

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

FELLIPE BRIGATTO MOREIRA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE CONSUMO DE ÁGUA NÃO
POTÁVEL PROVENIENTE DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DE CHUVA NO *CAMPUS I*, DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO, EM SÃO CARLOS**

SÃO CARLOS, SP

2014

FELLIPE BRIGATTO MOREIRA

**Avaliação da viabilidade de consumo de água não potável
proveniente de sistemas de captação de água de chuva
no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos**

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão

São Carlos, SP

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M838a Moreira, Fellipe Brigatto
 Avaliação da viabilidade de consumo de água não
 potável proveniente de sistemas de captação de água de
 chuva no Campus I, da Universidade de São Paulo, em São
 Carlos / Fellipe Brigatto Moreira; orientador João Luiz
 Boccia Brandão. São Carlos, 2014.

 Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
 Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
 São Paulo, 2014.

 1. Recursos hídricos. 2. Captação de água de chuva.
 3. Uso de água não potável. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Fellipe Brigatto Moreira**

Título da Monografia: **Avaliação da Viabilidade de Consumo de Água Não Potável Proveniente de Sistemas de Capacitação de Água de Chuva No Campus I, da Universidade de São Paulo, em São Carlos**

Data da Defesa: 26/06/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão (Orientador(a))

Aprovado

Prof. Dr. Tadeu Fabrício Malheiros

APROVADO

Profa. Loide Angelini Sobrinha

Aprovado

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação
Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Dedico este trabalho ao meu avô, Oswaldo Brigatto, pelo suporte e amor incondicional que sempre me proporcionou. Embora não esteja mais conosco fisicamente, continua dentro dos nossos corações e será sempre um grande exemplo para todos nós.

Nada é impossível de mudar

"Desconfiai do mais trivial,
na aparência singelo.
E examinai, sobretudo,
o que parece habitual.
Suplicamos expressamente:
não aceiteis o que é de hábito
como coisa natural,
pois em tempo de desordem sangrenta,
de confusão organizada,
de arbitrariedade consciente,
de humanidade desumanizada,
nada deve parecer natural
nada deve parecer impossível de mudar."

Bertolt Brecht

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão, não apenas pela ajuda, dedicação e orientação ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, como também por ser um exemplo pessoal e profissional, pelo qual tenho muito carinho e admiração.

Aos professores da Engenharia Ambiental, por todo conhecimento que me foi transmitido, pelo estímulo e pela amizade durante todos esses anos. Gostaria de agradecer principalmente os professores Eugenio Foresti, Marcelo Zaiat, Victor Ranieri e Tadeu Malheiros.

À Universidade de São Paulo, em especial, à Escola de Engenharia de São Carlos e ao Departamento de Hidráulica e Saneamento, pelo excelente suporte e estrutura fornecidos durante a minha graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de iniciação científica que deu origem a este trabalho.

À amiga Priscila Marconi, mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento, pelo grande auxílio fornecido, fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos meus amigos e amigas, pelo companherismo, pela união e por terem me proporcionado momentos inesquecíveis ao longo da minha graduação. Um agradecimento especial à minha turma, Ambiental 09 e à República Disfarça.

À minha família, pelo amor e apoio constante de todos vocês. Um agradecimento especial à minha mãe, Mônica Brigatto, e à minha avó, Maria de Lourdes Brigatto, pois vocês são a minha base, a minha essência.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, tanto pessoal quanto profissional, o meu muito obrigado.

RESUMO

MOREIRA, F.B. **Avaliação da viabilidade de consumo de água não potável proveniente de sistemas de captação de água de chuva no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

O aumento contínuo da população mundial e a intensidade das atividades antrópicas com impactos ao meio ambiente estão prejudicando o ciclo hidrológico. O principal responsável pela degradação desse recurso é o desenvolvimento urbano: uso e a ocupação do solo de forma desordenada e sem planejamento, impermeabilização do solo, remoção da vegetação nativa, aumento do lançamento direto de resíduos nos rios e reservatórios afetando a qualidade e quantidade de água disponível atualmente. Essas alterações somadas ao uso irracional da água potável criaram um cenário real de escassez de água apropriada para o consumo e que exige soluções imediatas e acessíveis a fim de aliviar a pressão sobre os recursos hídricos. A captação de água de chuva é uma técnica simples que vem sendo utilizada em vários países, e que contribui para a mitigação dos impactos por diminuir a quantidade de água de chuva a ser escoada e oferecer uma alternativa de baixo custo ambiental aos consumos de água para fins não potáveis. O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar se o consumo de água não potável no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos seria suprido com a capacidade de captação e armazenamento de água de chuva. Para isso, foi proposto um sistema de captação de água de chuva e os resultados foram avaliados a partir da análise de viabilidade técnica e financeira de execução do projeto. De acordo com este estudo, a captação de água de chuva no *Campus I* reduziria em quase 20% o consumo anual de água no *campus* e seria capaz de suprir as necessidades do consumo de água para os fins não potáveis do *campus* em aproximadamente 45% dos dias do ano. O local foi escolhido pois a universidade é um importante polo de difusão de conhecimento e deve ser um exemplo na disseminação e realização de projetos que visem a melhoria e preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Captação de água de chuva. Uso de água não potável.

ABSTRACT

MOREIRA, F.B. **Evaluation of the feasibility of consumption of non-potable water from rainwater harvesting systems in *Campus I*, of the University of São Paulo, in São Carlos.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

The increase of world population and the intensity of human activities with environmental impacts are massively damaging water resources and thus altering the hydrological cycle, bringing drastic consequences for the population. The main responsible for the degradation of this resource is the urban development: use and land in a disorderly manner and without any planning, soil sealing, forest clearing, increased the release of waste and sewage directly into rivers and reservoirs, affecting the quality and quantity of water available. These changes, added with the irrational use of potable water have created an actual shortage of water suitable for consumption and that requires immediate and affordable solutions to alleviate the pressure on hydric resources. The rain water harvesting is a simple technique that has been used in several countries and contributes to the reduction of impacts, as it decreases the amount of water to be drained and offers an alternative with low environmental cost for the non-potable water use. The main objective of this research was to assess whether the consumption of non-potable water in the *Campus I*, of the University of São Paulo, in São Carlos would be supplied with the ability to capture and store rainwater. For it was proposed a system to capture rain water and the results were evaluated from the analysis of technical and financial feasibility of the project. According to this study, the capture of rainwater in the *Campus I* would drop by nearly 20% the annual water consumption on *campus* and would be able to meet the needs of water consumption for non-potable purposes on *campus* in approximately 45% of the days of the year. The site was chosen because the university is a major center for the dissemination of knowledge and should be an example in the dissemination and implementation of projects aimed at improving and preserving the environment.

Key words: Water resources. Rain water harvesting. Non-potable water use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ciclo Hidrológico	15
Figura 2.2 – Distribuição de água na Terra	16
Figura 2.3 – Distribuição da água no Brasil.....	17
Figura 2.4 – Esquema de coleta de água de chuva.....	20
Figura 4.1 – Intensidade pluviométrica para o projeto de calhas.....	32
Figura 5.1 – Município de São Carlos.....	36
Figura 5.2 – <i>Campus I</i> , da USP, em São Carlos.....	39
Figura 5.3 – Mapa do <i>Campus I</i> com destaque para os edifícios selecionados	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta.....	21
Tabela 4.1 – Coeficientes de rugosidade de calhas	33
Tabela 4.2 – Capacidade, em L/min, de calhas semicirculares (n=0,011)	33
Tabela 4.3 – Capacidade, em L/min, de condutores horizontais de seção circular (n=0,011).....	34
Tabela 4.4 – Capacidade de condutores verticais de seção circular	35
Tabela 5.1 – Médias pluviométricas diárias de janeiro, fevereiro e março	40
Tabela 5.2 – Médias pluviométricas diárias de abril, maio e junho	41
Tabela 5.3 – Médias pluviométricas diárias de julho agosto e setembro	42
Tabela 5.4 – Médias pluviométricas diárias de outubro, novembro e dezembro	43
Tabela 5.5 – Consumo de água no <i>Campus I</i>	44
Tabela 5.6 – Consumo de água não potável no <i>Campus I</i>	44
Tabela 5.7 – Áreas dos telhados dos prédios do <i>Campus I</i>	45
Tabela 5.8 – Cabeçalho da Tabela A, presente no Anexo A, utilizada para fazer os cálculos	46
Tabela 5.9 – Descrição dos elementos necessários para a construção do sistema de captação	52
Tabela 5.10 – Descrição dos elementos necessários para a construção do sistema de captação	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3. OBJETIVOS	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 Caracterização do Município	27
4.2 Caracterização do Local de Estudo	27
4.3 Levantamento de informações técnicas.....	27
4.3.1 Dados Pluviométricos.....	27
4.3.2 Consumo de Água (total e não potável)	28
4.3.3 Determinação da Área dos Telhados.....	29
4.3.4 Determinação do Potencial de Captação	29
4.4 Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento	29
4.5 Dimensionamento do Sistema de Coleta	30
4.5.1 Reservatório de Descarte.....	31
4.5.2 Calhas, Condutores Horizontais e Verticais.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Caracterização do Município	36
5.2 Caracterização do Local de Estudo	38
5.3 Levantamento de informações técnicas.....	40
5.3.1 Dados Pluviométricos.....	40
5.3.2 Consumo de Água (total e não potável)	44
5.3.3 Determinação da Área dos Telhados.....	45
5.3.4 Determinação do Potencial de Captação	46
5.4 Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento	46
5.5 Dimensionamento do Sistema de Coleta	48
5.5.1 Edifício de porte pequeno: Depto. de Geotecnia.....	48
5.5.2 Edifício de porte grande: Depto. de Estruturas	50
5.6 Estimativa de Custos	52
5.7 Análise de viabilidade técnica e financeira	54
6. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXO A.....	62

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a existência e manutenção da vida na Terra, representando um elemento vital aos ecossistemas e ao ser humano. Embora seja abundante no planeta Terra, apenas uma pequena parcela da água encontra-se disponível para o consumo humano, uma vez que grande parte desse recurso apresenta localização, estado físico ou qualidade que inviabiliza técnica ou economicamente seu uso.

Atualmente, seja pelo aumento da demanda ocasionada pelo crescimento das populações e das atividades econômicas, seja pela diminuição da oferta causada pela poluição dos mananciais, criou-se um cenário de escassez de água apropriada para o consumo humano. Assim, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de técnicas que permitam suprir a falta de água com qualidade para os mais variados usos.

A fim de diminuir a pressão sobre os recursos hídricos, soluções imediatas e acessíveis precisam ser propostas. Para que ocorra o controle da poluição pontual e difusa, salienta-se a importância do desenvolvimento de políticas que assegurem a aplicação de tecnologias e técnicas de saneamento básico. Por outro lado, ressalta-se a necessidade de incentivos a alternativas para redução do consumo de água dos mananciais, como por exemplo, técnicas de reúso de águas residuárias e de captação de água de chuva.

A captação de água de chuva é uma técnica simples que vem sendo utilizada em vários países e contribui para a mitigação dos impactos, na medida em que diminui a quantidade de água escoada durante o evento chuvoso. Outro benefício do uso desta tecnologia é a disponibilidade de água, com baixo custo ambiental, apropriada ao consumo para fins não potáveis.

O aproveitamento de água de chuva não é uma prática recente. Há milhares de anos, povos antigos, utilizavam técnicas como essa e reutilizavam a água para irrigação e até para abastecimento de cidades, principalmente em regiões áridas e semiáridas (WERNECK, 2006).

Na Figura 1.1 pode ser vista uma matriz PEIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta) baseada na metodologia proposta por Kristensen (2004). Esta estrutura permite a apresentação das informações ambientais do tema em análise e seus componentes (PEIR) podem ser usados para auxiliar na avaliação e na gestão dos problemas ambientais relacionados.

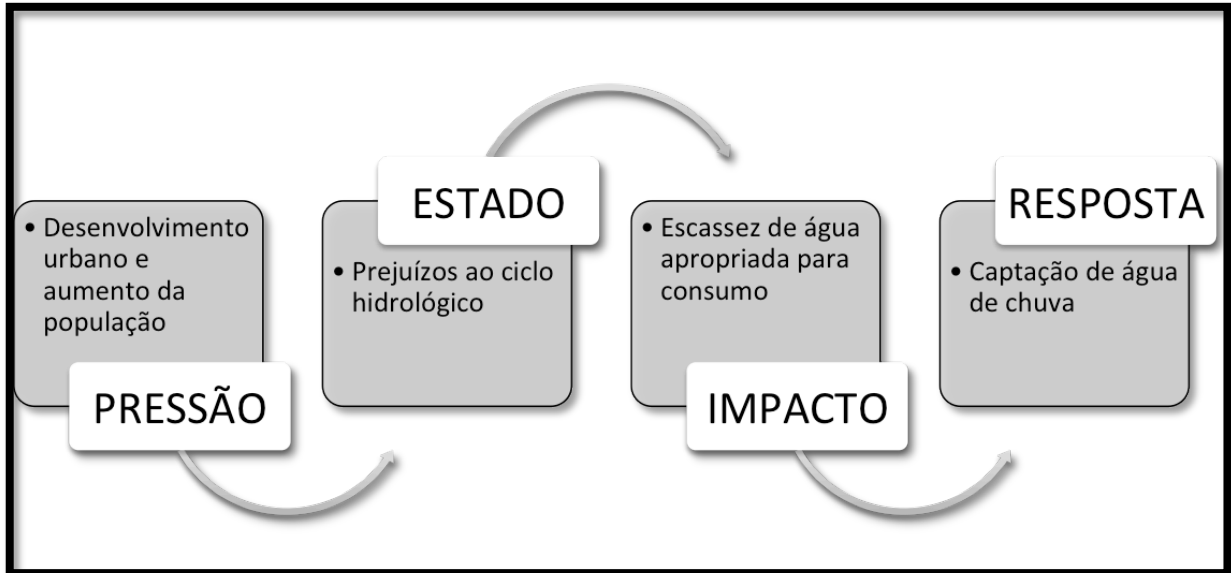


Figura 1.1 - Matriz de análise com base na metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR)

Dessa forma, no atual contexto em que se busca reduzir cada vez mais os impactos aos recursos naturais, projetos de captação e armazenamento de água de chuva tornam-se fundamentais para a preservação dos recursos hídricos e são indispensáveis para garantir a disponibilidade de água para as populações futuras. Assim, nota-se a importância das edificações possuírem ou mesmo se adaptarem para sistemas como esses.

No presente trabalho, o *Campus I* da Universidade de São Paulo, em São Carlos foi escolhido como local de estudo para a proposição e análise de viabilidade de um sistema de captação de água de chuva para suprir a demanda de água para fins não potáveis. A escolha do local se justifica por a universidade ser um polo difusor do conhecimento. Assim, ela deve servir de exemplo para a sociedade no que se refere à preservação do meio ambiente e precisa, para tanto, realizar pesquisas que possam colocar em prática ações que demonstrem a preocupação da mesma e que reduzam os impactos ao meio.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água dos reservatórios naturais, do solo e dos seres vivos é renovada através do ciclo hidrológico, como pode ser visto na Figura 2.1. A partir da incidência da radiação solar na superfície terrestre e nos reservatórios de água, ocorre a evaporação de parte da água. Assim, a água da superfície terrestre é transferida para a atmosfera. O vapor de água, ao ser direcionado às partes altas da atmosfera, se condensa através das baixas temperaturas, se liquefaz e precipita na forma de chuva, granizo, neve ou orvalho.

