

RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONDOMÍNIO HORIZONTAL NO DISTRITO FEDERAL

Vinicius Silva Marques – viniciusmrq@gmail.com
Universidade de Brasília

Marcus Danilo Rodrigues Perfeito – mdrpengambiental@gmail.com
Universidade de Brasília

Conceição de Maria Albuquerque
Universidade de Brasília

Resumo: Com o crescimento da população ao longo dos anos tem aumentado a demanda por água, especialmente em centros urbanos. Diante disso, para evitar um problema de escassez de água, o uso de fontes alternativas vem tornando cada vez mais atrativa, sendo necessário realizar a viabilidade econômica do sistema. Dentre das fontes alternativas que se apresentam no mercado, merece destaque o sistema de aproveitamento de água da pluvial (SAAP). Este trabalho faz uma análise de viabilidade financeira deste sistema para moradias unifamiliares para fins não potáveis, como: irrigação de jardins e descarga dos vasos sanitários. Foi implementada a análise de viabilidade financeira em um condomínio horizontal no Distrito Federal. O método utilizado para simulação do cisterna é o balanço de massa do reservatório de acumulação. A análise de viabilidade econômica será feita através da comparação de técnicas de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL) e Payback Descontado (PBD). O levantamento de parâmetros técnicos que influenciam no dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, tais como demanda e área de telhado, foi realizado a partir da aplicação de questionário e com o uso de geoprocessamento. A análise de viabilidade econômica do SAAP mostrou que: 10% de casas não poderiam ser atendidas por nenhum tipo de cisterna; 24% das casas poderiam ser atendidas somente pela cisterna de 2,8m³; 22% atendidas tanto pela cisterna de 2,8m³ como pela de 5,0m³; 44% de casas atendidas pelos três tipos de cisternas. Analisou-se a sensibilidade do parâmetro TMA e o VPL que comportaram de maneira inversamente proporcional.

Palavras-chave: Conservação da água, Sistema de aproveitamento de água pluvial, Análise financeira, Análise de sensibilidade.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) para atender a demanda por água não potável (descarga sanitária e irrigação) em um condomínio horizontal unifamiliar de alto padrão de consumo.

2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo traçado, este estudo coletou dados referentes a área de cobertura das residências para captação de águas pluviais, determinou o perfil da demanda de água não potável nas unidades unifamiliares do condomínio, realizou simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas (2,8m³, 5m³ e 10m³) e analisou a viabilidade econômica do sistema.

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DE DADOS PRIMÁRIOS

A área de estudo localiza na região administrativa de São Sebastião (RA-XIV), no Distrito Federal. A região é composta basicamente por condomínios horizontais fechados sendo alguns regularizados. Em geral, os lotes do condomínio são grandes e possuem uma ampla infraestrutura com parquinhos, segurança, privacidade, dentre outros. Na Figura 1 encontra-se a localização da área de estudo e o mapa de situação, que situa geograficamente nas coordenadas de Latitude 15°52'2.72"S e Longitude 47°45'49.06"W.

