



## PROPOSTA PARA PROJETO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO DE TREINAMENTO DA FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA - FCTH

### 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O “Programa de Incentivo à Sustentabilidade da Universidade de São Paulo”, que tem por objetivo apoiar financeiramente projetos de ensino, de pesquisa, extensão e gestão acadêmica que promovam a sustentabilidade ambiental nos *campi* da USP, vem de publicar o Edital 2012 designado “Desenvolvimento da Sustentabilidade na USP”.

Entre os 6 princípios estabelecidos no Edital, os que dão suporte a esta proposta são os de número 1 e 3, que visam promover ações de uso racional e de conservação dos recursos naturais da Universidade. Entre os projetos financiáveis, esta proposta atende indiretamente aos itens II – “implementar mecanismos de inclusão do tema sustentabilidade ambiental”, ao item IV – sensibilizar e conscientizar o público interno sobre a importância e as alternativas para a conservação dos recursos naturais da Universidade, tais como: vegetação e a fauna remanescente, os corpos d’água, o solo e o sub-solo, e, diretamente, aos itens VIII – “identificar, controlar, monitorar e reduzir emissões de efluentes e poluentes sólidos líquidos e gasosos” (uma vez que o aproveitamento de águas pluviais reduz a demanda de água e a consequente emissão de efluentes), e o item XIII – “promover o reúso de água e a reciclagem de materiais, bem como a reutilização de materiais permanentes”.

### 1. JUSTIFICATIVA

A disponibilidade de grandes áreas de cobertura (telhados ou lajes) e/ou de pisos (estacionamentos, pátios, etc.) torna técnica e economicamente viável a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, levando a uma significativa redução da demanda de água de concessionárias públicas ou de poços. No que concerne a Região Metropolitana de São Paulo-RMSP, a significativa precipitação pluviométrica e as tarifas elevadas praticadas pela concessionária local levam a grandes benefícios ambientais associados a períodos de retorno de investimentos, geralmente, inferiores a dois anos.

A Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, dispõe, para a execução de modelos reduzidos de obras hidráulicas, de grandes áreas de cobertura que levarão a grandes benefícios associados aos custos de demanda de água. O aproveitamento de águas pluviais, em função dessa disponibilidade condições poderá trazer grandes benefícios para Fundação, tanto em termos de imagem ambiental como de redução dos custos associados a abastecimento de água e os associados ao recalque de grandes volumes da Raia Olímpica da USP.



## 2. OBJETIVOS

A presente proposta objetiva a elaboração da concepção, projeto e instalação de um sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais em áreas de cobertura do Centro de Treinamento da FCTH. As águas pluviais coletadas serão utilizadas como:

- 2.1. Água de “make up” nos modelos hidráulicos que são construídos e operados na FCTH;
- 2.2. Descarga sanitária nos vasos sanitários e mictórios do FCTH

## 3. METODOLOGIA

O trabalho a ser desenvolvido compreende as seguintes atividades:

### 3.1. Levantamento dos dados pluviométricos locais

Será efetuado, através das séries históricas disponíveis no FCTH o levantamento dos dados de precipitação locais com o objetivo de avaliar a chuva crítica de projeto.

### 3.2. Levantamento de áreas de coleta de águas pluviais

Serão identificadas e quantificadas as áreas de telhado que possam ser captadas de maneira econômica, ou seja, com menores custos de coleta e transmissão da água para o reservatório de armazenamento.

### 3.3. Caracterização da qualidade da água de chuva oriunda da lavagem do telhado.

A caracterização da água de chuva oriunda da área de coleta é feita através da análise de amostras coletadas imediatamente após o início da chuva, durante um período de no mínimo de 6 meses cobrindo uma parte do período seco (agosto a outubro de 2013) e uma parte do período chuvoso (novembro de 2013 a janeiro de 2014) .

