

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAQUEL SARAVY DE CARVALHO

**POTENCIAL ECONÔMICO DO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A REGIÃO URBANA
DE LONDRINA**

APUCARANA – PR
DEZEMBRO 2010

RAQUEL SARAVY DE CARVALHO

**POTENCIAL ECONÔMICO DO PROVEITAMENTO
DE ÁGUAS PLUVIAIS:**

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A REGIÃO URBANA
DE LONDRINA**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientadora: Prof^a. Thalita Giglio

APUCARANA-PR

DEZEMBRO 2010

TERMO DE APROVAÇÃO

RAQUEL SARAVY DE CARVALHO

**POTENCIAL ECONÔMICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A
REGIÃO URBANA DE LONDRINA**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela Comissão formada pelos Professores:

Thalita Giglio
Profª. ORIENTADORA

Thalita Giglio
Profª. TUTORA

Profº. Hamilton Costa Junior
Coord. Curso Residencia Técnica

Apucarana, Dezembro de 2010.

RESUMO

Com a conscientização sobre a limitação do uso da água potável, questões referentes à importância da preservação dos recursos hídricos, ganham a cada dia maior destaque. Diante das técnicas de aproveitamento de água pluvial em edificações, encontramos soluções sustentáveis que contribuem para uso racional da água, preservando tecnicamente os recursos hídricos para as futuras gerações. A partir deste conceito o trabalho desenvolvido tem por objetivo analisar o potencial econômico do aproveitamento da água pluvial para consumo não potável, em edificações residenciais, avaliando todo processo de captação e armazenamento, através de um sistema de reaproveitamento para melhor gestão desse recurso, economicamente viável e de alcance social. Diante da disponibilidade da alternativa da captação, a água pode ser utilizada em edifícios residenciais e públicos através da irrigação de jardins, lavagem de calçadas e até mesmo na bacia sanitária, onde o consumo de água é relevante. O método de pesquisa foi baseado em um estudo de caso desenvolvido na cidade de Londrina, onde se fez o levantamento de dados de precipitação, dimensionamento do reservatório segundo duas metodologias, e custo dos elementos constituintes do sistema. Ao final, pode-se determinar o custo-benefício da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva no âmbito residencial, onde o custo de R\$ 3.762,60 referente ao investimento inicial e manutenção poderá ser amortizado em cinco anos.

Palavras-chave: Água pluvial, aproveitamento, viabilidade, edificações residenciais.

ABSTRACT

Awareness on limiting the use of drinking water, questions about the importance of preserving water resources, gain more prominence every day. Given the technical use of rainwater in buildings, we find sustainable solutions that contribute to water conservation, preserving water resources technically for future generations. From this concept, the work aims to analyze the economic potential of the use of rainwater for non-potable consumption in residential buildings, evaluating the entire process of capture and storage, through a reclamation system for better management of this resource, economically viable and social outreach. Given the availability of alternative funding, the water can be used in residential and public buildings through the watering gardens, washing of sidewalks and even into the bowl, where water consumption is relevant. The research method was based on a case study from the city of London, where he made a survey of precipitation data, reservoir design using two different methods, and cost of elements of the system. In the end, one can determine the cost effectiveness of deploying a system utilization of rainwater at the household level, where the cost of R\$ 3.762,60 referring to the initial investment and maintenance will be amortized over five years.

Keywords: rainwater, recovery, viability, residential buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo da água	13
Figura 2 – Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva em residência.....	28
Figura 3 – Filtro VF1 para até 200m ² de telhado.....	29
Figura 4 – Freio d'água	29
Figura 5 – Conjunto Flutuante de sucção (bóia – mangueira) comprimento 2m	30
Figura 6 – Sifão Ladrão.....	30
Figura 7 – Foto Reservatório.....	31
Figura 8 – Reservatório de água com equipamentos de captação de águas pluviais	32
Figura 9 – Bomba de sucção usada para bombear água ao reservatório.....	32
Figura 10 – Esquema de funcionamento de sistema de aproveitamento de água de chuva em indústria	33
Figura 11 – Dados referentes ao software Netuno.....	40
Figura 12 – Gráfico referente ao software Netuno	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Medidas convencionais de conservação da água e porcentagens aproximadas de economia	17
Tabela 02– Uso final de água tratada para consumo doméstico na Dinamarca	18
Tabela 03 - Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos	19
Tabela 04 - Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido...	19
Tabela 05 - Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia	20
Tabela 06 - Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça	20
Tabela 07 - Uso final de água tratada para consumo doméstico em um apartamento da USP	21
Tabela 08 - Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano	22
Tabela 09 – Média do consumo físico de água equivalente a 50%.....	22
Tabela 10 – Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado – EUA.....	23
Tabela 11 – Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas	25
Tabela 12 – Dados Pluviométricos de Londrina	35
Tabela 13 - Dados Pluviométricos x Área do Telhado	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Dados de volumes do uso da água	38
Quadro 02 – Dados e tarifas de água e esgoto Sanepar	43
Quadro 03 - Manutenção dos componentes do sistema de coleta de água pluvial	44
Quadro 04 - Materiais e preços dos produtos para o sistema de aproveitamento de águas pluviais	45
Quadro 05 - Estimativa do valor de implantação para um sistema em Londrina.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 CICLO HIDROLÓGICO E AS PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS	12
2.1.1 Intensidade das Precipitações Atmosféricas	13
2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO	14
2.2.1 Importância do Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil	15
2.3 CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA POTÁVEL.....	16
2.4 USOS FINAIS DA ÁGUA.....	18
2.4.1 Usos Finais da Água em Instituições de Ensino.....	23
2.5 CONSIDERAÇÕES DA NORMA NBR 15527 PARA O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	25
2.6 A NECESSIDADE DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	25
2.6.1 Vantagens e Desvantagens de um Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva	26
2.7 O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	27
3 MÉTODO DE PESQUISA	34
3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO MUNICÍPIO DE LONDRINA.....	34
3.2 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO VOLUME IDEAL DE UM RESERVATÓRIO	36
3.2.1 Método da Aquasave.....	36
3.2.2 Método do software Netuno	39
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1 PREVISÕES DE CONSUMO	42
4.2 CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS ..	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Neste âmbito, a água, além de ser um recurso vital e de extrema importância como fator de produção para diversas atividades, é fonte essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico em todo mundo.

No mundo, cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume são de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2010).

Segundo Ghisi (2006), o quadro atual que revela a escassez de água própria para o consumo humano, vem tomando proporções alarmantes. Alguns fatores como o aumento contínuo da população mundial e o crescimento das cidades e dos centros industriais são responsáveis pelo aumento da demanda por água de qualidade, em contrapartida, o uso não racional e sustentável da mesma vem causando sua escassez, uma vez que interfere negativamente no seu ciclo hidrológico.

Outro fator preocupante é a questão da má distribuição populacional em função das reservas hídricas ainda segundo Ghisi (2006), revela que os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional.

No Brasil, pode-se citar como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

Além disso, o desperdício de água potável, resultante do mau uso dos aparelhos sanitários, bem como vazamentos nas instalações, tem contribuído para maior consumo deste recurso (Ghisi, 2006).

O aproveitamento de águas pluviais teve início por volta de 3000 anos a.C. no Oriente Médio. Há 2750 anos a.C. na Mesopotâmia, utilizavam-se águas pluviais (TOMAZ, 2003).

O sistema de captação de águas pluviais vem sendo utilizado mais comumente nos países Europeus e Asiáticos. Nesses países são oferecidos financiamentos para a construção e utilização deste sistema.

No Brasil, as águas pluviais vêm sendo utilizadas nos estados do Nordeste, devido à grande falta de recursos hídricos, e essa água captada, é usada como fonte de suprimento.

Segundo as normativas da ABNT, 2007, para aproveitamento de águas pluviais no Brasil, será verificada a implantação dos equipamentos necessários para a captação de águas pluviais em edificações, levando em consideração preocupações com o sistema para que o funcionamento desta de forma correta.

De acordo com Tocchetto (2008), o Brasil possui 13% das reservas de água doce do Planeta, que são de apenas 3%. A grande extensão continental do país, juntamente com o intuito de fartura de água, favoreceu o desenvolvimento de uma idéia de fonte inesgotável, ou seja, um consumo distante dos princípios de sustentabilidade. No Brasil, a taxa de desperdício de água é de 70%, o que mostra a falta de preocupação da população com a possível escassez de água, pois a oferta gratuita de recursos naturais oferecidos pela natureza e o pensamento de inesgotabilidade, contribuem para com estas atitudes e levam a população ao descomprometimento com a proteção e o equilíbrio ecológico.

