



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

Avaliação Quantitativa e Qualitativa de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em uma Edificação na Cidade de Ribeirão Preto

André Teixeira Hernandez (1); Simar Vieira de Amorim (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Departamento de Construção Civil –
Universidade Federal de São Carlos

e-mail: athernandes@keynet.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Departamento de Construção Civil –
Universidade Federal de São Carlos

e-mail: simar@power.ufscar.br

RESUMO

Proposta: Os programas de conservação de água nas edificações são respostas a crescente demanda deste insumo. Busca-se com isto reduzir a exploração predatória dos recursos hídricos e consequentemente, do meio ambiente. Na gestão da oferta, o uso de fontes não tradicionais é uma das alternativas técnicas. A captação de água pluvial é uma delas, porém, pouco se sabe sobre seu potencial. Neste artigo serão apresentados os resultados do monitoramento realizado em uma edificação residencial de um sistema predial de água pluvial voltado para o aproveitamento da água coletada, tanto sob os aspectos quantitativos como qualitativos. **Método de pesquisa/Abordagens:** Foram elaboradas análises físico-químicas (pH, cor, odor, índice de sólidos dissolvidos total, e turbidez) e microbiológicas (coliformes totais, coliforme termotolerante e *E. Coli*) da água captada. Para avaliação da substituição da água potável por água pluvial, foram instalados hidrômetros no sistema hidráulico predial de água pluvial (descargas sanitárias e áreas externas). **Resultados:** Tendo sido monitorado pelo período de um ano, o sistema mostrou-se capaz de proporcionar uma efetiva redução do consumo de água potável (por substituição), minimizar de forma significativa o efeito da impermeabilização do solo decorrente da implantação da edificação no lote e manter-se operante durante a maior parte do período avaliado. A qualidade da água captada e utilizada indica um baixo nível de contaminação, adequado para os usos propostos. **Contribuições/Originalidade:** Pela falta de informações disponíveis sobre a questão no Brasil, este trabalho traz uma importante contribuição para o melhor conhecimento do potencial do sistema predial pluvial com a finalidade de utilização da água captada.

ABSTRACT

Propose: Building's water conservation programs are answers to the crescent demand of this resource. They seek after this to reduce the predatory water resources' and environment exploitation. In supply management, the use of no traditional sources is one of the technique alternatives. Rainwater harvesting is one of them, however, little about its potential is known. This paper is meant to show the results of a rainwater harvesting system assessment performed in a one family building, both quality and quantitative aspects. **Methods:** Both physicochemical (pH, color, odour, total solid dissolved and turbidity) and microbiological parameters (total coliforms, thermotolerant coliforms and *E.coli*) of rainwater harvested were assessed. To evaluate the substitution from potable water by rainwater, hydrometers were installed in the non potable water plumbing system (toilet flushing and outside areas). **Findings:** the system was monitored by one year and showed to be able to provide an effective reduction of the potable water consumption (by substitution), minimize impervious pavement effects caused by building implementation and to be operational during almost all most period evaluated. The quality of the harvested and used water shows a low level of contamination, suitable for the proposed uses. **Originality / Value:** Because of lacks of information available about the question in Brazil, this paper brings an important contribution for the best knowledge of the rainwater harvesting system's potential.

1. INTRODUÇÃO

O aspecto mais controverso dos sistemas prediais pluviais concebidos para o aproveitamento da água é a qualidade da água captada. Esta é uma questão polêmica, e sua discussão passa necessariamente pelo tipo de uso proposto para a mesma. De acordo com Gould, Nissen-Petersen (1999), nenhuma fonte de água alternativa é 100% segura. Ainda de acordo com os autores, a questão que deve ser analisada é a determinação do nível aceitável de risco, baseada nas condições socioeconômicas de uma sociedade em face das fontes de água disponíveis.

Como apontado por diversos autores (GOULD AND NISSEN-PETERSEN, 1999; MIRBAGHERI, 1997), a contaminação da água pluvial é fortemente influenciada pela ação antropogênica. A urbanização associada com um alto nível de atividades econômicas das modernas sociedades em pequenos espaços como as cidades, produz uma alta concentração de poluentes (como metais pesados e diversas substâncias químicas decorrentes da queima de derivados de petróleo), que em contato com a água precipitada, podem contaminá-la. Estes fatos afetam a qualidade da água da chuva para algumas aplicações. Mesmo em áreas rurais, o uso intensivo de fertilizantes, pesticidas, herbicidas ou inseticidas pode tornar a água imprópria para o uso (MACOMBER, 2001).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar qualitativamente e quantitativamente alguns parâmetros da água pluvial captada pelo sistema, nas particulares circunstâncias da proposta. Nas condições de uso interno às edificações, a questão é controversa. À falta de atenção dada ao uso desta técnica, este trabalho tem a intenção de contribuir no sentido de levantar dados de um sistema em funcionamento numa edificação, principalmente sua contribuição à conservação de água.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição do sistema

A edificação analisada é do tipo residencial familiar, com 350 m² de área coberta (integralmente utilizada para a captação da água), três dormitórios, dois banheiros completos, lavabo, 320 m² de jardim, 300 m² de piso externo e previsão de ocupação por seis moradores.

