

Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado

José Carlos Mierzwa
Ivanildo Hespanhol
Maurício Costa Cabral da Silva
Luana Di Beo Rodrigues

RESUMO: Com base em dados pluviométricos, área de cobertura para captação e demanda de água, foi desenvolvido um estudo detalhado para avaliação do potencial do aproveitamento de águas pluviais para utilização no processo produtivo em uma indústria localizada na região do ABCD paulista. Para tanto foram apresentadas opções para diferentes demandas e volumes de reservatórios, relacionando-os com os custos de implantação. Este estudo resultou em um novo critério para o dimensionamento de reservatórios para armazenagem de água pluvial para aproveitamento em empreendimentos urbanos e sua utilização, uma vez que pelos métodos tradicionais o conceito básico é o de regularização de vazão, resultando em reservatórios de grandes dimensões. No método proposto é priorizado o máximo aproveitamento de água pluvial no período mais chuvoso, que vai de outubro a fevereiro, resultando em um maior potencial para a redução da demanda de água de fontes tradicionais.

PALAVRAS-CHAVE: águas pluviais, reservatório de armazenagem, aproveitamento.

ABSTRACT: This work presents a methodology for rainwater storage reservoir volume estimation for industrial facilities. It considers the balance between daily water precipitation and industrial water demand, for obtaining maximum rainwater use according the reservoir volume. This methodology was evaluated for an industrial facility located in Sao Paulo Metropolitan Region. The results obtained clearly demonstrated the feasibility of this method for rainwater storage reservoirs dimensioning, as well as the way that this criteria could be used. The proposed methodology is quite different from the traditional ones, which are used for the dimensioning of reservoirs focusing the system reliability. Instead to try regulating rainwater flow for use, it is prioritized the maximum use o rainwater when it is available, mainly in the raining weather. This approach results in smaller storage reservoir, higher rainwater catchment potential, and in a low investment costs.

KEYWORDS: rainwater, storage reservoir, catchment.

INTRODUÇÃO

Com os recorrentes problemas de escassez devido às crescentes demandas e problemas de poluição dos mananciais, o desenvolvimento de medidas destinadas a promover o adequado uso da água, privilegiando usos mais nobres, aliadas à necessidade de estímulo ao desenvolvimento industrial no país, é um dos atuais desafios da gestão dos recursos hídricos existentes.

O aproveitamento de águas pluviais 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 incidem sobre o preço final dos produtos. Esta condição é relevante para o caso do uso de água em atividades industriais, uma vez que as industriais apresentam condições que favorecem a implantação de sistemas para aproveitamento de águas pluviais, ou seja, processos com elevado consumo de água e grandes áreas de cobertura para captação.

Ressalta-se que, em geral, as águas pluviais apresentam qualidade elevada, sendo esta muito influenciada pelas condições locais, como proximidade às rodovias, presença de vegetação arbórea e atividades industriais, entre outras, o que pode ser constatado nos trabalhos desenvolvidos por May (2004) e Vivacqua (2005).

Esta condição é bastante favorável para incentivar o uso de águas pluviais como fonte alternativa de abastecimento para as indústrias.

Para que seja possível viabilizar o aproveitamento de águas pluviais pelas indústrias um dos maiores desafios é a definição do volume do reservatório de armazenagem. Atualmente, o dimensionamento desses reservatórios é feito com a utilização de métodos de regularização de vazão, tradicionalmente utilizados para o dimensionamento de reservatórios para abastecimento público ou geração de energia. Contudo, esta metodologia quando aplicada às indústrias podem conduzir a resultados incompatíveis com as necessidades e condições existentes no local, pois o objetivo principal não é desenvolver uma nova fonte de abastecimento com elevado nível de confiabilidade, mas sim possibilitar a redução da demanda de outras fontes.

Com base nas considerações apresentadas, foi estudado um método alternativo para a obtenção da capacidade de reservatórios de armazenagem de água pluvial em unidades industriais. Este método é baseado em balanço de vazões, no qual são analisadas diferentes demandas de água e dimensões de reservatórios de acordo com o índice pluviométrico e a área de captação disponível, através de simulações diárias. A demonstração é feita para o caso de uma indústria localizada na região do ABCD paulista, região metropolitana de São Paulo.

