

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Álvaro André Francato

Professor do UniAnchieta, alvarofrancato@gmail.com

Centro Universitário Padre Anchieta

RESUMO

Este trabalho pretende desenvolver um estudo sobre o aproveitamento de águas pluviais para usos que não necessitem de água potável em edifícios com finalidade educacional. Para tal tarefa, analisaremos o aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino que apresenta condições topográficas favoráveis e dispensa o uso de recursos de bombeamento, sendo utilizado apenas escoamento por gravidade. O estudo contemplou o levantamento da climatologia da região, os estudos das demandas em função dos usos da água e uma estimativa da redução no consumo de água tratada, bem como a respectiva economia na conta de água.

Palavras-chave: águas pluviais, recursos hídricos, cisterna.

ABSTRACT

This research project aims at developing a study on the use of rainwater for uses that do not require drinking water in college buildings. The work analyse the use of rainwater in an educational institution in which the campus presents favorable topographical conditions that exempt the use of bombing resources of water and are used only by gravity flow. The study observe the lifting of the region's climatology, the studies of demands in light of the uses of water and an estimate of the reduction in consumption of treated water as well as the economy in water bill.

Keywords: rainwater, water resources, cistern.

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ONU (Organização das Nações Unidas), por volta de 2050, a água, um dos recursos naturais mais importantes na vida de qualquer ser animal, será um recurso ainda mais escasso para aproximadamente 40% da população mundial.

Na década de 70 e mais recentemente na década de 80, a população brasileira efetivamente percebeu a escassez de água e a necessidade de otimização do seu uso. A partir de sistemas de captação da água pluvial, é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

O aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis torna-se interessante pois, além de economizar precioso recurso, contribui para minimizar as enchentes causadas pela extensa e intensa impermeabilização de nossos solos urbanos. Dessa forma, funciona, portanto, como uma medida não estrutural de drenagem urbana e de diminuição dos custos de tratamento da água, por evitar a utilização de água potável para fins que necessitam de tais cuidados ou tratamentos.

Um dos grandes desafios a serem vencidos para viabilizar tanto o aproveitamento de águas pluviais quanto o reuso da água é a necessidade de bombeamento (custos com energia) para que seja possível o seu armazenamento em reservatórios e sua fácil disponibilização para uso por meio de funcionamento dos sistemas hidráulicos.

Scherer (2003), *apud* Marinoski (2007), afirma que os edifícios escolares são fontes potenciais para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, por geralmente apresentarem grandes áreas de telhados e outras coberturas. Deste modo, para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, verificando o potencial de economia de água potável e determinando a relação entre custo e benefício.

Os objetivos gerais do presente trabalho consistem em fornecer, a partir da utilização de tecnologias, subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos tendo em vista a continuidade do ciclo da água e a economia energética, já que a matriz elétrica brasileira é praticamente sustentada em usinas hidrelétricas. O objetivo específico desse trabalho é analisar o aproveitamento de águas pluviais (água de chuva) para fins que não necessitam fazer uso de água tratada como: lavagem de pisos, irrigação, e descargas de vasos, sem o auxílio de bombeamento da água coletada devido ao favorecimento da topografia local e assim quantificar os benefícios diretos e indiretos da economia que pode ser gerada com a utilização desse processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mesmo com a escassez dos recursos hídricos cada vez maior, o seu desperdício ainda é ignorado e este recurso é tratado ainda como um bem inesgotável na maioria dos casos. De acordo com Kammers (2004), “somente na grande São Paulo, são desperdiçados diariamente 1,8 bilhão de litros de água potável, ou seja, 1/3 do que é distribuído na região”. O mesmo documento relata que, segundo dados da SABESP (2003), deste total, um bilhão de litros representa desperdícios da população, confirmando a citação da entidade ambientalista World Wildlife Fund, ficando o restante (800 mil litros) por conta de vazamentos na própria rede.

Mais recentemente nos anos 80 é que o brasileiro percebeu a escassez dos recursos hídricos, e começou-se a trabalhar no sentido de minimizar os riscos de falta de água para o futuro em favor da preservação deste recurso (Rodríguez (1998), Moraes e Jordão (2002)). Alguns municípios na região de Jundiaí (SP) são afetados no abastecimento de água, citando como exemplo a cidade de Itu que em 2000 foi decretado estado de calamidade pública pela falta de água, sendo que processos de produção de fábricas e indústrias, repartições públicas como escolas e creches foram afetados diretamente necessitando interromperem suas atividades.

Embora de ótima qualidade, a água tratada pela SABESP, torna-se cada vez mais cara para a companhia. Os recursos destinados para a compra de produtos químicos passaram de R\$ 34,2 milhões em 1998, para R\$ 60 milhões em 2002. Parte do problema reside na suspeita de cartelização desses produtos químicos, e ainda a degradação dos mananciais mais importantes, como o sistema Billings – Guarapiranga, responsável por 21% de todo abastecimento da região metropolitana.