A água potável fornecida pelo sistema público de abastecimento é utilizada para consumo direto, higiene pessoal e preparação de alimentos. A água pluvial é utilizada nos três banheiros para descarga sanitária, e na área externa, para a irrigação de jardins, lavagem de automóveis e pisos. Um sistema dual de água fria (potável e não potável) distribui a água na residência.

A capacidade de reservação é de 11,25 m³, sendo 10,00 m³ no reservatório inferior (cisterna) e 1,25 m³ no reservatório superior. A transferência se dá por um sistema de bombeamento alimentado por energia elétrica convencional.

O reservatório inferior (cisterna) foi construído em concreto armado e impermeabilizado com materiais convencionais disponíveis no mercado. O armazenamento superior tem a capacidade de 1,25 m³, divididos em 2 reservatórios, sendo um específico para abastecer os vasos sanitários, com capacidade de 250 litros. Por meio de sensores de nível, o reservatório superior (AP 1) é automaticamente alimentado pelo inferior, sendo que o reservatório dos vasos (AP 2) está abaixo do nível dos demais, para que seja abastecido por gravidade e seu enchimento controlado por uma torneira de bóia convencional. O funcionamento desse sistema está exemplificado na figura 01:

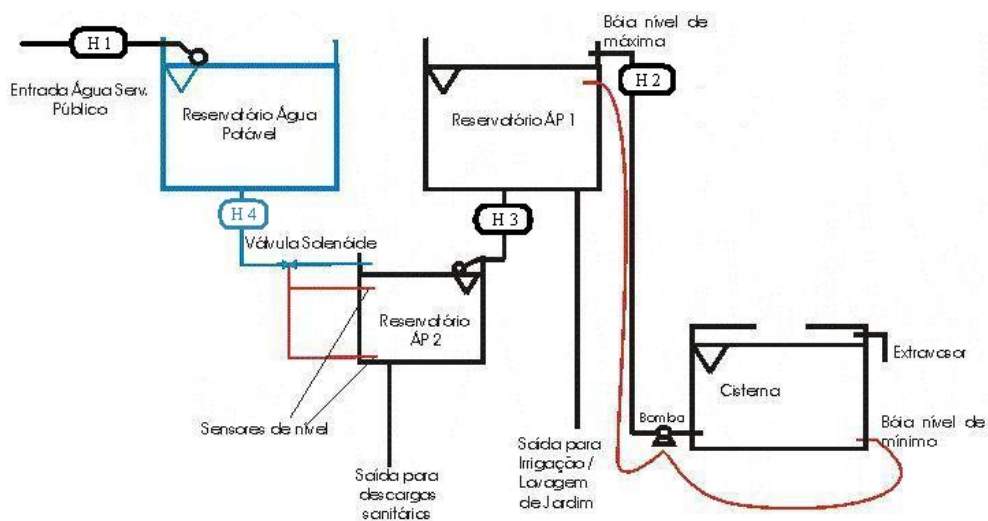


Figura 01 - Esquema de funcionamento do sistema

H1, H2, H3 e H4 são os hidrômetros instalados para o monitoramento do consumo de água. Adicionalmente, conta com um dispositivo emergencial que visa evitar o colapso no abastecimento dos vasos sanitários. O dispositivo possui uma válvula solenóide que por meio de um sensor de nível posicionado no nível mínimo de funcionamento, numa eventual falta total de água de chuva no sistema, libera água potável dos reservatórios abastecidos pela rede pública. Desta forma, o sistema opera independentemente da ação do usuário.

3.2. Metodologia

Foram monitoradas a quantidade e a qualidade da água captada pela cobertura da edificação. Em relação à quantidade, determinou-se o volume total de água potável e não potável consumida na operação, a quantidade infiltrada no solo pelo dispositivo específico e em especial, o consumo do vaso sanitário. A qualidade foi avaliada por exames laboratoriais, realizados pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP), em quatro pontos do sistema.