Além do dimensionamento do reservatório de armazenagem, o conceito do máximo uso da água pluvial na estação chuvosa é apresentado neste estudo, demonstrando que é possível obter um maior aproveitamento desta fonte alternativa, com ganhos consideráveis dos volumes acumulados.

METODOLOGIA

Para cálculo do reservatório de acúmulo foi utilizada uma simulação de vazões de entrada e de demandas diárias, de acordo com área de cobertura e com índice pluviométrico da região estudada.

O volume de precipitação diária, vazão de entrada, pode ser calculado com base na seguinte expressão:

$$V_p = A.P/1000 \quad (1)$$

Onde,

V_p = Volume de precipitação interceptado (m^3);

P = Precipitação (mm);

A = Área de captação (m^2).

A partir de uma planilha elaborada em aplicativo computacional Excel[®], da Microsoft, é estudado o volume de água potencialmente aproveitado em função da capacidade do reservatório e da demanda de água, com base no balanço diário de vazões no reservatório, de acordo com a expressão 2.

$$\frac{dV}{dt} = V_p * C_e - Demanda \quad (2)$$

onde:

$\frac{dV}{dt}$ = variação do volume no reservatório de armazenagem com o tempo;

V_p = volume de precipitação diário interceptado;

C_e = Coeficiente de aproveitamento da água interceptada (adimensional);

Demanda = Demanda de água exercida (m^3).

O coeficiente de aproveitamento de água interceptada leva em consideração as perdas de água por absorção, infiltração, espalhamento e descarte.

Nesta planilha de cálculo são considerados dois tipos de dados de entrada.

I) Fixos:

a. Área de cobertura (m^2);

b. Precipitação diária (mm);

c. Coeficiente de aproveitamento da água interceptada;

d. Área para implantação do sistema (m^2).

II) Variáveis:

a. Demanda (m^3 /dia) e;

b. Volume do reservatório (m^3).

Uma vez estabelecidos os dados de entrada são obtidos os volumes de água potencialmente aproveitados em função da capacidade do reservatório e da demanda a ser atendida.

Pelo balanço de vazões é possível obter a variação do volume de água no interior do reservatório, enquanto o volume coletado no ano é obtido pela soma das demandas atendidas pelo reservatório, ou seja, para a condição na qual o volume acumulado no reservatório é maior ou igual à demanda de água exercida.

Com esta planilha também é possível estimar os dias em que haverá déficit de água, ou seja, o número de dias no ano em que haverá necessidade de suprimento de água pelas fontes tradicionais.

Para viabilizar o aproveitamento da água pluvial é necessário ainda o descarte do que é chamado de

“primeira chuva”, ou “água de lavagem do telhado”, para a eliminação da maior carga de contaminantes. Para isso, o sistema deve ser munido de um reservatório auxiliar, com dreno de fundo, que terá a função de descartar essa água contaminada durante um período de tempo pré-estabelecido, para o sistema de drenagem pluvial, impedindo que a mesma siga para o reservatório principal. Outra função para este reservatório é a de impedir que a água resultante de precipitações abaixo de um valor limite seja conduzida ao reservatório de armazenagem.

Com base na equação 3, desenvolvida por especialista da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (Souza, 2003), é possível dimensionar o reservatório de descarte.

$$t = -\frac{2 \cdot A}{a^2} \left[Q \cdot h \left(\frac{Q - a \sqrt{h}}{Q - a \sqrt{L \cdot i}} \right) + a \left(\sqrt{h} - \sqrt{L \cdot i} \right) \right] \quad (3)$$

Onde,

t – tempo para que seja atingida a cota de transferência da água para o reservatório de armazenagem (s);
 A – Área superficial da caixa (m²);

Q – Vazão de entrada do reservatório (m³/s), resultante da área de coleta e da intensidade de chuva admitida;

h – Cota a partir da qual a água pluvial é transferida ao reservatório (m);

L – Comprimento da tubulação de descarte (m);

i – Inclinação da tubulação de descarte (m/m).

α – coeficiente de correção hidráulico sendo,

$$a = \frac{p \cdot D^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (4)$$

$$C = 1 + f \cdot \frac{L}{D} + K \quad (5)$$

onde,

D – diâmetro da tubulação de saída do reservatório de descarte;

g – aceleração da gravidade e;

C – coeficiente relacionado com aos fatores de atrito (f e K);

f – fator de atrito da perda distribuída;

L – comprimento da tubulação de descarte da caixa de sedimentação;

K – fator de atrito da perda localizada;

A figura 1, mostra uma representação esquemática do sistema de aproveitamento de águas pluviais proposto neste trabalho.