O que se percebe é que paulistanos e cariocas tornaram-se dependentes dos produtos químicos para o tratamento de água. É importante frisar que é utilizada água clorada para a lavagem de carros e calçadas, rega de jardins e descargas de vasos sanitários. Esse modelo predatório acaba estimulando o desperdício de um recurso cada vez mais escasso e caro. Caso não haja uma política que venha contribuir rapidamente para a gestão sustentável dos recursos hídricos com fiscalização constante junto à aplicação rigorosa da lei, não haverá futuramente produto químico em quantidade suficiente para garantir água potável aos brasileiros.

A Norma NBR15527 da ABNT, publicada em 24 de Setembro de 2007, retrata que os padrões de qualidade da água em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, cita Pereira, (2007). Ainda diz que a qualidade final da água pluvial exigida para um determinado uso pode variar ainda em função das diferenças entre as legislações vigentes em cada localidade. Isto ocorre devido principalmente à diferença entre a

qualidade da água precipitada em cada região. Por isso, na fase de projeto, também é essencial uma análise da legislação local, para que a água armazenada alcance os parâmetros exigidos para o seu uso final.

2.1 O Armazenamento de Água em Cisternas

Um dos critérios mais importantes na aquisição de uma cisterna é o seu volume, já que o super dimensionamento do sistema onera o custo de aquisição, além de nunca completar o volume do reservatório. Por outro lado, o subdimensionamento faz com que haja sempre excesso de água na qual o reservatório não comporta esse volume diminuindo assim a eficiência do sistema de armazenamento hídrico para as finalidades que foram propostas.

Possa (2005) descreve que conforme Mano e Schmitt (2004), existe uma maneira prática realizar o descarte dos primeiros minutos de chuva para evitar possíveis impurezas grosseiras no sistema. É preciso instalar uma derivação em “T” na calha, descendo um tubo de PVC fechado na extremidade, sendo que o tubo deve ter a capacidade de armazenamento de água em quantos minutos for estipulado, tendo, assim, um orifício permitindo a saída gradual da água e com isso, no início da precipitação a calha conduzirá a água para esse tubo, e ao que encher, a água será conduzida ao condutor e daí para o reservatório.

A Comissão para Aproveitamento de Água de Chuva da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) define, segundo o trabalho de Pereira (2007), o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista.

Para este trabalho, foi considerado um coeficiente de escoamento superficial de água pluvial de 0,9, ou seja, 10 % do volume precipitado é descartado e 90% escoado e aproveitado pelo reservatório, já que em Pereira, (2007) o valor desse coeficiente situa-se entre 0,8 e 1,0.

É interessante que seja acoplado à entrada do reservatório (cisterna) um sistema de peneiramento para separar as partes sólidas que por ventura sejam arrastadas, também é necessário realizar, a cada seis meses, a limpeza da cisterna. A época mais propícia para isso é o inverno no caso da região sudeste, pois, a precipitação é menor e, conseqüentemente, o descarte de água captada será menor.

2.2 Particularidades do Município de Jundiaí

Benassi (2006), afirma que Jundiaí é uma cidade do Estado de São Paulo, que vem crescendo e assumindo papéis de destaque. Sua situação de abastecimento de água hoje ainda não é crítica visto que

o consumo total é menor do que a capacidade hídrica disponível. Existem projetos futuros para que essa capacidade hídrica seja ampliada por meio da captação de outros mananciais hoje não explorados. Porém, o crescimento populacional resulta também em aumento da utilização dos recursos naturais, atingindo a água principalmente.

Ainda segundo Benassi (2006), é possível reconhecer que o consumo de água pelo município de Jundiaí no ano de 2005 era de aproximadamente 1.325 litros por segundo, sendo a capacidade hídrica do município atual de 1.700 litros por segundo. Nessas condições, a capacidade hídrica ainda atende à demanda, lembrando que está próximo da capacidade limite, porém, caso não haja um trabalho de conscientização ou mesmo de obrigatoriedade legal sobre o aproveitamento de águas pluviais, Jundiaí sentirá os problemas de falta de água somente no ano de 2027.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira fase do presente estudo objetiva quantificar o volume de água possível de ser coletado para as demandas requeridas, em função da área de cobertura das edificações e também do regime pluviométrico local.

O local de realização do estudo o “Centro Universitário Padre Anchieta”, campus de Jundiaí, apresenta condição topográfica extremamente favorável à finalidade do projeto, pois, há uma grande diferença de cota entre a portaria 01 (entrada principal) e o último prédio de engenharia a montante, que apresenta cota superior. Esse projeto piloto pode no futuro servir como exemplo a ser implantado em todo o campus pela diferença de nível existente entre as edificações presentes.