As amostras foram retiradas quinzenalmente no período de junho de 2004 a maio de 2005, e os resultados comparados com os parâmetros utilizados para indicação do grau de balneabilidade para águas doces que permitem o contato primário. As referências adotadas foram escolhidas em função da utilização prevista para a água captada, que por não se destinar ao consumo humano, mas sim para irrigação de jardins, lavagem de pisos e veículos, descargas sanitárias e infiltração no solo, requer menor qualidade sem colocar os usuários em risco.

Os resultados foram comparados com as legislações do Brasil, Canadá e Austrália em função da similaridade da metodologia para determinação de suas referências nacionais. Elas são:

- Portaria nº 274/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (para corpos d'água classe 2 – permite contato primário de banhistas);
- *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality* (GCRWQ-1992) e;
- *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (AWQGMW-1992).

Para tanto, as amostras de água foram recolhidas nos seguintes pontos do sistema:

- Água precipitada;
- Dispositivo de descarte;
- Cisterna e;
- Ponto de consumo.

Em todos os casos, com exceção da água precipitada, as amostras foram analisadas para determinação dos valores relativos aos seguintes requisitos:

- Odor;
- Cor;
- Turbidez;
- Total de sólidos dissolvidos;
- Coliformes totais;
- Coliformes termotolerantes e;
- *E. Coli*.

Em relação à avaliação da quantidade de água utilizada na edificação, foi realizado monitoramento através da instalação de um hidrômetro na tubulação de recalque da cisterna para o reservatório principal de água pluvial e de outro na saída do mesmo. Por diferença das leituras efetuadas, determina-se o volume consumido pelos vasos sanitários. Adicionalmente foi instalado um hidrômetro na rede de água potável que abastece emergencialmente o reservatório utilizado para o suprimento de água das descargas. A leitura do total de água potável consumida se dá pelo hidrômetro instalado pela companhia de água. Para o cálculo do volume captado utilizou-se o método racional.

4. RESULTADOS

4.1. Aspectos qualitativos da água:

Os valores obtidos estão apresentados nas tabelas 01, 02, 03 e 04. Correspondem respectivamente à água da chuva coletada, dispositivo de descarte, cisterna e ponto de consumo.

Tabela 01 – Qualidade da água da chuva

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGFWMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	5,42	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,50	5,62	4,90
Turbidez	U.N.T	100	x	50	7,29	5,02	2,84
ISDT	mg/l	500	1000	x	52,00	24,00	8,00

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Tabela 02 – Qualidade da água no dispositivo de descarte

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe2	AWQGF MW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	>25,00	12,50	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,90	6,70	6,40
Turbidez	U.N.T	100	x	50	804,00	132,39	1,70
ISDT	mg/l	500	1000	x	982,00	283,90	28,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	77	-o-	<1
E. Coli	UFC/100ml	<800	x	<200	67,7% das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	127	59	10

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Tabela 03 - Qualidade da água na cisterna

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGF MW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,70	7,78	6,30
Turbidez	U.N.T	100	x	50	5,30	2,46	0,95
ISDT	mg/l	500	1000	x	96,00	45,75	9,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	77	-o-	1
E. Coli	UFC/100ml	<800	x	<200	35 % das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	196	19	1

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Tabela 04 - Qualidade da água no ponto de consumo

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGF MW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,30	7,28	6,30
Turbidez	U.N.T	100	x	50	5,60	1,55	0,50
ISDT	mg/l	500	1000	x	88,00	35,55	11,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	1	-o-	0
E. Coli	UFC/100ml	<800	x	<200	15 % das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	16	2,83	0

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Os resultados das amostras retiradas dos reservatórios (tabelas 03 e 04) mostram que os valores para os parâmetros microbiológicos (coliforme fecal e coliforme total) e para os parâmetros físicos-químicos não excedem aqueles estipulados pelas referências adotadas. A contaminação microbiológica na cisterna (tabela 03) aparenta originar-se com a entrada no reservatório de sedimentos, como solo e folhas depositadas na área de captação. O dispositivo de descarte demonstra sua importância em relação à melhoria da qualidade da água, pois todos os parâmetros analisados têm seus valores reduzidos após a passagem da água pelo mesmo.

A grande maioria dos resultados está abaixo do critério adotado. Para o uso não-potável proposto, apresenta qualidade satisfatória. Entretanto, cuidados adicionais devem ser tomados para evitar o uso inadequado da água disponibilizada, como a sinalização adequada nos pontos de consumo e o uso de torneiras de acesso restrito.