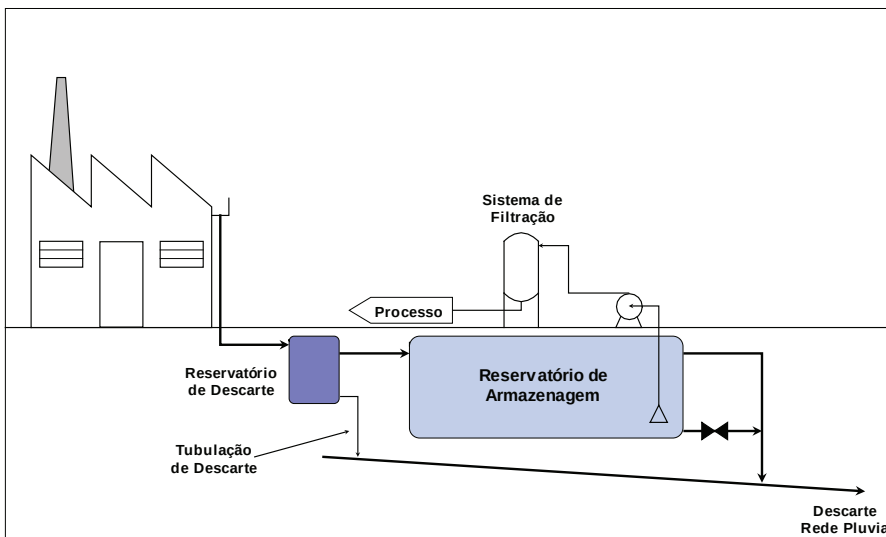


FIGURA 1. Representação esquemática do sistema de aproveitamento de águas pluviais

RESULTADOS

Para aplicação dos conceitos descritos foi desenvolvido um estudo de caso, a pedido de uma indústria metalúrgica, localizada na Região Metropolitana de São Paulo, cuja área de cobertura totaliza 22.440 m², dividida entre várias edificações, apresentando uma demanda de água de 100 m³/dia. No cálculo foi considerada uma área 16.960 m², em função da proximidade das edificações aos setores com maior demanda de água.

A precipitação utilizada foi conforme o Boletim da Comissão Municipal de Defesa Civil – COM-DEC, para o ano de 2001 (São Paulo, 2001).

Os valores de entrada adotados para a simulação realizada foram:

III) Fixos:

- Área de cobertura: 16.960 m²;
- Dados diários de precipitação;
- Coefficiente de escoamento superficial igual a 0,7 (adimensional) e;

IV) Variáveis:

- Demandas a serem atendidas: 20 a 100 m³/dia;
- Volume do reservatório de 100 a 1000 m³.

Com base nestes dados foi elaborada uma planilha em Excel®, para a obtenção do volume anual de água potencialmente aproveitável, considerando-se o balanço de vazões no reservatório, utilizando-se a expressão 2.

O volume potencialmente aproveitável é obtido pela somatória dos volumes referentes à demanda de água, para os dias em que o volume armazenado no reservatório é maior ou igual à demanda.

Na figura 2 são apresentados os resultados das simulações para volumes de reservatório variando de 100 m³ a 1000 m³ e demandas de 20 m³/dia a 100 m³/dia. A tabela 1 mostra os dados relativos aos dias em que ocorre déficit de água no sistema.