As áreas consideradas para captação de águas pluviais do projeto piloto compreendem a edificação da antiga brinquedoteca, e também o prédio que abriga os cursos de engenharia. A área onde funcionava a antiga brinquedoteca, construída a montante do prédio de engenharia para a pedagogia possui uma área coberta de 358,66 m² e a área atual do prédio de engenharia com suas ampliações e totalizam 4.259,20 m², representando com isso uma área útil de coleta para águas pluviais de 4.617,87 m².

A área frontal do prédio de engenharia corresponde a uma das possíveis áreas para a Construção do reservatório, já que ao lado esquerdo do prédio já existe uma cisterna de 18.000 litros. Como toda a drenagem de águas pluviais converge para a parte frontal do prédio de engenharia, a construção da cisterna nessas proximidades seria interessante, por aproveitar a energia potencial gravitacional da topografia do local. Outra possibilidade a ser considerada é o local onde hoje está localizado o

estacionamento da Diretoria e da Coordenação, com dimensões provavelmente suficientes e que não comprometeria a área verde da parte frontal do prédio.

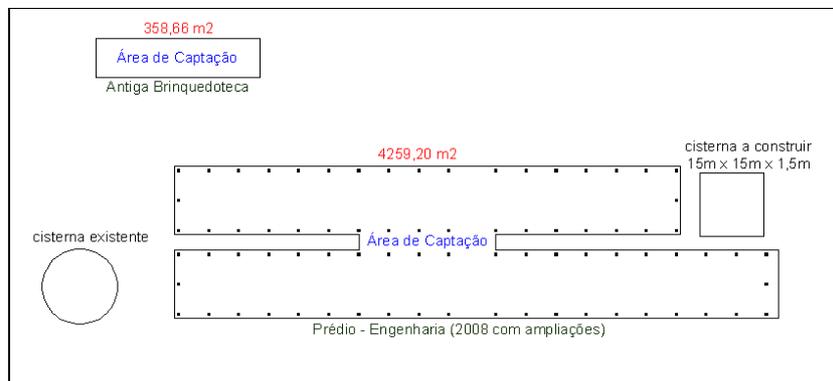


Figura 1 – Coberturas responsáveis pela captação de água pluvial

Fonte: Francato (2008)

3.1 O Estudo do Regime Pluviométrico de Jundiaí

Na segunda fase do projeto, foi realizado um estudo do regime pluviométrico do município de Jundiaí (SP), já que é a cidade na qual está localizada a instalação predial em estudo. Foi quantificado o volume de chuva em milímetros diários para esta localidade e agrupados mensalmente segundo informações do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e DAE (Departamento de Águas e Esgoto de Jundiaí). O estudo foi baseado na climatologia local, tendo como referência os três postos pluviográficos mais próximos; Currupira IAC E03 - 018, Jundiaí CPEF E03 – 025 e Ermida E03 - 53. O Diagrama a seguir extraído do site SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em São Paulo) mostra a disposição destas estações no município de Jundiaí e região, os quais foram úteis para determinar o volume de água precipitado no local em estudo.

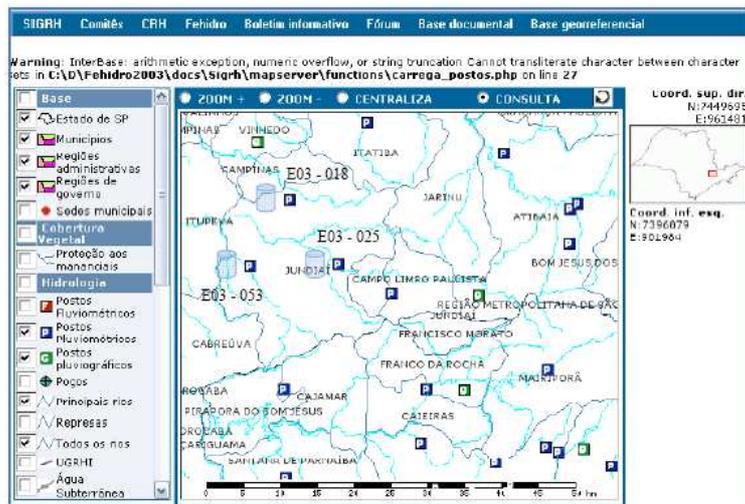


Figura 2 – Disposição dos postos pluviográficos I

Fonte: SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento e Recursos Hídricos)

