

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

BRUNO FRANCISCO HIRT
DIEGO STALCHMIDT DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO
POTÁVEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2011

BRUNO FRANCISCO HIRT
DIEGO STALCHMIDT DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Projeto Final 2, do Curso de Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire
Co-orientador: Prof. Msc. Michael Mannich

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MEIOS FILTRANTES NO TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Por

BRUNO FRANCISCO HIRT
DIEGO STALCHMIDT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 05 de dezembro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Flávio Bentes Freire, Dr.
UTFPR

Prof. Co-Orientador – Michael Mannich, MSc.
UTFPR

Profa. Celimar Azambuja Teixeira, Dra.
UTFPR

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Flávio Bentes Freire, por sua orientação, paciência, compreensão e visão, sem a qual não estaríamos aqui hoje. E por ter se tornado mais que um professor, um amigo, que nos ensinou muito e nos deu vários conselhos.

Ao Prof. Michael Mannich, por sua orientação, suas valiosas ideias e por suas críticas que nos ajudaram a desenvolver este trabalho.

Ao Prof. José Teixeira Freire, pelo desenvolvimento e construção dos filtros utilizados na pesquisa.

Aos nossos pais, Cláudio e Cristiane Santos e Durvalino e Marilene Hirt, pelo anos de educação que nos propiciaram, por acreditarem em nosso potencial, por nos apoiarem em nossas escolhas, por nos servirem de inúmeras maneiras em nossas dificuldades e pelos sábios conselhos.

Aos nossos amores Carine Vieira e Laíz Kerscher, pela paciência, compreensão, apoio e incentivo.

Aos nossos familiares pelo apoio e incentivo.

Aos nossos amigos que entenderam nossas ausências em encontros e reuniões.

Ao Laboratorista Gustavo, pelo apoio nos laboratórios da UTFPR.

À UTFPR, pelo apoio e disponibilização dos laboratórios e equipamentos necessários.

e principalmente,

A Deus, por nossa existência e benção da vida.

RESUMO

Neste estudo avaliaram-se parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da chuva e o impacto de filtros caseiros de material granular para a melhoria destes. Para isso, foram estudados e construídos dois filtros, constituídos de dois meios filtrantes distintos (areia ou antracito). Para a captação da água da chuva, foi construído um sistema coletor, o qual utilizou um pequeno telhado para a coleta da água. A partir dessa água captada pelo sistema, os dois primeiros milímetros foram direcionados para o sistema separador inicial e o restante para um sistema de armazenamento. Adicionalmente, um pluviômetro caseiro do tipo Ville de Paris foi construído para quantificação da chuva. Ao final de cada precipitação, a água foi recolhida e submetida a filtração, sendo que os valores iniciais foram comparados com os valores após a filtração. Com isso, avaliou-se a eficiência de cada meio filtrante. Baseados nos resultados, comprovou-se a eficiência de ambos os filtros. Conforme proposto pela literatura, para remoção da turbidez, ambos os materiais filtrantes foram muito eficientes, reduzindo em mais de 95% nos piores casos. Houve ainda um aumento do pH, passando de valores menores que seis para valores próximos a oito, em ambos os filtros e redução de 45% no número de coliformes totais no filtro de areia.

Palavras-chave: Filtração. Areia. Antracito. Turbidez. Pluviômetro.

ABSTRACT

This study evaluated physical, chemical and biological parameters and the impact of homemade granular filter for its improvement. For this, were built and studied two filters, which the only difference between both is the filtering material (sand or anthracite). For the rainwater capitation, a capitation system were built, which used a small roof for water capitation. From this captured water, the two first millimeters were directed for the initial separator and the remaining for a storage system. Additionally, a homemade type Ville de Paris pluviometer were built to quantify the precipitation. At the end of each rain, the water were collected and submitted to a filtration, and de initial values were compared to the values after filtration. This comparison allow the evaluation of each filtering material efficiency. The results shows that the efficiency of both filters were verified. As proposed at the literature, for turbidity removal both filtering materials were very effective, reducing more than 95% in worst cases. Also, there were a pH increasing, from values lower to six to values close to eight, in both filters and a 45% reduction in the number of total coliform on sand filter.