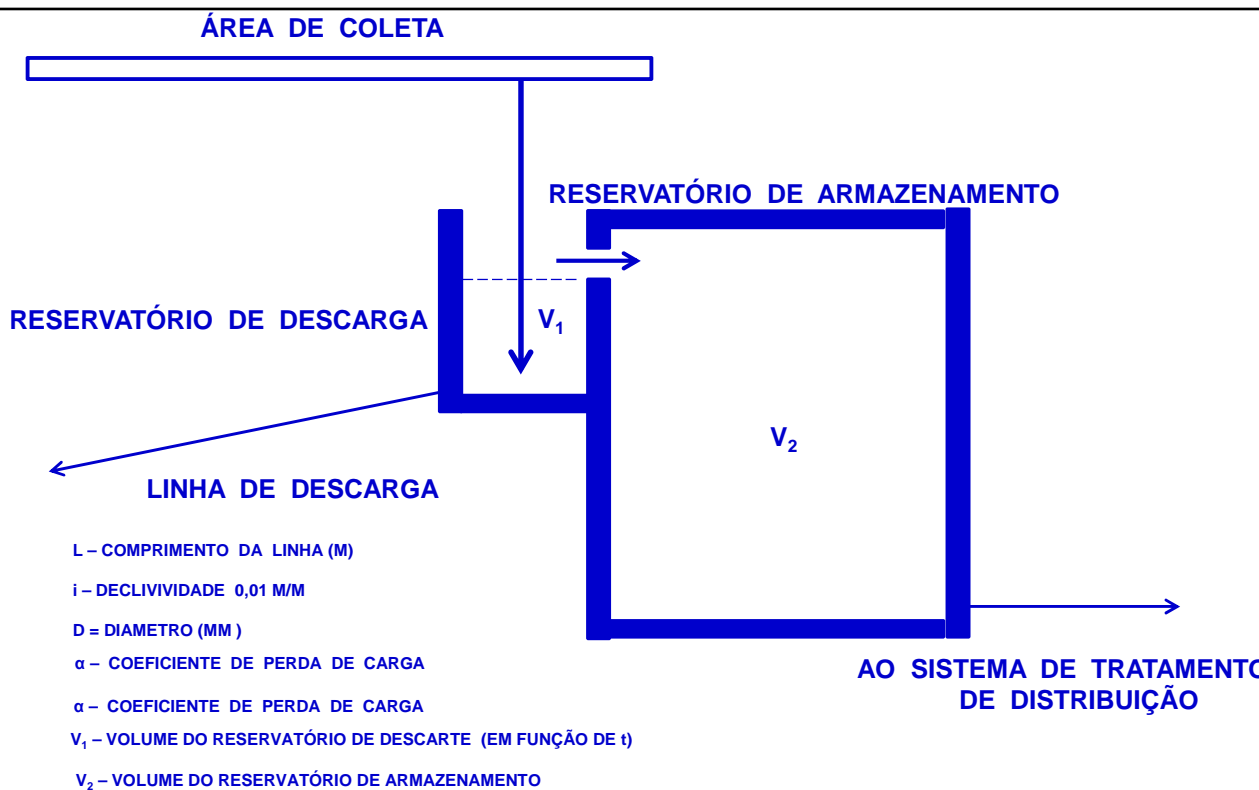
A coleta é efetuada através do coletor automático mostrado na Figura 1 (disponível no CIRRA) que permite a coleta e armazenagem de uma série consecutiva de amostras que são mantidas em câmara frigorífica e, posteriormente encaminhada ao laboratório para a realização das análises físicas, físico-químicas e biológicas (DBO, DQO, COT, Cor, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, pH, Alcalinidade, Dureza, Série de sólidos, Série de Nitrogênio, Série de fósforo e Óleos e Graxas) .



**Figura 1–Coletor automático de águas pluviais..**

### **3.4. Dimensionamento dos reservatórios de descarte e de armazenamento**

A Figura 2 mostra, esquematicamente, um sistema de coleta de águas pluviais, integrando os reservatórios de descarte e de armazenamento:



PROF. IVANILDO HESPANHOL

**Figura 2–Esquema simplificado de um sistema de coleta e armazenamento de Águas Pluviais.**

### 3.4.1 Reservatório de descarte

Os reservatórios de descarte se constituem em peça fundamental em um sistema de coleta de águas pluviais. São utilizados para descartar as águas pluviais que exercem a lavagem do telhado, imediatamente após o início das precipitações. Nos primeiros minutos de chuva, a água promove o carreamento dos resíduos presentes na superfície de coleta, apresentando uma qualidade inferior ao da água que escoar posteriormente, sobretudo após longo período de estiagem.

