

IX-050 - APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL ESPERANÇA, CUIABÁ/MT

Vanessa Ribeiro Murcilio⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Patrícia Alana dos Santos Campos

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestranda em Recursos Hídricos na UFMT.

Mayara Cristina Santos Marques

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

Gabriel Tomé Molina

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Welitom Ttatom Pereira da Silva

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UNB).

Endereço⁽¹⁾: Rua Tupi, 3625 – Centro – Colorado do Oeste – RO – CEP: 73992-000 – Brasil – Tel: (69) 8137-7685 – e-mail: vanessamurcilio@hotmail.com

RESUMO

Os mananciais utilizados para abastecimento de água tornam-se insuficientes devido ao aumento da demanda ou têm sua qualidade comprometida, gerando a necessidade de buscar alternativas capazes de reverter o atual estado de uso deste recurso. Neste trabalho foi avaliada a utilização de água de chuva para uso externo e interno, como uma alternativa complementar ao sistema de abastecimento. Para isso foi realizada revisão bibliográfica e o desenvolvimento de simulações sobre o atendimento desta demanda com água pluvial. A partir das simulações efetuadas e a modelagem multicriterial do problema conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para fins não potáveis apresentam-se como uma alternativa viável, no Condomínio Residencial Esperança, na cidade Cuiabá/MT, principalmente para a reserva de incêndio e irrigação de jardins.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva, abastecimento, método TOPSIS.

INTRODUÇÃO

Considerando os custos associados e os riscos potenciais de escassez de água, diversos setores das iniciativas públicas e privadas vêm buscando opções para promover o uso racional desse bem. O aproveitamento de fontes alternativas de abastecimento são medidas que podem contribuir para minimizar o risco de escassez de água, além de reduzir custos operacionais.

Contudo, para a utilização de fontes alternativas de abastecimento, torna-se imprescindível identificar as atividades que apresentam maior potencial para a aplicação desta medida. Para isto é necessário determinar os requisitos de qualidade que a fonte alternativa deve apresentar. É necessário considerar medidas que propicie um melhor aproveitamento das fontes disponíveis de água, o que pode ser obtido através da otimização do uso, eliminando perdas e por meio de programas de conscientização.

A utilização destas fontes é uma opção que pode se mostrar muito atrativa para a minimização dos efeitos da escassez de água nos grandes centros urbanos e também dos custos, gerados pelo consumo de água obtida a partir de fontes tradicionais, os quais são repassados ao preço final dos produtos.

Embora sejam positivas as experiências no Brasil, ainda há uma série de oportunidades para progressos de forma a proliferar o uso das técnicas de captação de água de chuva no país.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em termos de qualidade da água em um condomínio residencial, para ser utilizada em sanitários, máquina de lavar roupa, regar o jardim e encher a piscina, minimizando as despesas dos usuários com água e retendo parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu das seguintes etapas: (1) revisão de literatura; (2) descrição da área de estudo; (3) definição das alternativas; (4) definição dos critérios; (5) definição de elementos do projeto; (6) coleta de dados; e, (7) aplicação de método multicriterial de apoio à decisão.

A revisão de literatura compreendeu a análise das publicações correntes correlatas ao tema estudado. Para caracterização da área de estudo foi realizada a consulta a informações locais (aplicação de questionário) e consulta a informações disponibilizadas pela administração municipal, por meio do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano de Cuiabá (IPDU). A definição das alternativas e a definição dos critérios foram fundamentadas nas características locais e na revisão de literatura realizada. A definição dos elementos de projeto seguiu o preconizado em normas técnicas pertinentes, bem como, levantamento de informações pertinentes locais. Para a coleta de dados foi realizada a aplicação de questionário nos atores envolvidos no processo decisório (moradores e a especialista em áreas correlatas). Realizou-se ainda o levantamento de custos de implantação de projetos e consulta a literatura específica. Para aplicação do método multicriterial de apoio à decisão se optou técnica de ordenamento de preferência por similaridade com a solução ideal (TOPSIS), seguindo a linha dos estudos realizados por Morais e Almeida (2006), Santos *et al.* (2006) e Albuquerque e Vieira (2008).