A precipitação pode incidir diretamente sobre os reservatórios naturais ou sobre o solo. No caso de precipitar sobre a superfície dos terrenos, a água poderá escoar até os reservatórios, ser incorporada por animais e plantas, ou se infiltrar nos solos e alimentar as reservas subterrâneas de água, os aquíferos. Ressalta-se que esse ciclo é fechado em nível global, com isso, os volumes em um determinado local não necessariamente precipitarão na mesma região, devido a grandes variabilidades e diferenciações presentes no globo terrestre (SILVEIRA, 2000).

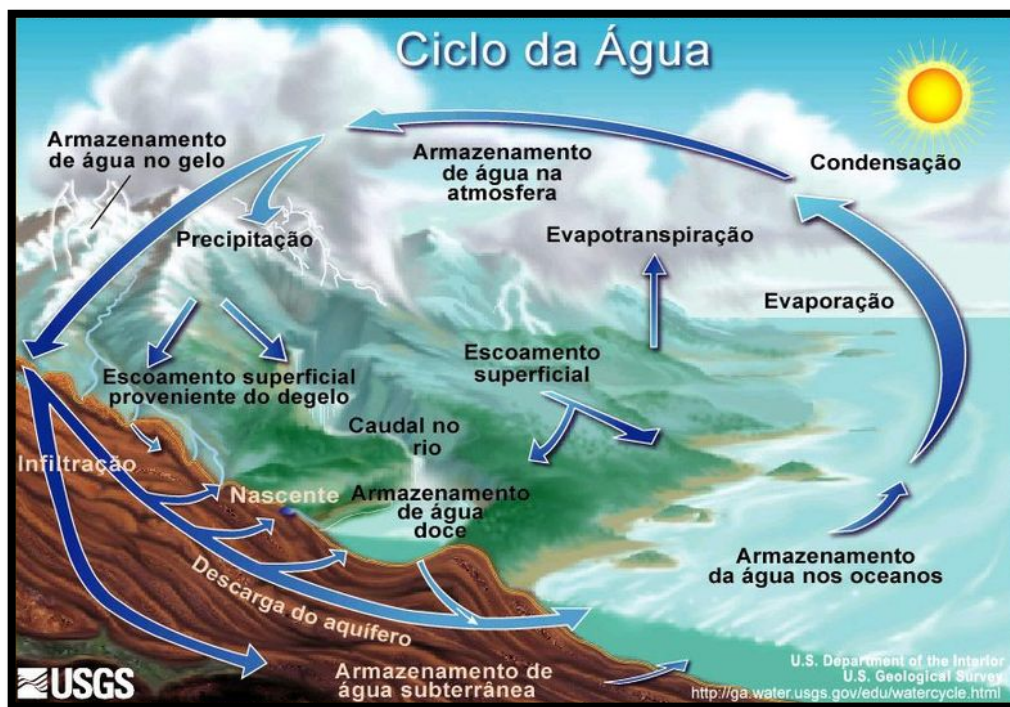


Figura 2.1 – Ciclo Hidrológico
Fonte – Adaptado de Heath (1983)

A hidrosfera, camada descontínua e relativa a toda água existente na Terra, corresponde a 70% da superfície do planeta. Sua maior parte, aproximadamente 97,5%, está reservada nos oceanos (SHIKLOMANOV,1997). O segundo maior reservatório são as geleiras, responsáveis pelo armazenamento de 1,73% da água. A porcentagem restante se divide em outros seis reservatórios: água subterrânea, lagos, mares internos ao continente, umidade do solo, atmosfera e rios. Dessa forma, como pode ser visto na Figura 2.2, mais de 99% da água do planeta encontra-se indisponível para o consumo, por apresentar qualidade imprópria (salgada/salobra) ou fisicamente inacessível (congelada).

Além de a água doce ocorrer em pequena porcentagem na Terra, há outro problema: sua distribuição geográfica é desigual. O continente americano e o asiático possuem respectivamente 22% e 32% da água doce do planeta, enquanto a África e a Europa apresentam 7% e 9% respectivamente.

Reservatório	Volume (10 ³ km ³)	% do volume total	% do volume de água doce
Oceanos	1.338.000,0	96,5379	-
Subsolo:	23.400,0	1,6883	-
Água doce	10.530,0	0,7597	30,0607
Água salgada	12.870,0	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
Áreas congeladas:	24.064,1	1,7362	68,6971
<i>Antártida</i>	21.600,0	1,5585	61,6629
<i>Groenlândia</i>	2.340,0	0,1688	6,6802
<i>Ártico</i>	83,5	0,0060	0,2384
<i>Montanhas</i>	40,6	0,0029	0,1159
Solos congelados	300,0	0,0216	0,8564
Lagos:	176,4	0,0128	-
Água doce	91,0	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1.350.955,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35.029,2	2,5274	100,0
Armazenamento total de água	1.385.984,6	100,0	-

Figura 2.2 – Distribuição de água na Terra

Fonte – Shiklomanov (1997)

De acordo com Rebouças et al. (2006), no Brasil, encontra-se cerca de 12% da água doce disponível no mundo, o que o caracteriza como o país com maior disponibilidade hídrica no planeta. Entretanto, esta disponibilidade não é uniformemente distribuída pelo seu território. A Região Norte, por exemplo, concentra mais de 79% da água e possui uma densidade populacional na faixa entre 2 e 5 hab/km², enquanto a região sudeste apresenta menos de 5% da água mas tem uma densidade populacional de, em média, 84 hab/km², como pode ser visto na Figura 2.3.

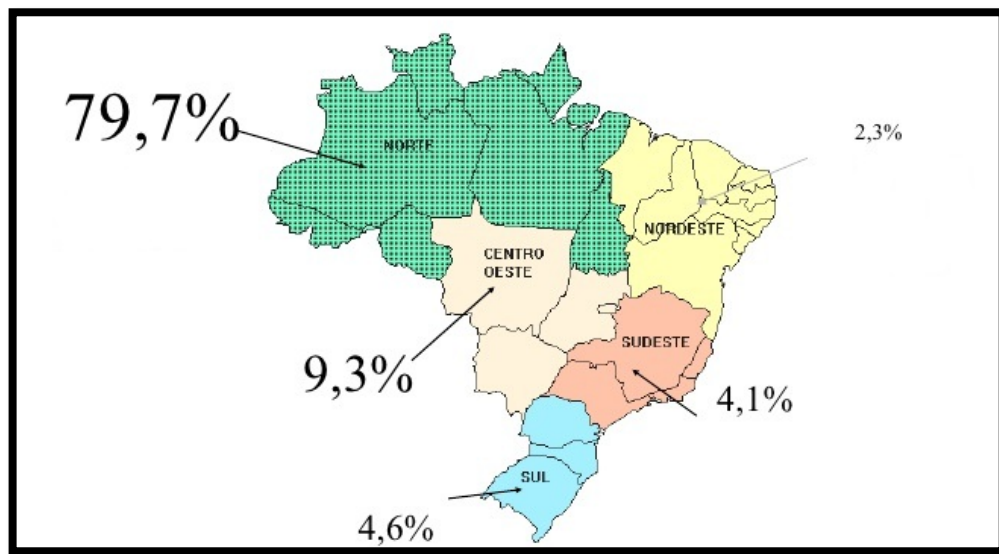


Figura 2.3 – Distribuição da água no Brasil
Fonte – CONFEA (2002)

A distribuição desigual da água no território brasileiro e a falta de disponibilidade do recurso por questões hidrológicas não são os únicos responsáveis pelo problema da escassez de abastecimento de água. Como ressaltado por Rebouças et al. (2006), a ameaça de escassez, no Brasil, em sua essência, é decorrente da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas.

Estes problemas, porém, não se restringem ao Brasil. A perda da qualidade e quantidade de recursos hídricos ocorre no mundo todo. O crescimento populacional e o rápido desenvolvimento econômico provocaram um crescimento exagerado da demanda de consumo de água em todo o mundo. De acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU (2011), a população mundial atingiu 7 bilhões de pessoas, representando um crescimento de quase 40% em pouco mais de 20 anos. Esse

crescimento, que registra cerca de 80 milhões de nascimentos por ano, resulta num incremento anual de 64 bilhões de metros cúbicos na demanda por água.

Outro fator agravante é a degradação da qualidade das águas, causada pela introdução, através de atividades antrópicas, de matéria ou energia em algum corpo hídrico, que venha alterar suas características físico-químicas e biológicas. Segundo Von Sperling (2005), a fonte de poluição pode ser pontual ou difusa. A poluição pontual é decorrente de lançamento da carga poluidora em um ponto específico, como por exemplo, o descarte de esgoto *in natura* em corpos d'água, e a poluição difusa é oriunda, normalmente, de uma extensa área como, por exemplo, a lavagem das superfícies urbanas pelas chuvas.

Além disso, os processos de expansão urbana ocorridos desordenadamente nos últimos anos geraram impactos negativos sobre os recursos hídricos, como, a ameaça aos mananciais subterrâneos; o comprometimento das águas superficiais e a impermeabilização do solo.

Muitos desses problemas se agravaram ao longo dos anos em virtude da falta de ações mitigadoras e muitas deficiências do sistema tornaram-se críticas – aumentando os problemas e as dificuldades para o estabelecimento de prioridades de ação. Essa lenta resolução dos problemas ambientais, no contexto urbano brasileiro, por exemplo, provoca um descontrole em setores estratégicos para a garantia da qualidade de vida, aumentando, assim o risco de enchentes, a contínua degradação e a poluição hídrica e conseqüente interferência negativa na saúde da população (JACOBI, 2006).

O gerenciamento dos recursos hídricos, a nível nacional, é fundamental para solucionar o problema da escassez de água no Brasil. Porém, esse sistema tem apresentado dificuldades, sendo necessária a criação de mecanismos que aperfeiçoem e permitam a manutenção do abastecimento de água para o uso e consumo das populações. Para tanto, criaram-se mecanismos que buscam solucionar parte desses problemas. O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um exemplo desses instrumentos e foi estabelecido pela Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, para fundamentar e orientar a gestão das águas do país.

Em 8 de julho de 1999, foi fundada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) com o objetivo de promover ações visando o aproveitamento racional e eficiente da água de chuva no Brasil. Somando-se a isso, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) elaborou a norma NBR 15527/07 para aproveitamento de água de chuva, em áreas urbanas, para fins não potáveis (tais como limpeza externa de prédios e veículos, vasos sanitários, irrigação de culturas não hortaliças e reservatórios para apagar incêndios). A norma apresenta os aspectos e algumas exigências que devem ser considerados na instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e fornece alguns métodos para o dimensionamento de reservatórios.

Assim, como parte do gerenciamento dos recursos hídricos no país, é premente o desenvolvimento de técnicas, como os sistemas de captação de água de chuva, com o objetivo de suprir a falta de água com qualidade para os mais diversos usos. Segundo Rebouças et al. (2006), o conceito de substituição de fontes de água é uma alternativa plausível para satisfazer as demandas menos restritivas sem prejudicar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Atualmente, existe uma grande diversidade de técnicas que podem ser utilizadas para a captação e aproveitamento de água pluvial. Tais técnicas estão sendo aprimoradas a fim de facilitar seu uso para o consumidor e fornecer uma água de melhor qualidade. O tipo de sistema a ser utilizado é escolhido, principalmente, levando em conta a quantidade de recursos disponíveis e do uso para o qual se destina a água.

Segundo Gould e Nissen-Petersen¹ (1999 apud CAMPOS, 2004), existem três tipos de captação para os sistemas de aproveitamento de água de chuva:

- Sistemas de captação de água de chuva através de represas
- Sistemas de captação de água de chuva através de pisos pavimentados;
- Sistemas de captação de água de chuva através de coberturas.

¹ Gould, J. e Nissen-Petersen, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation.** Londres, ITDG Publishing 1999, 335p.

Os pisos pavimentados podem fornecer água com qualidade inferior à captada através de coberturas, por entrarem, possivelmente, em contato com animais, veículos entre outros. A concepção do sistema de represas não é economicamente viável em grandes centros urbanos, por necessitar de grandes áreas para sua construção, fazendo com que a distância entre a captação e o local de utilização da água seja muito grande (DE PAULA, 2005). Dessa forma, a água de chuva coletada por meio de telhados e coberturas é o sistema mais utilizado.

Para implantar um sistema de captação de água de chuva através de telhados e coberturas é necessária a instalação de calhas, condutores verticais, condutores horizontais, dispositivos de descarte para autolimpeza e reservatório de acumulação de água. Um esquema simplificado desse tipo de coleta é apresentado na Figura 2.4.

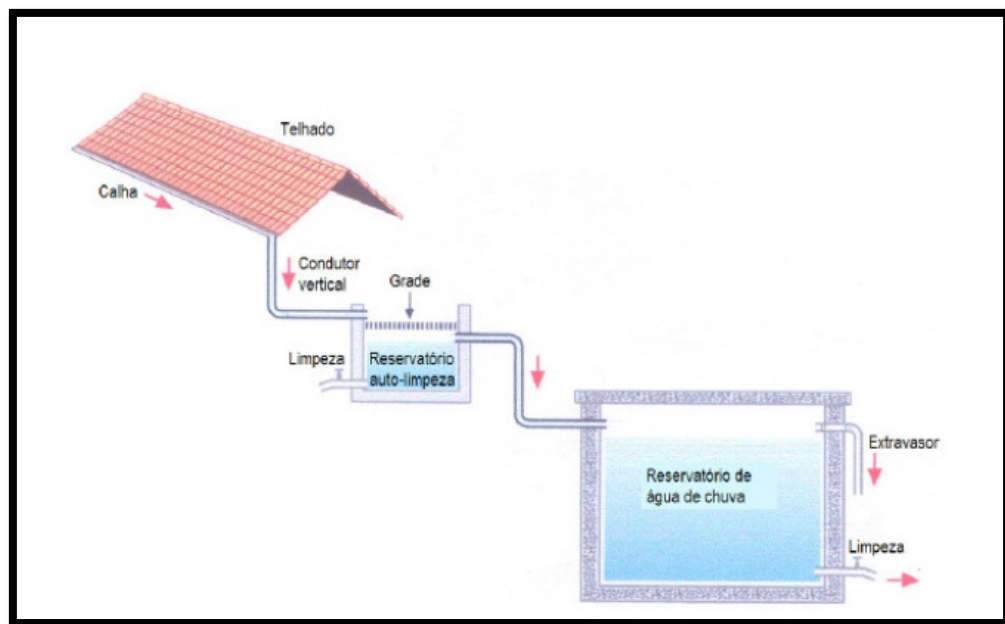


Figura 2.4 – Esquema de coleta de água de chuva
Fonte – Tomaz (2003)

Os telhados utilizados nos sistemas de captação podem ser construídos com diversos tipos de materiais, por exemplo, telhas cerâmicas, de PVC, de vidro, de fibrocimento, lajes impermeabilizadas e cobertura verde. A escolha do material adequado é importante uma vez que ele influenciará na qualidade e quantidade de água captada.