A metodologia desenvolvida pelo Centro Internacional e Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR vinculado ao departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP, propõe o dimensionamento do reservatório de descarte a partir da equação seguinte;



$$t = -\frac{2 * A}{\alpha^2} \left[ Q * \ln \left( \frac{Q - \alpha \sqrt{h}}{Q - \alpha \sqrt{L * i}} \right) + \alpha (\sqrt{h} - \sqrt{L * i}) \right] \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

t – tempo para que seja atingida a cota de transferência da água para o reservatório de armazenagem (s), isto é até que seja atingido o volume  $V_1$  indicado na Figura 1;

A – Área superficial do reservatório de descarte (m<sup>2</sup>);

$\alpha$  – coeficiente de correção hidráulico do coeficiente da Fórmula Universal de perda de carga ( $1,86 \times 10^{-2}$ ), para as condições utilizadas;

Q – Vazão de chegada ao reservatório (m<sup>3</sup>/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).

Uma vez determinado o volume do reservatório de descarte este pode ser construído junto ao reservatório de armazenamento (Figura 2) . Quando é atingido o volume de descarte calculado, as chuvas que vêm em seguida são vertidas, através de um vertedor de soleira, para o reservatório de armazenamento. Uma tubulação de pequeno diâmetro (com as características hidráulicas mostradas na equação 01), elimina a água contida no reservatório de descarte, permitindo a acumulação de volumes de descarte associados às precipitações posteriores.

### 3.4.2. Dimensionamento do reservatório de armazenamento

Este projeto é viável dentro dos recursos disponíveis unicamente porque há disponibilidade de reservatórios de armazenamento na FCTH. O dimensionamento será, portanto, efetuado apenas para verificar se os volumes disponíveis são compatíveis com os volumes calculados.



O reservatório de armazenamento se constitui no componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais. Por isso, requer um dimensionamento adequado para não tornar a implantação do sistema inviável economicamente. Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento das águas pluviais poderá ser realizado para atender à demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem.

O cálculo otimizado deste reservatório foi, também desenvolvido pelo CIRRA/IRCWR, com base nas precipitações obtidas de séries históricas ou séries sintéticas de precipitação coletadas em áreas próximas ao local de projeto e na demanda local. O método permite estabelecer o volume de água a ser acumulado ao longo do ano, de acordo com os volumes de chuva que se pretende armazenar e da demanda de água local. Proporciona o aproveitamento máximo de águas pluviais no período chuvoso, o que permite a construção de reservatórios com volumes reduzidos se comparado àqueles destinados à acumulação de água para atender a demanda nos períodos de estiagem. No caso deste projeto será verificada a possibilidade de que os reservatórios existentes na FCTH, utilizados como reserva para os estudos de modelos hidráulicos possam ser utilizados, eliminando a necessidade de construção de novas unidades.

A metodologia em referência é, basicamente, a seguinte:

- Em função da precipitação de projeto (estabelecida com os dados de precipitação local como acima descrito) e da área de cobertura é determinado o volume ( $V_R$ ) máximo a ser coletado:

$$V_R = P.A.C \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

P → precipitação em (m);

A → área de captação ( $m^2$ );

C → coeficiente de escoamento superficial ( $C=0,80$ , adotado para os telhados do FCTH);



- Admitindo-se valores aleatórios de demanda e volume de reservatórios, traçam-se curvas de Volumes Anuais em função de diversos Volumes de Reservatórios para cada demanda escolhida, o que deverá ser avaliado junto aos técnicos da FCTH;
- A partir do ponto em que ocorre uma redução no afastamento entre as curvas de demanda defini-se a demanda máxima a ser atendida;
- O ponto no qual os acréscimos nos volumes de reservatório não levam a um aumento significativo do volume armazenado anualmente, determina o volume ótimo do reservatório de armazenamento de águas pluviais.

A Figura 3 ilustra uma simulação para o estabelecimento do volume ótimo de um reservatório destinado ao máximo aproveitamento de águas pluviais no período chuvoso.