É possível, diariamente, observar o desperdício e a falta de preocupação, como exemplos, o fato de deixar a torneira ligada por muito tempo ao escovar os dentes; lavagem de ruas e calçadas com jatos de água; lavagem de carros; descargas dos vasos sanitários e todas as lavagens em geral. Mesmo em regiões brasileiras, onde as reservas hídricas geralmente atendem as necessidades de uso, em algumas épocas do ano são relativamente comuns os períodos de escassez, em atividades produtivas, devido às condições climáticas adversas e/ou aumento de demanda em atividades produtivas. Se não bastasse esta cultura consumista, a falta de conscientização de racionamento de água tem-se ainda o crescimento da população, fato este, que não pode ser controlado e os índices aumentam desordenadamente a cada ano, resultando em mais uso dos recursos naturais sem

qualquer controle.

Diante disso, o presente trabalho procura demonstrar as viabilidades que o aproveitamento de água de chuva garante, mediante potencialidades pluviais e de consumo, que a região de Londrina possui, bem como custo benefício que o sistema proporciona.

OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo analisar através de estudos, o potencial econômico do aproveitamento da água pluvial em edificações residenciais, procurando demonstrar a viabilidade de implantação na cidade de Londrina através do custo-benefício que o sistema proporciona.

1.1.2 Objetivos Específicos

Fazer levantamentos pluviométricos, estimular a conscientização da população para a redução do consumo de água potável em atividades como: irrigação, lavagem de carros e calçadas, descarte de vasos sanitários, a fim de demonstrar a importância da implementação do sistema de captação de água da chuva através de uma lógica econômica e sustentável.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CICLO HIDROLÓGICO E AS PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS

O ciclo hidrológico é uma realidade essencial do ambiente. É também um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão e ao transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica. Condiciona a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, a vida na Terra.

Segundo Derisio (2004), é possível analisar e afirmar que a quantidade de água existente na Terra, era constante até o surgimento do homem. O ciclo hidrológico é um fenômeno pelo qual a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa a ela nas fases sólida e líquida. Pode-se afirmar então que o ciclo hidrológico consiste na circulação de água no planeta devido às mudanças de seu estado físico.

A evaporação é a transferência do volume de água no estado líquido para a atmosfera. O vapor de água é transportado pela circulação atmosférica e condensa-se após percursos muito variáveis, que podem ultrapassar 1000 km. A água condensada dá lugar à formação de nevoeiros e nuvens e a precipitação a partir de ambos.

A precipitação pode ocorrer na fase líquida (chuva ou chuveiro) ou na fase sólida (neve ou granizo). A precipitação inclui também a água que passa da atmosfera para o globo terrestre por condensação do vapor de água (orvalho) ou por congelação daquele vapor (geada).

Uma parte da água precipitada retorna diretamente à atmosfera por evaporação; a outra retorna pelo escoamento dos leitos dos rios e pelos fluxos subterrâneos de água e uma parte também acaba por infiltrar-se no interior do solo.

Todo esse processo de evaporação e precipitação da água faz com que a quantidade de água total da Terra permaneça constante. Segundo Jaques (2005), todo esse processo está integrado com o desenvolvimento da biosfera e com o fluxo de luz e calor que vem do Sol e do interior da Terra. A energia solar é a fonte da energia térmica necessária para a passagem da água das fases líquida e sólida para a fase do vapor; é também a origem das circulações atmosféricas que transportam vapor de água e deslocam as nuvens (figura 1).



Figura 1: CICLO DA ÁGUA

Fonte: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>

O homem também tem participação nesse ciclo, não apenas consumindo água, mas também através de sua retenção em represas, o que altera o regime das chuvas, da ação na vegetação, da irrigação de solos secos e da poluição. Todo esse processo do ciclo da água, influenciado por seus inúmeros fatores, é que resultam nesse processo dinâmico e se estende por todo planeta, como afirma Jaques (2005).

1.1.3 Intensidade das Precipitações Atmosféricas

Um dos principais fatores a serem considerados, ao se idealizar qualquer projeto voltado ao aproveitamento dos recursos hídricos, é a medida da quantidade de chuva que cai numa área num determinado tempo. Como a área é fixada convencionalmente em m^2 , a medida volumétrica se transforma em medida de altura que normalmente se classifica em:

- Região de baixa precipitação: < 800 mm/ ano;
- Região de média precipitação: (800 a 1.600) mm/ ano;
- Região de alta precipitação: > 1.600 mm/ano.

A intensidade instantânea de uma precipitação sobre um determinado

pluviógrafo, definida como a relação entre acréscimo de precipitação e o lapso de tempo em que ocorre, é extremamente variável no decorrer do tempo.

A intensidade a ser considerada para a aplicação de método é a máxima média observada num certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado. O intervalo que corresponde à situação crítica, ou seja, a duração da chuva a considerar, será igual ao tempo de concentração de bacia. Conforme sejam as necessidades, a chuva é medida por minuto de ocorrência, em horas de ocorrência, em dias de ocorrência, ou até em anos (Botelho, 1998).

A fórmula geral do cálculo de intensidade da precipitação é:

$$i = K \cdot Tr^m(t + t_0)^n$$

Onde:

i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h)

t = tempo de duração da chuva (min)

Tr = tempo de recorrência (anos)

K, t_0, m, n = parâmetros a determinar para o local.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO MUNDO

Em um contexto histórico, a água da chuva já vem sendo utilizada pela humanidade há milhares de anos. Existem inúmeras cisternas escavadas em rochas, utilizadas para aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, encontra-se um dos exemplos mais conhecidos, a famosa fortaleza de Masada, com dez reservatórios escavados na rocha, tendo como capacidade total 40 milhões de litros. No México, existem cisternas ainda em uso, que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

Em alguns países industrializados, como a Alemanha, a população e as autoridades públicas estão apoiando ativamente o aproveitamento de água de chuva. Além disso, o governo alemão está participando com apoio financeiro, oferecendo financiamentos para a construção de sistemas de captação de água pluvial, incentivando assim a economia de água potável para suprir as futuras populações e novas indústrias, conservando as águas subterrâneas que são utilizadas como fontes de recurso hídrico em muitas cidades do país (GROUP RAINDROPS, 2002).

Segundo Tomaz (2001a), especialistas acreditam que até o ano de 2010, um percentual de 15% de toda água utilizada na Europa seja proveniente de aproveitamento de água de chuva.

Um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial além de promover estudos e pesquisas nessa área, é o Japão. Como exemplo, tem-se o caso de Tóquio, onde regulamentos do governo metropolitano obrigam que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m² (metro quadrado) utilizem mais de 100 m³

metro cúbico por dia de água para fins não potáveis, façam reciclagem da água de chuva e de água servida (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas).

Além disso, a fim de evitar enchentes, devem ser construídos reservatórios de retenção de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m² (metro quadrado) ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m² (metro quadrado) de área construída (TOMAZ, 2003).

De acordo com Group Raindrops (2002), países como Estados Unidos, Austrália e Cingapura também estão desenvolvendo pesquisas referentes ao aproveitamento de água pluvial. Em 1992, iniciou-se sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura. A água pluvial captada nas pistas de decolagem e aterrissagem é coletada e utilizada para descarga dos banheiros, evitando transtornos com enchentes nas pistas. Essa iniciativa abriu caminhos para novas áreas de pesquisa de aproveitamento de águas pluviais nesses países.

1.1.4 Importâncias do Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil

Há aproximadamente 20 anos atrás, as experiências de aproveitamento de água pluvial vêm sendo realizadas no Brasil.

O nordeste brasileiro é um exemplo onde a falta de água nos açudes, lagoas e nos rios, são freqüentes naquela região, e a salinidade das águas subterrâneas são fatores que levam parte da população nordestina a utilizar a água da chuva para suprir as necessidades de uso doméstico e das atividades na agricultura. O clima semi-árido brasileiro foi o pioneiro na arte de captação de águas

pluviais.

Existem várias experiências de tecnologias de sucesso de captação e manejo de água de chuva para uso humano, para criação de animais e produção de alimentos, na sua maioria, desenvolvidas por agricultores familiares, as quais podem ser multiplicadas e que serão descritas posteriormente nesta pesquisa.

Atualmente, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ABCMAC, 2010).

Em Blumenau, por exemplo, cidade localizada no estado de Santa Catarina, foi instalado sistema de aproveitamento de água pluvial em um hotel com 569,50 m² (metro quadrado) de área de cobertura (área de captação). O volume da cisterna utilizada é 16.000 litros, estimando-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 litros (BELLA CALHA, 2010).

Nos últimos três anos, o Brasil conseguiu construir mais de 100 mil cisternas, capazes de armazenar cerca de 1,5 bilhões de litros de água, na região do semi-árido brasileiro. A meta dos brasileiros envolvidos nesse projeto é construir um milhão de cisternas até o ano de 2010 (MONTAIA, 2010).