O volume de água que precipita sobre os telhados não é aproveitado integralmente. Por isso, em alguns métodos de cálculo de projetos de sistema de captação, utiliza-se um coeficiente de escoamento superficial. Este, chamado de coeficiente de *runoff* ou de escoamento do material, que é o quociente entre a água que escoou superficialmente pelo total da água precipitada. Para cada tipo de cobertura, tem-se uma determinada quantidade de água absorvida, dada também pelo coeficiente de *runoff*. De acordo com Tomaz (2003), as perdas estimadas no volume de água vão de 10% a 33% do volume precipitado, dependendo do material. Fendrich (2002) realizou um levantamento dos índices, listados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta

Tipo de Telha	Coeficiente Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,9 a 0,95
Telhas de cimento amianto / fibrocimento	0,7 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,8 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,7 a 0,8
Lajotas e blocos de granito	0,9 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,8 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,7 a 0,9

Fonte - Fendrich (2002)

Além dessas perdas, para assegurar que o reservatório não seja contaminado por detritos depositados na superfície de coleta de água de chuva, realiza-se o descarte das primeiras águas escoadas, realizado pelo reservatório de autolimpeza, antes da água seguir para a cisterna.

O reservatório de armazenamento de água captada é um dos componentes principais do sistema e o mais dispendioso, sendo responsável por aproximadamente 50% a 60% do custo total. A localização (enterrado, semi-enterrado, apoiado ou elevado), a forma (circular ou retangular) e o material dos reservatórios devem ser escolhidos cuidadosamente de maneira a proporcionar máxima

economia global em fundação, estrutura, utilização de área disponível e equipamentos de operação (TISUTYA, 2006).

A locação de reservatórios nas áreas externas dos edifícios é uma boa opção por apresentar uma tubulação aparente, facilitando sua manutenção (WERNECK, 2006). Esse é o caso dos reservatórios apoiados e semi-enterrados que apresentam, além da facilidade de manutenção, construção mais simples. Os reservatórios enterrados, apesar de garantirem uma temperatura da água armazenada relativamente constante independente da temperatura ambiente, dificultam a inspeção e a manutenção pela dificuldade de acesso (TSUTIYA, 2006).

Os reservatórios elevados podem ser utilizados de duas formas. A primeira é acumular a água da chuva captada pelo telhado através de um reservatório inferior e conduzir essa água, com o auxílio de bombas, até o reservatório superior, distribuindo-a em seguida. A segunda maneira consiste em dispor o reservatório elevado logo abaixo do telhado, descartando assim a necessidade de bomba. Apesar do menor custo na implantação deste último sistema, Werneck (2006) destaca que pode haver um aumento considerável da carga sobre a estrutura da edificação devido ao grande peso do reservatório.

De acordo com The Texas Manual on Rainwater Harvesting (1997), o dimensionamento da cisterna depende da disponibilidade pluviométrica da região da demanda de água, do período sem chuva, da área de captação, além da estética, preferências pessoais e do orçamento disponível. De acordo com a NBR 15527/07, pode-se usar um dos métodos descritos nessa norma. São eles os métodos: Rippl, da Simulação do Balanço Hídrico, Azevedo Neto, Prático Inglês, Prático Alemão e o Prático Australiano.

Fontanela et al. (2012) realizou uma avaliação metodológica para o dimensionamento comparando as metodologias contidas na Norma. Neste estudo, concluiu que o método mais eficiente para o dimensionamento é a Simulação do Balanço Hídrico, por considerar as três variáveis determinantes que interferem no cálculo do volume do reservatório (área captável, consumo e precipitação), tornando-se mais eficaz e confiável. Além disso, esse método apresenta uma simulação

dia-a-dia do volume do reservatório, resultando em valores mais ponderados à realidade e que permitem avaliar a eficiência do sistema. O mesmo autor recomenda que a confiabilidade do sistema fique próxima a 50% devido a um possível prejuízo na relação custo/benefício.

As calhas e condutores (verticais e horizontais) são elementos indispensáveis do sistema de captação de água de chuva. Através desses dispositivos, torna-se possível o transporte da água dos telhados até os reservatórios de armazenamento. Segundo Reynolds et al. (2010), os dutos que direcionam a água pluvial captada devem ser dimensionados de forma a não ocorrer vazamentos nos mesmos. Por esse motivo, as calhas e condutores deverão obedecer à norma brasileira de instalações pluviais, NBR 10844/89 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. O dimensionamento adequado desses elementos de transporte, aliado à sua manutenção constante, ajudam a reduzir a perda de água por extravasamento e os riscos de contaminação, melhorando a eficiência do sistema e aumentando a quantidade de água captada.

De acordo com Reynolds et al. (2010), os condutores circulares têm sido reconhecidos como elementos de transporte de água mais eficientes. Porém, além do formato dos condutores, o material dos mesmos também deve ser escolhido com cuidado. Ao entrar em contato com esses elementos do sistema, a água pode ter a sua qualidade prejudicada. Assim, materiais como o cobre devem ser evitados devido a possível diminuição da qualidade da água captada. Insetos, folhas e detritos presentes nas calhas e condutores são outras formas de possível redução da qualidade da água, além de apresentarem riscos de entupimento dos condutores. Isso pode ser evitado com a instalação de dispositivos que dificultem a entrada de resíduos nessas estruturas, como grades e/ou telas.

Durabilidade, resistência à corrosão, apresentar superfície lisa, leve e rígida e não ser afetada por mudanças de temperatura são as principais características que devem ser levadas em consideração no momento de escolha do material de fabricação das calhas (TOMAZ, 2003). Alguns materiais como plástico (PVC), liga de alumínio, chapas galvanizadas e alvenaria ou concreto são exemplos de materiais comumente utilizados na confecção de calhas. No mercado, são facilmente encontradas

calhas pré-fabricadas em PVC. Porém, essas calhas não suportam grandes vazões de água captada. Dessa forma, torna-se necessária a confecção de calhas galvanizadas ou de alvenaria, sob medida.

Entre o transporte da água captada e o reservatório de armazenamento de água, é necessária a instalação de um dispositivo para o descarte da primeira água coletada, conhecido como reservatório de autolimpeza ou reservatório de descarte. Embora ocorra a adoção de medidas que diminuam o carregamento de resíduos das calhas e condutores, como citado anteriormente, a área de contribuição (telhado) pode apresentar diversos resíduos e detritos que podem contaminar a água do reservatório, tais como fezes de animais, folhas e poeira. O primeiro descarte pode evitar também a contaminação da água com componentes prejudiciais ao homem, tais como o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos pelos automóveis e indústrias e muitas vezes depositados sobre as áreas de contribuição.

O dimensionamento do reservatório de descarte depende de diversos fatores, tais como tipo do material utilizado (tanto no telhado, quanto nas calhas e condutores), elementos nocivos comumente presentes na área de contribuição, além de fatores climáticos da região. Existem atualmente diversas regras práticas utilizadas para o cálculo do volume do reservatório de autolimpeza. Segundo Tomaz (2003), é recomendado que os primeiros 1 mm ou 2 mm de chuva sejam descartados por apresentarem uma grande quantidade de bactérias, de acordo com essa regra, portanto, deveriam ser descartados aproximadamente entre 1 L ou 2 L de água por m² de telhado. Já de acordo com Dacach (1990), o volume do reservatório de descarte deverá corresponder entre 0,8 e 1,5 L/m² de superfície de coleta de água de chuva.

Por fim, a manutenção do sistema de captação de água de chuva é um aspecto fundamental a ser considerado. Independentemente da escolha dos materiais e tipos de dispositivos, reservatórios e áreas de contribuição, muitos cuidados devem ser tomados com relação ao uso e aproveitamento da água de chuva:

- A cobertura dos reservatórios deve ser impermeável e deve evitar a entrada de luz para impedir a proliferação de algas e/ou bactérias;
- Os reservatórios, assim como os condutores, devem ser dotados de caixas de inspeção e devem ser limpos, pelo menos, uma vez ao ano para retirada do lodo depositado;
- O sistema não-potável resultante da coleta de águas pluviais não deve, em hipótese alguma, ser misturado ao sistema de água potável;
- As tubulações e demais componentes do sistema não-potável devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável;
- Os pontos de utilização de água não-potável (torneira de jardim, reservatório, tanque etc) devem ser identificados com placas de advertência com identificação gráfica.

3. OBJETIVOS

O objetivo principal do projeto é avaliar se o consumo de água não potável no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos, seria suprido com a capacidade de captação e armazenamento de água de chuva.

Os objetivos específicos do projeto são:

- Caracterização do município de São Carlos e do *Campus I* da USP
- Levantamento de informações técnicas do local de estudo
- Dimensionamento dos componentes do sistema de captação de água de chuva
- Estudo da viabilidade técnica e financeira da proposta de captação e armazenamento de água de chuva no *Campus I*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizado um estudo de algumas informações de base, como a disponibilidade hídrica da região, o consumo de água no local de estudo e a capacidade de coleta dos telhados. Além disso, o dimensionamento do reservatório de armazenamento, do reservatório de descarte e das calhas e condutores foi realizado. A partir dessas informações, foi possível calcular as características necessárias e realizar uma análise de viabilidade técnica e financeira do sistema de captação e utilização de água de chuva para fins não potáveis no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos.

4.1 Caracterização do Município

Foi realizado um levantamento de dados sobre a cidade de São Carlos, onde se localiza o *Campus I*. Esses dados foram obtidos junto à Prefeitura do Município de São Carlos e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.2 Caracterização do Local de Estudo

Para caracterizar o local de estudo, no caso o *Campus I*, levantou-se dados com a Prefeitura do *Campus* USP de São Carlos, com a Escola de Engenharia de São Carlos e por meio do Anuário Estatístico USP 2012.

4.3 Levantamento de informações técnicas

4.3.1 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram coletados junto ao Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH-SP). O município de São Carlos possui 14 postos pluviométricos de acordo com o SIGRH, porém muitos deles não possuem dados relativos a vários anos.

O posto pluviométrico escolhido foi a “Fazenda Santa Bárbara” (Prefixo D4-106), localizado na Bacia do Jacaré-Guaçu na latitude 22°06' e longitude 47°59'. Esse posto é um dos mais próximos ao local do estudo, além de ter a maior disponibilidade de informações pluviométricas e o os dados mais recentes.

Foram coletados os dados referentes às chuvas diárias entre o período de janeiro de 1996 e dezembro de 2006. A partir deles, foram calculadas as médias diárias de chuvas e a média do total acumulado no ano.

4.3.2 Consumo de Água (total e não potável)

Os dados de consumo de água do *Campus I* foram obtidos junto à Prefeitura do *Campus* USP de São Carlos. Os dados fornecidos correspondiam ao período de janeiro de 2010 a junho de 2012. A partir deles, foram calculadas as médias mensais e anual de consumo de água. Devido à variabilidade do consumo de água ao longo do ano, as médias diárias foram calculadas a partir das médias de consumo de cada mês.

Como a Prefeitura do *Campus* não possui informações sobre as parcelas de água para fins potáveis e não potáveis consumidas, buscou-se na literatura formas de estipular o consumo de água não potável com base no consumo total do *campus*. Porém, não se encontrou um método específico aplicado a escolas ou universidades que possa ser utilizado para o cálculo da parcela de água não potável consumida.

Com base em uma análise dos usos preponderantes da água no *campus* e através de uma comparação com exemplos presentes na literatura, adotou-se um coeficiente de 40% do consumo para o atendimento da demanda de água para fins não potáveis, tais como, descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, ruas e calçadas, e rega de jardins. Com base nesse coeficiente, foi então calculado o consumo médio diário de água para fins não potáveis no *campus*. Portanto, para o cálculo do consumo diário de água não potável, multiplicou-se as médias diárias de consumo de água total de cada mês pelo coeficiente 0,4.

4.3.3 Determinação da Área dos Telhados

Através de uma análise da planta baixa do *Campus I* e das plantas baixas dos prédios do *campus* foi possível selecionar os edifícios segundo os seguintes critérios: maiores áreas de telhado para captação de água de chuva e maiores demandas por água não potável (prédios com o maior número de banheiros e circulação de pessoas, com maiores áreas para limpeza e com maior proximidade a jardins).

Uma seleção dos prédios foi realizada porque, devido ao grande número de edificações no *Campus I*, seria inviável técnica e financeiramente projetar sistemas de captação de água de chuva para todos eles. Foram então selecionados 30 prédios de acordo com os critérios estabelecidos acima e calculadas as respectivas áreas dos telhados (correspondente à projeção na horizontal da superfície impermeável da cobertura) e a soma de todos eles. Para isso utilizou-se o do *software* AutoCAD.

4.3.4 Determinação do Potencial de Captação

A partir do coeficiente de *runoff* dos telhados, foi calculado o volume de água captável por dia por todos os telhados selecionados através da fórmula: $V = AxPxR$, onde V = o volume de água captável por dia (m^3); A = a área da soma dos telhados (m^2); P = a média pluviométrica diária (m); e R = o coeficiente *runoff*.

4.4 Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento

Com os dados pluviométricos, de consumo de água e potencial de captação dos telhados coletados e com a utilização de um método para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial, foi possível avaliar a viabilidade da construção do sistema de coleta e armazenamento de água de chuva para o *Campus I*.

O método escolhido foi o Método da Simulação do Balanço Hídrico, um dos métodos presentes na Norma Brasileira ABNT NBR 15527/07. Ele consiste em um balanço de massas pela contabilização de entradas e saídas do reservatório, desconsiderando a evaporação da

água da chuva. A equação da continuidade é aplicada a um reservatório finito. Para colocar em prática esse método, utiliza-se a seguinte equação: $S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$, onde:

$S(t)$ = volume de água no reservatório no tempo 't';

$S(t-1)$ = volume de água no reservatório no tempo 't - 1';

$Q(t)$ = entrada de água dada pelo volume captado $V (AxPxR)$;

$D(t)$ = demanda ou consumo no tempo 't';

Para a aplicação desse método foi desenvolvida uma planilha no *software* Excel com o objetivo de estimar o volume do reservatório mais adequado com base no histórico de chuvas diárias do local. Desse modo, o balanço entre precipitação e demanda é realizado diariamente, ou seja, para cada registro de precipitação é feito uma simulação da variação do volume do reservatório.

A obtenção do balanço diário do reservatório indica se a demanda diária foi atendida ou não, retornando na planilha um resultado de “*sobra*” se a demanda solicitada foi atendida, ou “*falta*” se a quantidade de água no reservatório não foi suficiente para a demanda solicitada. Dessa maneira, calculou-se um percentual de atendimento da demanda, expresso em porcentagem, que representa o grau de confiança do sistema, ou seja, em que parcela dos dias do ano a demanda foi suprida pelo sistema de captação de água de chuva.

4.5 Dimensionamento do Sistema de Coleta

Após o volume do reservatório de armazenamento ser calculado através do Método da Simulação do Balanço Hídrico, se faz necessário o dimensionamento dos outros componentes do sistema.

4.5.1 Reservatório de Descarte

A higienização do telhado, ou seja, o descarte das primeiras águas escoadas sobre o telhado realizado com o objetivo de assegurar que o reservatório não seja contaminado por detritos depositados na superfície de coleta de água de chuva, deve contar com um reservatório de autolimpeza, ou reservatório de descarte. Para o dimensionamento deste reservatório, se faz necessário considerar um cenário crítico. Todas as vezes em que chover, mesmo que em dias consecutivos, as primeiras águas escoadas deverão ser descartadas. Isso deverá acontecer devido à incerteza da ocorrência de chuvas e a dificuldade de enumeração da quantidade de vezes que se faz necessário a higienização do telhado. O volume do reservatório de descarte deverá corresponder entre 0,8 e 1,5 L/m² de superfície de coleta de água de chuva (Dacach, 1990). Para o cálculo do volume de descarte de água de lavagem deste estudo, considerou-se o volume mínimo exigido, ou seja, 0,8 L por metro quadrado de telhado. Esse valor foi escolhido para que os reservatórios de descarte não fossem superdimensionados. Além disso, de acordo com as recomendações do The Texas Manual on Rainwater Harvesting (1997), o reservatório de autolimpeza deverá ser esvaziado, sendo seu conteúdo direcionado para a rede pluvial através de um orifício de descarte alcançando o esvaziamento total em três dias.