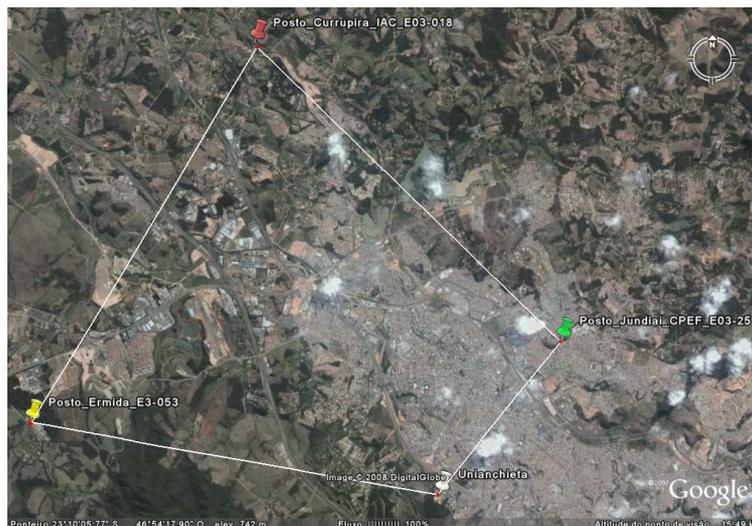


Figura 3 – Disposição dos postos pluviográficos II

Fonte: Google Earth

Em uma primeira análise, foram descartados os anos com falhas de registros nos valores de água precipitada, para que se conseguisse uma maior homogeneidade de valores e assim representar de modo fiel os dados encontrados.

De acordo com Crucciani (1987), os dados colhidos pelos aparelhos que fazem as leituras devem ser inicialmente elaborados, corrigidos e tabulados segundo normas padronizadas no intuito de

possibilitar a sua correta utilização posteriormente. Para Crucciani (1987), os erros grosseiros e erros sistemáticos pelo mau funcionamento do instrumento devem ser eliminados ou corrigidos e posteriormente tabulados. É muito importante para efetuar uma série de dados, que esses sejam coletados num período mínimo de 30 anos, recomenda Crucciani (1987).

É preciso chamar a atenção para o fato de que um trabalho que estuda o volume precipitado numa região a qual possui uma área extensa a média ponderada de precipitação pode ser significativo no estudo, porém para uma área relativamente pequena de captação pode não ser o melhor meio de se avaliar o volume precipitado tendo que se utilizar de outros meios.

3.2 O Estudo do Consumo de Água

Na terceira fase, foram analisadas demandas para alguns tipos de uso (não potáveis) da água no local de implantação do projeto, usos esses que não necessitassem de um tratamento específico.

Os principais usos dessa água captada seriam para finalidades menos nobres como: lavagem de pisos a qual seria uma atividade constante durante o ano; descargas em vasos sanitários e mictórios, processo que possui estreita relação com a taxa de ocupação das salas de aulas, ou seja, para esta finalidade de uso da água captada é necessário considerar sazonalidades no uso das instalações em função do período letivo, onde ocorrem épocas durante o ano na qual a taxa de uso é baixa ou quase inexistente, correspondente à época de recesso escolar e épocas de intenso uso que é o período de aulas, assim a demanda está diretamente associada ao calendário escolar. Um outro uso da água captada seria para a irrigação das áreas de jardinagem, em função da área do jardim, dos tipos de vegetação implantada e do período de estiagem, mas segundo entrevista realizada com as funcionárias responsáveis pela limpeza, as áreas verdes normalmente não recebem água da rede ou do poço artesiano, somente pelo meio natural através de precipitações.

No caso da lavagem de pisos, seria necessário quantificar o volume necessário para tal processo. Para isso, foi elaborado um questionário que foi aplicado especificamente às funcionárias responsáveis pela limpeza do local por meio de entrevistas presenciais para que não ocorressem interpretações errôneas durante as respostas e também inspeções para presenciar como é feita a limpeza do local. Segundo as entrevistas com essas funcionárias, a limpeza é realizada de modo semestral, sendo que neste dia toda a área é lavada, isto é, tanto a área externa quanto as áreas internas de salas de aulas, ou seja, para esta finalidade considerou-se área total do prédio (área externa e área interna).

Os pontos utilizados para o fornecimento de água para essa atividade foram mapeados e cadastrados e com isso foi estabelecido uma metodologia para medir a vazão de saída de água, ou seja, três repetições de medição de vazão, para que se pudesse estabelecer a vazão do local.

É preciso deixar claro que em uma série de três repetições para a medição da vazão a torneira foi aberta totalmente em seu estágio máximo de abertura (vazão 01) e em uma segunda série de três repetições para a medição da vazão a torneira foi aberta em cinquenta por cento de sua capacidade de vazão (vazão 02). Logo a seguir, o gráfico mostra os dados para vazão em ambos estágios de abertura da torneira.