Revela-se também uma importante característica da água da chuva. Apresentou elevada acidez (tabela 01), reduzindo-se gradualmente ao longo do processo de reservação e distribuição. Isto decorreu do contato da água com o material alcalino presente da cisterna, local onde ocorreu forte mudança de pH (tabela 03). As fontes de acidez da água parecem estar relacionadas com os diferentes usos do solo na região. Sedimentos de solo levantados pela aragem da terra, a queima de cana de açúcar e emissão de poluentes industriais são em geral as fontes de acidez da água da chuva.

O plantio intensivo de cana de açúcar na região aponta como o principal fator à contribuir com o processo de degradação da água da chuva em relação à sua acidez. A renovação anual dos canaviais e as queimadas que ocorrem de maio a outubro contribuem para o lançamento de toneladas de matéria orgânica na atmosfera (LARA et al, 2001). Este fenômeno aponta para uma redução da durabilidade da cisterna, quando construída, como no caso analisado, em concreto armado. Em compensação, a alcalinidade obtida contribui para a redução da corrosão dos metais sanitários, fenômeno constatado no sistema predial de água potável. A corrosão ocorre em função da acidez natural da água captada e distribuída na região.

4.2. Aspectos quantitativos da água:

A precipitação total anual no período foi 1884 mm, e a figura 02 apresenta a distribuição dos dados pluviométricos mensais.

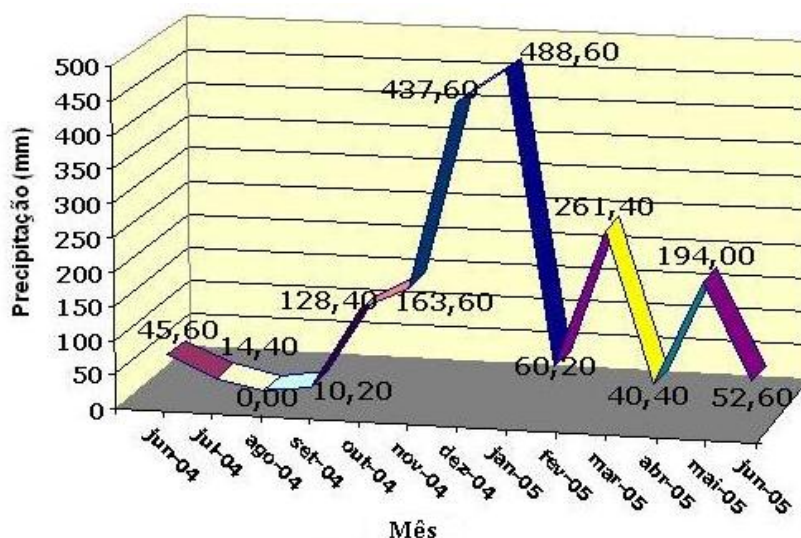


Figura 02 – Precipitação mensal

Destaca-se um período chuvoso atípico durante o processo de avaliação do sistema, apesar da média anual ter se mantido dentro da média histórica.

Os dados obtidos resultantes do monitoramento são apresentados na figura 03 e tabelas 05, 06 e 07.

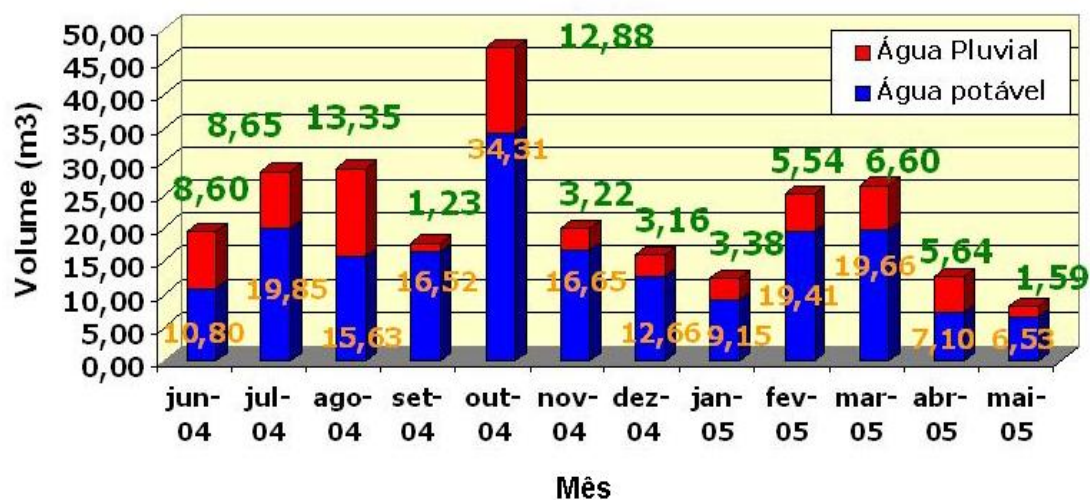


Figura 03 - Consumo mensal água potável x água pluvial

Tabela 05 – Consumo de água

	Volumes (m³)
Água pluvial captada	446,10
Água pluvial infiltrada	339,61
Água pluvial descartada	32,64
Consumo de água pluvial	73,84
Consumo de água potável	188,27
Consumo total de água	262,11