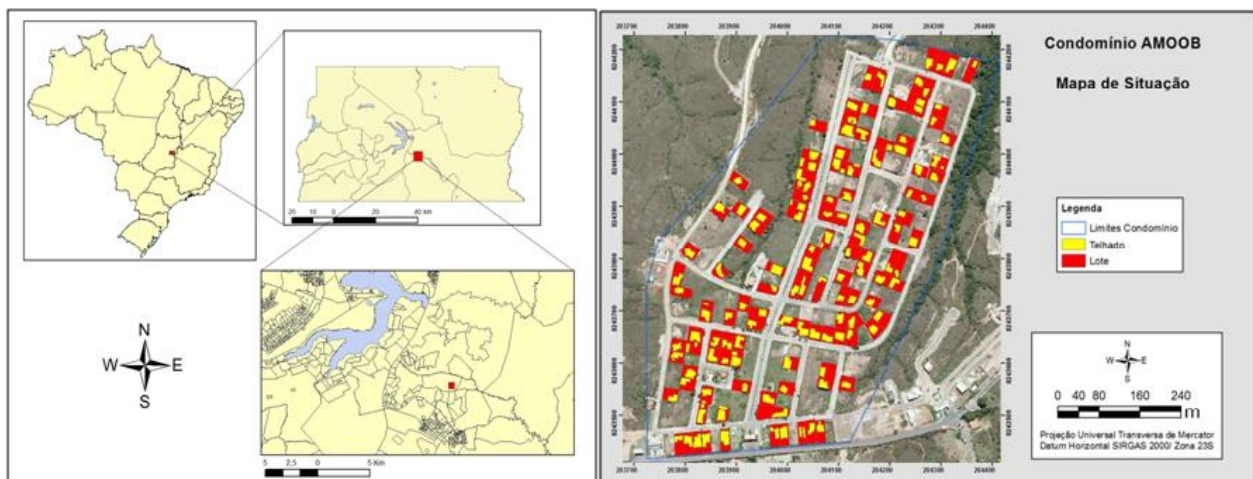


Figura 1 – Localização da área de estudo e Mapa de Situação

Com auxílio do software ArcGIS 10.2.2 elaborou o mapa de situação (Figura 1) que determina o dimensionamento da área de cada lote e telhado, sendo uma etapa importante

para quantificar o valor de área verde da casa. Em seguida, aplicou-se um questionário para obter informações relacionadas ao número de moradores em cada unidade residencial. Para determinar o perfil da demanda de água não potável nas residências unifamiliares do condomínio, utilizou-se indicadores de usos finais de água, e aplica os dados primários referentes a área de jardim e número de pessoas para determinar o consumo de água (Tabela 1).

Tabela 1 – Indicadores de consumo.

| Usos – Finais | Vazão | Frequência por dia de uso | Demanda |
|--------------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|
| Irrigação de Jardim Mangueira | 17,7 L/min | 7 seg/m ² | 1,7 L/m ² /dia |
| Irrigação de Jardim Aspersores | 3,1 L/min | 5 seg/m ² | 0,1 L/m ² /dia |
| Descarga Sanitária | 9,0 lpf | 4 usos | 35 L/p/dia |

Fonte: SANT'ANA *et al.* (2013)

2.2 SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO DE CISTERNAS

Para verificar as reduções do consumo de água do SAAP em descargas sanitárias e irrigação, simulações baseadas em intervalos de tempo diários usando um modelo comportamental (Equação 1) foram realizadas usando uma regra operacional de ‘uso após extravasão’ (*yield after spillage*) na Equação 2 (Fewkes, 1999). Simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas foram realizadas para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de águas pluviais.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t + D_t \quad (1)$$

Sujeito a $0 \leq V_{t-1} \leq C$

V_t = Água pluvial armazenada no intervalo de tempo, t

$V_{(t-1)}$ = Água pluvial armazenada no intervalo de tempo, t – 1

Q_t = Oferta de água pluvial no intervalo de tempo, t

D_t = Demanda de água pluvial no intervalo de tempo, t

C = Capacidade de armazenamento.

$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{array} \right. \quad (2)$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + Q_t + Y_t \\ C \end{array} \right.$$

Y_t = Coleta de água no intervalo de tempo, t

Nesse trabalho considerou a série histórica pluviométrica diária de 1985 até 2014 de Brasília.

2.3 ANALISE DE VIABILIDADE ECONOMICA DO SISTEMA

Uma análise de viabilidade financeira do SAAP foi realizada para três tipos de cisternas de captação (2,8m³, 5,0m³ e 10m³) determinando o período de retorno do investimento (*payback*) e o valor presente líquido (VPL) de investimento para comparar viabilidades de diferentes propostas em um mesmo projeto.

A Equação 3 apresenta o método de análise *payback* descontado, que é definido com o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados levando em consideração o custo capital (BRIGHAM *et al.*, 2001).

$$PBD = \frac{K}{\sum_0^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

PBD = *Payback* Descontado (anos)

K = custo capital no ano zero (R\$)

B_t = Benefício no ano, t (R\$);

C_t = custo no ano, t (R\$)

i = taxa de juros no período (%);

O método VPL consiste em trazer para o presente todos os valores futuros esperados de um fluxo de caixa a fim de contabilizar o valor total presente de um investimento ou empreendimento. Para tanto, utilizou-se a taxa mínima de atratividade (TMA) como taxa de desconto (SOUZA *et al.*, 2009).

$$VPL = -K_0 + \sum_0^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

(4)

Onde:

VPL = valor presente líquido (R\$);

K₀ = custo capital no ano zero (R\$);

B_t = benefício no ano, t (R\$);

C_t = custo no ano, t (R\$);

i = taxa de juros no período (%);

n = número de períodos;

Para análise do valor presente líquido considerou-se uma expectativa de vida equivalente a 30 anos do SAAP para diagnosticar todos os custos e benefícios. Já a taxa de mínima de atratividade TMA, utiliza a taxa da caderneta de poupança entre os períodos de maio de 2014 até maio de 2015, segundo informações do Banco Central do Brasil o valor percentual obtido nesse período foi de 7,25% ao ano. Os valores do benefício anuais (R\$) foram calculado a partir do potencial de redução de consumo de água multiplicado pela alíquota cobrada pela concessionária local.