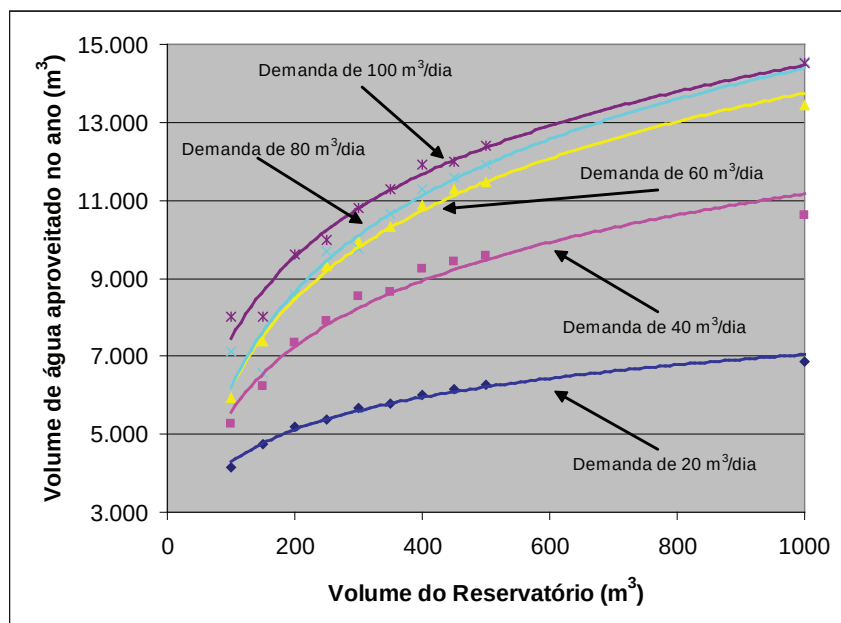


FIGURA 2. Resultado das simulações para determinação do volume de reservatório de armazenagem para água de chuva

TABELA 1

Dias de déficit de água em função das demandas, para os reservatórios compreendidos de 100 a 500 m³

Demanda (m ³ /dia)	Número de dias com déficit								
	Volume do Reservatório (m ³)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
40	136	113	96	76	68	62	58	53	50
60	170	146	127	115	110	102	92	88	84
80	179	166	151	140	134	126	122	117	112

TABELA 2

Volume anual economizado em função das demandas, para os reservatórios compreendidos de 100 a 500 m³

Demanda (m ³ /dia)	Reservatórios (m ³)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
40	4.487	5.073	5.506	6.016	6.220	6.373	6.449	6.602	6.679
60	5.430	6.347	7.074	7.533	7.724	8.030	8.412	8.565	8.718
80	6.781	7.444	8.208	8.769	9.075	9.483	9.687	9.942	10.197

TABELA 3

Resultados conforme o custo de implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial de acordo com a dimensão do reservatório de captação (oferta de 60 m³/dia)

Volume Reservatório (m ³)	Custo do reservatório (R\$)	Custo do Sistema (R\$)	Custo Unitário (R\$/m ³)	Déficit de água (dias)	Confiabilidade (%)	Oferta Real de água (m ³ /dia)	Economia (R\$/ano)	Tempo de Amortização (ano)
100	19.374,46	57.921,29	579,21	170	46%	27	32.035,20	1,81
150	26.637,92	67.363,78	449,09	146	53%	32	37.449,60	1,80
200	33.733,20	76.587,64	382,94	127	59%	36	41.736,00	1,84
250	37.977,42	82.105,12	328,42	115	63%	38	44.443,20	1,85
300	47.957,42	95.079,13	316,93	110	65%	39	45.571,20	2,09
350	54.876,93	104.074,50	297,36	102	67%	40	47.376,00	2,20
400	61.838,11	113.124,02	282,81	92	70,5%	42	49.632,00	2,28
450	66.901,30	119.706,18	266,01	88	72%	43	50.534,40	2,37
500	68.700,25	122.044,80	244,09	84	73%	44	51.436,80	2,37

Analisando-se os dados da figura 1, verifica-se que, independente da demanda, o ganho no volume anual de água coletada cresce de acordo com uma função logarítmica.

Para reservatórios com capacidade de armazenagem de até 400 m³ o acréscimo no volume anual coletado é expressivo, sendo que para reservatórios de maior capacidade este acréscimo é mais lento.

Pelos dados da tabela 1 verifica-se que quanto menor a demanda de água, maior é a confiabilidade do sistema de armazenagem, porém menor é o volume de água que pode ser aproveitado, fato que pode ser comprovado pelos dados da tabela 2.

No caso específico do aproveitamento de águas pluviais, para a condição analisada, recomenda-se a utilização de um reservatório com capacidade variando entre 300 m³ a 400 m³, para atender demandas diárias superiores a 80 m³/dia.