4.5.2 Calhas, Condutores Horizontais e Verticais

Para o dimensionamento das calhas e condutores foram utilizados os métodos da Norma Brasileira ABNT NBR 10844/89 sobre instalações prediais de águas pluviais. Para o cálculo da vazão, foi utilizada a seguinte equação (Equação 1):

$$Q = \frac{i \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q=vazão do projeto (L/min)

I=intensidade pluviométrica (mm/h)

A=área de contribuição (m²)

A área de contribuição é a área referente à área da superfície de coleta de água de chuva (telhado) de cada edifício selecionado, já a intensidade pluviométrica (I) pode ser encontrada na norma NBR 10844/89.

Pela Figura 4.1, para uma chuva intensa de 5 minutos de duração e período de retorno (Tr) de 5 anos para a cidade de São Carlos, I= 178 mm/h. A duração da precipitação é fixada pela norma, já o período de retorno é definido, de acordo com a norma, segunda às características da área a ser drenada. Por se tratar de uma cobertura (telhado), Tr= 5 anos.

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152(7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152(18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204(21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161(10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167(18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152(15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152(21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253(21)
79 - São Paulo/SP			

Figura 4.1 – Intensidade pluviométrica para o projeto de calhas
Fonte - Adaptado da ABNT (1989)

Posteriormente foram dimensionadas as calhas. Para isso foram utilizados dois métodos diferentes, um de acordo com a fórmula de Manning-Strickler (Equação 2) e outro pela utilização da Tabela 4.2 – Capacidade de calhas semicirculares.

$$Q = K \frac{S}{n} Rh^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

S = área da seção molhada (m²)

n = coeficiente de rugosidade (adimensional)

Rh = raio hidráulico (m)

i = declividade da calha (m/m)

K= 60.000

Tabela 4.1 – Coeficientes de rugosidade de calhas

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte – ABNT (1989)

Tabela 4.2 – Capacidade, em L/min, de calhas semicirculares (n=0,011)

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte – ABNT (1989)

Existem diversos métodos para o dimensionamento dos coletores de águas pluviais. Os condutores horizontais e verticais desse sistema foram projetados a partir das tabelas 4.3 e 4.4, de acordo com norma ABNT (1989) e Botelho e Ribeiro (1998), respectivamente.

Os condutores horizontais devem ser projetados, de preferência, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo.

Tabela 4.3 – Capacidade, em L/min, de condutores horizontais de seção circular (n=0,011)

Diâmetro interno (mm)	Declividade			
	0,5%	1%	2%	4%
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com altura de lâmina de água igual a 2/3D.

Fonte - Adaptado da ABNT (1989)

Os condutores verticais podem ser colocados tanto interna como externamente ao edifício, dependendo para isso, dos parâmetro do projeto (material dos condutores; uso e ocupação do edifício; disponibilidade financeira). Esses condutores são ligados na sua extremidade superior a uma calha e na sua extremidade inferior ao condutor horizontal. De acordo com a NBR 10844/89, devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada e, quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, e devem ser previstas peças de inspeção.

Tabela 4.4 – Capacidade de condutores verticais de seção circular

Diâmetro interno (mm)	Vazão (L/min)
50	34,2
100	226,8
125	420,0
150	691,8
200	1510,8

Fonte - Adaptado de Botelho e Ribeiro (1998)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os principais resultados obtidos durante a realização da primeira etapa do projeto.

5.1 Caracterização do Município

São Carlos é um município do interior do estado de São Paulo localizado na região central do estado, a aproximadamente 230 quilômetros de distância da capital São Paulo. Encontra-se entre os meridianos 47° 30' e 48°30' de longitude oeste e entre os paralelos de latitude sul, 21° 30' e 22° 30', a uma altitude média de aproximadamente 860 metros em relação ao nível do mar. São Carlos faz divida com os municípios de Américo Brasiliense, Analândia, Araraquara, Brotas, Descalvado, Ibaté, Itirapina, Luís Antônio, Ribeirão Bonito, Rincão e Santa Lúcia. Na Figura 5.1 pode-se observar em destaque a localização do município.



Figura 5.1 – Município de São Carlos
Fonte – Abreu (2012)

Segundo dados do IBGE (2010), a cidade possui uma população de 221.936 habitantes, sendo 96% desse total urbana e apenas 4% rural. Porém, somente 6% de seu

território (67,25 km²) de um total de 1141 km² corresponde à área urbana. Devido a presença de grandes universidades e empresas no município, a Prefeitura Municipal de São Carlos estima que mais de 20 mil habitantes corresponda à população flutuante.

A cidade possui clima tropical de altitude (Cwa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger) apresentado verões quentes e úmidos com chuvas de verão e invernos secos. A temperatura média anual é de 21,5 ° C com umidade relativa do ar média de aproximadamente 76% no verão e 54% no inverno. De acordo com o CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura), a precipitação média anual do município é de 1422,8 mm.

De acordo com o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 100% da população conta com rede de abastecimento de água e 98% com rede de coleta de esgoto, sendo que 100% do esgoto coletado é tratado.

Com um PIB *per capita* de R\$ 20.519,06 e um PIB total de R\$ 4.523.693 mil (IBGE, 2010) São Carlos é a 102^a cidade mais rica do país em relação ao PIB. Porém, devido à desigualdade na distribuição de renda, a cidade possui alguns bairros marginalizados e com deficiências estruturais.

O município apresenta um perfil industrial ativo com unidades de produção de diversas multinacionais. Entretanto, a produção agrícola é também uma importante atividade econômica da cidade, principalmente a produção de leite e laticínios, cana-de-açúcar e laranja.

Além das empresas e centros tecnológicos, São Carlos destaca-se pela presença de instituições de pesquisa voltadas à alta tecnologia. Duas das mais importantes universidades do país possuem *campi* na cidade: a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e a Universidade de São Paulo. Além dessas duas universidades, São Carlos possui duas unidades de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e um centro universitário (UNICEP).

5.2 Caracterização do Local de Estudo

O *Campus I* da Universidade de São Paulo, em São Carlos está localizado na Avenida Trabalhador São-Carlense, número 400. Construído na região central do município de São Carlos, o *Campus* iniciou suas atividades em 1956, após a Escola de Engenharia de São Carlos, ser transferida do prédio que hoje abriga o Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) para o presente local. As atividades foram então se multiplicando e novas unidades de ensino foram criadas ao longo dos anos. Em 2001, devido ao crescimento da estrutura e à limitação física do *Campus*, uma nova área foi incorporada à USP – São Carlos, o *Campus II*, que passou a receber atividades acadêmicas a partir de 2005.

Hoje em dia a USP – São Carlos é formada por cinco unidades de ensino (Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC, Instituto de Física de São Carlos - IFSC e Instituto de Química de São Carlos - IQSC), a Prefeitura do Campus, o Centro de Informática de São Carlos (CISC), o Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC), entre outros órgãos e serviços. De acordo com dados do serviço de graduação da USP (2014), o *Campus* de São Carlos oferece atualmente 23 cursos de graduação, 18 programas de pós-graduação e possui 5081 alunos de graduação, 2731 de pós-graduação, 522 professores e 1211 funcionários.

Embora conte com dois *campi*, a USP – São Carlos concentra suas atividades no *Campus I*. Cerca de 80% dos alunos, professores e funcionários, estudam, lecionam ou realizam a maior parte de suas atividades no *Campus I* da USP – São Carlos. Além disso, como o *Campus II* não apresenta infraestrutura suficiente para suprir todas as necessidades das pessoas que o frequentam. Por isso, todos os alunos, professores e funcionários da USP – São Carlos precisam utilizar o *Campus I* e sua infraestrutura.

Segundo o Anuário Estatístico USP 2012, o *Campus I* apresenta uma área construída de 140.723,00 m² e área total de 321.457,00 m². O *campus* possui dezenas de edificações que

abrigam salas de aula, anfiteatros, laboratórios, bibliotecas, salas de professores, áreas administrativas, áreas esportivas, moradias estudantis, refeitório, entre outras coisas.

Os dados obtidos foram fundamentais para os cálculos realizados na avaliação da viabilidade técnica do sistema de captação de água de chuva no *campus*. Dados como, o número de estudantes, funcionários e professores foram muito importantes para a análise do consumo de água (total e não potável) no *campus*. A localização, planta do *campus* e área construída e total foram indispensáveis para a localização e os cálculos dos reservatórios e da capacidade de captação de água de chuva do local de estudo.

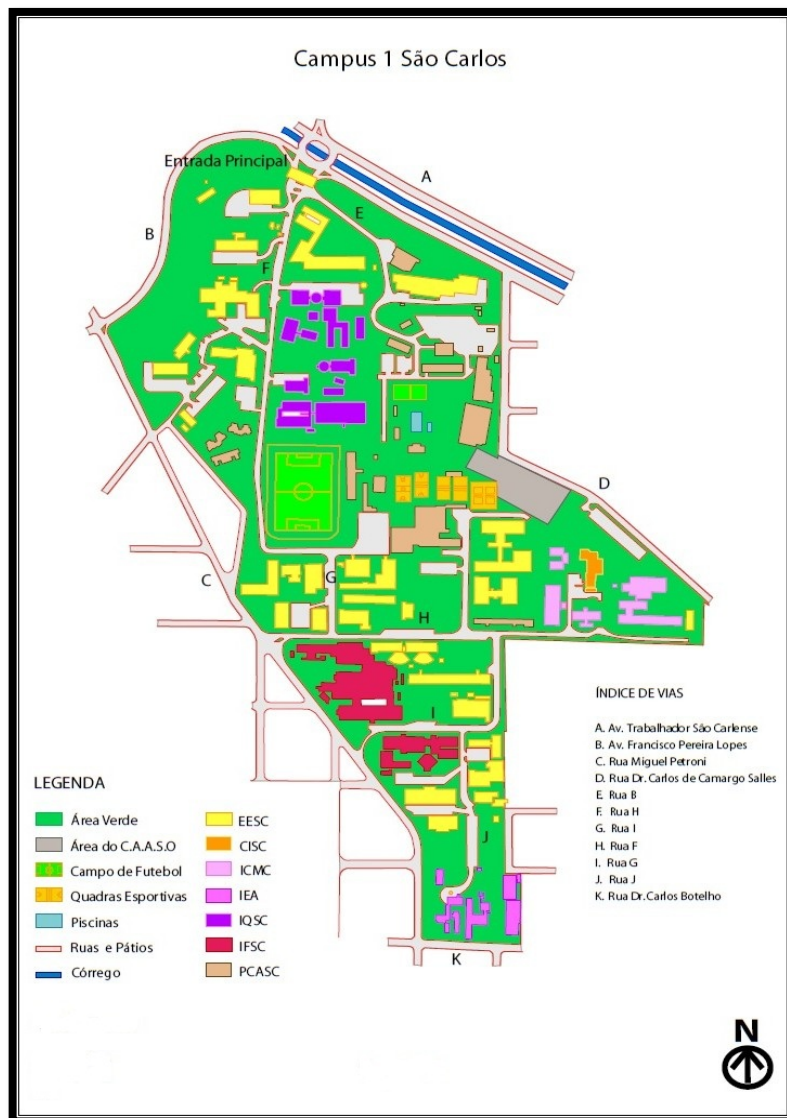


Figura 5.2 – Campus I, da USP, São Carlos
 Fonte - PUSP-SC (2012)

5.3 Levantamento de informações técnicas

Os dados pluviométricos e de consumo servem de base para o dimensionamento do sistema de captação de água de chuva. Através dos dados obtidos, pode-se observar a variação pluviométrica e de consumo ao longo do ano.

5.3.1 Dados Pluviométricos

As médias diárias de chuvas do período de janeiro de 1996 a dezembro de 2006 para o posto pluviométrico D4-106 estão apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 5.1 – Médias pluviométricas diárias de janeiro, fevereiro e março

	Janeiro	Fevereiro	Março
Dia	Média (mm)	Média (mm)	Média (mm)
01	5,52	2,89	5,16
02	11,65	7,86	6,86
03	19,43	5,66	6,47
04	13,74	3,92	10,67
05	12,96	2,57	1,96
06	18,15	3,51	1,07
07	22,35	4,57	2,70
08	11,30	9,20	15,40
09	20,74	10,14	0,00
10	14,28	9,06	2,60
11	6,91	15,12	7,14
12	12,77	14,70	9,41
13	11,76	21,33	4,52
14	16,44	10,76	2,24
15	4,81	5,75	10,34
16	1,59	16,51	9,45
17	5,28	4,01	4,27
18	3,48	0,57	2,32
19	7,79	3,88	1,02
20	4,27	8,24	3,92
21	7,86	6,37	5,34
22	11,06	13,93	3,58
23	4,14	6,55	5,23
24	10,44	6,29	3,79
25	8,01	10,15	6,55
26	13,89	10,05	1,41
27	8,39	6,05	4,20
28	10,01	5,93	7,75
29	16,30	6,95	7,37
30	9,87		7,23
31	21,57		9,61

Tabela 5.2 – Médias pluviométricas diárias de abril, maio e junho

	Abril	Maio	Junho
Dia	Média (mm)	Média (mm)	Média (mm)
01	1,86	0,00	0,48
02	7,68	0,00	0,00
03	0,00	0,97	1,41
04	0,06	4,17	2,76
05	5,44	3,40	1,06
06	2,26	9,88	0,61
07	6,01	6,10	0,00
08	0,62	0,98	0,00
09	0,00	0,00	0,45
10	3,10	0,00	0,00
11	3,05	3,63	1,03
12	0,98	3,45	0,00
13	0,00	1,53	0,00
14	3,03	7,67	2,83
15	4,14	1,59	2,54
16	3,25	3,38	3,42
17	1,14	5,32	0,00
18	0,92	0,20	0,00
19	1,82	0,00	3,73
20	4,43	2,57	0,74
21	0,00	2,95	1,98
22	8,05	4,11	0,00
23	0,18	3,05	0,00
24	0,00	2,69	0,00
25	0,00	6,20	0,00
26	1,35	3,26	0,12
27	0,00	2,76	2,88
28	4,33	1,65	1,32
29	0,67	4,73	2,32
30	0,27	7,71	0,66
31		0,00	

Tabela 5.3 – Médias pluviométricas diárias de julho agosto e setembro

	Julho	Agosto	Setembro
Dia	Média (mm)	Média (mm)	Média (mm)
01	0,00	2,68	4,63
02	0,16	0,94	5,50
03	0,00	2,21	3,84
04	0,00	0,27	1,82
05	0,00	0,56	3,13
06	0,45	0,00	0,62
07	0,00	0,31	0,00
08	0,00	1,00	4,65
09	0,32	0,82	5,11
10	0,12	2,05	4,30
11	0,44	0,91	0,34
12	0,85	0,00	7,90
13	0,00	0,00	0,94
14	0,00	0,00	1,89
15	2,27	0,75	4,89
16	0,00	0,63	2,75
17	0,00	0,59	3,75
18	0,00	0,00	3,24
19	1,00	0,00	0,00
20	3,05	0,00	4,15
21	2,62	0,00	4,07
22	2,62	0,00	0,06
23	0,00	1,23	0,79
24	0,00	0,00	0,49
25	0,22	1,51	0,70
26	1,05	0,61	2,41
27	0,00	2,97	1,54
28	0,24	1,14	1,00
29	0,00	3,46	2,89
30	0,00	1,64	0,45
31	2,28	0,68	

Tabela 5.4 – Médias pluviométricas diárias de outubro, novembro e dezembro

	Outubro	Novembro	Dezembro
Dia	Média (mm)	Média (mm)	Média (mm)
01	3,60	0,00	6,30
02	9,07	1,28	3,05
03	4,93	2,62	7,55
04	2,29	0,00	6,44
05	0,52	5,01	5,59
06	2,62	0,88	6,47
07	5,88	4,79	8,43
08	8,93	2,63	10,85
09	4,01	0,42	7,89
10	1,05	0,78	18,11
11	5,57	2,33	4,55
12	2,57	14,47	8,00
13	0,37	4,71	5,13
14	0,28	8,05	9,14
15	1,21	7,03	6,62
16	5,17	8,05	10,19
17	6,93	6,91	18,66
18	4,73	16,28	8,39
19	2,62	14,25	9,69
20	2,83	8,90	2,48
21	0,00	7,55	8,66
22	3,46	4,22	8,48
23	0,00	0,98	4,63
24	7,17	1,35	10,69
25	1,10	3,43	4,27
26	6,08	8,91	7,51
27	5,98	11,53	8,71
28	2,28	9,76	2,95
29	2,61	5,99	11,14
30	2,18	5,40	7,03
31	1,90		3,19

5.3.2 Consumo de Água (total e não potável)

A Tabela 5.5 apresenta os valores de consumo de água no *Campus I* para os anos de 2010, 2011 e 2012. Ela apresenta também as médias mensais e diárias de consumo de água. Já a Tabela 5.6 mostra o consumo de água não potável calculado com base na metodologia descrita no item 4.3.2 deste relatório.