Keywords: Filtration. Sand. Anthracite. Turbidity. Pluviometer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de um pluviômetro tipo <i>Ville de Paris</i>	15
Figura 2 - Modelo de gráfico fornecido pelo software, para o Método Gráfico de Rippl.....	22
Figura 3 - Traço das retas paralelas, segundo Método de Rippl.	23
Figura 4 - Análise de coliformes pelo método de Coli-ert. A cartela com células em amarelo indica a presença de coliformes.	25
Figura 5 - Curva granulométrica típica de um material filtrante.	26
Figura 6 - Evolução da Perda de Carga num meio filtrante em relação ao tempo.	28
Figura 7 - Cisterna de placas de cimento pré-moldadas.	31
Figura 8 - Cisterna de tela de arame.	32
Figura 9 - Vista frontal direita do telhado escolhido.	40
Figura 10 - Foto do telhado escolhido, visto pela esquerda.	41
Figura 11- Dimensões, área e inclinação do telhado, em planta.	41
Figura 12 - Corte esquemático de um sistema de captação de água da chuva.	42
Figura 13 - Sistema de captação e armazenagem	43
Figura 14 - Sifão	45
Figura 15 - Utilizando o sifão para esvaziar o separador	45
Figura 16 - Pluviômetro caseiro	47
Figura 17 - Desenho esquemático de um filtro rápido	48
Figura 18 - Filtros de areia e carvão	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff de Hofkes e Frasier.....	18
Tabela 2 - Coeficientes de Runoff segundo Paulo Sampaio Wilken.....	19
Tabela 3 - Modelo de tabela para dimensionamento de reservatório, utilizando o Método Analítico de Rippl para demanda e área de captação constantes.....	20
Tabela 4 - Propriedades típicas de materiais filtrantes.....	27
Tabela 5 - Projeção da demanda de água e situação do abastecimento para o ano de 2015 em Curitiba – Pr.....	34
Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritos e não potáveis	51
Tabela 7 - Resultado das análises do pH das amostras	54
Tabela 8 - Resultado das análises de turbidez das amostras.....	55
Tabela 9 - Resultado da análise de turbidez e pH da amostra do Fundo.....	57
Tabela 10 - Resultado da análise de coliformes (UFC/100ml)	59
Tabela 11 - Resultados das medições do pluviômetro, comparados com os valores do INMET.....	59
Tabela 12 - Índice pluviométrico da região de Curitiba.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado das análises do pH das amostras	54
Gráfico 2 – Média e desvio padrão dos resultados do pH	55
Gráfico 3 - Resultado das análises de turbidez das amostras	56
Gráfico 4 - Porcentagem de remoção de turbidez das amostras em cada filtro.....	56
Gráfico 5 – Média e desvio padrão dos resultados da turbidez	57
Gráfico 6 - Resultado da análise de turbidez para amostra do Fundo	58
Gráfico 7 - Resultado da análise de pH para amostra do Fundo	58
Gráfico 8 - Resultado da análise de coliformes	59
Gráfico 9 - Medição da quantidade de chuva	60
Gráfico 10 – Histograma da precipitação na região de Curitiba	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
EPA	<i>Environmental Protect Agency</i>
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LATAM	Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais
NBR	Norma Brasileira
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UFC	Unidades Formadoras de Colônia

LISTA DE SÍMBOLOS

ΔH	Perda de carga no filtro
'T'	Formato da conexão de tubulação de PVC
A	Área
C	Coefficiente de Runoff
cm	Centímetro
H_{imp}	Perda de carga devido a impurezas
H_o	Perda de carga no filtro limpo
L	Litro
m	Metro
m^2	Metro quadrado, unidade de área
m^3	Metro cúbico, unidade de volume
mL	Mililitro
mm	Milímetro
pH	Potencial Hidrogeniônico
uT	Unidade de Turbidez
V	Volume