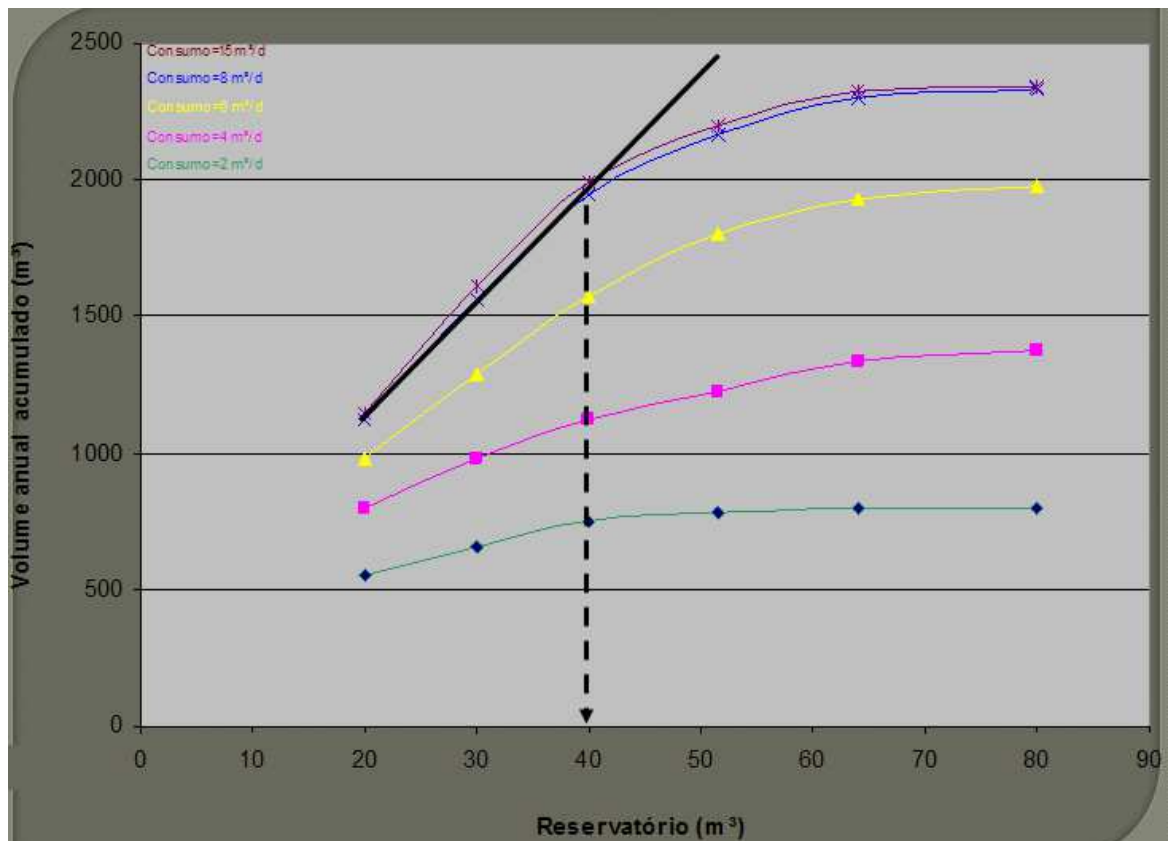


Figura 3– Método gráfico para determinação da demanda máxima a ser atendida e do volume ótimo do reservatório



O gráfico da Figura 3, mostrado como exemplo, estabelece que a demanda máxima em função da precipitação e da área de captação é de 8 m<sup>3</sup>/dia e o volume ótimo do reservatório é de 40 m<sup>3</sup>, pois a curva assume uma característica horizontal indicando que não ocorre, acima deste ponto, um acréscimo significativo no volume acumulado.

A adoção dessa metodologia permite, também, avaliar quantos dias no ano deverá ocorrer o de “déficit de água pluvial” e, portanto, quantificar o volume de água aproximado a ser obtido de outra fonte. Em função disso é avaliada a economia e tempo de amortização do sistema de aproveitamento de águas pluviais a ser implantado.