Para o método TOPSIS, entende-se como solução ideal àquela que, ao mesmo tempo, apresenta menor afastamento (ou maior similaridade) em relação à solução ideal (A+) e guarda maior distância (menor similaridade) em relação à solução indesejável (A-). O método é racional, compreensível e avalia a matriz de decisão em 6 passos: (1) normaliza matriz representando o desempenho relativo das alternativas; (2) cria matriz normalizada e ponderada; (3) determina solução ideal com processo de agregação; (4) calcula medida de separação, distância Euclidiana n-dimensional para todas alternativas; (5) calcula proximidade relativa da solução ideal; e, (6) ordena alternativas de acordo com valores decrescentes. As Equações 1, 2 e 3 apresentam as distâncias entre as alternativas e solução ideal (A+) e a solução indesejável (A-).

$$d(A+) = \left[\sum_{i=1}^n w_i h \left| \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_i^{**}} \right|^h \right]^{\frac{1}{h}} \quad (1)$$

$$d(A-) = \left[\sum_{i=1}^n w_i h \left| \frac{f_i(x) - f_i^{**}}{f_i^* - f_i^{**}} \right|^h \right]^{\frac{1}{h}} \quad (2)$$

$$d(A+, A-) = \frac{d(A-)}{d(A+) + d(A-)} \quad (3)$$

Na qual: $d(A+)$ é a distância entre o vetor solução ideal e o vetor caso estudado; w_i é o peso atribuído ao critério i ; f_i^* é o valor da solução ideal para o critério i ; $f_i(x)$ é o desempenho da alternativa estudada no critério i ; f_i^{**} é o valor da solução indesejável para o critério i ; h é o parâmetro de verificação de sensibilidade, com valores de 1, 2 e ∞ ; i é a identificação do critério considerado no estudo; $d(A-)$ é a distância entre o vetor solução indesejável e o vetor caso estudado; $d(A+, A-)$ é a distância entre os vetores solução ideal (A+) e solução indesejável (A-), e a vetor do caso estudado.

RESULTADOS

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo de caso apresenta uma avaliação da viabilidade técnica e econômica desenvolvida para o Condomínio Residencial Esperança, localizado na Rua 24, Bairro Boa Esperança em Cuiabá-MT. A Tabela 1 apresenta algumas informações acerca do Condomínio Residencial Esperança.

O bairro Boa Esperança, localizado na região leste de Cuiabá, é de renda médio-alta, sendo que a média da renda dos responsáveis pelos domicílios é de 21,54 salários mínimos. Quanto à escolaridade dos responsáveis pelos domicílios, predomina o grupo de 15 e mais anos de estudo (aproximadamente 45,10%).

Com relação ao saneamento, dos 1.541 domicílios, 1.504 são abastecidos pela rede geral de água, dos quais 1.489 tem canalização em pelo menos um cômodo e 15 são canalizados apenas na propriedade ou terreno, 34 eram abastecidos por poço ou nascente e 3 de outra forma.

Segundo os moradores do bairro, há um déficit no abastecimento de água sendo comum em alguns pontos do bairro, ocorrer a falta de água, consistindo então, um dos motivos da realização deste estudo.

Tabela 1: Características do Residencial.

Área total do terreno (m ²)	5800		
Área do telhado das torres (m ²)	1440		
Área de jardins (m ²)	371		
Áreas das Piscinas (m ²)	100,5		
Blocos (1, 2, 3 e 4)	Nº. de Apartamentos	Nº. de habitantes	Vagas/garagem
	48	144	48

DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

As alternativas consideradas nesta pesquisa foram:

- (1) Captação de água pluvial para utilização em bacias sanitárias – Alternativa 1;
- (2) Captação de água pluvial para utilização em máquina de lavar – Alternativa 2;
- (3) Captação de água pluvial para utilização para irrigação de jardins – Alternativa 3;
- (4) Captação de água pluvial e utilização para enchimento das piscinas – Alternativa 4;
- (5) Captação de água pluvial e utilização em reserva de incêndio – Alternativa 5.

DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os critérios considerados nesta pesquisa foram:

- (1) Custo da implantação do sistema – Critério 1:
Levando em consideração os custos com materiais, mão de obra e infraestrutura;
- (2) Custo de tratamento da água captada – Critério 2:
Levando em consideração os custos com os procedimentos para cada alternativa;
- (3) Redução do uso de água potável – Critério 3:
Critério baseado na quantificação do volume de água que deixaria de ser captado no manancial para abastecimento;
- (4) Aceitabilidade dos moradores para uma possível instalação do sistema – Critério 4:
Neste trabalho admite-se a aplicação de questionário para o conhecimento da aceitabilidade dos moradores para implementação do mesmo.

DEFINIÇÃO DE ELEMENTOS DO PROJETO

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Para se dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde o sistema será instalado como: a precipitação diária, dados de consumo diário de água por habitante, número de habitantes na residência e o uso que será dado ao aproveitamento da água da chuva (HANSEN, 1996). O sistema de aproveitamento de água da chuva compreende as seguintes etapas: determinação da área de contribuição dos telhados, dimensionamento dos reservatórios, sistema de filtração da água e o dimensionamento das instalações hidro-sanitárias.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA

Os principais fatores para o dimensionamento do reservatório de água de chuva incluem: (1) área do telhado; (2) quantidade de água necessária para atender a demanda; e, a (4) definição do tipo de reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos. O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte Equação 4, segundo NBR 15527/07:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (4)$$

Na qual: V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável; P é a precipitação média anual, mensal ou diária; A = é a área de coleta (1440m²); C = é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura; η = fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Como fonte de dados para obtenção dos dados necessários para Equação 4 foram consultados: (1) informações do INMET, para a região e o ano de 2007 (dados de precipitação); (2) coeficiente de escoamento superficial da cobertura, conforme Tabela 2; (3) eficiência do sistema de captação, η = 0,70, segundo Tomaz (2003).

Tabela 2: Coeficiente de *Runoff* .

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: Tomaz (2003).

CÁLCULO DA DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL UTILIZADA NO PRÉDIO

Segundo a metodologia proposta pelo Manual do SINDUSCON (Sindicato da Construção), os usos previstos para cálculo da demanda incluem: (1) irrigação de Jardins por aspersão; (2) descargas de bacias sanitárias; (3) máquina de lavar; e, (4) abastecimento de piscina. As Equações 5, 6, 7 e 8, expressam a forma de cálculo das demandas.

$$Q_{jar} = A_{jar} \times C_{jar} \quad (5)$$

$$Q_{des} = N_{des} \times C_{des} \quad (6)$$

$$Q_{maq} = n_{maq} \times C_{maq} \quad (7)$$

$$V_{pis} = C_{pis} \times L_{pis} \times H_{pis} \quad (8)$$

Na qual: Q_{jar} é o consumo de água no jardim (L.dia⁻¹); A_{jar} é a área do jardim (m²); C_{jar} é o consumo de água 6 L.(m².dia)⁻¹; Q_{des} é o consumo de água nas bacias sanitárias (L.dia⁻¹); N_{des} é o número de pessoas (hab); C_{des} é a contribuição de despejos (adotado igual a 30 L.(hab.dia)⁻¹); Q_{maq} é o consumo de água na máquina de lavar (L.mês⁻¹); n_{maq} é o número de ciclos por mês; C_{maq} é o consumo de água por ciclo (adotado igual a 135 L.ciclo⁻¹).

¹; V_{pis} é o consumo de água na piscina (m^3); C_{pis} é o comprimento da piscina (m); L_{pis} é a largura da piscina (m); H_{pis} é a profundidade da piscina (m).

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos cálculos relacionados aos elementos de projeto.

Tabela 3: Quantidade de Chuva Possível de ser Acumulada e Demanda de Água não Potável no Prédio.

Meses do ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume do Reservatório (m^3)*	230	255	140	114	25	4	20	0	5	152	222	146
Volume do Reservatório com o Uso Contínuo (m^3)	8	8,5	5	4	1	1	1	1	1	6	8	5
Demandas	Vaso Sanitário ($m^3/mês$)		Máquina de Lavar ($m^3/mês$)			Irrigação dos Jardins ($m^3/mês$)		Piscina (m^3)	Reserva de Incêndio (m^3)			
	129,6		74,8			66,78		100,5	138,24			

* Em função da ppt/mês.