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GERAL	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4.1. MEDIÇÃO DA CHUVA.....	14
4.1.1. Pluviômetro	14
4.2. TRABALHOS RECENTES.....	15
4.3. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	17
4.4. MÉTODO DE RIPPL	19
4.4.1. Método Analítico	20
4.4.2. Método Gráfico.....	22
4.5. QUALIDADE DA ÁGUA	23
4.5.1. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	23
4.5.2. Turbidez	24
4.5.3. Coliformes	24
4.6. MEIOS FILTRANTES	25
4.6.1. Tamanho	26
4.6.2. Geometria dos Grãos.....	26
4.6.3. Massa específica do grão	27
4.6.4. Dureza do grão	27
4.6.5. Porosidade	27
4.6.6. Perda de carga em meios filtrantes.....	28
4.7. LAVAGEM DE MEIOS FILTRANTES	28
4.8. FILTROS DE MATERIAL GRANULAR	29
4.8.1. Filtros rápidos.....	30
4.9. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA - CISTERNAS	30
4.9.1. Cisterna de placas de cimento.....	31
4.9.2. Cisternas de tela de arame	32
4.9.3. Cisternas de tijolos	32
4.9.4. Cisternas de ferro cimento.....	33
4.9.5. Cisternas de cal	33

4.10. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL.....	33
4.11. LEGISLAÇÃO	34
5. MÉTODOS E MATERIAIS.....	39
5.1. CAPTAÇÃO	40
5.2. EXCLUSÃO DA PRIMEIRA CHUVA.....	43
5.3. PROCEDIMENTO PARA AMOSTRAGEM E ARMAZENAGEM.....	44
5.4. MEDIÇÃO	46
5.5. FILTRAÇÃO	47
5.5.1. Areia.....	49
5.5.2. Antracito ou Carvão	49
5.6. PROCEDIMENTO PARA FILTRAÇÃO.....	49
5.7. ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	51
5.8. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE	51
5.8.1. Análise de turbidez	52
5.8.2. Análise de pH.....	52
5.8.3. Análise de coliformes.....	52
6. RESULTADOS.....	54
6.1. pH	54
6.2. TURBIDEZ	55
6.3. FUNDO.....	57
6.4. COLIFORMES TOTAIS.....	58
6.5. PLUVIÔMETRO.....	59
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
7.1. Sistema de separação das primeiras águas	62
7.2. pH	62
7.3. Turbidez	63
7.4. Coliformes	64
8. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXO A – Laudo do laboratório dos coliformes da água de Exclusão.....	69
ANEXO B – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Reservatório	70
ANEXO C – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Filtro de Areia.....	71
ANEXO D – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Filtro de Carvão	72

1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre a escassez de água potável no planeta é amplamente difundida na sociedade atual. A existência de várias campanhas relacionadas com o uso consciente da água é uma evidência disso. Outra prova pode estar relacionada com a criação de leis, por parte do poder público, que obrigam a população tomar determinadas medidas que interfiram positivamente na diminuição do consumo da água potável. Como é o caso da legislação vigente no município de Curitiba, cuja Lei Nº 10.785 de 2003, obriga a previsão de mecanismos de captação de águas pluviais para utilização em atividades não potáveis, sob pena da não aprovação do projeto e consequente não liberação do alvará para construção. Assim como o Decreto Nº176 de 2007, também do município de Curitiba, que tem por objetivo dimensionar mecanismos de contenção de cheias.

Existem também outras formas de poupar a água potável. No estado norte-americano da Califórnia é comum a utilização de um sistema de reúso de águas servidas residenciais (greywater), que aproveita a água de pias de cozinhas e banheiros, assim como as de chuveiros, para a descarga de vasos sanitários. Mesmo na falta desse mecanismo, os usuários podem economizar fazendo uso de bacias sanitárias de baixo consumo, que liberam apenas 3 litros de água por descarga (TOMAZ, 2005), valor muito inferior aos 6 litros usuais.

No Brasil, já está em uso o sistema *dual* de descargas. Este sistema permite ao usuário a opção de descarga de 6 ou apenas 3 litros de água. Estudos realizados pela Professora Lúcia Helena¹ mostraram uma redução de 18% no consumo de água em comparação com o sistema convencional de 6 litros (OLIVEIRA, 2007).

Entretanto, a captação de água de chuva permite, além de utilização para fins não potáveis, a diminuição das vazões de pico após as precipitações, pela simples reserva de um volume, contribuindo para o controle de cheias.