O fato do mesmo reservatório ser utilizado para atendimento de demandas distintas implica na confiabilidade do fornecimento de água, isto quer dizer que para atendimento das maiores demandas a confiabilidade do sistema será menor, ou seja, o reservatório permanecerá vazio por um maior número de dias.

Na tabela 3, são apresentadas as estimativas de custo do sistema de aproveitamento de água pluvial em função da capacidade do reservatório para atender uma demanda de 60 m³/dia.

Os itens considerados na estimativa de custos para as opções apresentadas, com base no ano de 2005, foram:

- a. Escavação e transporte de terra;
- b. Forma de madeira
- c. Concreto;
- d. Aço;
- e. Impermeabilização
- f. Canaleta e tubulação de coleta e transporte da água pluvial;
- g. Filtro tipo piscina

Deve ser observado que o cálculo do tempo de amortização foi feito com base em uma metodologia bastante simplificada, relacionando apenas o investimento inicial e a redução no consumo de água. Uma avaliação econômica mais rigorosa pode resultar em um período de retorno do investimento ligeiramente superior ao apresentado.

É importante observar que quanto menor a demanda a ser atendida, menor será o número de dias

com déficit de água, contudo, menor será o volume de água efetivamente aproveitado. Isto quer dizer que, em um sistema de aproveitamento de água de chuva deve-se priorizar o seu uso no período mais favorável, o que resulta em um maior benefício. Nos períodos secos o reservatório praticamente permanecerá vazio.

DISCUSSÕES

Os métodos atuais, para cálculo de reservatório de aproveitamento de águas pluviais, estão associados ao acúmulo de água para os dias de seca, ou seja, preocupa-se em regularizar a vazão ao longo do ano. Isto exige a construção de reservatórios com grande capacidade de armazenagem, o que pode inviabilizar a sua construção em situações específicas, ou então, limitar o potencial de aproveitamento de água da chuva pela limitação da disponibilidade.

O conceito básico da proposta apresentada neste trabalho é exatamente o oposto aos métodos tradicionais, pois procura maximizar o aproveitamento da água de chuva na época em que ela está ocorrendo e com isso reduzir o consumo de água de fontes tradicionais, o que é de grande interesse das indústrias.

O método de regularização vazões pode ser bem exemplificado pelo método de Rippl (Tomaz, 2003) e método da Análise Estatística dos Períodos de Seca (Kobiyama e Hansen, 2002, apud Silva e Tassi, 2005), entre outros.

A partir dos dados da tabela 4 é possível verificar qual seria o volume do reservatório pelo método de Rippl para o mesmo exemplo da indústria estudada com o método proposto neste trabalho. Foi considerado um coeficiente de aproveitamento de 80%.

Analisando-se a tabela 4, verifica-se que para o atendimento de uma demanda de 60 m³/dia, o volume do reservatório de armazenagem deveria ser de, aproximadamente, 7.900 m³ sendo suficiente para suprir esta demanda por 132 dias sem a ocorrência de chuva. Contudo, a construção de um reservatório com essa capacidade em uma instalação industrial localizada em centros urbanos apresenta viabilidade limitada. Ressalta-se que a utilização de outros métodos de regularização de vazões, com a aplicação de restrições como, por exemplo, redução da confiabilidade no atendimento da demanda, poderia conduzir a reservatórios menores, compatíveis com as restrições de área encontradas em áreas urbanas.

TABELA 4

Planilha de cálculo do reservatório pelo método de Rippl (para atendimento de uma demanda de 60 m³/dia)

Meses	Chuva Média (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Demanda Constante (m ³)	Déficit (m ³)	Diferença Acumulada (m ³)
Jan	415,6	16.960	5.638,86	1.800	-3.838,86	-
Fev	94,7	16.960	1.284,89	1.800	515,11	515,11
Mar	65,6	16.960	890,06	1.800	909,94	1.425,05
Abr	24,7	16.960	335,13	1.800	1.464,87	2.889,92
Mai	88,7	16.960	1.203,48	1.800	596,52	3.486,44
Jun	87,9	16.960	1.192,63	1.800	607,37	4.093,81
Jul	15,3	16.960	207,59	1.800	1.592,41	5.686,22
Ago	42,8	16.960	580,71	1.800	1.219,29	6.905,51
Set	89,1	16.960	1.208,91	1.800	591,09	7.496,60
Out	104,1	16.960	1.412,43	1.800	387,57	7.884,17
Nov	157,3	16.960	2.134,25	1.800	-334,25	7.549,92
Dez	160	16.960	2.170,88	1.800	-370,88	7.179,04
Totais	1.345,80		18.259,81	21.600		