O consumo mensal residencial foi calculado com auxílio do relatório disponível pela ADASA (2012) que projetou o consumo per capita nas Regiões Administrativa (RA) do DF para 2015. Adotou-se RA Lago Norte com consumo per capita de 294 L/hab.dia, porque a realidade socioeconômica, tamanho do lote e padrão de ocupação são parecidos com o condomínio estudado. O valor do consumo multiplica por 30 e pelo número de pessoas que residem na casa para encontrar o consumo mensal

Utilizou-se a análise de sensibilidade por causa das incertezas dos parâmetros em questão. No qual consiste em medir o efeito produzido na rentabilidade do investimento, ao se variar o dado de entrada. Deve-se variar cada parâmetro de uma vez estabelecendo o valor mais provável, o limite inferior e superior da variação. (IEPG, 2015)

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos determinam às casas que são economicamente viáveis a construção do SAAP, sendo simulada a cisterna de 2,8 m³, 5,0m³, 10 m³. Na Figura 2, demonstra em porcentagem a quantidade de casas que seriam atendidas, seja por um, dois ou três tipos de cisternas e as casas que não seriam atendidas.

Das 96 casas analisadas, apenas 10 casas não seriam atendidas por nenhum tipo de cisterna, enquanto que: 23 casas poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m³, 21 casas poderiam ser atendidas tanto pela cisterna de 2,8m³ como pela de 5,0m³ e, por fim, 42 casas poderiam ser atendidas pelo os três tipos de cisternas. Neste último caso, a escolha do tipo de cisterna fica a critério do morador que poderia se basear nos resultados encontrados durante as análises econômicas (VPL e PBD).

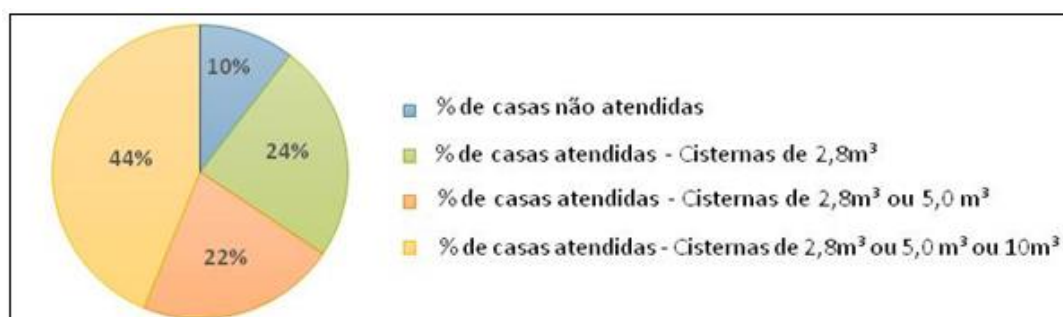


Figura 2.– Porcentagens de casas não atendidas e atendidas para os diferentes tipos de cisternas

Analisou a viabilidade do SAAP para uma residência com a seguinte dimensão: área do lote 778 m², área do telhado 229,71 m², área de irrigação 548,24m², demanda diária total 1,041m³, 3 moradores, irrigação com mangueira.

A Tabela 2 apresenta o resultado da análise de viabilidade da casa e para cada um dos três tipos de cisternas que poderiam ser utilizadas no projeto de SAAP dessa residência. Consideraram-se os percentuais atendidos totalmente, parcialmente e não atendido para as demandas diárias dos moradores para os fins não potáveis, além dos indicadores financeiros VPL e PBD.

Tabela 2 – Análise de viabilidade do SAAP para casa referência.

| Id | Cisterna (m ³) | % de dias atendidos totalmente | % de dias atendidos parcialmente | % de dias não atendidos | PBD (anos) | VPL (R\$) |
|-------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------|--------------|
| Média | 2,80 | 30,52 | 15,28 | 54,21 | 5,67 | R\$ 8.456,55 |
| | 5,00 | 39,98 | 10,89 | 49,13 | 6,73 | R\$ 6.606,55 |
| | 10,00 | 49,13 | 7,27 | 43,60 | 12,01 | R\$ 1.526,55 |

Analizou a sensibilidade dos parâmetros para a residência. Com objetivo de entender melhor a influência dos parâmetros fixados no projeto, selecionou apenas alguns parâmetros para a análise de sensibilidade, devido à incerteza ou a variação nos valores existente na literatura. Com o gráfico da Figura 3, que demonstra o comportamento dos valores de VPL encontrados para os diferentes tipos de cisternas levando em consideração as diferentes TMA aplicadas.