Contudo, além da captação de águas pluviais e sua armazenagem, é interessante também que ocorra a sua utilização. Porém, para que se possa fazer o uso dessa fonte de água são necessários alguns estudos, no que diz respeito a aspectos quantitativos e qualitativos, para julgar a real necessidade de um sistema de tratamento simplificado desta água.

¹ Lúcia Helena de Oliveira é professora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e pesquisadora da área de Sistemas Prediais.

A experimentação de águas pluviais, portanto, será o foco deste trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

Com o aumento da consciência em relação ao consumo de água ou por obrigações legais, muitas residências estão realizando a construção de sistemas para armazenamento de água da chuva. Todavia, a qualidade desta água é afetada por elementos suspensos no ar e depositados sobre os telhados que podem causar corrosão ou incrustações nas tubulações ou ainda restringir sua utilização.

A contenção da água de chuva pode também ser útil no sistema de drenagem urbana, visto que ao contê-la evita-se a sobrecarga desse sistema que, por sua vez, poderia não suprir toda vazão causando enchentes no vales de inundação ou regiões com drenagem falha ou comprometida.

Quanto aos aspectos econômicos e ambientais, a utilização da água de chuva pode representar uma diminuição significativa do consumo de água tratada, a qual passou por todo um processo de tratamento e distribuição. Utilizar esta água mais nobre para fins não potáveis é oneroso e sobrecarrega todo o sistema de captação, tratamento e distribuição. O reaproveitamento da água da chuva diminuiria a captação de água de mananciais, como rios, lago e represas, preservando-os de modo que as gerações futuras também possam aproveitar esse bem natural, de grande valor, cuja quantidade potável é finita. Além disso, existe ainda a redução do gasto com a conta de água tratada.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é analisar a utilização de filtros no sistema de captação da água de chuva para torná-la apropriada ao uso não potável.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, destacam-se:

Determinação de um telhado adequado para o desenvolvimento e implementação do sistema de captação e, conseqüentemente, o desenvolvimento do trabalho.

Monitoramento das chuvas no local, por meio da construção de um pluviômetro “caseiro”.

Desenvolvimento de um sistema para descarte de um volume inicial gerado pela chuva, uma vez que geralmente apresenta características qualitativas inferiores.

Analisar e comparar dois materiais filtrantes (areia e carvão) no desempenho dos filtros.

Analisar, por meio de pH, turbidez e coliformes, a qualidade das seguintes águas: descartada, armazenada e filtrada.

Comparar o monitoramento das chuvas do local com série de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. MEDIÇÃO DA CHUVA

A água existente na atmosfera está, em sua maior parte, na forma de vapor. A quantidade de vapor que o ar pode conter é limitada. Ar a 20° C pode conter uma quantidade máxima de vapor de, aproximadamente, 20 gramas por metro cúbico. Quantidades de vapor superiores a este limite acabam condensando (COLLISCHONN; TASSI,2008).

Chuva é uma precipitação atmosférica formada de gotas de água cujas dimensões variam entre 1 e 3 mm, por efeito da condensação do vapor de água contido na atmosfera (FERREIRA, 1972).

A unidade considerada para medição de chuva é o milímetro, comumente chamado de milímetros de chuva. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Agritempo, 2002-2009)² o define como “um mm de chuva equivale a um litro de água por metro quadrado”.

4.1.1. Pluviômetro

Pluviômetro é um instrumento usado para medir a quantidade de chuva precipitada em determinado local durante um intervalo de tempo (FERREIRA, 1972).

No Brasil, o pluviômetro mais comum é do tipo *Ville de Paris*. Este pluviômetro é constituído por três partes, a entrada – área de captação, um reservatório e uma torneira, nessa ordem, respectivamente, de cima para baixo. A abertura tem uma medida padrão de área de 400cm² e deve estar posicionada a 150 cm do chão (ver Figura 1), ela tem um formato tronco-cônico, assim como, o reservatório. Para determinação da quantidade de chuva, o volume armazenado no reservatório é medida com o auxílio de uma proveta. Esta medição deve ocorrer ao final de cada chuva ou de cada dia.