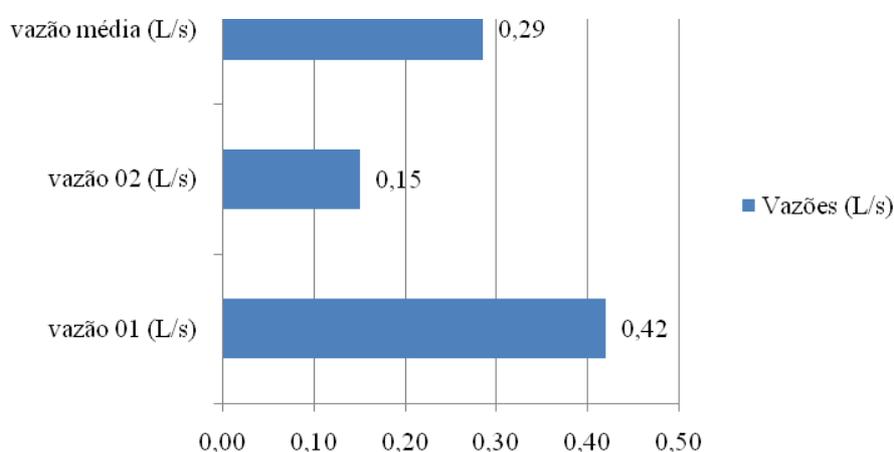


Figura 4 – Vazão medida no ponto de água do jardim

Fonte: Francato (2008)

Enquanto a tabela da ABNT indica que a vazão para a torneira de jardim é de 0,20 L/s, as medições in-loco mostraram uma vazão de 0,29 L/s estando coerente a medição e assim como a vazão medida é maior para a segurança do projeto considera-se a vazão medida e não a vazão teórica estipulada pela ABNT.

De acordo com a entrevista realizada com os responsáveis pela limpeza do local, o tempo gasto para a lavagem do pátio e também das salas de aulas é de aproximadamente 2 horas. Se considerarmos a abertura da torneira no estágio intermediário correspondente a vazão média de 0,29 L/s durante esse tempo de limpeza de 2 horas (7.200 s) o volume total correspondente será de aproximadamente 2088L para um período de 6 meses, já que a lavagem é semestral.

Para quantificar o volume necessário a fim de atender às descargas de vasos e mictórios, foi necessário um estudo que estimasse a demanda per capita para tais usos, sendo que essa estimativa foi baseada em observações in loco.

Essas observações in-loco foram realizadas da seguinte maneira: foram feitas 3 observações, ou seja, 3 repetições em 3 dias não consecutivos da semana, sendo a primeira observação feita na segunda feira, a segunda observação na quarta feira, e a terceira e última observação na sexta feira durante o período diurno no prédio de Direito I (local de estudo), e com a ajuda da responsável pela secretaria de graduação do prédio I de Direito foi possível levantar a taxa de ocupação de alunos, professores e funcionários deste prédio, tanto no período diurno quanto no período noturno.

Para a realização do projeto, não foi considerado essa taxa flutuante de alunos matriculados, sendo, portanto, necessário considerar o número de vagas oferecidas, já que no início a taxa de ocupação aproxima-se de 100%. Dessa forma, a soma das vagas oferecidas no período diurno e noturno totalizava 1517.

O número de professores que trabalham nesta unidade é de 68 docentes, os funcionários alocados na secretaria somam 10 pessoas, e também há 03 funcionários de manutenção geral no período diurno e 4 funcionários de manutenção geral para o período noturno. Com isso, o número de pessoas diariamente que freqüentam esse local é de 1602 pessoas no total que apresentam comportamento fisiológico semelhantes, para efeito de contabilização do consumo de água para necessidades básicas.

Para os 359 alunos matriculados no período diurno, a frequência média de pessoas que utilizam o WC é de 176 pessoas sendo em média 101 homens e 75 mulheres, sendo assim, o número de pessoas observadas segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2003), pode representar uma amostra considerável através da equação:

$$n \geq \frac{n_0 * N}{n_0 + N} \quad (1)$$

Com:

$$n_0 \geq \frac{1}{E_0^2}; \quad (2)$$

Onde:

N = Número total de pessoas;

E₀= Erro amostral desejado (1 a 20%);

n = Amostra de pessoas observadas.