Caso a área para instalação não fosse limitante, o custo de construção do reservatório com capacidade para 7.900 m³ seria próximo de R\$ 3.697.959,00. A redução da demanda de água de fontes tradicionais seria de 18.720 m³/ano, considerando uma vazão constante de 60 m³/dia, conduzindo a uma redução nos gastos com água equivalente a R\$ 127.440,00 por ano. Assim, o período necessário para a amortização do investimento seria de vinte e nove anos, pouco estimulador para sua implantação.

A título de comparação entre os dois métodos, para demandas variando de 60 a 100 m³, a as tabelas 5 e 6 mostram os dados sobre o período de amortização dos investimentos necessários para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, os quais estão resumidos na figura 3.

Pela análise dos dados apresentados verifica-se, claramente, a diferença entre os dois conceitos empregados, ou seja, enquanto o método de Rippl, através da regularização de vazão tende a aumentar

TABELA 5

Volumes, custos e tempo de amortização para diferentes demandas, método de Rippl

Demanda (m ³ /dia)	reservatório (m ³)	Volume Economizado (m ³ /ano)	Custo do Sistema (R\$)	Economia (R\$/ano)	Tempo de Amortização (ano)
60	4.583	18.720	2.153.242	110.448	19,50
80	9.734	24.960	4.533.738	147.264	30,79
100	15.134	31.200	7.029.420	184.080	38,19

TABELA 6
Volumes, custos e tempo de amortização para diferentes demandas, método proposto

Demanda (m ³ /dia)	Reservatório (m ³)	Volume Economizado (m ³ /ano)	Custo do Sistema (R\$)	Economia (R\$/ano)	Tempo de Amortização (ano)
60	300	12.187	17.5313	71.903	2,44
80	300	13.738	17.5313	81.054	2,16
100	300	14.430	17.5313	85.137	2,06

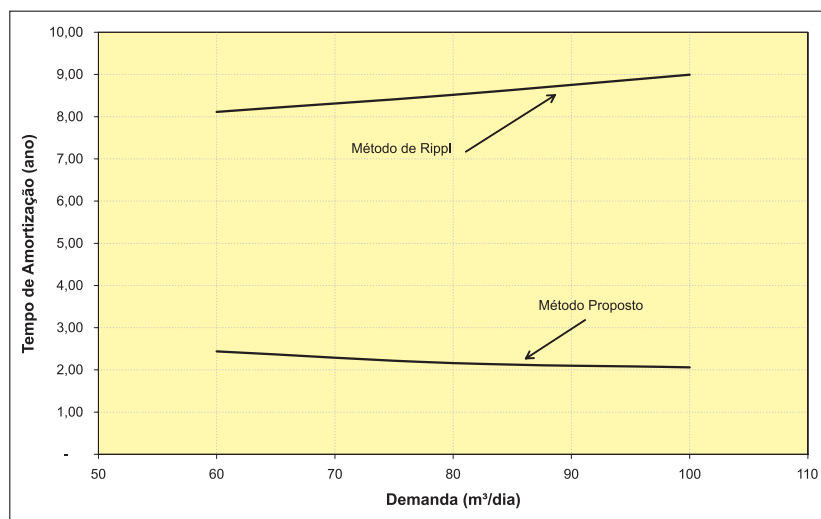


FIGURA 3. Comparação entre os métodos de Rippl e o Proposto: tempo de amortização em função da demanda atendida

seu volume para atender as demandas exercidas ao longo de todo o ano, o método proposto procura aproveitar o máximo volume de água de chuva, sem se preocupar com a confiabilidade do sistema para atendimento da demanda ao longo do ano.

A outra opção para cálculo é baseada no método proposto por Kobiyama e Hansen, utilizados por Silva e Tassi para o dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva em uma residência (Silva e Tassi, 2005).

O método utilizado faz uma análise estatística de uma série histórica de precipitação na região de interesse, de maneira a identificar o número máximo de dias consecutivos sem a ocorrência de chuva para diferentes períodos de retorno. A partir dos dados obtidos e da demanda de água a ser atendida, determina-se o volume do reservatório.