CONSUMO RACIONAL DE ÁGUA POTÁVEL

Hoje, o uso racional da água está cada vez mais presente nos meios de comunicação, buscando incentivar e conscientizar as pessoas da importância de não desperdiçar, e sim preservar este recurso vital.

Define-se como uso racional da água um conjunto de atividades, medidas e incentivos que têm como principais objetivos (TOMAZ, 2001a):

- Reduzir a demanda de água;
- Melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma;
- Implantar práticas e tecnologias para economizar água;
- Informar e conscientizar os usuários.

Diversas ações são necessárias para a redução do consumo de água, como detecção e reparo de vazamentos, campanhas educativas, troca de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água e estudos para aproveitamento de água pluvial e reuso de águas cinzas.

As medidas referentes ao uso racional da água são evoluções obtidas a partir da implantação de novas teorias e tecnologias que resultem em uma mudança de comportamento da sociedade, promovendo um uso sustentável da água. Já os incentivos são feitos por meio de campanhas, informações, educação pública, tarifas e regras que motivem os usuários a adotar medidas conscientes (MONTIBELLER & SCHMIDT, 2004).

Segundo Tomaz (2001a), as medidas para conservação da água de uso urbano podem ser definidas como medidas convencionais ou não convencionais.

As medidas convencionais para conservação da água incluem correção de vazamentos nos sistemas de distribuição de água e em residências, mudanças nas tarifas, redução de pressão nas redes, reciclagem e reúso de água, leis sobre aparelhos sanitários e educação pública.

Na cidade de Providence, localizada nos Estados Unidos, foram definidas medidas convencionais agressivas previstas para o ano de 2010 referentes à conservação de água, que estão apresentadas na Tabela 1, juntamente com o percentual de economia prevista.

Tabela 1 - Medidas convencionais de conservação da água e porcentagens aproximadas de economia

Medidas Convencionais de Conservação de Água	Porcentagem Aproximada de Economia Prevista
Consertos de vazamentos nas redes públicas	32%
Mudanças nas tarifas	26%
Leis sobre aparelhos sanitários	19%
Consertos de vazamentos nas casas	8%
Reciclagem e reúso da água	7%
Educação pública	5%
Redução de pressão nas redes públicas	3%
Total	100%

Fonte: TOMAZ, 2001 a

USOS FINAIS DA ÁGUA

Os usos finais de água consistem na análise do consumo de água em aparelhos sanitários, levando em conta o consumo total de água do local em estudo, possibilitando a verificação da quantidade de água consumida em cada determinado aparelho.

A água potável é utilizada para atividades distintas nas edificações, tais como: preparação de alimentos e bebidas, limpeza pessoal e ambiental, entre outros. Dentre estes diversos usos da água, uma parcela significativa está destinada a fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, regas de jardins, lavagem de automóveis e calçadas, onde poderia perfeitamente ser utilizada água de chuva.

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos em vários países, a fim de identificar os usos finais de água, principalmente nos setores residencial e público.

As Tabelas 2 a 6 apresentam resultados de pesquisas de consumo de água no meio residencial de alguns países do mundo.

Tabela 2 - Uso final de água tratada para consumo doméstico na Dinamarca

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Alimentação	5
Banhos	20
Higiene Pessoal	10
Vaso Sanitário*	20
Lavagem de Roupas*	15
Lavagem de Louças	20
Lavagem de carros, jardins*	10
Total	100
*Total não Potável	45

Fonte: TOMAZ, 2001

Tabela 3 - Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Vaso Sanitário*	27
Banhos	17
Máquina de Lavar Roupa*	22
Máquina de Lavar Louça	2
Vazamentos	14
Torneiras	16
Outros	2
Total	100
*Total não Potável	49

Fonte: TOMAZ, 2003

Tabela 4 - Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Vaso Sanitário*	37
Banhos e Lavatório	37
Lavagem de Louças	11
Lavagem de Roupas*	11
Preparação Alimentos	4
Total	100
*Total não Potável	48

Fonte: SABESP, 2007

Tabela 5 - Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Ducha	30
Vaso Sanitário*	40
Limpeza*	15
Cozinha	5
Lavagem de Louças/ mãos	10
Total	100
*Total não Potável	55

Fonte: SABESP, 2007

Tabela 6 - Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Vaso Sanitário*	40
Banhos	37
Bebidas	5
Cozinhas	6
Lavagem de Roupas*	4
Limpeza de Piso	3
Jardins	3
Lavagem de Automóveis	1
Outros	1
Total	100
*Total não Potável	52

Fonte: SABESP, 2007

De acordo com os dados acima, as variações de consumo de água verificadas nestes países para os mesmos aparelhos sanitários ocorrem principalmente devido às diferentes condições climáticas, aspectos sociais, econômicos e culturais. Porém, verifica-se que o percentual de água tratada utilizada em fins não potáveis varia entre 45 e 55%.

Para verificar o consumo de água dentro da residência, é necessária uma boa coleta de dados e caracterização dos ambientes, na qual devem ser considerados: pressão, vazão, clima, população, frequência de utilização, poder aquisitivo e produtos instalados.

No Brasil, estudos da Universidade de São Paulo e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, mostram duas situações de consumo de água no setor residencial, apresentando dados bastante diferentes, devido à própria caracterização dos ambientes. A primeira situação, um apartamento, está apresentada na Tabela 7, e a segunda, uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano, apresentada na Tabela 8.

Tabela 7 – Uso final de água tratada para consumo doméstico em um apartamento da USP

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Vaso Sanitário*	29
Chuveiro	28
Pia da Cozinha	17
Máquina de Lavar Roupa*	9
Lavatório	6
Tanque*	6
Máquina de Lavar Louça	9
Total	100
*Total não Potável	44

Fonte: DECA, 2007

Tabela 8 – Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano

Ponto de Consumo	Uso Final (%)
Vaso Sanitário*	5
Chuveiro	54
Pia da Cozinha	17
Máquina de Lavar Roupa*	4
Lavatório	7
Tanque*	10
Máquina de Lavar Louça	3
Total	100
*Total não Potável	19

Fonte: DECA, 2007

De acordo com a Engeplas (2010), a água de chuva serve principalmente para usos não potáveis, pois para assegurar sua portabilidade, é recomendável um tratamento mais complexo, sendo uma alternativa viável apenas onde não há a alternativa de

Em uma residência padrão, por exemplo, a água de chuva pode substituir a água tratada (e potável) da rede pública em diversas aplicações, tais como vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagens de carro, limpeza de pisos e piscinas, representando em média 50% do consumo físico, como indica tabela 13:

Tabela 9 – Média do consumo físico de água equivalente a 50%

Uso interno		
	% do Consumo	Água de Chuva
Descargas na bacia sanitárias	20 a 25%	Sim
Chuveiros e banheiras	15 a 20%	Não
Máquinas de lavar roupas	10 a 15%	Sim
Máquinas de lavar pratos	2 a 5%	Não
Torneiras internas	5 a 10%	Não
Uso externo		
Jardim	25 a 30%	Sim
Piscina	0 a 5%	Sim
Lavagem de carro	0 a 5%	Sim
Lavagem de área externa	0 a 2%	Sim

Fonte: www.engeplas.com.br

1.1.5 Usos Finais de Água em Instituições de Ensino

Os usos finais de água em instituições de ensino são dados importantes, pois nestas edificações ocorre uma tendência de haver maior desperdício de água, devido os usuários não serem responsáveis diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento desse insumo.

Segundo Tomaz (2001b), o consumo médio de água para escolas e universidades varia de 10 a 50 litros/dia por aluno, e 210 litros/dia por empregado, sendo que este consumo é distribuído em diversos usos, variando conforme a tipologia da edificação.

Verifica-se que são poucos os dados de usos de água para instituições de ensino no país. A Tabela 9 apresenta alguns valores de indicador de consumo de água em escolas e universidades no Colorado, Estados Unidos.

Tabela 10 - Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado - EUA

Consumo	Uso da Água (%)
Consumo doméstico	47,8
Rega de Jardins*	29,5
Resfriamento e Aquecimento*	10,6
Cozinhas	3,9
Perdas	3,8
Vazamentos	0,7
Lavanderias*	2,9
Outros	0,8
Total	100
Total não potável*	43

No Brasil, foi realizado por Ywashima et al (2006), estudo do consumo de água em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP, com o objetivo de identificar a forma de realização dos diferentes usos da água, bem como, a indicação dos ambientes responsáveis pelas maiores parcelas do consumo e a proposição de uma metodologia para a avaliação da percepção dos usuários para o uso racional de água.