Para um erro amostral de 5,0%, o número de indivíduos observados deveria ser de no mínimo 320 pessoas sendo que no período diurno foram observados 359 alunos. Pode-se concluir com isso que em média 49% dos alunos matriculados no período diurno entre homens e mulheres utilizam os banheiros diariamente, e como o total de vagas para alunos no período diurno é de 517 vagas, caso todas estivessem preenchidas o número de alunos que efetivamente utilizaria o WC seria de aproximadamente 253 alunos. Caso todas as vagas do noturno fossem preenchidas, o número de alunos utilizando o WC no período noturno seria de 490 alunos, somando com o número de secretárias, professores, funcionários, esse número chegaria a aproximadamente 828 pessoas que utilizariam o WC diariamente entre homens e mulheres no prédio I do Direito.

Foi pressuposto que ao entrar no W.C cada pessoa utiliza obrigatoriamente ou o vaso sanitário ou o mictório e dificilmente ambos. Além disso, foram consideradas vazões semelhantes tanto para o vaso quanto para o mictório, como medida para simplificar o mecanismo de pesquisa já que as instalações são antigas, e também não se consegue ter total controle dessas informações, com isso pode-se chegar a valores aproximados de volumes de água utilizados para as demandas requeridas.

Seria necessário e interessante instalar um hidrômetro para fazer comparação do consumo de água estudado e o consumo medido para se chegar mais próximo da realidade do estudo de caso.

A demanda de água diária e sua estimativa em edificações tem sido objeto de estudo por muitos, sendo um desafio para os pesquisadores dessa área. O consumo varia em função do clima, das regiões, dos hábitos de higiene, da taxa de ocupação do local e também da evolução tecnológica.

A norma NBR 5626 de 1998 também diz que a vazão de projeto para mictórios tipo calha é de 0,15 l/s por metro linear de calha, como o mictório do prédio possui 4,5 metros lineares de comprimento a vazão por segundo é de 0,68L/s e se forem acionados por 10s o volume gasto no mictório será de 6,8L por acionamento, sendo comparado a valores de descarga por equipamentos que possuem válvulas de acionamento econômicas, sendo assim para o público masculino a atividade fisiológica de urinar pode ser desempenhada tanto em mictórios como em vasos sanitários e pela característica de utilização ser em horários concentrados de intervalos, observa-se que o mictório não é suficiente para atender a demanda do público, e aí os vasos sanitários desempenham tal função. Assume-se assim que o volume gasto no mictório por pessoa seja igual ao volume gasto na descarga do vaso, já que são equipamentos antigos.

Para o vaso sanitário, como são válvulas não econômicas, segundo a ABNT a vazão para esse sistema é de 1,7 litros por segundo, e para um acionamento de aproximadamente 6 segundos suficiente

para a higienização, o volume gasto em média por acionamento é de 10,2 litros, assume-se esse valor também para acionamento da válvula do mictório de calha.

De posse das informações anteriores, estima-se a demanda de água para as atividades fisiológicas em função da taxa de ocupação do prédio de direito I, assim com uma taxa de utilização efetiva dos W.Cs de 828 pessoas diárias incluindo professores, alunos e funcionários, durante o período letivo teríamos um consumo diário para essas atividades de 8.445,6 litros, totalizando no mês 168.912 litros.

Para a irrigação de áreas verdes, o volume de água poderia ser estimado também em função da climatologia procurando especificar os períodos de seca em que seja necessário recorrer a irrigação e também em função da necessidade hídrica da cultura mais crítica em relação a demanda de água. De acordo, com a entrevista realizada foi constatado que não é comum o procedimento de irrigação para as áreas verdes, sendo assim o volume de água para esta atividade foi considerado nulo.

Para as demandas de descargas em vasos e mictórios, cujo volume tem estreita relação com a taxa de ocupação do prédio, é importante dizer que para o mês de janeiro como a taxa de ocupação é muito baixa foi considerado 5% da população total do prédio, e para os meses de julho e dezembro, como uma parte desses alunos esta em época de recuperação, considera-se 10% da população total do prédio.

3.3 Cálculo do Volume do Reservatório

A tabela a seguir correlaciona o volume médio gerado através das precipitações médias com o volume efetivamente captado em função do parâmetro C (0,9), ou seja, coeficiente de escoamento superficial, relacionado também com a demanda requerida em função da taxa de ocupação e das necessidades fixas. Quando o volume captado é maior que a capacidade do reservatório o volume em excesso é vertido, relacionando-se com o volume inicial de cada mês. Sendo assim, atendendo a todos os pré-requisitos necessários chega-se ao volume médio do reservatório de 50 m³ necessário para atender a demanda quando considerado o volume médio ponderado de precipitação, correlacionando as três estações pluviométricas.