Tabela 5.5 – Consumo de água no *Campus I*

Mês	Consumo (m ³)			Consumo Médio (m ³)	Consumo Médio diário (m ³)
	2010	2011	2012		
Janeiro	8545	8700	11768	9671	311,97
Fevereiro	8419	9907	11143	9823	338,72
Março	11115	9449	13310	11291	364,24
Abril	11343	13145	15141	13210	440,32
Mai	12889	11137	15556	13194	425,61
Junho	12366	14627	16501	14498	483,27
Julho	14420	14462	-	14441	465,84
Agosto	12594	14026	-	13310	429,35
Setembro	15113	15248	-	15181	506,02
Outubro	13490	16867	-	15179	489,63
Novembro	11299	13091	-	12195	406,50
Dezembro	13786	15190	-	14488	467,35

Tabela 5.6 – Consumo de água não potável no *Campus I*

Mês	Consumo Médio diário de água não potável (m ³)
Janeiro	124,79
Fevereiro	135,49
Março	145,69
Abril	176,13
Mai	170,25
Junho	193,31
Julho	186,34
Agosto	171,74
Setembro	202,41
Outubro	195,85
Novembro	162,60
Dezembro	186,94

5.3.3 Determinação da Área dos Telhados

As áreas dos telhados de todos os prédios selecionados são apresentadas na Tabela 5.7. A área total aproximada correspondente à soma das áreas de todos os prédios é igual a 40.066 m².

Tabela 5.7 – Áreas dos telhados dos prédios do *Campus I*

Prédio	Área (m²)
Depto. Arquitetura	2535
Depto. Estruturas	1996
Depto. Transportes	1365
Depto. Geotecnia	778
Depto. Eletricidade	1047
Depto. Hidráulica	528
Depto. Eng. Mecatrônica	1251
Depto. Eng. Mecânica	1070
Bloco E-1	1204
Laboratório S.H.S.	959
Laboratório S.E.M.	1235
LaMEN	900
Biblioteca Central	1860
Bloco B (Salas de Aula)	998
Bloco D (Salas de Aula)	1046
Almoxarifado/ Marcenaria	2198
Veículos Oficiais (Garagem)	770
Ginásio de Esportes	1797
Lab. Didáticos (IQSC)	1282
Salas de Professores (IQSC)	1701
Prédio Administrativo (IQSC)	770
Laboratórios Crom./Crist. (IQSC)	1112
Prédio Administrativo (IFSC)	1566
Administração (ICMC)	2488
Biblioteca (ICMC)	770
CISC (ICMC)	1020
Lab. de Ensino (ICMC)	892
Salas de Aula (ICMC)	640
CAASO/ Restaurante	3662
Moradia Estudantil (Bloco A)	626

5.3.4 Determinação do Potencial de Captação

As telhas utilizadas nas edificações selecionadas da universidade são de fibrocimento (R entre 0,7 e 0,85) e de cerâmica (R entre 0,8 e 0,9). Assim, o coeficiente de *runoff* escolhido foi de 0,85.

5.4 Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento

A Tabela 5.8 mostra o enunciado da tabela utilizada para fazer os cálculos do dimensionamento do sistema, através da Simulação do Balanço Hídrico, contida no anexo A.

Tabela 5.8 – Cabeçalho da Tabela A, presente no Anexo A, utilizada para fazer os cálculos

Mês	Dia	Índices pluviométricos (m)	Área da superfície de coleta (m)	Consumo de água não potável (m ³)	Coefficiente de <i>runoff</i>	Volume captável (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume de água no reservatório no começo do dia (m ³)	Volume de água no reservatório no fim do dia (m ³)
-----	-----	----------------------------	----------------------------------	---	-------------------------------	-----------------------------------	--	---	--

Para utilizar a metodologia de Simulação do Balanço Hídrico, empregaram-se as informações disponibilizadas anteriormente, tais como as médias pluviométricas, o consumo diário de água, o coeficiente *runoff* e a área de coleta de chuva, como mostrado na Tabela 5.8.

O método exige que o volume do reservatório seja escolhido. Observando a confiança do sistema (coeficiente de segurança) próxima de 50%, como recomendado por estudos anteriores, escolheu-se um reservatório de 300 m³. Como um reservatório com estas dimensões seria inviável na área do *campus*, propõe-se que este volume seja dividido em trinta reservatórios, sendo que cada edificação de coleta de água pluvial teria um reservatório.

Com isso, obteve-se que o reservatório de cada prédio possuiria um volume de 10 m³ e que de acordo com os cálculos realizados através do método, em 45% dos dias do ano supriria as necessidades do consumo de água para os fins não potáveis. De forma, a captação e o armazenamento de água de chuva no *campus* seria capaz de fornecer água para fins não

potáveis suficiente para suprir a demanda diária em aproximadamente metade dos dias durante o ano.

Selecionou-se quais seriam essas edificações a partir do tamanho da área dos telhados, da disponibilidade de área para instalar o reservatório e a proximidade do consumo. Assim, os edifícios escolhidos podem ser visualizados na Figura 5.3.

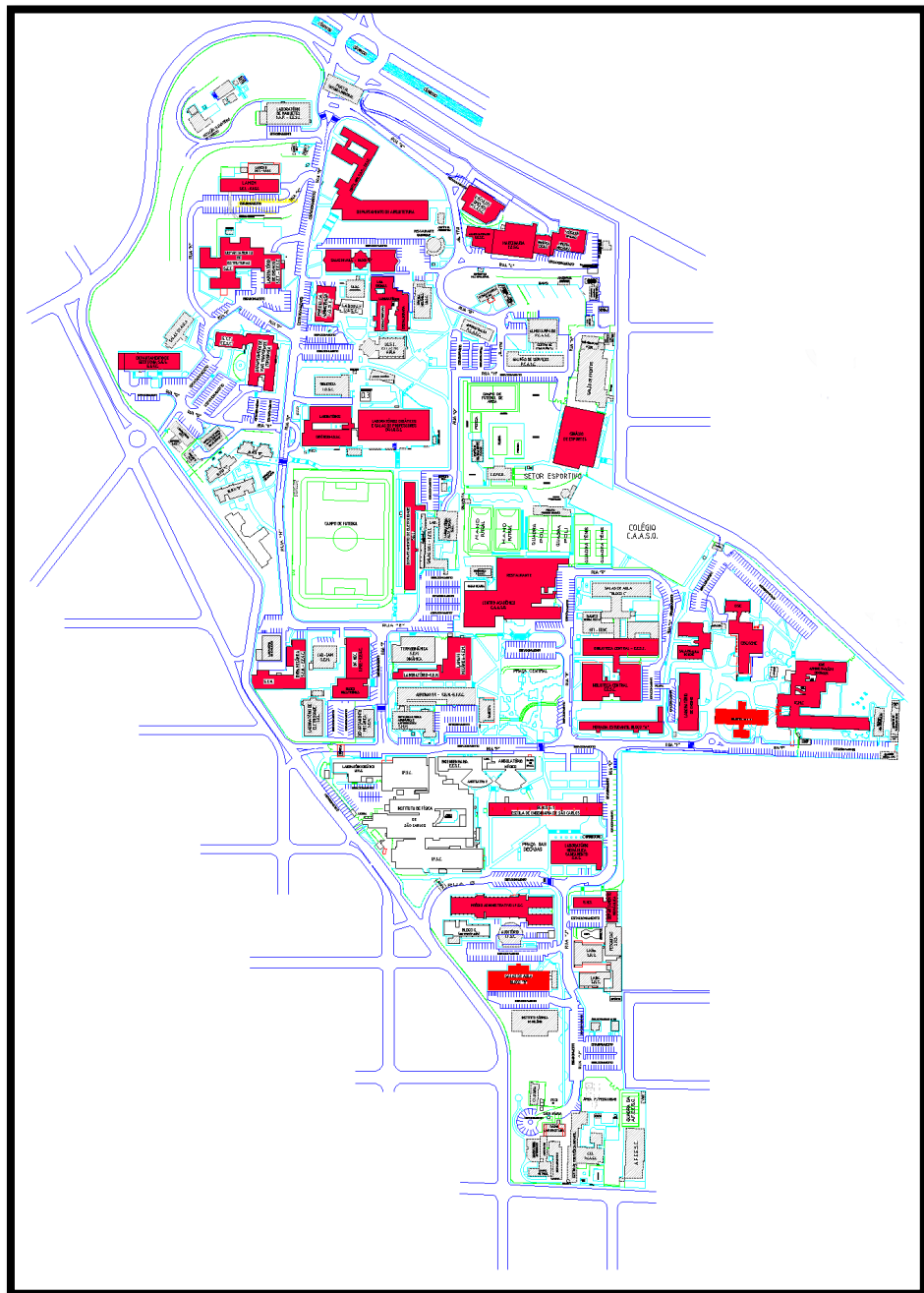


Figura 5.3 – Mapa do Campus I com destaque (em vermelho) para os edifícios selecionados

Um reservatório comercial com 10 m³ de volume significa em reservatório com diâmetro de 2,5 m e altura de 3 m. Os edifícios que foram selecionados possuem disponibilidade de espaço em seu entorno para alocar um reservatório com essas dimensões.

5.5 Dimensionamento do Sistema de Coleta

O estudo realizado indica a construção de um sistema de captação de água de chuva em trinta edifícios do *Campus I*. Como o procedimento de dimensionamento realizado é o mesmo para todos os prédios, serão demonstrados nesse tópico o dimensionamento dos sistemas para dois edifícios, um de porte menor e outro de porte maior. O dimensionamento dos outros edifícios pode ser realizado de maneira análoga, alterando-se apenas algumas variáveis durante os cálculos.

5.5.1 Edifício de porte pequeno: Depto. de Geotecnia (Área captável = 778 m²)

Reservatório de descarte: Como explicado nos Materiais e Métodos, para o cálculo do volume de descarte de água de lavagem deste estudo, considerou-se 0,8 L por metro quadrado de telhado, ou seja, o volume do reservatório de descarte deverá corresponder a 622 L ou 0,622 m³.

Calhas: No dimensionamento, adotou-se a intensidade pluviométrica (I) de 178 mm/h. Desse modo, utilizando a equação 1 e considerando a área de contribuição igual a 778 m², a vazão de projeto (Q_p) encontrada para esse edifício foi de 2308 L/min.

$$Q = \frac{i \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 1}) \quad Q_p = 2308 \text{ L/min}$$

Para o dimensionamento das calhas, admitiu-se que a vazão será escoada simultaneamente em duas calhas, uma situada em cada lado do telhado, dividindo dessa forma a vazão de projeto por dois, ou seja, 1154 L/min por calha. Considerando uma calha retangular de 15 cm de largura por 15 cm de altura, a partir da fórmula de Manning-Strickler, verificou-se que a vazão suportada por essa calha é suficiente para a vazão de projeto encontrada.

$$Q_p' = 1154 \text{ L/min}$$

$$Q = K \frac{S}{n} Rh^{2/3} i^{1/2} = 1665 \text{ L/min}$$

Onde:

$$S = 0,0225 \text{ m}^2$$

$$n = 0,011 \text{ (tabela ABNT)}$$

$$Rh = \text{Área molhada} / \text{Perímetro molhado} = 0,0225 / 0,45 = 0,05 \text{ m}$$

$$i = 1\% \text{ ou } 0,01 \text{ m/m}$$

$$K = 60.000$$

A calha dimensionada pela equação anterior é uma calha retangular, galvanizada ou constituída de alguma liga metálica, que dificilmente será encontrada no mercado e por esse motivo deverá ser feita sob medida. Como as calhas e condutores circulares e semicirculares têm sido reconhecidos como elementos de transporte de água mais eficientes e por serem encontrados mais facilmente no mercado, as calhas foram também dimensionadas de acordo com a Tabela 4.2 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$.

De acordo com a Tabela 4.2, verificou-se que uma calha semicircular de PVC ($n=0,011$) com diâmetro interno de 200 mm e declividade de 2% é suficiente para escoar uma vazão de 1634 L/min, ou seja, capaz de escoar a vazão de projeto calculada (1154 L/min, equivalente a vazão de projeto total dividida por dois). Dessa forma, podem ser adotados dois sistemas de calhas semicirculares de PVC com diâmetro interno de 200 mm e declividade de 2% , um localizado em cada lado do telhado, atendendo simultaneamente a vazão de projeto.

Condutores horizontais e verticais: No dimensionamento dos condutores, assim como no dimensionamento das calhas, a vazão foi dividida por dois. Considerando, portanto, a vazão de 1154 L/min e utilizando as tabelas 4.3 e 4.4, como descrito nos Materiais e Métodos, o diâmetro necessário encontrado nas tabelas para escoar essa vazão é o diâmetro de 200 mm, tanto para o condutor horizontal, quanto para o vertical. Ambos os coletores serão de PVC ($n=0,011$) e a declividade do condutor horizontal será de 0,5%.

5.5.2 Edifício de porte grande: Depto. de Estruturas (Área captável = 1996 m²)

Reservatório de descarte: Assim como no cálculo do edifício anterior, para o dimensionamento do reservatório de descarte considerou-se 0,8 L por metro quadrado de telhado, ou seja, o volume do reservatório de descarte deverá corresponder a 1596,8 L ou aproximadamente 1,6 m³.