Para tal estudo, selecionou-se uma amostra de escolas a serem analisadas, nas quais foi verificada a condição de operação (existência de vazamentos) dos diferentes pontos de consumo de água, aplicados questionários aos usuários e realizada a observação das atividades que envolvem o uso da água. Assim, foram observados o modo de realização das atividades; a duração das mesmas (medição dos horários de início e término); as vazões nos pontos de consumo empregadas para a realização das atividades, além de outras variáveis, de modo a estabelecer um dia típico de consumo (YWASHIMA et al, 2006).

Os usos finais de água obtidos no estudo realizado por Ywashima et al (2006), para cada das três tipologias de escolas observadas, encontram-se na Tabela 10. Apresenta-se também na mesma tabela, o total de água consumida para fins não potáveis, considerando apenas o consumo de água em descargas de vasos sanitários e mictórios.

Tabela 11 - Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas

Usos finais	Centros de Educação Infantil - CEMEI		Escolas de Educação Infantil - EMEI		Escolas de Ensino Fundamental - EMEF	
	(Litros/dia)	(%)	(Litros/dia)	(%)	(Litros/dia)	(%)
Lavatório	195	4,35	211	6,12	-	-
Lavatório calha	-	-	114	3,30	865	6,53
Bebedouro elétrico	4	0,09	7	0,20	-	-
Filtro	-	-	27	0,78	-	-
Chuveiro	798	17,78	36	1,04	-	-
Pia	1739	38,76	682	19,77	1302	9,84
Tanque	117	2,61	11	0,32	124	0,94
Vaso sanitário c/ válvula*	1243	27,70	2306	66,84	6156	46,50
Mictório tipo calha*	-	-	-	-	4752	35,90
Máquina de lavar roupa	234	5,22	-	-	-	-
Torneira de lavagem	139	3,10	56	1,62	39	0,29
Torneira de hidrômetro	18	0,40	-	-	-	-
Total	4487,0	100,0	3450,0	100,0	13238,0	100,0
Total não potável*	1243,00	27,70	2306,00	66,84	6156,00	82,40

Fonte: YWASHIMA, 2006

Observa-se na tabela acima, que o total de água consumida em descargas de vasos sanitários e mictórios (usos não potáveis) em escolas é bastante significativo, chegando a um percentual de até 82% para as Escolas de Ensino Fundamental.

CONSIDERAÇÕES DA NORMA NBR 15527 PARA O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

As normas NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) - Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não, fornecem considerações importantes para a utilização correta do sistema de coleta de água de chuva através de algumas observações como:

- Item 4.3.6 - Os reservatórios devem ser limpos e desinfetado com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com à ABNT NBR 5626.
- Item 4.4.2 - As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.
- Item 4.4.3 - O sistema de distribuição de chuva deve ser

independente da sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626.

- Item 4.4.5 - Os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva devem ser separados.
- Item 5.1 - Deve-se realizar manutenção em todo o sistema de
- aproveitamento de água de chuva.

A NECESSIDADE DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

O aproveitamento de água pluvial surge como uma medida que tenta resolver dois graves problemas. O primeiro é a escassez de água, que já atormenta um grande número de pessoas pelo mundo e que, em um futuro próximo, alcançará maiores proporções. A redução do consumo de água potável permitirá o aumento de usuários atendidos, contribuindo para um dos itens de exclusão social.

A falta de água já é comum em regiões que recebem grande fluxo de turistas, principalmente em cidades litorâneas no verão, ironicamente a época de maior regime chuvoso.

O segundo problema é a drenagem urbana. As águas de chuva tem causado graves problemas de ordem social e econômica, devido à crescente urbanização e impermeabilização do solo, nem sempre acompanhada de infra-estruturas necessárias, como por exemplo, uma rede de drenagem adequada.

O uso deste sistema contribuirá para a redução das enchentes, retirando do sistema de drenagem um grande volume de água, já que grande parcela da precipitação está sendo captada e reservada nos lotes (O2 ENGENHARIA, 2010).

Com isso, é possível a solução parcial de problemas enfrentados nos grandes centros urbanos, proporcionando novo uso às águas de chuva que, hoje, proporcionam grandes catástrofes, sendo utilizadas para novos fins.

1.1.6 Vantagens e desvantagens de um Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de

água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

Além disso, SIMIONI (2004) cita outras vantagens do aproveitamento de água de chuva e algumas desvantagens como :

Vantagens:

- ✓ Baixo impacto ambiental;
- ✓ Utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- ✓ Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- ✓ Complementa o sistema convencional;
- ✓ Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público;
- ✓ Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo);
- ✓ Fácil manutenção;
- ✓ Baixos custos de operação e manutenção;
- ✓ Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado);
- ✓ As tecnologias disponíveis são flexíveis.

Desvantagens:

- ✓ Custo mais alto quando comparada com outras fontes;
- ✓ Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado);
- ✓ Não atrativo a políticas públicas;
- ✓ Custo inicial médio;
- ✓ Qualidade da água vulnerável;
- ✓ Possível rejeição cultural.

O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados

ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas.

Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável.

A Figura 2 apresenta esquema típico de funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em residências.

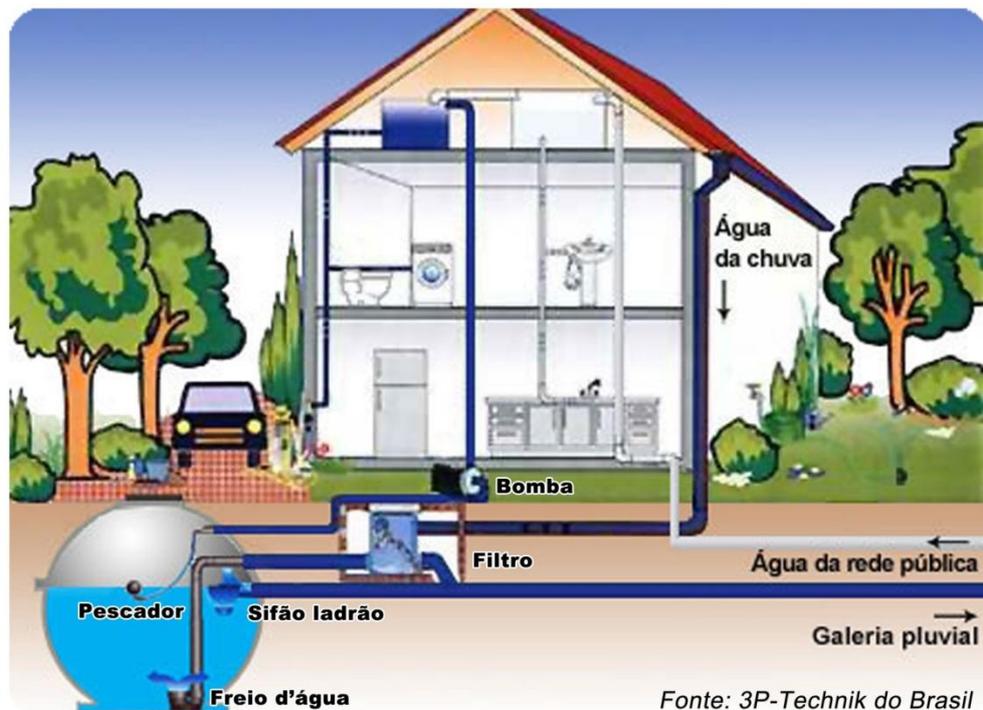


Figura 2 - Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva em residência
Fonte: www.ecocasa.com.br

Os equipamentos que atendem as exigências da norma NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, levando em consideração uma cobertura de 200 m², dispostos pela Aquasave (2010) são:

Filtro VF1 para área de captação cerca de 250 m² (5,4 m³/h)

Possui entradas e saídas de Ø 100 mm, cujos tubos que descem das calhas são descartados nas entradas da água bruta do filtro.

Pode-se usar um lado somente, ou fazer a entrada pelos dois lados em função da disposição dos canos que descem das calhas. O descarte das folhas e parte da água é através da saída oposta à entrada de água filtrada, que deve ser direcionado para galeria pluvial como mostra figura 3:

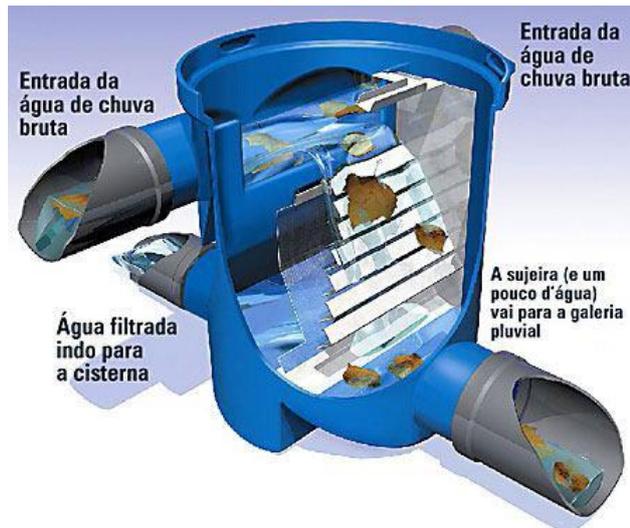


Figura 3 – Filtro VF1 para até 200m² de telhado
Fonte: Ecoracional (2010).

