água pluvial			
Nova demanda mensal de água potável (m³/mês)	262,68	72,32	24,76
Novo custo mensal com água e esgoto (R\$/mês)	2928,88	774,05	235,73
Benefício monetário mensal (R\$/mês)	301,28	491,19	374,65
Valor presente líquido do investimento (R\$)	12869,11	24744,64	11453,19
Tempo de recuperação do capital (meses)	43	31	62
Resultados considerando o esgoto gerado por água pluvial			
Nova demanda mensal de água potável (m³/mês)	262,68	72,32	24,76
Novo custo mensal com água e esgoto (R\$/mês)	3079,52	1019,64	423,05
Benefício monetário mensal (R\$/mês)	150,64	245,59	187,32
Valor presente líquido do investimento (R\$)	317,54	4280,84	-4155,45
Tempo de recuperação do capital (meses)	165	94	-

Percebe-se que quando se desconsidera o volume de esgoto gerado pelo uso de água pluvial, o investimento é viável para os três casos analisados, visto que o valor presente líquido é sempre positivo. O tempo de recuperação do capital varia de 31 meses (2,6 anos) a 62 meses (5,8 anos). No entanto, observa-se que o caso 3 (área de captação de 750 m²), cuja demanda diária de água é significativamente menor que a do caso 1 (área de captação de 350 m²), apresenta um tempo de recuperação do capital maior. Esta diferença, pode ser atribuída ao maior custo de implantação e a menor demanda mensal de água do caso 3, cujo valor é próximo ao volume da taxa mínima (10 m³) administrada pela CAESB, reduzindo assim o impacto sobre o benefício monetário mensal, ao se fazer o aproveitamento de água pluvial. Verifica-se também que ao considerar o volume de esgoto oriundo da utilização de água pluvial, ou seja, quando há cobrança deste volume por parte da concessionária, os sistemas continuam sendo viáveis apenas para os casos 1 e 2. O caso 3, apesar de representar postos com maior área de captação e menor demanda de água, apresenta VPL negativo e portanto não pode ser considerado viável. O tempo de recuperação do capital é bem maior em relação aos casos anteriores e pode atingir até 165 meses (13,8 anos).

5 CONCLUSÕES

Como foi observado nos resultados, o potencial de economia de água potável ao se fazer o uso de água pluvial é bastante significativo em postos de combustíveis localizados em Brasília. Isso se deve, principalmente, a dois fatores: esses estabelecimentos possuem grandes áreas de telhado, o que favorece a captação da água pluvial; e a água é usada, em grande parte, para fins não potáveis, como a lavagem de veículos.

Para uma mesma demanda e área de captação de água pluvial, há uma diferença do potencial de economia de água potável. Essa variação depende dos dados da estação pluviométrica utilizada (Tabela 2). Por esse motivo, é importante adotar os dados pluviométricos da estação mais próxima ao estabelecimento, a fim de ter precisão na simulação deste potencial de economia.

Com relação a viabilidade econômica dos sistemas, verificou-se que apesar do potencial de economia de água potável ser significativo na maioria dos casos, nem sempre há viabilidade para o investimento. Isso se deve principalmente pelo fato de haver cobrança da taxa mínima de 10 m³ mensais pela concessionária de saneamento. Portanto, conclui-se que para garantir a eficiência de um sistema de aproveitamento de água pluvial para a lavagem de veículos, deve ser feito um estudo para cada caso específico, dedicando especial atenção ao dimensionamento do reservatório e a análise de viabilidade econômica do sistema.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, R. C. M. S. **Proposta de reuso da água de lavagem de veículos em postos de combustível no Distrito Federal**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2005.

CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.br>. Acesso em: janeiro de 2008.

GEO-3. **Global Environment Outlook - Past, present and future perspectives**. UNEP United Nations environment Programme, 2002.

GHISI, E.; TRÉS, A.C.R. **Netuno – Aproveitamento de Águas Pluviais no Setor Residencial**. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br>. Programa computacional, 2004.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006a.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N^o 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006b.

MORELLI, E. B. **Reúso de água na lavagem de veículos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SINDUSCON-DF. Sindicato da Indústria de Construção Civil no Distrito Federal. Disponível em: <http://www.sinduscondf.org.br>. Acesso em: janeiro de 2008.