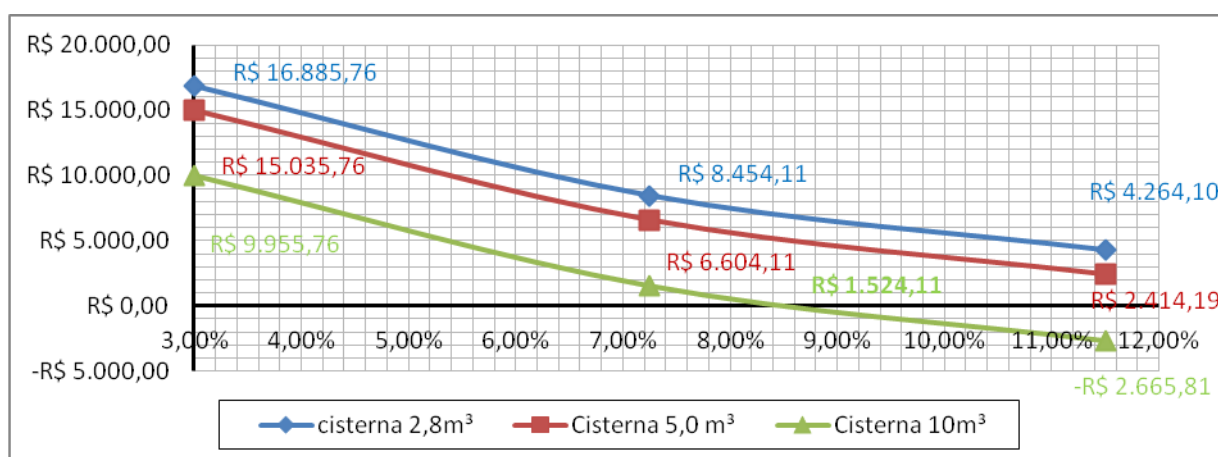


Figura 3 – Análise de Sensibilidade: TMA x VPL.

De acordo com a Figura 4, percebe-se que para as cisternas de capacidade 2,8m³ e 5,0m³ o VPL se mostra positivo para TMA analisadas, o que viabiliza financeiramente o projeto de aproveitamento de água da chuva para o morador. Já para a cisterna de capacidade 10m³, a inviabilização econômica do sistema ocorrerá quando a TMA for maior ou igual a 8,5%.

4. CONCLUSÕES

A análise aplicada neste trabalho exhibe alternativas disponíveis aos moradores do condomínio AMOBB para a adoção do sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) com a finalidade de atender a demanda de água não potável dos moradores, como de irrigação de jardim e descarga de vaso sanitário sem ter que utilizar a água proveniente da companhia de abastecimento.

O morador do condomínio ao optar pela implantação do projeto, desde que sua residência se encaixe no grupo que é atendido por algum tipo de cisterna, escolhendo a que melhor o satisfaça estará colaborando diretamente para a preservação da água, recurso natural e limitado, além de estar adquirindo um projeto rentável financeiramente. A análise de sensibilidade teve como base o VPL comparado com a TMA, observou valores inversamente proporcionais.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Nota Técnica nº 012/2012 – SEF/ADASA. Resultado Final da 1ª Revisão Periódica das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pela CAESB.

AMOB, História do Condomínio da Amobb. Disponível em:

<http://www.condominioamobb.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=193%3Ahistorico-historia-da-amobb&catid=34%3Ahome&Itemid=1>. Acesso em: 5 nov. 2014.

BCB – Banco Central do Brasil. Taxa caderneta de poupança entre 01/06/2014 a 01/06/2015. Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=3>> Acesso em: 12 de maio de 2015

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. Administração Financeira: teoria e prática. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

IEPG - Instituto de Engenharia de Produção e Gestão. Análise de Investimentos em Situações de Incerteza. Disponível em:

<<http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Engecon2/CAP3EE2incertezaapost.pdf>> Acesso em: 07 dezembro de 2015.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. Urban Water, v.1, p.323-333, 1999.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. Paranoá, Brasília, no 10, p. 77-84, (2013)

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações. 6º Ed., São Paulo: Atlas, 2009.