1. Freio d'água:

O freio d'água é instalado no fundo da cisterna, conectado ao filtro através de um tubo de 100 mm de PVC.

Sua função é reduzir a velocidade de entrada da água filtrada e evitar o revolvimento das partículas finas decantadas no reservatório (figura 4).



Figura 4 – Freio d'água
Fonte: Ecoracional (2010).

2. Conjunto flutuante de sucção (bóia-mangueira) comprimento 2 m:

O conjunto é instalado dentro da cisterna e capta a água próxima à superfície para a bomba, que recalcará aos pontos de consumo ou para um reservatório elevado exclusivo para água de chuva (figura 5).



Figura 5 – Conjunto flutuante de sucção: bóia – mangueira
Fonte: Ecoracional (2010).

3. Sifão Ladrão:

O sifão é instalado dentro da cisterna e faz o controle do nível para que não haja transbordamento.

Possui saída de 100 mm Ø com formato sifonado impede a entrada de insetos e roedores no reservatório (figura 6).



Figura 6 – Sifão Ladrão
Fonte: Ecoracional (2010).

4. Reservatórios

O reservatório é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, que deve ser corretamente dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema. Ressalta-se que, a distribuição temporal anual das chuvas é uma importante variável a ser considerada no dimensionamento do reservatório (CASA EFICIENTE, 2010).

Podem ser construídos de forma subterrânea como aérea, ou em tanques de fibra de vidro cilíndrico de eixo vertical auto-sustentáveis como mostra figura 7:



Figura 7 – Foto reservatório
Fonte: Autora (2010)

Os equipamentos citados acima, responsáveis pelo sistema de captação de águas pluviais são mostrados em conjunto na figura 8 abaixo:

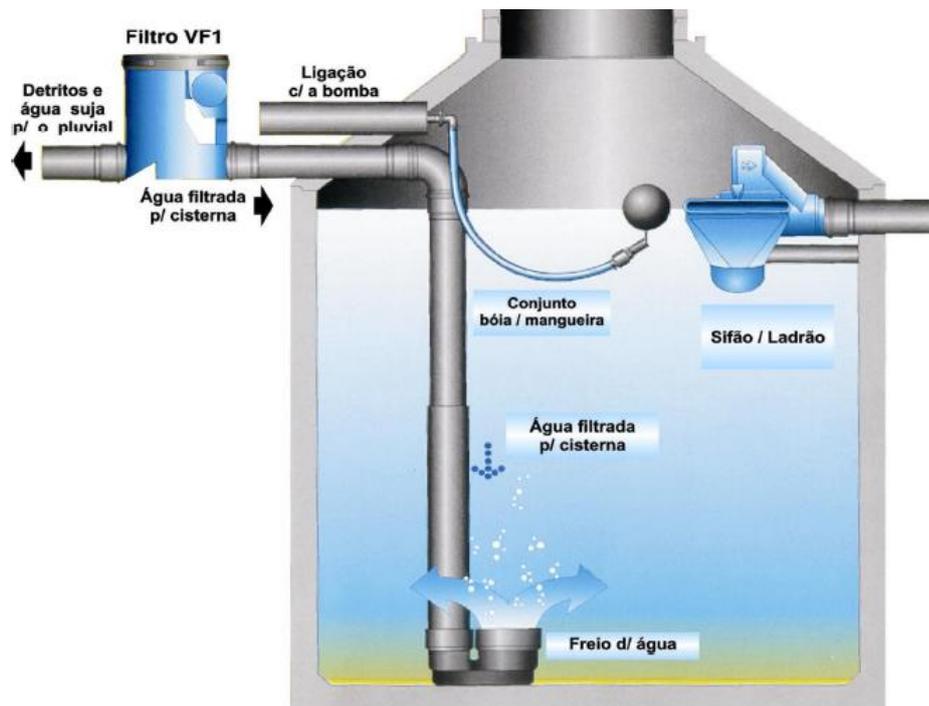


Figura 8 – Reservatório de água com equipamentos de captação de águas pluviais
Fonte: Ecoracional (2010).

Além dos itens mostrados que correspondem ao sistema de captação de águas pluviais, existem equipamentos que completam o sistema, em casos especiais, como é o caso da bomba de recalque ou pressurizada tem função de alimentar os pontos de consumo (caixa d'água não potável e/ ou torneiras externas de uso restrito), abastecendo o reservatório não potável elevada automaticamente em caso de consumo acima da capacidade ou estiagem.

O sistema de bombeamento atender as normas e as tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto moto bomba (figura 9):



Figura 9 – Bomba de sucção usada para bombear água aos reservatórios
Fonte: www.lovaefaz.com.br (2010).

De acordo com a EcoCasa (2010), é preciso além do dimensionamento correto, o projeto hidráulico, especificação, comércio e instalação dos principais equipamentos que serão utilizados no sistema de aproveitamento da água da chuva, que no caso de condomínios ou em instalações industriais e comerciais, existe a necessidade dos equipamentos citados porém capacitados para captar uma maior quantidade de água e com sistema de bombeamento caso exista necessidade conduzir a água para um nível mais elevado (figura 10):

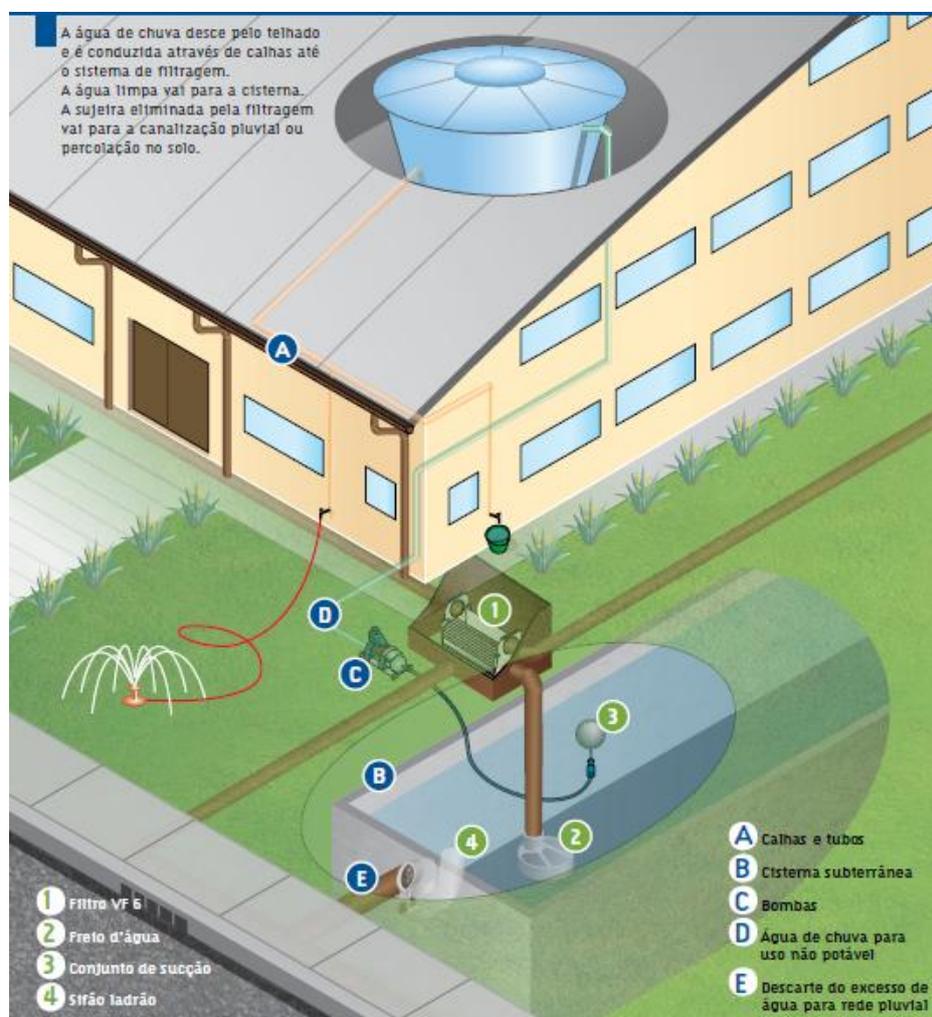


Figura 10 - Esquema de funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em indústria
Fonte: www.bellacalha.com.br

MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa foi baseado em um estudo de caso desenvolvido na cidade de Londrina, Paraná, onde se fez o levantamento de dados de precipitação e de custo dos elementos constituintes do sistema. Ao final, pode-se determinar o custo-benefício da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva no âmbito residencial

Através de estudos, informações e dados, o primeiro passo da revisão bibliográfica foi discutir a utilização das águas além das formas de utilização e aproveitamento de águas pluviais em edificações.