Calhas: No dimensionamento, adotou-se a intensidade pluviométrica (I) de 178 mm/h. Desse modo, utilizando a equação 1 e considerando a área de contribuição igual a 1996 m², a vazão de projeto (Q_p) encontrada para esse edifício foi de 5922 L/min.

$$Q = \frac{i \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 1}) \quad Q_p = 5922 \text{ L/min}$$

A vazão desse edifício será escoada simultaneamente em quatro calhas, dividindo dessa forma a vazão de projeto por quatro, ou seja, 1480,5 L/min por calha (Q_p'). Considerando uma calha retangular de 15 cm de largura por 15 cm de altura, a partir da fórmula de Manning-Strickler, verificou-se que a vazão suportada por essa calha é suficiente para a vazão de projeto encontrada.

$$Q_p' = 1480,5 \text{ L/min}$$

$$Q = K \frac{S}{n} R h^{2/3} i^{1/2} = 1665 \text{ L/min}$$

Onde:

$$S = 0,0225 \text{ m}^2$$

$$n = 0,011 \text{ (tabela ABNT)}$$

$$R_h = \text{Área molhada} / \text{Perímetro molhado} = 0,0225 / 0,45 = 0,05 \text{ m}$$

$$i = 1\% \text{ ou } 0,01 \text{ m/m}$$

$$K = 60.000$$

Assim como no dimensionamento do prédio de porte menor, as calhas foram também dimensionadas de acordo com a Tabela 4.2 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$. Verificou-se que uma calha semicircular de PVC ($n=0,011$) com diâmetro interno de 200 mm e declividade de 2% é suficiente para escoar uma vazão de 1634 L/min, ou seja, capaz de escoar a vazão de projeto calculada (1480,5 L/min, equivalente a vazão de projeto total dividida por quatro). Dessa forma, podem ser adotados quatro sistemas de calhas semicirculares de PVC com diâmetro interno de 200 mm e declividade de 2%, atendendo assim a vazão de projeto.

Condutores verticais e horizontais: No dimensionamento dos condutores, assim como no dimensionamento das calhas, a vazão foi dividida por quatro. Considerando, portanto, a vazão de 1480,5 L/min e utilizando as tabelas 4.3 e 4.4, como descrito nos Materiais e Métodos, o diâmetro necessário encontrado nas tabelas para escoar essa vazão é o diâmetro de 200 mm, tanto para o condutor horizontal, quanto para o vertical. Ambos os coletores serão de PVC ($n=0,011$) e a declividade do condutor horizontal será de 1 %.

5.6 Estimativa de Custos

O cálculo do investimento necessário para a construção do sistema de captação e armazenamento de água de chuva é de extrema importância para a avaliação de viabilidade financeira do projeto. As Tabelas 5.9 e 5.10 apresentam as descrições e valores dos elementos necessários e da mão de obra para a construção do sistema na edificação menor (Depto. de Geotecnia) e na edificação maior (Depto. de Estruturas), respectivamente.

Os valores dos produtos e serviços foram obtidos em lojas de construção civil e com profissionais do ramo. Os elementos necessários para a construção do sistema de cada prédio e as suas respectivas quantidades foram baseadas em projetos de captação de água de chuva similares e levando em consideração os parâmetros de projeto calculados pela pesquisa e alguns aspectos estruturais dos prédios em questão. Portanto, o valor do orçamento referente a cada um dos prédios é apenas uma estimativa.

Tabela 5.9 – Descrição dos elementos necessários para a construção do sistema de captação e armazenamento de água de chuva no prédio de porte pequeno e os valores correspondentes (ano base – 2014)

Quantidade	Produto	Preço (Unitário)	Preço (Total)
35	Calha PVC pluvial semicircular (D=200mm/ L=3m)	R\$ 70,00	R\$ 2450,00
5	Tubo PVC barra circular (D=200mm/ L=6m)	R\$220,00	R\$ 1100,00
-	Outros dispositivos (curvas, braçadeiras, adaptadores)	-	R\$ 3000,00
1	Reservatório de descarte de polietileno 750 litros	R\$ 450,00	R\$ 450,00
1	Cisterna de polietileno 10 m ³ (2,24 x 3,22m)	R\$ 6000,00	R\$ 6000,00
-	Mão de obra (c/ ferramentas e máquinas necessárias)	-	R\$ 4000,00
TOTAL		R\$	17000,00

Tabela 5.10 – Descrição dos elementos necessários para a construção do sistema de captação e armazenamento de água de chuva no prédio de porte grande e os valores correspondentes (ano base – 2014)

Quantidade	Produto	Preço (Unitário)	Preço (Total)
100	Calha PVC pluvial semicircular (D=200mm/ L=3m)	R\$ 70,00	R\$ 7000,00
12	Tubo PVC barra circular (D=200mm/ L=6m)	R\$220,00	R\$ 2640,00
-	Outros dispositivos (curvas, braçadeiras, adaptadores)	-	R\$ 5000,00
1	Reservatório de descarte de polietileno 1500 litros	R\$ 660,00	R\$ 660,00
1	Cisterna de polietileno 10 m ³ (2,24 x 3,22m)	R\$ 6000,00	R\$ 6000,00
-	Mão de obra (c/ ferramentas e máquinas necessárias)	-	R\$ 6000,00
TOTAL		R\$	27300,00

O projeto proposto prevê a construção de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em trinta edifícios do *Campus I* da USP em São Carlos. Durante a realização desse projeto, foram dimensionados e orçados os sistemas para dois desses prédios, um de porte menor e outro de porte maior. Observando as dimensões dos prédios selecionados (Tabela 5.7) é possível verificar que aproximadamente metade desses edifícios possuem tamanho pequeno e a outra metade tamanho médio ou grande.

Dessa forma, para o cálculo do investimento necessário para a implantação dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em todos os prédios selecionados pelo projeto foi realizada uma aproximação. Assim, o investimento total foi calculado levando em consideração que quinze desses edifícios teriam um gasto igual ao estipulado pela Tabela 5.9 (investimento necessário para o prédio menor) e quinze teriam um gasto igual ao estipulado pela Tabela 5.10 (investimento necessário para o prédio maior). Através desses cálculos foi possível chegar a um valor aproximado de R\$ 665.000,00. Vale ressaltar que esta é apenas uma estimativa do valor total necessário para a implantação do sistema.

Porém, é preciso destacar que o investimento calculado se refere apenas ao custo necessário para a implantação do sistema de coleta e armazenamento de água de chuva. Essa estimativa de custos, portanto, não inclui os gastos necessários para as adaptações internas dos prédios com as instalações para o uso da água captada. Como cada prédio possui usos e características muito diversas, esse estudo e cálculo das adaptações internas para o uso da água captada deverá ser feito futuramente para cada prédio individualmente.

5.7 Análise de viabilidade técnica e financeira

Através da metodologia de Simulação do Balanço Hídrico e do dimensionamento do sistema, foi possível concluir que um sistema de captação e armazenamento de água chuva a ser implantado no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos seria viável do ponto de vista técnico. Esse sistema contaria com 30 reservatórios de 10 m³ e supriria as necessidades do consumo de água para os fins não potáveis do *campus* em aproximadamente 45% dos dias do ano.

O sistema proposto prevê a utilização da água não potável (captada e armazenada) para usos como rega de jardins, limpeza de pisos, ruas, calçadas e automóveis, ou seja, usos que não necessitam de adaptações estruturais para a utilização, podendo a água captada e armazenada ser utilizada diretamente do reservatório de armazenamento ou apenas com o auxílio de simples sistemas de distribuição. Porém, embora o uso da água captada em descargas de bacias sanitárias tenha sido incluído no cálculo dos usos de água para fins não potáveis do *campus*, esse uso não seria utilizado no sistema proposto e orçado. Isso se deve ao fato do projeto proposto não contar com um sistema de tratamento preliminar dessa água, nem mesmo com um sistema de distribuição da água coletada dentro dos edifícios. Devido às grandes dimensões dos prédios do *campus* e do intenso uso diário dos mesmos, uma reforma estrutural como essa (necessária para a utilização da água em descargas de bacias sanitárias) deverá ser analisada futuramente.

Por meio da estimativa de custo do investimento inicial necessário para o sistema de captação e armazenamento de água de chuva no *campus* (sem a distribuição interna), pode-se verificar que a implantação desse sistema proposto, no valor estimado de 665 mil reais, não representa um investimento muito significativo quando comparado aos demais gastos da Universidade de São Paulo com obras estruturais. De acordo com as Diretrizes Orçamentárias da USP para 2013, aproximadamente 83 milhões de reais foram destinados à obras nos diversos *campi* da universidade no ano de 2013.

Além disso, a Superintendência de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo (SGA-USP), através de seu *Edital 2013*, apoiou financeiramente diversos projetos de ensino, pesquisa, extensão e gestão acadêmica que promovem a sustentabilidade socioambiental nos *campi* da USP. Quatro dos projetos aprovados e financiados possuem propostas de implantação de sistemas de captação, armazenamento e uso de água de chuva. Dessa forma, a SGA-USP, seria também, um possível órgão financiador do projeto.

Embora grande parte da água utilizada no *Campus I* seja proveniente de um poço profundo localizado dentro do próprio *campus*, pelo qual a universidade não paga pelo consumo de água, não se sabe por quanto tempo a USP estará isenta desse pagamento. Com as novas mudanças nas questões referentes às tarifações e outorgas pelo uso da água, a USP poderá estar sujeita a pagar pelo consumo de água referente ao poço, o que irá significar um grande gasto para o orçamento da universidade. Com a construção de um sistema de captação, o *Campus I* economizaria aproximadamente 28.104 m³ (28.104.000 litros) de água, por ano. Com base na tarifa média paga pelo *campus* (que em 2013 foi de 9,90 reais/m³) quando esse excede a capacidade do poço e utiliza a rede de distribuição municipal de água, o volume economizado com o sistema significaria uma economia de aproximadamente 280 mil reais por ano.

Este projeto é apenas um estudo inicial de viabilidade da implantação de sistemas de captação de água de chuva no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos. No caso de uma possível aprovação de um projeto como esse, cada um dos edifícios deveria ser estudado individualmente e analisados caso a caso. Porém, uma das propostas da pesquisa é que novos edifícios a serem implantados no *Campus I* e todos os novos projetados para o *Campus II* incluam, desde o projeto inicial, sistemas de captação, armazenamento e uso de água de chuva, tanto para uso externo, quanto para uso interno (descargas de bacias sanitárias).

6. CONCLUSÃO

A atual degradação dos recursos naturais, em especial dos recursos hídricos, tem gerado uma situação de escassez, a nível mundial, de água com qualidade adequada para o consumo. No Brasil, além da questão da poluição dos mananciais e do crescimento do consumo irracional de água, vive-se atualmente, em algumas regiões do país, uma crise no planejamento e na gestão dos recursos hídricos, associada a um período real de escassez pluviométrica.

Segundo a SABESP, o ano hidrológico de 2013/2014 apresentou índices pluviométricos fortemente desfavoráveis nas principais bacias responsáveis pelo abastecimento de água do estado de São Paulo. Essa foi considerada a pior seca desde que as medições dos institutos de meteorologia começaram, há 84 anos. Além disso, fragilidades no planejamento e gestão da questão hídrica aliadas ao crescimento urbano acelerado aumentaram a demanda de água de forma desordenada. Assim, o governo do estado de São Paulo e as empresas responsáveis pelo abastecimento de água nas cidades do estado estão tendo dificuldades para lidar com a pior crise hídrica dos últimos 80 anos.

Essa condição demanda soluções imediatas com para a resolução dos problemas relacionados aos recursos hídricos. Melhorias no planejamento e gerenciamento do sistema de abastecimento são fundamentais. Porém, medidas pontuais e soluções para a melhoria do uso racional de água também se tornam indispensáveis. Uma das possibilidades é a adoção de tecnologias que contribuam com a gestão dos recursos hídricos e consequentemente com a mitigação dos impactos ambientais.

A captação, o armazenamento e o uso da água de chuva é uma excelente técnica que aparece como uma alternativa, como fonte de água para usos não potáveis. Ao se utilizar a água de chuva como fonte de água para usos não potáveis, poupa-se água para usos nobres. E, além disso, economizam-se os recursos gastos para a sua potabilidade e transporte, diminuindo os custos com o abastecimento público de água.

Nessa linha de pensamento, o presente projeto apresenta-se como uma excelente alternativa para a melhoria da gestão dos recursos hídricos uma vez que apresenta uma avaliação da viabilidade

de consumo de água não potável proveniente de sistemas de captação de água de chuva no *Campus I*, da Universidade de São Paulo, em São Carlos.

Devido às características pluviométricas da região, ao potencial de captação dos telhados, ao consumo de água não potável no local de estudo e à disponibilidade de área para alocação dos reservatórios, o projeto estudado apresentou viabilidade técnica, após a aplicação do Método da Simulação do Balanço Hídrico, do dimensionamento do sistema necessário e de uma análise dos resultados obtidos.

Do ponto de vista financeiro, sabe-se que em 2014 a Universidade de São Paulo se encontra em uma situação de crise orçamentária, o que dificultaria o investimento inicial em obras e projetos como esse. Porém, a implantação desse sistema poderia trazer uma redução, a médio prazo, no gasto da universidade com o consumo de água, o que pode significar uma redução considerável nas suas despesas anuais.

De acordo com este estudo, a captação de água de chuva no *Campus I* reduziria em quase 20% o consumo anual de água no *campus*. Uma significativa quantidade de água potável, usada atualmente para fins não potáveis seria, portanto, economizada com a construção desse sistema de coleta e armazenamento de água de chuva. Essa redução no consumo de água potável é imprescindível do ponto de vista ambiental, principalmente levando em consideração a atual crise hídrica no estado de São Paulo, e também muito importante para universidade, do ponto de vista financeiro.

Dessa forma, este projeto contribuiria para a diminuição da pressão sobre os recursos hídricos, para a conservação da água e também para auxiliar a amenizar os problemas de drenagem urbana. A construção desse sistema ampliaria ainda, a percepção da comunidade acadêmica sobre o uso consciente da água. Por ser um importante polo de difusão de conhecimento, é fundamental que a Universidade de São Paulo aproveite seu espaço de ensino e pesquisa para promover a discussão e a adoção de práticas, como essa, que visem a melhoria dos recursos naturais e do meio ambiente, servindo de exemplo para a comunidade dentro e fora do *campus*.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. L. **Subdivisões do Brasil**. Disponível em:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/SaoPaulo_Municip_SaoCarlos.svg>. Acesso em: 22 ago. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005.

ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. **A Cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Petrópolis: Vozes, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15527: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. **Plano nacional de recursos hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multi-familiares na cidade de São Carlos**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

DACACH, N.G. **Saneamento básico**. São Paulo: EDC, 1990.

DE PAULA, H.M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FONTANELA, L.; MENDES, J. P.; BACK, A. J. VARGAS, A. **Avaliação de metodologias para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. São Paulo: Revista Hydro, p. 50-58, 2012.

HEATH, R.C. **Geological Survey Water-Supply Paper**; 2220. North Carolina: U.S. Geological Survey, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados do **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 set. 2012.

JACOBI, P.R. **Cidade e meio ambiente**. São Paulo: Annablume, 1999.

_____. **Impactos sócio-ambientais urbanos na região metropolitana de São Paulo**. Salvador: Secretaria Municipal de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente, 2006.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

REYNOLDS, A. et al. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v.260, p.1-8, 2010.

SABESP. Disponível em:<<http://site.sabesp.com.br/Default.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2014.