Tabela 1 – Relação Entre a Precipitação, Captação e Volume Final Armazenado

Mês	Precipitação (mm)	Vol. Captado (m ³)	Demanda (m ³)	Vol. Vertido (m ³)	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)
Jan	190,09	790,02	8,45	731,58	0,00	50,00
Fev	173,20	719,84	168,91	550,93	50,00	50,00
Mar	131,18	545,20	168,91	376,29	50,00	50,00
Abr	58,30	242,31	168,91	73,40	50,00	50,00
Mai	51,40	213,64	168,91	44,73	50,00	50,00
Jun	40,51	168,34	171,00	0,00	50,00	47,34
Jul	27,49	114,24	16,89	94,69	47,34	50,00
Ago	29,39	122,15	168,91	0,00	50,00	3,2
Set	48,32	200,82	168,91	0,00	3,2	35,1
Out	108,11	449,32	168,91	265,56	35,1	50,00
Nov	125,72	522,50	168,91	353,59	50,00	50,00
Dez	170,72	709,53	18,98	690,55	50,00	50,00

Fonte: Francato (2008)

Precipitação (P): Própria leitura do pluviômetro em mm ($\frac{l}{m^2}$) multiplicado por 0,9

Volume Captado Efetivo em m³ (VC_e):

$$VC_e = \frac{P * A * C}{1000} \quad (3)$$

Onde:

P Precipitação em mm;

A Área de Coleta de Água Pluvial (m²);

C Coeficiente de Escoamento Superficial (C=0,9);

$$VV = se(((V.I + V.C_e - D) > V.R; ((V.I + V.C_e - D) - V.R); 0) \quad (4)$$

Onde:

D Consumo de Água Demandada (m³);

VV Volume Descartado Ultrapassando a Capacidade do Reservatório (m³);

VI Volume Inicial de Cada Mês (m³);

VR Volume do Reservatório (m³);

Volume Final de Cada Mês (VF):

$$VF = VI + VC_e - D - VV \quad (5)$$

Com o auxílio do método de cálculo para o volume do reservatório utilizado anteriormente, calculamos o volume do reservatório ano a ano para cada estação pluviométrica ao longo das séries históricas e depois para cada estação elaborou-se uma curva de permanência para indicar a porcentagem do tempo que um determinado volume de cisterna supre a demanda requerida.

Tabela 2 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico de Currupira)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
60	1	5,9	5,9
150	2	11,8	17,6
165	2	11,8	29,4
175	1	5,9	35,3
190	1	5,9	41,2
270	1	5,9	47,1
290	1	5,9	52,9
295	1	5,9	58,8
320	1	5,9	64,7
355	1	5,9	70,6
415	2	11,8	82,4
425	1	5,9	88,2
500	1	5,9	94,1
585	1	5,9	100,0
soma	17		

Fonte: Francato (2008)

Tabela 3 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico de Jundiaí)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
65	2	7,4	7
70	1	3,7	11
80	1	3,7	15
85	2	7,4	22
125	1	3,7	26
130	1	3,7	30
145	1	3,7	33
150	1	3,7	37
170	3	11,1	48
190	1	3,7	52
210	1	3,7	56
215	1	3,7	59
220	1	3,7	63
230	1	3,7	67
240	1	3,7	70
310	1	3,7	74
325	1	3,7	78
365	1	3,7	81
370	1	3,7	85
440	1	3,7	89
480	1	3,7	93
600	1	3,7	96
645	1	3,7	100
soma	27		

Fonte: Francato (2008)

Tabela 4 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico Ermida)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
0	3	10,7	11
60	1	3,6	14
65	2	7,1	21
120	1	3,6	25
125	1	3,6	29
135	2	7,1	36
150	2	7,1	43
160	1	3,6	46
165	2	7,1	54
170	1	3,6	57
190	3	10,7	68
220	1	3,6	71
245	2	7,1	79
310	1	3,6	82
330	1	3,6	86
340	1	3,6	89
365	1	3,6	93
410	1	3,6	96
740	1	3,6	100
soma	28		

Fonte: Francato (2008)

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quando se considera a curva de permanência, ou seja, a porcentagem do tempo atendido para um volume do reservatório calculado em função das precipitações anuais durante as séries históricas para cada estação pluviométrica, observa-se que o volume médio do reservatório para atender a 70% das chuvas para as três estações é de aproximadamente 286,0 m³.

Segundo informações do DAE (Departamento de Águas e Esgotos) de Jundiaí o decreto 21.102 de 30 de janeiro de 2008 especifica a base de cobrança para água consumida e esgoto coletado para diversas categorias: Residencial, Comercial e Industrial.

As instituições de ensino entram na categoria I – Residencial incluindo nesta classe: tarifa por metro cúbico de consumo de água tratada/coleta e afastamento de esgotos para fins domésticos e higiênicos, em prédios residenciais, repartições públicas, estabelecimentos de ensino, associações civis,

congregações religiosas, casas de caridade, templos, campos de esportes, jardins públicos e, em geral, quando essa utilização não visar lucros comerciais e industriais.