No exemplo apresentado por Silva e Tassi (2005), para uma demanda de 0,337 m³/dia, obteve-se um reservatório de armazenagem com capacidade variando de 8,27 m³ a 12,32 m³, o que é função do período de retorno utilizado, sendo suficiente para atender a demanda exigida por um período de 24,5 a 36,5 dias. Então, a aplicação desta metodologia para a indústria considerada neste trabalho resultaria em um reservatório com capacidade muito superior àquela obtida por meio do método proposto.

Outro aspecto a ser considerado é que o método da análise estatística dos períodos de seca requer uma base de dados bastante extensa e o tratamento de todos os dados disponíveis, sem a garantia da aplicação prática dos resultados obtidos, principalmente no caso de industriais.

CONCLUSÕES

Para aplicações industriais, o que aumenta a viabilidade econômica da implantação de um sistema para aproveitamento de água de chuva é a utilização do máximo volume durante o período chuvoso, que vai de outubro a março no caso específico da Região Sudeste do Brasil. Por este conceito, mesmo que o reservatório permaneça vazio por um maior número de dias no ano, o volume total de água aproveitado será significativamente maior se comparado com aquele obtido com por meio de métodos que procuram obter sistemas com elevada confiabilidade de fornecimento.

Para o estudo de caso apresentado, uma alternativa eficaz, analisando-se as opções apresentadas para o aproveitamento de águas pluviais, é a construção de um reservatório com capacidade de 300 m³ para o atendimento de uma demanda de 100 m³/dia.

Em termos financeiros, o custo necessário de investimento para implantação deste sistema é de, aproximadamente, R\$ 175.513,00, resultando em redução no consumo de água de fontes tradicionais de, aproximadamente, 14.430 m³/ano, 46% do volume total consumido no ano, que representa cerca de R\$ 85.137,00

por ano nos custos com água, resultando num tempo de amortização do investimento de 2,06 anos.

Em relação à análise comparativa entre os métodos tradicionais e o método proposto pode-se afirmar, verificando os resultados, que o conceito de regularização de vazão para aproveitamento de águas pluviais, mostra-se pouco viável, pois podem conduzir a volumes de reservatórios incompatíveis com as condições encontradas no local de implantação.

Pelo método proposto, mesmo que o reservatório será menos utilizado durante o ano, o volume de água potencialmente aproveitável no período de chuva será significativamente maior.

Portanto, pode-se dizer que o conceito apresentado, de aproveitamento máximo da água pluvial nos dias de chuva, mostrou-se mais adequado do que o conceito tradicional de regularização de vazão, para o uso desta água como uma fonte alternativa e não como fonte única de abastecimento, o que é demonstrado técnica e economicamente.

É importante ressaltar, a necessidade de realizar um estudo detalhado da precipitação e da qualidade da água pluvial da região caso haja interesse na implantação de um sistema como o descrito neste estudo.

Referências

- MAY, S. 2004. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 159 p. Dissertação (Mestrado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SÃO PAULO. Secretaria do Governo Municipal. Comissão Municipal de Defesa Civil. 2001. Boletim de leitura pluviométrica: valores diários. São Paulo.
- SILVA, A.R.V.; TASSI, R. 2005. Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In:
- SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa, PB. Anais. [João Pessoa]: ABRH. 1 CD-ROM.
- SOUZA, P.A. 2003. Método de cálculo de reservatório para descarte de água de chuva. Comunicação pessoal ao Professor Ivanildo Hespanhol, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, janeiro de 2003.
- TOMAZ, P. 2003. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar. 180 p.
- VIVACQUA, M.C.R. 2005. **Qualidade da água do escoamento superficial urbano**: revisão visando o uso local. 179 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

José Carlos Mierzwa Professor Pesquisador do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Coordenador de Projetos do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA. mierzwa@usp.br

Ivanildo Hespanhol Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP. Diretor do CIRRA

Maurício Costa Cabral da Silva Engenheiro Civil pela Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo/SP. Assessor Técnico do CIRRA

Luana Di Beo Rodrigues Engenheira de Produção pela Faculdade de Engenharia Industrial - FEI de São Bernardo do Campo. Especialista em Gestão e Tecnologias Ambientais pelo PECE – São Paulo. Assessora Técnica do CIRRA