Tabela 06 – Indicadores de uso

Indicador	%
Água pluvial / Consumo total de água	28,17
Água potável / Consumo total de água	71,83
Consumo total de água / Água pluvial captada	58,75
Água pluvial infiltrada / Água pluvial captada	76,13
Consumo de água pluvial / Água pluvial captada	16,55
Água pluvial descartada / Água pluvial captada	7,32
Consumo de água pluvial / Consumo de água potável	39,22

Tabela 07 – Eficiência do sistema de retenção / infiltração

Capacidade do reservatório de infiltração/retenção = 1,90 m³			
Retenção do fluxo excedente de água (%)		Nº de dias	%
100	91	333	91,23
90	81	2	0,55

Capacidade do reservatório de infiltração/retenção = 1,90 m³			
Retenção do fluxo excedente de água (%)		Nº de dias	%
80	71	4	1,10
70	61	4	1,10
60	51	4	1,10
50	41	4	1,10
40	31	8	2,19
30	21	5	1,37
20	11	1	0,27
10	1	0	0,00
Total de dias		365	100,00
Total de água infiltrada			339,61 m³
Total de água encaminhada ao sistema de drenagem urbano			32,64 m³

Dos dados apresentados, verifica-se uma importante contribuição para a redução do consumo de água potável, da ordem de 28% do total, além de atuar fortemente na redução do lançamento de água pluvial nos sistemas públicos de drenagem. Mais de 91% do fluxo gerado pela impermeabilização decorrente da implantação da edificação foi encaminhado ao reservatório de infiltração, contribuindo significativamente para a reposição de água do lençol freático.

Outro dado importante levantado foi o número de dias de funcionamento normal do sistema. Após a ocorrência de uma estiagem de 56 dias, fenômeno anormal para os meses de agosto e setembro para a região, o sistema ficou inoperante durante 20 dias, ou seja, em 95% do período analisado. O abastecimento dos vasos sanitários se efetivou então por meio do dispositivo emergencial automático anteriormente relatado, consumindo-se neste período um total de 6,58 m³ de água potável. Este dado é relevante na medida em que confirma o correto dimensionamento da cisterna, atendendo-se a expectativa de manter o funcionamento em 90% do período.

5. CONCLUSÕES

Do monitoramento do sistema, revela-se que a qualidade da água coletada atende os níveis determinados pelas legislações adotadas como referência, sob os aspectos microbiológicos e físico-químicos anteriormente citados.

Apesar de não ter sido avaliado a contaminação decorrente de substâncias como metais pesados e outros elementos químicos, a água pluvial demonstra boa qualidade para o uso geral, tais como os descritos previamente.

Atuou também positivamente para atenuar as consequências da urbanização do local, reduzindo o escoamento superficial e consequentemente, as inundações no fundo de vale e o carreamento de contaminantes para os corpos d'água.

Além disto, contribuiu sobremaneira na recarga de água no solo, questão importante para a região em função de a cidade situar-se sobre afloramento do Aquífero Guarani.

Como recomendação, sugere-se o desenvolvimento de novas pesquisas similares para a formação de um banco de referências específico para as condições nacionais.

6. REFERÊNCIAS

Australia. *Australian water quality guidelines for fresh and marine waters*. Australian and New Zealand Environment Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra. vol 1, 1992.

Canada. Minister of National Health and Welfare. *Guidelines for Canadian recreational water quality*. **Ottawa**, 1992

Gould, J.; Nissen-Petersen, E. *Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation*. London: ITDG Publishing 1999

Lara, L. B. L. S. *Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil*. Pergamon, Atmospheric Environment, 2001.

Macomber, S. H. P. *Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii*. Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

Mirbagueri, S. A. *Sources of pollution for rainwater in catchment systems, and environmental quality problems*. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE , 8., 1997, Iran. **Proceedings...** Iran: 1997.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (Sr. Carlos Farjani Neto e equipe) pelas análises laboratoriais realizadas e da Universidade de Ribeirão Preto (Eng. Renato Zorzenon e equipe) pela utilização dos dados da estação pluviométrica da entidade.