Tabela 5 - Tarifa de Consumo – Categoria I

Faixa de Consumo m^3	Valor Reais $R\$/m^3$
$C \leq 10$	0,950
$10 < C \leq 16$	1,205
$16 < C \leq 21$	1,780
$21 < C \leq 30$	2,572
$30 < C \leq 50$	3,864
$50 < C \leq 80$	4,716
$80 < C$	5,445

Fonte: Francato (2008)

Como a faixa de consumo para as atividades estudadas está acima do consumo de $80 m^3$, o valor cobrado por m^3 de água consumida é de R\$ 5,445 reais. O consumo anual para as atividades propostas é de $1.566,6 m^3$, e o valor gasto anual para essas atividades caso não se recorresse à utilização de água de poço artesiano e sim água da rede o valor gasto anual seria de aproximadamente R\$ 8529,59 reais.

É bom deixar claro que como um projeto ambiental a questão do custo da água é sim relevante, mas o principal seria a economia do recurso hídrico, já que esses $1.566,6 m^3$ de água deixariam de serem captados para a utilização em fins não potáveis podendo ser destinados para fins mais nobres (uso potável).

Para estudar o consumo de água em edificações, deve-se fazer uma excelente coleta de dados, considerando pressão, vazão, clima, população, frequência de utilização, condições sócio-econômicas, produtos instalados, vazamentos, etc.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pretende-se com o desenvolvimento deste projeto tirar conclusões sobre a viabilidade de implementação de aproveitamento de águas pluviais em situações favorecidas pela topografia local que não necessitem de bombeamento.

O aproveitamento de águas pluviais reduz o consumo de água potável, evita enchentes já que a água que seria totalmente dirigida para as galerias de águas pluviais aumentando significativamente a vazão do rio, é armazenada aumentando o tempo de concentração da bacia hidrográfica, e o mais importante é a preservação do meio ambiente preservando assim o recurso hídrico.

Essa tecnologia apresenta baixo impacto ambiental e dependendo da finalidade de uso apresenta qualidade aceitável sem necessitar de um tratamento específico. Outro ponto interessante a considerar é que caso o sistema de abastecimento público venha faltar, pode ser uma boa alternativa para emergência de falta de abastecimento de água.

A documentação de outorga de captação de água de poço artesiano requerida a cada período de renovação necessitará de maiores estudos para a liberação de vazões de consumo, já que o recurso a cada ano fica mais escasso em função do aumento da demanda. Sendo assim a cada renovação a vazão outorgada ficará mais restringida e com isso a viabilidade desse projeto piloto acaba sendo mais real.

Como sugestões que complementem tal trabalho que não foram contempladas no escopo deste projeto, destacam-se: o reuso de água servida em situações também favorecidas pela topografia local e os benefícios da diminuição na vazão de pico no escoamento de águas pluviais nas sub-bacias de drenagem local.

Esse projeto piloto na instituição serve como modelo para implantação em outros departamentos ou até mesmo em outros lugares, uma vez que a universidade funciona como pólo de tecnologia e forma agentes multiplicadores, e nesse caso devido a topografia local é extremamente favorável ao aproveitamento e utilização de águas pluviais.

Como sugestões para futuros trabalhos nas dependências do estudo de caso seria interessante verificar através de uma análise econômica detalhada a economia de água potável e também o tempo de amortização necessária para a realização do projeto.

Outro ponto que merece investigação seria o estudo para outros prédios do campus e também analisar formas de reutilizar as águas cinzas.

6- BIBLIOGRAFIA

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. Ed. UFSC. Florianópolis, 2003.

BENASSI, Ricardo. Potencial de Aproveitamento de Água de Chuva na Cidade de Jundiá. São Carlos, 63p. 2006.

CRUCIANI, D.E. Hidrologia. Apostila. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1987.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/principal.exe/index>.

FRANCATO, A. A. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituições de Ensino. Campinas - SP, 77p. 2008.

KAMMERS, P. C. Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis – SC. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC, 2007, 118 pag.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana 2002. Rev. Saúde Pública v.36, n.3, p.1-8. Disponível em: <http://www.scielo.br>

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>.

POSSA, Analice. Determinação do Volume de Cisternas: Estudo do volume útil de cisternas em função de distribuições pluviográficas Regionais. Itatiba, pag 1- 2, 2005.

PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. São Carlos, 2007. 78 pags.

PEREIRA, Daniel José de Andrade. Qualidade da Água Em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. São Carlos, 2007. 38 pags.

RODRIGUEZ, A.F. Os caminhos das águas. *Agroanalysis*1998; 18:22-6.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico de São Paulo 2003. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>.

SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em São Paulo) decreto 21.102 de 30 de janeiro de 2008.