SILVEIRA, A.L.L. Hidrologia urbana no Brasil. In: TUCCI, C.E.M.; MARQUE, D.M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed.UFRGS, 2000.

SHIKLOMANOV, I.A. **Comprehensive assessment of the fresh water resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world**. Geneva: WMO, 1997.

_____. **World water resources – a new appraisal and assessment for the XXI century**. Paris: IHP/UNESCO, 1998.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia Urbana no Brasil. In TUCCI, C. E. M., MARQUE, D. da M. (Orgs). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFGRS, 2000.

SLOCOMBE, D.S. Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development. **Environmental Management**, v.17, n.3, p.289-303, 1993.

THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING. Texas: Ed.Texas, 1997. (Texas Water Development Board, 3).

TISUTYIA, M.T. **Abastecimento de Água**. 3ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**: interface das instalações prediais de água e esgoto. São Paulo: Navegar, 2000.

_____. **Aproveitamento de água de chuva**: para áreas urbanas e fins não potáveis. 2.ed. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH; Ed.Universidade, 1993.

_____. Inundações urbanas. In: TUCCI, C.; PORTO, R.; BARROS, M. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH; Ed.Universidade, 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WERNECK, G.A.M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações**: o estudo de caso da aplicação em escola da Barra do Pirai. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ANEXO A

Método da Simulação do Balanço Hídrico

Mês	Dia	Índice Pluviométrico (m)	Área (m ²)	Consumo (m ³)	Coefficiente de <i>runoff</i>	Volume Captável (m ³)	Reservatório (m ³)	t ₀	t ₁	Situação
Janeiro	1	0,005518	40066	124,79	0,85	187,93	300	-	63,14	sobra
	2	0,011655	40066	124,79	0,85	396,91	300	63,14	300,00	sobra
	3	0,019427	40066	124,79	0,85	661,62	300	300,00	300,00	sobra
	4	0,013736	40066	124,79	0,85	467,81	300	300,00	300,00	sobra
	5	0,012964	40066	124,79	0,85	441,49	300	300,00	300,00	sobra
	6	0,018145	40066	124,79	0,85	617,96	300	300,00	300,00	sobra
	7	0,022355	40066	124,79	0,85	761,31	300	300,00	300,00	sobra
	8	0,0113	40066	124,79	0,85	384,83	300	300,00	300,00	sobra
	9	0,02074	40066	124,79	0,85	706,32	300	300,00	300,00	sobra
	10	0,014282	40066	124,79	0,85	486,38	300	300,00	300,00	sobra
	11	0,006909	40066	124,79	0,85	235,30	300	300,00	300,00	sobra
	12	0,012773	40066	124,79	0,85	434,99	300	300,00	300,00	sobra
	13	0,011764	40066	124,79	0,85	400,62	300	300,00	300,00	sobra

14	0,016436	40066	124,79	0,85	559,76	300	300,00	300,00	sobra
15	0,004809	40066	124,79	0,85	163,78	300	300,00	300,00	sobra
16	0,001591	40066	124,79	0,85	54,18	300	300,00	229,39	sobra
17	0,005282	40066	124,79	0,85	179,88	300	229,39	284,48	sobra
18	0,003482	40066	124,79	0,85	118,58	300	284,48	278,27	sobra
19	0,007791	40066	124,79	0,85	265,33	300	278,27	300,00	sobra
20	0,004273	40066	124,79	0,85	145,51	300	300,00	300,00	sobra
21	0,007864	40066	124,79	0,85	267,80	300	300,00	300,00	sobra
22	0,011064	40066	124,79	0,85	376,78	300	300,00	300,00	sobra
23	0,004136	40066	124,79	0,85	140,87	300	300,00	300,00	sobra
24	0,010436	40066	124,79	0,85	355,42	300	300,00	300,00	sobra
25	0,008009	40066	124,79	0,85	272,76	300	300,00	300,00	sobra
26	0,013891	40066	124,79	0,85	473,07	300	300,00	300,00	sobra
27	0,008391	40066	124,79	0,85	285,76	300	300,00	300,00	sobra
28	0,010009	40066	124,79	0,85	340,87	300	300,00	300,00	sobra
29	0,0163	40066	124,79	0,85	555,11	300	300,00	300,00	sobra
30	0,009873	40066	124,79	0,85	336,23	300	300,00	300,00	sobra

	31	0,021573	40066	124,79	0,85	734,68	300	300,00	300,00	sobra
Fevereiro	1	0,00289	40066	135,49	0,85	98,42	300	300,00	262,93	sobra
	2	0,00786	40066	135,49	0,85	267,68	300	262,93	300,00	sobra
	3	0,00566	40066	135,49	0,85	192,76	300	300,00	300,00	sobra
	4	0,00392	40066	135,49	0,85	133,50	300	300,00	298,01	sobra
	5	0,00257	40066	135,49	0,85	87,52	300	298,01	250,04	sobra
	6	0,00351	40066	135,49	0,85	119,54	300	250,04	234,09	sobra
	7	0,00457	40066	135,49	0,85	155,64	300	234,09	254,24	sobra
	8	0,0092	40066	135,49	0,85	313,32	300	254,24	300,00	sobra
	9	0,01014	40066	135,49	0,85	345,33	300	300,00	300,00	sobra
	10	0,00906	40066	135,49	0,85	308,55	300	300,00	300,00	sobra
	11	0,01512	40066	135,49	0,85	514,93	300	300,00	300,00	sobra
	12	0,0147	40066	135,49	0,85	500,62	300	300,00	300,00	sobra
	13	0,02133	40066	135,49	0,85	726,42	300	300,00	300,00	sobra
	14	0,010756	40066	135,49	0,85	366,29	300	300,00	300,00	sobra
	15	0,00575	40066	135,49	0,85	195,82	300	300,00	300,00	sobra
	16	0,01651	40066	135,49	0,85	562,27	300	300,00	300,00	sobra

	17	0,00401	40066	135,49	0,85	136,56	300	300,00	300,00	sobra
	18	0,00057	40066	135,49	0,85	19,41	300	300,00	183,92	sobra
	19	0,00388	40066	135,49	0,85	132,14	300	183,92	180,57	sobra
	20	0,00824	40066	135,49	0,85	280,62	300	180,57	300,00	sobra
	21	0,00637	40066	135,49	0,85	216,94	300	300,00	300,00	sobra
	22	0,01393	40066	135,49	0,85	474,40	300	300,00	300,00	sobra
	23	0,00655	40066	135,49	0,85	223,07	300	300,00	300,00	sobra
	24	0,00629	40066	135,49	0,85	214,21	300	300,00	300,00	sobra
	25	0,01015	40066	135,49	0,85	345,67	300	300,00	300,00	sobra
	26	0,01005	40066	135,49	0,85	342,26	300	300,00	300,00	sobra
	27	0,006045	40066	135,49	0,85	205,88	300	300,00	300,00	sobra
	28	0,005927	40066	135,49	0,85	201,86	300	300,00	300,00	sobra
	29	0,00695	40066	135,49	0,85	236,69	300	300,00	300,00	sobra
Março	1	0,005164	40066	145,69	0,85	175,85	300	300,00	300,00	sobra
	2	0,006864	40066	145,69	0,85	233,75	300	300,00	300,00	sobra
	3	0,00647	40066	145,69	0,85	220,34	300	300,00	300,00	sobra
	4	0,01067	40066	145,69	0,85	363,38	300	300,00	300,00	sobra

5	0,001964	40066	145,69	0,85	66,87	300	300,00	221,18	sobra
6	0,001073	40066	145,69	0,85	36,53	300	221,18	112,03	sobra
7	0,0027	40066	145,69	0,85	91,95	300	112,03	58,29	sobra
8	0,0154	40066	145,69	0,85	524,46	300	58,29	300,00	sobra
9	0	40066	145,69	0,85	0,00	300	300,00	154,31	sobra
10	0,0026	40066	145,69	0,85	88,55	300	154,31	97,17	sobra
11	0,007136	40066	145,69	0,85	243,04	300	97,17	194,51	sobra
12	0,009409	40066	145,69	0,85	320,44	300	194,51	300,00	sobra
13	0,004518	40066	145,69	0,85	153,87	300	300,00	300,00	sobra
14	0,002236	40066	145,69	0,85	76,16	300	300,00	230,47	sobra
15	0,010336	40066	145,69	0,85	352,02	300	230,47	300,00	sobra
16	0,009445	40066	145,69	0,85	321,68	300	300,00	300,00	sobra
17	0,004273	40066	145,69	0,85	145,51	300	300,00	299,82	sobra
18	0,002318	40066	145,69	0,85	78,95	300	299,82	233,08	sobra
19	0,001018	40066	145,69	0,85	34,68	300	233,08	122,07	sobra
20	0,003918	40066	145,69	0,85	133,44	300	122,07	109,81	sobra
21	0,005336	40066	145,69	0,85	181,74	300	109,81	145,86	sobra

	22	0,003582	40066	145,69	0,85	121,98	300	145,86	122,15	sobra
	23	0,005227	40066	145,69	0,85	178,02	300	122,15	154,48	sobra
	24	0,003791	40066	145,69	0,85	129,10	300	154,48	137,90	sobra
	25	0,006555	40066	145,69	0,85	223,22	300	137,90	215,43	sobra
	26	0,001409	40066	145,69	0,85	47,99	300	215,43	117,73	sobra
	27	0,0042	40066	145,69	0,85	143,04	300	117,73	115,07	sobra
	28	0,007755	40066	145,69	0,85	264,09	300	115,07	233,47	sobra
	29	0,007373	40066	145,69	0,85	251,09	300	233,47	300,00	sobra
	30	0,007227	40066	145,69	0,85	246,13	300	300,00	300,00	sobra
	31	0,009609	40066	145,69	0,85	327,25	300	300,00	300,00	sobra
Abril	1	0,001864	40066	176,13	0,85	63,47	300	300,00	187,34	sobra
	2	0,007682	40066	176,13	0,85	261,61	300	187,34	272,82	sobra
	3	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	272,82	96,69	sobra
	4	6,36E-05	40066	176,13	0,85	2,17	300	96,69	-77,27	falta
	5	0,005436	40066	176,13	0,85	185,14	300	0,00	9,01	sobra
	6	0,002264	40066	176,13	0,85	77,09	300	9,01	-90,03	falta
	7	0,006009	40066	176,13	0,85	204,65	300	0,00	28,52	sobra

8	0,000618	40066	176,13	0,85	21,05	300	28,52	-126,56	falta
9	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta
10	0,0031	40066	176,13	0,85	105,57	300	0,00	-70,56	falta
11	0,003055	40066	176,13	0,85	104,03	300	0,00	-72,10	falta
12	0,000982	40066	176,13	0,85	33,44	300	0,00	-142,69	falta
13	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta
14	0,003027	40066	176,13	0,85	103,10	300	0,00	-73,03	falta
15	0,004136	40066	176,13	0,85	140,87	300	0,00	-35,26	falta
16	0,003245	40066	176,13	0,85	110,53	300	0,00	-65,60	falta
17	0,001136	40066	176,13	0,85	38,70	300	0,00	-137,43	falta
18	0,000918	40066	176,13	0,85	31,27	300	0,00	-144,86	falta
19	0,001818	40066	176,13	0,85	61,92	300	0,00	-114,21	falta
20	0,004427	40066	176,13	0,85	150,78	300	0,00	-25,35	falta
21	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta
22	0,008045	40066	176,13	0,85	274,00	300	0,00	97,87	sobra
23	0,000182	40066	176,13	0,85	6,19	300	97,87	-72,07	falta
24	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta

	25	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta
	26	0,001355	40066	176,13	0,85	46,13	300	0,00	-130,00	falta
	27	0	40066	176,13	0,85	0,00	300	0,00	-176,13	falta
	28	0,004327	40066	176,13	0,85	147,37	300	0,00	-28,76	falta
	29	0,000673	40066	176,13	0,85	22,91	300	0,00	-153,22	falta
	30	0,000273	40066	176,13	0,85	9,29	300	0,00	-166,84	falta
Maio	1	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	0,00	-170,25	falta
	2	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	0,00	-170,25	falta
	3	0,000973	40066	170,25	0,85	33,13	300	0,00	-137,12	falta
	4	0,004173	40066	170,25	0,85	142,11	300	0,00	-28,14	falta
	5	0,0034	40066	170,25	0,85	115,79	300	0,00	-54,46	falta
	6	0,00988	40066	170,25	0,85	336,47	300	0,00	166,22	sobra
	7	0,0061	40066	170,25	0,85	207,74	300	166,22	203,72	sobra
	8	0,00098	40066	170,25	0,85	33,37	300	203,72	66,84	sobra
	9	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	66,84	-103,41	falta
	10	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	0,00	-170,25	falta
	11	0,00363	40066	170,25	0,85	123,62	300	0,00	-46,63	falta

12	0,00345	40066	170,25	0,85	117,49	300	0,00	-52,76	falta
13	0,00153	40066	170,25	0,85	52,11	300	0,00	-118,14	falta
14	0,00767	40066	170,25	0,85	261,21	300	0,00	90,96	sobra
15	0,00159	40066	170,25	0,85	54,15	300	90,96	-25,14	falta
16	0,00338	40066	170,25	0,85	115,11	300	0,00	-55,14	falta
17	0,00532	40066	170,25	0,85	181,18	300	0,00	10,93	sobra
18	0,0002	40066	170,25	0,85	6,81	300	10,93	-152,51	falta
19	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	0,00	-170,25	falta
20	0,00257	40066	170,25	0,85	87,52	300	0,00	-82,73	falta
21	0,00295	40066	170,25	0,85	100,47	300	0,00	-69,78	falta
22	0,00411	40066	170,25	0,85	139,97	300	0,00	-30,28	falta
23	0,00305	40066	170,25	0,85	103,87	300	0,00	-66,38	falta
24	0,00269	40066	170,25	0,85	91,61	300	0,00	-78,64	falta
25	0,0062	40066	170,25	0,85	211,15	300	0,00	40,90	sobra
26	0,00326	40066	170,25	0,85	111,02	300	40,90	-18,33	falta
27	0,00276	40066	170,25	0,85	93,99	300	0,00	-76,26	falta
28	0,00165	40066	170,25	0,85	56,19	300	0,00	-114,06	falta

	29	0,00473	40066	170,25	0,85	161,09	300	0,00	-9,16	falta
	30	0,00771	40066	170,25	0,85	262,57	300	0,00	92,32	sobra
	31	0	40066	170,25	0,85	0,00	300	92,32	-77,93	falta
Junho	1	0,000482	40066	193,31	0,85	16,41	300	0,00	-176,90	falta
	2	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	3	0,001409	40066	193,31	0,85	47,99	300	0,00	-145,32	falta
	4	0,002764	40066	193,31	0,85	94,12	300	0,00	-99,19	falta
	5	0,001064	40066	193,31	0,85	36,22	300	0,00	-157,09	falta
	6	0,000609	40066	193,31	0,85	20,74	300	0,00	-172,57	falta
	7	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	8	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	9	0,000445	40066	193,31	0,85	15,17	300	0,00	-178,14	falta
	10	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	11	0,001027	40066	193,31	0,85	34,98	300	0,00	-158,33	falta
	12	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	13	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	14	0,002827	40066	193,31	0,85	96,29	300	0,00	-97,02	falta