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL PARA CADA ALTERNATIVA

O cálculo da redução do consumo de água potável foi realizado por meio de porcentagem em relação ao total gasto na situação atual e após a implementação de todas as alternativas. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Redução da Demanda de Água Potável com a Implantação dos Sistemas (Critério 3).

ALTERNATIVAS	REDUÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA POTÁVEL (%)
Vaso sanitário (m^3)	13,00
Reserva de incêndio	13,87
Irrigação de jardins por aspersão (m^3)	6,70
Máquina de lavar (m^3)	7,50
Piscina (m^3)	10,08
Total	51,15

COLETA DE DADOS

Foram desenvolvidos e aplicados questionários nos moradores do residencial para verificar a aceitação da implantação das alternativas. O questionário também serviu para a obtenção dos valores dos pesos dos critérios (definição dos critérios de maior relevância). Foram consultados 05 moradores do residencial e 05 especialistas da área, quanto à sua aceitação das alternativas e a importância dos critérios. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Os custos de implantação das alternativas foram segundo a literatura. Os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 5: Aceitação das Alternativas pelos Moradores do Residencial (Critério 4).

Alternativas	Aceitação dos Moradores (valor médio)
Bacia Sanitária	50 %
Máquinas de Lavar	60 %
Irrigação de Jardins	85 %
Enchimento da Piscina	70 %
Reserva de Incêndio	75 %

Tabela 6: Peso dos Critérios para os Moradores do Residencial.

Morador	CR1	CR2	CR3	CR4
M1	0,5	0,1	0,2	0,2
M2	0,5	0,2	0,2	0,1
M3	0,5	0,2	0,2	0,1
M4	0,3	0,3	0,1	0,3
M5	0,4	0,2	0,2	0,2

CR1 é custo de implantação; CR2 é o custo de tratamento da água; CR3 é a redução do uso de água potável; CR4 é a aceitabilidade dos moradores; M1, M2, ..., M5 é o morador 1, morador 2, ..., morador 5.

Tabela 7: Peso dos Critérios para Especialistas (Recursos Hídricos e Saneamento).

Especialista	CR1	CR2	CR3	CR4
E1	0,4	0,2	0,2	0,2
E2	0,3	0,3	0,2	0,2
E3	0,3	0,3	0,2	0,2
E4	0,5	0,2	0,1	0,2
E5	0,3	0,3	0,1	0,3

CR1 é custo de implantação; CR2 é o custo de tratamento da água; CR3 é a redução do uso de água potável; CR4 é a aceitabilidade dos moradores; E1, E2, ..., E5 é o especialista 1, especialista 2, ..., especialista 5.

Tabela 8: Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (Critério 1).

Alternativa	Custo total (R\$)
Captação para utilização em bacias sanitárias – Alternativa 1	4.218,86
Captação para utilização em máquina de lavar – Alternativa 2	4.616,76
Captação para utilização para irrigação de jardins – Alternativa 3	4.041,86
Captação e utilização para enchimento das piscinas – Alternativa 4	3.741,86
Captação e utilização em reserva de incêndio – Alternativa 5	3.741,86

Fonte: Campos, 2003.

Tabela 9: Custo para o Tratamento da Água Captada (Critério 2).

Alternativa	Custo total (R\$)
Captação para utilização em bacias sanitárias – Alternativa 1	580,00
Captação para utilização em máquina de lavar – Alternativa 2	1.580,00
Captação para utilização para irrigação de jardins – Alternativa 3	1.580,00
Captação e utilização para enchimento das piscinas – Alternativa 4	1.580,00
Captação e utilização em reserva de incêndio – Alternativa 5	1.580,00

Conforme estudos de Silva (2010), citado anteriormente, a água de chuva coletada na região necessita de tratamento para utilização como fins não potáveis em geral. Sendo assim, os custos apresentados consideraram os tratamentos por filtração e desinfecção para as alternativas 2, 3, 4 e 5, que requerem um contato com o ser humano. Já para a alternativa 1 foi considerada somente a filtração.