Ainda na revisão bibliográfica, foi abordado o levantamento de equipamentos necessários para a instalação de um sistema de captação de águas pluviais.

Posteriormente, foram estabelecidos métodos mediante os dados pluviométricos da região de Londrina, pela Aquasave e pelo software Netuno, determinando então, dados utilizados para estabelecer o volume do reservatório, além das tarifas de água necessárias para o estudo de custo.

Os parâmetros usados pelos dois métodos diferem-se sendo que um possui um caráter mais simplificado e direcionado para o mercado enquanto que o outro é mais detalhado, envolvendo maior número de variáveis e chegando, a estimativas mais próximas da realidade.

LEVANTAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO MUNICÍPIO DE LONDRINA

De acordo com um levantamento em 2007, feito pelo Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, foi constatado que a temperatura média anual de Londrina, é de 21,8° C, com média máxima de 28,3° C e a média mínima de 16,3° C. Apresenta verão quente e inverno ameno, com índices de umidade relativa do ar em torno de 76% no verão e 72% no inverno, e com umidade relativa média do ano situada em torno de 69%.

Ainda de acordo com o IAPAR (2010), os dados mais recentes são apresentados na tabela 11 abaixo.

Tabela 12 – Dados Pluviométricos de Londrina

Meses do ano (1976 - 2007)	Média histórica (mm)	Captação Mensal (m³)	Chuva
JAN	206	148.032	15
FEV	186	134.136	14
MAR	136	97.920	11
ABR	113	81.648	8
MAI	119	85.824	8
JUN	93	66.960	8
JUL	60	43.128	6
AGO	50	35.928	6
SET	125	90.000	9
OUT	133	95.544	10
NOV	160	115.272	11
DEZ	208	149.616	14
-	1588,90	1.144,008	120

Fonte: IAPAR,2010

Pólo de uma região essencialmente agrícola, Londrina é um município beneficiado por um regime pluviométrico bem distribuído durante todo o ano, como mostra tabela acima, pois são poucos os períodos de grandes estiagens ou chuvas

prolongadas. Segundo o IAPAR (2010), a precipitação pluviométrica anual em 2007, foi de 1.566 mm, sendo janeiro, julho e dezembro, os meses mais chuvosos e junho, setembro e agosto os meses mais secos.

Com isso, pode-se afirmar além da cidade ter grande potencial pluviométrico, esta preparada para implantar o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO VOLUME IDEAL DE UM RESERVATÓRIO

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água.

Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Diante disso, foram descritos alguns métodos, ambos diferenciados para a determinação do volume ideal de um reservatório, sendo estes o Método Aquasave, que possui um caráter mais simplificado para o mercado e o Método Netuno, que envolve um maior número de variáveis, chegando então, a estimativas mais próximas da realidade.

1.1.7 Método da Aquasave:

Inicialmente, de acordo com o método Aquasave (2010), levando em consideração a média pluviométrica mais aproximada da realidade de Londrina e uma área para captação através da tabela 12, damos início as seguintes etapas:

1. Capacidade de captação (m^3 /ano):

Tabela 13 – Dados Pluviométricos x Área do Telhado

Índice pluviométrico (mm) anual	Área do telhado (m ²)								
	100	200	300	400	500	1000	1500	2000	
800	72	144	216	288	360	720	1080	1440	
900	81	162	243	324	405	810	1215	1620	
1000	90	180	270	360	450	900	1350	1800	
1100	99	198	297	396	495	990	1485	1980	
1200	108	216	324	432	540	1080	1620	2160	
1300	117	234	351	468	585	1170	1755	2340	
1400	126	252	378	504	630	1260	1890	2520	
1500	135	270	405	540	675	1350	2025	2700	
1600	144	288	432	576	720	1440	2160	2880	

Fonte: www.aquasave.com.br, 2010

O resultado da tabela acima é em m³, para se ter o volume mensal divide-se por 12.

Levando em consideração a região de Londrina, cujo índice pluviométrico tem a média de 1600m³ e a área escolhida é de 200 m² de telhado obtemos uma capacidade de captação anual de 270 m³ e a captação mensal de 22,5 m³. Porém, se a capacidade de captação mensal não for o dobro do volume da cisterna, o sistema perde a eficiência, o que não acontece neste caso.

2. Volume de uso de água:

De acordo com AquaSave (2010), alguns exemplos de volumes de uso de água estão no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Dados de volumes do uso da água estimados

Vaso sanitário	1200 litros/ mês/ pessoa
Jardim (irrigação)	30 litros/ m ² / mês
Lavagem calçada	30 litros/ m ² / mês
Lavagem carro	200 litros/ lavagem

Fonte: www.aquasave.com.br, 2010

3. Dimensionamento do reservatório (considerando período de estiagem de 15 dias):

1º Passo: Somar os volumes de água mensal

2º Passo: Dividir por 2 (equivalente a 15 dias) daí tem-se o volume ideal do reservatório;

3º Passo: Checar se o volume de captação é suficiente para este uso. A capacidade da captação mensal deverá ser o dobro do volume achado para o reservatório.

Neste caso, um exemplo para o dimensionamento de uma residência com quatro pessoas em Londrina (1600mm/ ano) com área de telhado para captação de 200m², jardim de 100 m², calçada de 100 m² e 1 lavagem mensal de carro:

1º Passo:

Vaso sanitário 4.800 litros

Jardim 3.000 litros

Calçada 3.000 litros

Lavagem carros 200 litros

Total: 11.000 litros = 11 m³/ ao mês

2º Passo:

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO: $11/2 = 5,5 \text{ M}^3 = 5.500 \text{ L}$

CONSIDERANDO O VALOR ENCONTRADO, USAREMOS RESERVATÓRIO DE 5.000 L.

3º Passo:

Checagem do Índice pluviométrico de Londrina que é de 1600 mm/ ano, área de telhado com 200 m², captação anual (tabela) de 270 m³ ou 22,5 m³ mensais, sendo esta maior que o dobro do reservatório que é de 7 m³. Isto significa que é muito vantajosa a utilização do sistema aproveitamento de águas pluviais para esta região.

1.1.8 Método do software Netuno:

O método presente no software Netuno (versão 2.2), auxilia de forma científica por meio de um programa, determinar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser tratada. O programa permite simulações do potencial de economia de água potável tanto para um volume de reservatório como para uma faixa de volumes.

Para a simulação, alguns dados de entrada foram necessários.

- 1) Dados de precipitação diários para um período de no mínimo 1 ano.
- 2) Os dados foram obtidos no site da ANA (agência nacional de águas) em uma das estações de monitoramento de Londrina.
- 3) Demanda de água potável: foi considerado o valor de 180 litros/dia, estimado segundo consumo em uma residência unifamiliar
- 4) Número de moradores: 4
- 5) Porcentagem de água potável a ser substituída por água pluvial:

Levando em consideração que a captação dessa residência equivale a 20,4

m³/ mês (ver base de cálculo no capítulo seguinte) e se gasta 11 m³/ mês (segundo quadro 1) para fins não potáveis, temos um restante de água para as demais funções de 9 m³/ mês de água, ou seja, relativamente pouco em relação a grande quantidade que poderíamos economizar.

Neste caso, se esta residência que possui 200m² capta uma média de 680,00 litros diários, e se deste total, 380,00 litros fossem reaproveitados para fins não potáveis, teríamos um potencial de 56%, ou seja, de toda água potável quase 60% seria a estimativa de consumo economizada através da água pluvial.

A seguir na figura 11, têm-se os dados inseridos no software Netuno.

The screenshot shows the Netuno software interface with the following data entered:

- Buttons:** Carregar simulação previamente salva, Carregar dados de precipitação
- Data File:** dados londrina CORRETO.xls
- Dias analisados:** 365
- Área de captação (m²):** 200
- Demanda de água potável:** Fixa (selected)
- Demanda de água potável (litros per capita/dia):** 180
- Número de moradores:** 4
- Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial:** 60%
- Coefficiente de aproveitamento:** Outro valor, 0.8
- Reservatório superior:** Volume igual à demanda diária de água pluvial (selected)
- Reservatório inferior:** Cálculo para diversos reservatórios (selected)
- Intervalo da Simulação:**
 - Volume máximo (litros): 20000
 - Intervalo entre volumes (litros): 1000
 - Indicar volume ideal para o reservatório inferior: checked
 - Diferença entre potenciais de economia (%): 10

Figura 11 – Dados referente ao software Netuno
Fonte: site <www.labeee.ufsc.br/software/netuno.html>

Além do potencial de economia de água potável, o método do software

Netuno fornece o cálculo do volume ideal para o reservatório de água pluvial, levando em consideração uma residência de 4 pessoas.