### **3.4. Sistema de Tratamento**

A adoção da tecnologia para tratamento de águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Um sistema de tratamento simples integra: sedimentação natural, filtração simples e desinfecção. Podem, também, serem utilizados tratamentos mais complexos como desinfecção por ultravioleta ou ainda processos de separação por membranas.

No caso específico da FCTH, em que os usos da água pluvial coletada serão: (i) água de “make up” para utilização em modelos hidráulicos e, (ii) para descarga sanitária, deve ser considerado o sistema de tratamento para o uso mais restritivo, isto é, para descarga sanitária. Nesse caso, serão considerados as seguintes operações e processos unitários de tratamento: remoção de sólidos grosseiros, como folhas e galhos, filtração em filtro de areia e desinfecção, através da aplicação de cloro.

### **3.5. Sistema de pressurização**

Essa unidade deve ser composta por bombas com capacidade (vazão e altura manométrica) para conduzir a água pluvial até o reservatório que acumula a água utilizada nos modelos hidráulicos e aos reservatórios de distribuição que abastecem os vasos sanitários.

### **3.6. Sistema de distribuição**





---

É necessário a instalação de uma linha de distribuição exclusiva para a distribuição das águas pluviais tratadas, interligando o sistema de armazenamento e tratamento aos pontos de consumo. De acordo com a NBR15527/2007, norma destinada à utilização de água pluvial para fins não potáveis em áreas urbanas, não deve haver ligação cruzada entre as tubulações que conduzem água potável e as que conduzem águas pluviais;

### **3.7. Linha de alimentação de água de fonte convencional**

O reservatório de armazenamento deverá dispor de uma linha de alimentação que permita a entrada de água proveniente da fonte convencional (águas recalcadas da Raia Olímpica) para garantir o suprimento em períodos nos quais não há disponibilidade de águas pluviais.

### **3.8. Acessórios complementares.**

Os sistemas de coleta de águas pluviais deverão ser equipados com acessórios diversos tais como calhas coletoras, peneiras ou “filtros” do tipo de descida, para eliminação de folhas e galhos, sifões e amortecedores de fluxo para reservatórios de descarte, etc. (ver item 3.4. Sistema de tratamento)



### 3. CRONOGRAMA

	MESES							
	Jul.13	Ago.13	Set. 13	Out. 13	Nov.13	Dez.13	Jan. 14	Fev. 14
Avaliação da área de coleta, chuva crítica e volumes de reservatórios disponíveis	■							
Instalação do sistema de coleta de amostras de águas pluviais	■							
Coleta de amostras de águas pluviais		■	■	■	■	■	■	
Dimensionamento dos reservatórios (descarte e armazenamento)						■	■	
Construção do reservatório de descarte							■	■
Aquisição de tubulações, calhas e acessórios complementares (filtros, etc.)	■	■	■					
Montagem de calhas e condutores verticais				■	■	■		
Montagem do sistema de tratamento				■	■	■		
Preparação de manual de operação						■	■	
Treinamento da equipe de operação							■	■



## 7. ORÇAMENTO

ATIVIDADES	CUSTO (R\$)
Materiais de consumo	25.000,00
Serviços de terceiros (projetos e montagens, secretariado)	21.000,00
Bolsa de estudo ( 8 x R\$ 500,00)	4.000,00
Total	50.000,00

## 8 EQUIPE

Profª Dra. Monica Ferreira do Amaral Porto – Coordenadora  
Prof. Dr. Ivanildo Hespanhol  
Engº Maurício Costa Cabral da Silva  
Prof. José Carlos de Melo Bernardino  
Engª Maria Angela Tafner Zahed  
Estagiário (nome a ser indicado posteriormente)

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- ADILSON PINHEIRO "EFEITO DA ABSTRAÇÃO INICIAL NO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA "

23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

2 - JOSÉ ALEXANDRE BORGES VALLE "**CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO INDUSTRIAL DE ÁGUA DE CHUVA** " 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009

3- SIMONE, MAY ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NAO POTAVEL EM EDIFICAÇÕES. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PELO PHD/POLI/USP, SAO PAULO, 2004.