	15	0,002536	40066	193,31	0,85	86,38	300	0,00	-106,93	falta
	16	0,003418	40066	193,31	0,85	116,41	300	0,00	-76,90	falta
	17	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	18	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	19	0,003727	40066	193,31	0,85	126,94	300	0,00	-66,37	falta
	20	0,000736	40066	193,31	0,85	25,08	300	0,00	-168,23	falta
	21	0,001982	40066	193,31	0,85	67,49	300	0,00	-125,82	falta
	22	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	23	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	24	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	25	0	40066	193,31	0,85	0,00	300	0,00	-193,31	falta
	26	0,000118	40066	193,31	0,85	4,02	300	0,00	-189,29	falta
	27	0,002882	40066	193,31	0,85	98,14	300	0,00	-95,17	falta
	28	0,001318	40066	193,31	0,85	44,89	300	0,00	-148,42	falta
	29	0,002318	40066	193,31	0,85	78,95	300	0,00	-114,36	falta
	30	0,000664	40066	193,31	0,85	22,60	300	0,00	-170,71	falta
Julho	1	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta

2	0,000164	40066	186,34	0,85	5,57	300	0,00	-180,77	falta
3	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
4	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
5	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
6	0,000455	40066	186,34	0,85	15,48	300	0,00	-170,86	falta
7	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
8	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
9	0,000318	40066	186,34	0,85	10,84	300	0,00	-175,50	falta
10	0,000118	40066	186,34	0,85	4,02	300	0,00	-182,32	falta
11	0,000436	40066	186,34	0,85	14,86	300	0,00	-171,48	falta
12	0,000855	40066	186,34	0,85	29,10	300	0,00	-157,24	falta
13	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
14	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
15	0,002273	40066	186,34	0,85	77,40	300	0,00	-108,94	falta
16	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
17	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
18	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta

	19	0,001	40066	186,34	0,85	34,06	300	0,00	-152,28	falta
	20	0,003045	40066	186,34	0,85	103,72	300	0,00	-82,62	falta
	21	0,002618	40066	186,34	0,85	89,17	300	0,00	-97,17	falta
	22	0,002618	40066	186,34	0,85	89,17	300	0,00	-97,17	falta
	23	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
	24	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
	25	0,000218	40066	186,34	0,85	7,43	300	0,00	-178,91	falta
	26	0,001045	40066	186,34	0,85	35,60	300	0,00	-150,74	falta
	27	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
	28	0,000236	40066	186,34	0,85	8,05	300	0,00	-178,29	falta
	29	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
	30	0	40066	186,34	0,85	0,00	300	0,00	-186,34	falta
	31	0,002282	40066	186,34	0,85	77,71	300	0,00	-108,63	falta
Agosto	1	0,002682	40066	171,74	0,85	91,33	300	0,00	-80,41	falta
	2	0,000936	40066	171,74	0,85	31,89	300	0,00	-139,85	falta
	3	0,002209	40066	171,74	0,85	75,23	300	0,00	-96,51	falta
	4	0,000273	40066	171,74	0,85	9,29	300	0,00	-162,45	falta

5	0,000564	40066	171,74	0,85	19,20	300	0,00	-152,54	falta
6	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
7	0,000309	40066	171,74	0,85	10,53	300	0,00	-161,21	falta
8	0,001	40066	171,74	0,85	34,06	300	0,00	-137,68	falta
9	0,000818	40066	171,74	0,85	27,86	300	0,00	-143,88	falta
10	0,002055	40066	171,74	0,85	69,97	300	0,00	-101,77	falta
11	0,000909	40066	171,74	0,85	30,96	300	0,00	-140,78	falta
12	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
13	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
14	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
15	0,000755	40066	171,74	0,85	25,70	300	0,00	-146,04	falta
16	0,000627	40066	171,74	0,85	21,36	300	0,00	-150,38	falta
17	0,000591	40066	171,74	0,85	20,12	300	0,00	-151,62	falta
18	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
19	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
20	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
21	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta

	22	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
	23	0,001227	40066	171,74	0,85	41,80	300	0,00	-129,94	falta
	24	0	40066	171,74	0,85	0,00	300	0,00	-171,74	falta
	25	0,001509	40066	171,74	0,85	51,39	300	0,00	-120,35	falta
	26	0,000609	40066	171,74	0,85	20,74	300	0,00	-151,00	falta
	27	0,002973	40066	171,74	0,85	101,24	300	0,00	-70,50	falta
	28	0,001136	40066	171,74	0,85	38,70	300	0,00	-133,04	falta
	29	0,003464	40066	171,74	0,85	117,96	300	0,00	-53,78	falta
	30	0,001636	40066	171,74	0,85	55,73	300	0,00	-116,01	falta
	31	0,000682	40066	171,74	0,85	23,22	300	0,00	-148,52	falta
Setembro	1	0,004627	40066	202,41	0,85	157,59	300	0,00	-44,82	falta
	2	0,0055	40066	202,41	0,85	187,31	300	0,00	-15,10	falta
	3	0,003836	40066	202,41	0,85	130,65	300	0,00	-71,76	falta
	4	0,001818	40066	202,41	0,85	61,92	300	0,00	-140,49	falta
	5	0,003127	40066	202,41	0,85	106,50	300	0,00	-95,91	falta
	6	0,000618	40066	202,41	0,85	21,05	300	0,00	-181,36	falta
	7	0	40066	202,41	0,85	0,00	300	0,00	-202,41	falta

8	0,004645	40066	202,41	0,85	158,21	300	0,00	-44,20	falta
9	0,005109	40066	202,41	0,85	174,00	300	0,00	-28,41	falta
10	0,0043	40066	202,41	0,85	146,44	300	0,00	-55,97	falta
11	0,000336	40066	202,41	0,85	11,46	300	0,00	-190,95	falta
12	0,0079	40066	202,41	0,85	269,04	300	0,00	66,63	sobra
13	0,000936	40066	202,41	0,85	31,89	300	66,63	-103,89	falta
14	0,001891	40066	202,41	0,85	64,40	300	0,00	-138,01	falta
15	0,004891	40066	202,41	0,85	166,57	300	0,00	-35,84	falta
16	0,002755	40066	202,41	0,85	93,81	300	0,00	-108,60	falta
17	0,003745	40066	202,41	0,85	127,56	300	0,00	-74,85	falta
18	0,003236	40066	202,41	0,85	110,22	300	0,00	-92,19	falta
19	0	40066	202,41	0,85	0,00	300	0,00	-202,41	falta
20	0,004145	40066	202,41	0,85	141,18	300	0,00	-61,23	falta
21	0,004073	40066	202,41	0,85	138,70	300	0,00	-63,71	falta
22	6,36E-05	40066	202,41	0,85	2,17	300	0,00	-200,24	falta
23	0,000791	40066	202,41	0,85	26,94	300	0,00	-175,47	falta
24	0,000491	40066	202,41	0,85	16,72	300	0,00	-185,69	falta

	25	0,0007	40066	202,41	0,85	23,84	300	0,00	-178,57	falta
	26	0,002409	40066	202,41	0,85	82,04	300	0,00	-120,37	falta
	27	0,001536	40066	202,41	0,85	52,32	300	0,00	-150,09	falta
	28	0,001	40066	202,41	0,85	34,06	300	0,00	-168,35	falta
	29	0,002891	40066	202,41	0,85	98,45	300	0,00	-103,96	falta
	30	0,000445	40066	202,41	0,85	15,17	300	0,00	-187,24	falta
Outubro	1	0,0036	40066	195,85	0,85	122,60	300	0,00	-73,25	falta
	2	0,009073	40066	195,85	0,85	308,98	300	0,00	113,13	sobra
	3	0,004927	40066	195,85	0,85	167,80	300	113,13	85,09	sobra
	4	0,00229	40066	195,85	0,85	77,99	300	85,09	-32,78	falta
	5	0,00052	40066	195,85	0,85	17,71	300	0,00	-178,14	falta
	6	0,00262	40066	195,85	0,85	89,23	300	0,00	-106,62	falta
	7	0,00588	40066	195,85	0,85	200,25	300	0,00	4,40	sobra
	8	0,00893	40066	195,85	0,85	304,12	300	4,40	112,67	sobra
	9	0,00401	40066	195,85	0,85	136,56	300	112,67	53,39	sobra
	10	0,00105	40066	195,85	0,85	35,76	300	53,39	-106,71	falta
	11	0,00557	40066	195,85	0,85	189,69	300	0,00	-6,16	falta

12	0,00257	40066	195,85	0,85	87,52	300	0,00	-108,33	falta
13	0,00037	40066	195,85	0,85	12,60	300	0,00	-183,25	falta
14	0,00028	40066	195,85	0,85	9,54	300	0,00	-186,31	falta
15	0,00121	40066	195,85	0,85	41,21	300	0,00	-154,64	falta
16	0,00517	40066	195,85	0,85	176,07	300	0,00	-19,78	falta
17	0,00693	40066	195,85	0,85	236,01	300	0,00	40,16	sobra
18	0,00473	40066	195,85	0,85	161,09	300	40,16	5,39	sobra
19	0,00262	40066	195,85	0,85	89,23	300	5,39	-101,23	falta
20	0,00283	40066	195,85	0,85	96,38	300	0,00	-99,47	falta
21	0	40066	195,85	0,85	0,00	300	0,00	-195,85	falta
22	0,00346	40066	195,85	0,85	117,83	300	0,00	-78,02	falta
23	0	40066	195,85	0,85	0,00	300	0,00	-195,85	falta
24	0,00717	40066	195,85	0,85	244,18	300	0,00	48,33	sobra
25	0,0011	40066	195,85	0,85	37,46	300	48,33	-110,06	falta
26	0,00608	40066	195,85	0,85	207,06	300	0,00	11,21	sobra
27	0,00598	40066	195,85	0,85	203,66	300	11,21	19,02	sobra
28	0,00228	40066	195,85	0,85	77,65	300	19,02	-99,19	falta

	29	0,00261	40066	195,85	0,85	88,89	300	0,00	-106,96	falta
	30	0,00218	40066	195,85	0,85	74,24	300	0,00	-121,61	falta
	31	0,0019	40066	195,85	0,85	64,71	300	0,00	-131,14	falta
Novembro	1	0	40066	162,6	0,85	0,00	300	0,00	-162,60	falta
	2	0,001282	40066	162,6	0,85	43,65	300	0,00	-118,95	falta
	3	0,002618	40066	162,6	0,85	89,17	300	0,00	-73,43	falta
	4	0	40066	162,6	0,85	0,00	300	0,00	-162,60	falta
	5	0,005009	40066	162,6	0,85	170,59	300	0,00	7,99	sobra
	6	0,000882	40066	162,6	0,85	30,03	300	7,99	-124,58	falta
	7	0,004791	40066	162,6	0,85	163,16	300	0,00	0,56	sobra
	8	0,002627	40066	162,6	0,85	89,47	300	0,56	-72,57	falta
	9	0,000418	40066	162,6	0,85	14,24	300	0,00	-148,36	falta
	10	0,000782	40066	162,6	0,85	26,63	300	0,00	-135,97	falta
	11	0,002327	40066	162,6	0,85	79,26	300	0,00	-83,34	falta
	12	0,014473	40066	162,6	0,85	492,88	300	0,00	300,00	sobra
	13	0,004709	40066	162,6	0,85	160,37	300	300,00	297,77	sobra
	14	0,008055	40066	162,6	0,85	274,31	300	297,77	300,00	sobra

	15	0,007027	40066	162,6	0,85	239,32	300	300,00	300,00	sobra
	16	0,008045	40066	162,6	0,85	274,00	300	300,00	300,00	sobra
	17	0,006909	40066	162,6	0,85	235,30	300	300,00	300,00	sobra
	18	0,016282	40066	162,6	0,85	554,50	300	300,00	300,00	sobra
	19	0,014255	40066	162,6	0,85	485,45	300	300,00	300,00	sobra
	20	0,0089	40066	162,6	0,85	303,10	300	300,00	300,00	sobra
	21	0,007555	40066	162,6	0,85	257,28	300	300,00	300,00	sobra
	22	0,004218	40066	162,6	0,85	143,65	300	300,00	281,05	sobra
	23	0,000982	40066	162,6	0,85	33,44	300	281,05	151,89	sobra
	24	0,001355	40066	162,6	0,85	46,13	300	151,89	35,42	sobra
	25	0,003427	40066	162,6	0,85	116,72	300	35,42	-10,46	falta
	26	0,008909	40066	162,6	0,85	303,41	300	0,00	140,81	sobra
	27	0,011527	40066	162,6	0,85	392,57	300	140,81	300,00	sobra
	28	0,009764	40066	162,6	0,85	332,51	300	300,00	300,00	sobra
	29	0,005991	40066	162,6	0,85	204,03	300	300,00	300,00	sobra
	30	0,0054	40066	162,6	0,85	183,90	300	300,00	300,00	sobra
Dezembro	1	0,0063	40066	186,94	0,85	214,55	300	300,00	300,00	sobra

2	0,003045	40066	186,94	0,85	103,72	300	300,00	216,78	sobra
3	0,007555	40066	186,94	0,85	257,28	300	216,78	287,11	sobra
4	0,006436	40066	186,94	0,85	219,20	300	287,11	300,00	sobra
5	0,005591	40066	186,94	0,85	190,40	300	300,00	300,00	sobra
6	0,006473	40066	186,94	0,85	220,44	300	300,00	300,00	sobra
7	0,008427	40066	186,94	0,85	287,00	300	300,00	300,00	sobra
8	0,010855	40066	186,94	0,85	369,66	300	300,00	300,00	sobra
9	0,007891	40066	186,94	0,85	268,73	300	300,00	300,00	sobra
10	0,018109	40066	186,94	0,85	616,73	300	300,00	300,00	sobra
11	0,004545	40066	186,94	0,85	154,80	300	300,00	267,86	sobra
12	0,008	40066	186,94	0,85	272,45	300	267,86	300,00	sobra
13	0,005127	40066	186,94	0,85	174,61	300	300,00	287,67	sobra
14	0,009136	40066	186,94	0,85	311,15	300	287,67	300,00	sobra
15	0,006618	40066	186,94	0,85	225,39	300	300,00	300,00	sobra
16	0,010191	40066	186,94	0,85	347,06	300	300,00	300,00	sobra
17	0,018664	40066	186,94	0,85	635,61	300	300,00	300,00	sobra
18	0,008391	40066	186,94	0,85	285,76	300	300,00	300,00	falta

19	0,009691	40066	186,94	0,85	330,03	300	300,00	300,00	sobra
20	0,002482	40066	186,94	0,85	84,52	300	300,00	197,58	sobra
21	0,008664	40066	186,94	0,85	295,05	300	197,58	300,00	sobra
22	0,008482	40066	186,94	0,85	288,86	300	300,00	300,00	sobra
23	0,00463	40066	186,94	0,85	157,68	300	300,00	270,74	sobra
24	0,01069	40066	186,94	0,85	364,06	300	270,74	300,00	sobra
25	0,00427	40066	186,94	0,85	145,42	300	300,00	258,48	sobra
26	0,00751	40066	186,94	0,85	255,76	300	258,48	300,00	sobra
27	0,00871	40066	186,94	0,85	296,63	300	300,00	300,00	sobra
28	0,00295	40066	186,94	0,85	100,47	300	300,00	213,53	sobra
29	0,011136	40066	186,94	0,85	379,26	300	213,53	300,00	sobra
30	0,007027	40066	186,94	0,85	239,32	300	300,00	300,00	sobra
31	0,003191	40066	186,94	0,85	108,67	300	300,00	221,73	sobra