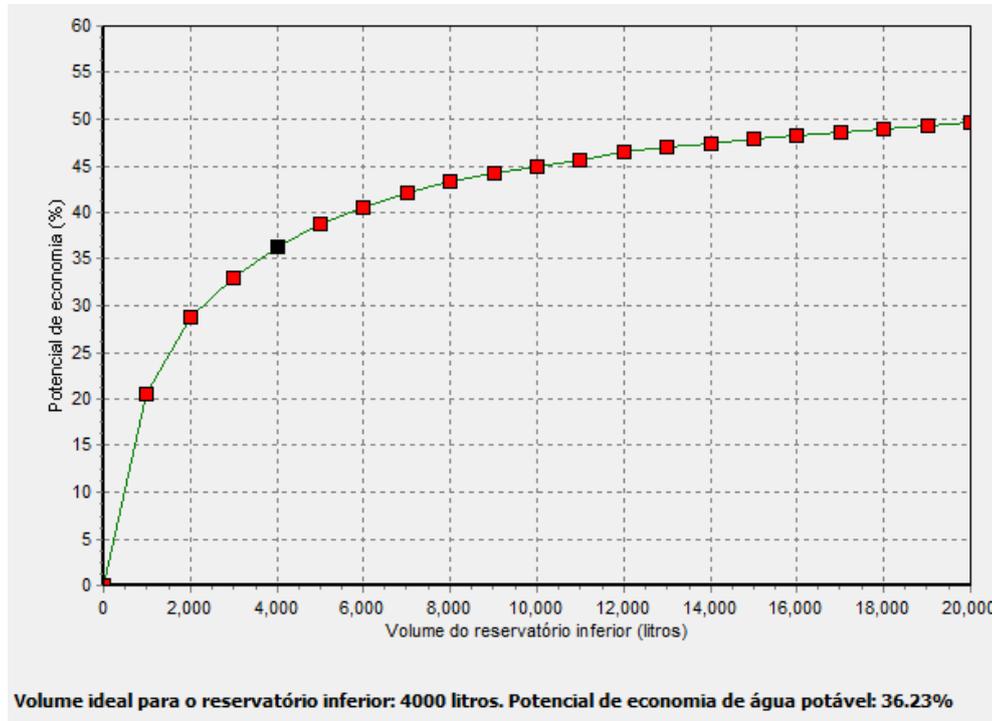


Figura 12 – Gráfico referente ao software Netuno
 Fonte: site <www.labee.ufsc.br/software/netuno.html>

Segundo os dados simulados, viu-se que o volume de 5000 litros, sugerido através do método da Aquasave, oferece potencial de economia de cerca de 45 %. O software Netuno indica um volume ideal como sendo o de 4000 litros pois já oferece potencial de economia de 36%. Entretanto volume de 5000 litros atesta bom potencial de economia de água potável. A partir de 8000 litros o potencial de economia começa a se estabilizar. Com isso, verifica-se que o método da empresa Aquasave apresentou resultado coerente, mesmo que adotando valor mais alto antes de se estabilizar o potencial de economia.

Com o estudo acima, a etapa de metodologia teve como base o levantamento custo de todos os componentes de um sistema tradicional de captação, envolvendo além do custo do reservatório de 5000 litros adotado neste estudo, todas as conexões, demais materiais e mão-de-obra.

O levantamento de custo de todos os componentes foram levantados através do site: www.aquasave.com.br, o qual possui valores atualizados.

Os custos de manutenção não foram levantados neste estudo.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados partiram de uma pesquisa cujo desenvolvimento seguiu em três etapas. A primeira delas foi o levantamento da previsão de consumo, necessário para a comprovação da viabilidade do sistema captação de águas pluviais

Em seguida foi levantado o custo da mão-de-obra e dos materiais utilizados no sistema de aproveitamento de água pluvial para sua implantação.

Já a terceira etapa, tem como propósito comprovar o estudo de viabilidade demonstrando as potencialidades finais com o uso do sistema, além de abordar o resultado final através de uma análise do custo-benefício.

PREVISÕES DE CONSUMO

O uso de água para fins não potáveis em estabelecimentos comerciais como escolas, prédios públicos e mesmo em indústrias - onde pode ser utilizada no processo produtivo.

Para definir o potencial de captação foi calculado o volume de água de chuva captada através de quatro variáveis básicas:

I) Precipitação (X):

A quantidade de chuva que cai é o primeiro fator determinante do potencial de captação. O índice anual de chuva do local onde se deseja instalar o sistema é uma informação fundamental. O índice pluviométrico mede quantos milímetros chove por ano em um m^2 . No caso de Londrina, a média anual é de 1.600 mm/ m^2 , que equivalem a 1.600 litros ou 1.6 m^3 por metro por ano.

II) Área de Captação (Y):

É a superfície do telhado ou qualquer outra superfície impermeável em que a água será captada para ser armazenada em m^2 .

III) Eficiência do telhado (W):

O material de que é feitos o telhado (ou outra superfície de captação), a porosidade, a inclinação e mesmo o estado de conservação afetam a eficiência da drenagem do telhado. Por exemplo, telhados lisos e metálicos são mais

impermeáveis do que telhados de sapé, facilitando o escoamento de água para a calha. De modo a simplificar o cálculo, vamos assumir que sejam perdidos 15% da água que caiu no telhado.

IV) Eficiência na filtragem (Z):

Um filtro de boa qualidade e em bom estado de conservação, normalmente, não deixa seguir a sujeira mais do que 10% da água, ou seja, cerca de 90% de água “limpa” segue para o reservatório.

Exemplo:

Se o estabelecimento está em uma região como Londrina em que chove 1.600mm/ano (X) e seu telhado tem uma superfície de 200m² (Y) o seu potencial de captação será:

- X (chuva anual) = 1.600mm ou 1.6 m³
- Y (área do telhado) = 200m²
- W (eficiência do telhado) = 85%
- Z (eficiência do filtro) = 90%

Neste caso, o potencial equivale a:

$$1.6 * 200 * 85\% * 90\% = 244,80\text{m}^3/\text{ano ou } 20,40 \text{ m}^3/\text{mês.}$$

Com este potencial de aproveitamento da água, será possível determinar a capacidade de armazenamento, e auxiliar uma futura análise de custo-benefício do projeto como um todo.

Alé

m da previsão de potencial da água, temos a seguir no quadro 2, as tarifas de água e esgoto da Sanepar pela Ecoracional:

Quadro 2 – Dados e tarifas de água e esgoto Sanepar

custo da água tratada (R\$/m ³)	3,00
taxa de esgoto (R\$/m ³)	2,40
custo total (R\$/m ³)	5,40

Fonte: Ecoracional ,2010

Considerando os valores praticados em Londrina-PR pela SANEPAR, a

economia anual será de **R\$ 6.177,64**.

CUSTOS MÉDIOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE LONDRINA

Considerando a importância ambiental da instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação, é necessário avaliar a relação custo/benefício para a consolidação da possibilidade de instalação desse sistema. Para esse estudo, foram consultados materiais e mão de obra na cidade de Londrina. Os materiais utilizados e seus preços serão descritos no quadro 4:

Quadro 3 – Materiais e preços dos produtos para o sistema de aproveitamento de águas pluviais

PRODUTOS	PREÇOS
Reservatório Bakof com tampa (500 litros)	R\$ 129,00
Reservatório Bakof com tampa (5.000 litros)	R\$ 1.031,60
Reservatório Bakof com tampa (10.000 litros)	R\$ 2.146,92
Bomba Pressurizada Bosch (60W)	R\$ 299,00
Tubo Tigre Marrom (100 milímetros) – barra 6 metros	R\$ 47,00
Filtro VF1 (até 200 m ² de cobertura) Ecoracional	R\$ 1.184,00
Conjunto Flutuante 1" Ecoracional	R\$ 275,00
Sifão Ladrão (100 mm) Ecoracional	R\$ 203,00
Freio D'Água Ecoracional	R\$ 94,00

Fonte: (www.ecoracional.com.br/ www.taqi.com.br)

Os condutores verticais e horizontais (calhas) e a estrutura de telhado (área de captação) não estão relacionados no comparativo de viabilidade econômica, pois estão inclusos na estrutura das residências. Os materiais descritos acima no quadro 5 são materiais de boa qualidade e próprios para água.