Na Tabela 10 é apresentada a matriz de decisão.

Tabela 10: Matriz de decisão.

Critério de avaliação	Pesos relativos	Alternativas de solução				
		A1	A2	A3	A4	A5
CR1	0,4	4.218,86	4.616,76	4.041,86	3.741,86	3.741,86
CR2	0,23	580	1580	1580	1580	1580
CR3	0,17	1	1	2	2	1
CR4	0,20	2	2	1	1	1

APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO (TOPSIS)

Matriz com coeficientes de similaridade (h=1)

Alternativas	Coef. Similaridade
A1	0,452
A2	0,480
A3	0,593
A4	0,730
A5	0,610

Resultado para h=1

1ª Alternativa	A4	0,730
2ª Alternativa	A5	0,610
3ª Alternativa	A3	0,593
4ª Alternativa	A2	0,480
5ª Alternativa	A1	0,452

Matriz com coeficientes de similaridade (h=2)

Alternativas	Coef. Similaridade
A1	0,448
A2	0,405
A3	0,603
A4	0,710
A5	0,667

Resultado para h=2

1ª Alternativa	A4	0,710
2ª Alternativa	A5	0,667
3ª Alternativa	A3	0,603
4ª Alternativa	A1	0,448
5ª Alternativa	A2	0,405

Matriz com coeficientes de similaridade (h=3)

Alternativas	Coef. Similaridade
A1	0,455
A2	0,344
A3	0,652
A4	0,741
A5	0,741

Resultado para h=3

1ª Alternativa	A4	0,741
2ª Alternativa	A5	0,741
3ª Alternativa	A3	0,652
4ª Alternativa	A1	0,455
5ª Alternativa	A2	0,344

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme o método TOPSIS a melhor alternativa foi a Alternativa 4 (Captação e utilização para enchimento das piscinas) seguida da Alternativa 5 (Captação e utilização em reserva de incêndio) e da Alternativa 3 (Captação para utilização para irrigação de jardins).

Tomando como base as simulações efetuadas, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para enchimento das piscinas e reservas de incêndio apresentam-se como alternativas viáveis, quando associada ao dimensionamento do sistema de captação, coleta e reservação, observando as características locais, possibilitando a redução de custos, diminuindo a pressão nos mananciais, permitindo o direcionamento destes recursos para atendimento a consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

As limitações mais relevantes observadas para uso no vaso sanitário e máquina de lavar dizem respeito aos custos da implantação dos sistemas em áreas urbanas, que são elevados, além da eficiência depender das condições climáticas, que mesmo apresentando um regime pluviométrico que permite tal prática, faz necessária a adoção do sistema misto, para auxiliar nas épocas críticas, ou seja, época de estiagem (junho a setembro). Sendo porém alternativas viáveis para prédios novos em construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15.527 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro. 11 p. 2007.
2. ALBUQUERQUE, T. M. Q.; VIEIRA, Z. M. D. C. L. Análise Multicriterial de Alternativas Tecnológicas para Redução do Consumo de Água. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol 13. n.4. 2008.
3. GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água da Chuva. Organic Trading Editora. Curitiba. 2002.
4. HANSEN, S. Aproveitamento da Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária: UFSC. Florianópolis. 1996.
5. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Relatório Anual Pluviométrico do ano de 2007.

6. Manual do SINDUSCON (Sindicato da Construção). Conservação e reuso de Água em Edificações. São Paulo, jun. 2005.
7. MORAIS, D, C.; ALMEIDA, A, T. Modelo de Decisão em Grupo para Gerenciar Perdas de Água. Pesquisa Operacional, vol 26, num. 3. 2006.
8. SANTOS, D, C, D.; LOBATO, M, B.; VOLPI, N, M, P.; BORGES, L, Z. Hierarquização de medidas de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 31-47, jan./mar. 2006.
9. SILVA, G. C. O. Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá e seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis nas edificações. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Cuiabá. 138 p. 2010.
10. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar São Paulo, 180 p. 2003.