Os materiais utilizados, para fazer a análise de preços, foram escolhidos para maior facilidade e acessibilidade dos interessados, visando um produto de boa qualidade, diminuindo o custo de mão-de-obra e facilitando a manutenção do sistema, cujo orçamento esta no quadro 5:

Quadro 4 – Manutenção dos componentes do sistema de coleta de água pluvial

Componente	Freqüência de Manutenção	Preço da Manutenção
Calhas, condutores.	Semestral	R\$ 130,00
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual	R\$ 200,00

Fonte: (Joás Prestadora de Serviço, 2010).

Em pesquisa com profissionais da área de construção civil, obteve-se uma média de R\$ 60,00 (setenta reais) por dia a mão-de-obra do colaborador qualificado para função de instalação de componentes hidráulicos e seu ajudante uma média de R\$ 25,00 (vinte e cinco reais), na cidade de Londrina.

A estimativa de preço e quantidade de material é equivalente a uma residência com área de captação (telhado) de aproximadamente 200 metros quadrados e uma distância equivalente a 5 metros da área de captação até o reservatório.

Com os preços dos materiais e custo de mão-de-obra, estimou-se o valor da implantação do sistema de captação de água de chuva, utilizou-se um reservatório de fibra de 5.000 litros onde a estimativa final estão no quadro 5:

Quadro 5 – Estimativa do valor de implantação para um sistema em Londrina

MATERIAIS	PREÇOS
Reservatório Bakof com tampa (500 litros)	R\$ 129,00
Reservatório Bakof com tampa (5.000 litros)	R\$ 1.031,60
Bomba Pressurizada Bosch (60W)	R\$ 299,00
Tubo Tigre Marrom (100 milímetros) – barra 6 metros	R\$ 47,00
Filtro VF1 (até 200 m ² de cobertura) Ecoracional	R\$ 1.184,00
Conjunto Flutuante 1” Ecoracional	R\$ 275,00
Sifão Ladrão (100 mm) Ecoracional	R\$ 203,00
Freio D’Água Ecoracional	R\$ 94,00
Mão-de-Obra	R\$170,00
Manutenção	R\$ 330,00
TOTAL	R\$ 3.762,60

Considerando que Londrina tem grande volume de chuva em sete meses do ano, sendo que os outros cinco meses seriam dias normais ou com falta de chuvas. Desta forma, é possível prever uma situação bem favorável para a implantação.

Utilizando um reservatório de 5.000 litros, cujo volume refere-se a uma dimensão do telhado de 200 m², o preço de implantação do sistema de captação de água pluvial ficará em média **R\$ 3.762,60 reais**.

Em uma residência com quatro pessoas, onde o volume gasto de água para fins não potáveis é de **11 m³/ mês, estimado conforme Aquasave (ver quadro 1 no capítulo de método de pesquisa)** e o valor da taxa paga é de **R\$ 5,40 m³/ mês (ver quadro 2)**, estaríamos economizando **R\$ 59,40 mensalmente e R\$ 712,80 ao ano**. Dividindo o valor total gasto na implantação que é de **R\$ 3.762,60 reais** pelo

valor economizado ao ano, temos uma média de custo-benefício que resulta num prazo de pagamento do sistema de aproximadamente 5 anos e três meses

Outra análise que podemos fazer é que desconsiderando os custos levantados acima, mas levando em consideração que a previsão de consumo de captação dessa residência equivale a 20,4 m³/ mês e se gasta 11 m³/ mês para fins não potáveis, temos um restante de água para as demais funções de 9,4 m³/ mês de água, ou seja, relativamente pouco em relação a grande quantidade que poderíamos economizar.

Neste caso, se esta residência que possui 200m² capta uma média de 680,00 litros diários, e se deste total, 300,00 litros fossem reaproveitados para fins não potáveis, teríamos um potencial de 44,2%, ou seja, de toda água potável quase 50% seria a estimativa de consumo economizada através da água pluvial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil ainda é uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, e representa uma grande reserva de águas subterrâneas. Grande parte dessa água vem da chuva, e tendo em vista que a maioria do país possui potencialidade pluviométrica, sua captação pode vir a reduzir problemas como enchentes e desperdícios.

Desta forma, o processo de aproveitamento de água para fins não potáveis auxiliaria não apenas as companhias de água que tem o papel de garantir água potável para todos como também contribuiria na preservação ambiental visando à sustentabilidade.

Com isso, o intuito deste trabalho é demonstrar a possibilidade de reduções das demandas dos recursos hídricos, através da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais para a cidade de Londrina.

Analisando os resultados, concluímos que a região possui grande potencialidade pluviométrica, além de empresas no mercado que disponibilizam componentes para melhorar o sistema.

Visando o lado sustentável, sem pensar nos benefícios econômicos, mas sim nos benefícios ambientais da implantação, o sistema de aproveitamento de água pluvial diminuiria os problemas de drenagem urbana, retendo boa parte da água que escoaria pelas ruas e galerias, diminuiria a quantidade de água tratada utilizada para rega de jardim, lavagem de calçadas, carros entre outros.

A captação de água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, onde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício.

Pensando na viabilidade econômica e um retorno em curto prazo, fica totalmente viável, pois o custo do sistema é amortizado em praticamente 5 anos.

Essa medida possibilita a redução do consumo excessivo da água, proporcionando novos usos como descarga de bacia sanitária, irrigação de jardim, lavagem de veículos e limpeza em geral.

É interessante ressaltar, que atualmente existem produtos no mercado que

auxiliam na redução do consumo de água, como vasos sanitários, torneiras e até duchas com dispositivos e sensores que diminuem a vazão da água, reduzindo os gastos.

Porém, embora sejam disponibilizadas formas de economizar a água, como é o caso do sistema demonstrado, é interessante analisar que a conscientização vem como uma das principais medidas da racionalização da água, pois enquanto algumas residências usam demais, algumas ainda não possuem nem sequer água tratada. Isso nos faz crer, que é preciso nos atentar sobre como utilizamos esse bem tão precioso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro. 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas *NBR 12217*: Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 2004

ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>

AQUASAVE. Economia de Água. Disponível em: < <http://www.aquasave.com.br/>> Acessado em 2010.

BELLA CALHA. Disponível em:< <http://www.bellacalha.com.br>> acessado em 2010.

BOTELHO, M, H.C. Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades. ed. 2º São Paulo: Edgard Blucher. 1998.

CASA EFICIENTE. Uso racional da água : Sistema de aproveitamento de água pluvial. Disponível em:< <http://www.casaeficiente.com.br>> acessado em 2010.

DERISIO, J. et al. Reuso da água servida em residência como proposta de redução do desperdício e das taxas de água e esgoto. Monografia de Pós- Graduação”*Latu sensu*”. Foz do Iguaçu, 2004.

ECOCASA. Tecnologias Ambientais – Aproveitamento de Água de Chuva. Disponível em:< <http://www.ecocasa.com.br> > acessado em 2010.

GHISI, E. A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

IAPAR. Médias Históricas das Estações no Paraná. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Estacoes_IAPAR/Estacoes_Parana.htm> acessado em 2010.

JAQUES, Reginaldo C. Qualidade da água da chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edífic metações. Monografia do Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MONTIBELLER A.; SCHMIDT R. W. Análise do Potencial de Economia de Água Tratada Através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

MONTOIA, P. Água, o ouro azul do nosso século. In: Moderna – Livros Didáticos, Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/projeto/2006/1/cisternas/>> acessado em 2010.

NETUNO. Programa para Cálculo do Potencial de Economia de Água Tratada Utilizando Água da Chuva. Laboratorio de Eficiencia Energetica (LabEEE). UFSC, 2010, Disponível em:< www.labee.ufsc.br/software/netuno.html> acessado em 2010.

OLIVEIRA, Rossana de Guadalupe. Aproveitamento de Águas Pluviais para Uso não Potável. Monografia: Especialista em MBA em Sistema de Gestão Ambiental – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

O2 ENGENHARIA. Áreas de atuação: aproveitamento de água de chuva. Disponível em:<http://www.o2engenharia.com.br/aproveitamento_agua.htm> acessado em 2010.

Prefeitura do Município de Londrina. Dados Geográficos. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58> acessado em 2010.

SANEPAR. Companhia Paranaense de Águas e Saneamento. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br>> acessado em 2010.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais.... CD Rom, 2004.

TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001a.

TOMAZ, P. Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos. Navegar Editora, São Paulo, 2001b.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva. ed. 2º. São Paulo: Navegar. 2003.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; PEREIRA, Lauro Charlet – Água: Esgotabilidade, Responsabilidade e Sustentabilidade, 2008.

UNIÁGUA. Universidade da água. Água no Planeta. Disponível em:
<<http://www.uniagua.org.br>> acessado em 2010.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. O.; CRAVEIRO, S. G.; GONÇALVES, O. M. Método para Avaliação da Percepção dos Usuários para o Uso Racional de água em Escolas. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 11º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais....CD Rom, 2006..