²O Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, permite aos usuários o acesso, via Internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/modules.php?name=Encyclopedia&op=content&tid=127>

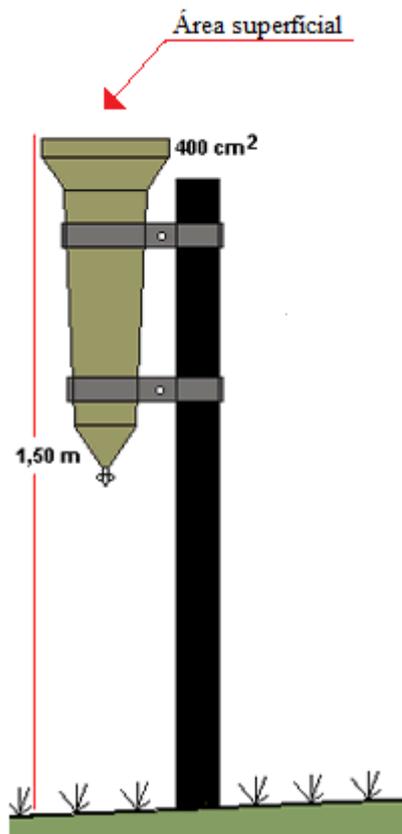


Figura 1 - Esquema de um pluviômetro tipo *Ville de Paris*.³

Fonte: Pluviômetros – site do fabricante

4.2. TRABALHOS RECENTES

May (2004) elaborou um estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. O objetivo deste estudo foi coletar a água da chuva que escoava pelas calhas após terem passado pelo telhado, avaliar sua qualidade e estudar a viabilidade econômica para construção de um sistema de coleta e reaproveitamento desta água. Foram elaboradas análises da composição física, química e bacteriológica da água coletada. Segundo as análises desenvolvida por May (2004), parâmetros como turbidez, odor, pH, dureza, ferro, manganês, cloretos, sulfatos, fluoretos e sólidos dissolvidos totais atenderam os padrões do CONAMA (1986) e do Ministério da Saúde (2000). Porém, bactérias foram encontradas em mais de 98% das amostras, o que revelou a necessidade de tratamento da água obtida. A viabilidade econômica do sistema depende basicamente de três

³ Figura retirada do site do fabricante - Pluviômetros. Disponível em <http://www.pluviometros.com.br/>. Acesso em: 25 mai. 2011.

fatores: precipitação, área de coleta e demanda (MAY, 2004). Estes fatores devem ser analisados no local de implantação, pois são variáveis para cada caso.

Coelho (2007) estudou a composição química presente no ar da cidade paulista de Ribeirão Preto. Para esse estudo foram coletadas amostras da água de chuva, que segundo a autora, tem um papel importante na remoção de substâncias solúveis e insolúveis da atmosfera, no Campus da Universidade de São Paulo - USP, daquela cidade, entre os anos de 2002 e 2005. Um dos parâmetros utilizados nesse estudo foi o pH, que indicou um caráter ácido da água da chuva naquela região. Na média, o pH encontrado foi de 5,12.

Caso o objetivo dessa dissertação, (COELHO, 2007), fosse à utilização da água de chuva para fins não potáveis, essa água teria que passar por algum tratamento que a deixa-se menos ácida, visto que pelas normas da EPA (PEIXOTO, 2008 apud EPA 2005), o valor mínimo do pH da água para utilização não potável é de 6.

Peixoto (2008) desenvolveu um trabalho que tinha como objetivo apresentar requisitos e critérios de desempenho para sistemas de água não potáveis em edifícios residenciais.

Essa preocupação com o uso de água de chuva e de fontes alternativas de água, também está presente no trabalho apresentado à UFRJ (HAFNER, 2007), no qual são apresentados medidas de combate ao desperdício de água. Segundo a autora, esse combate pode ser dividido em dois grupos: uso racional, que seria a utilização de bacias sanitárias de baixo volume e aeradores em torneiras, e fontes alternativas, que contemplam o uso de água de chuva e o reuso das águas servidas.

Portanto, a exemplo desses trabalhos, pode-se dizer que a intenção do uso da água de chuva está difundida em nossa sociedade, e principalmente, no meio acadêmico. Entretanto, surge a necessidade de dimensionar esses sistemas para uma efetiva utilização. Felizmente, já existem vários métodos que auxiliam nesses cálculos.

Alguns desses métodos foram utilizados em um estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva, feito em Curitiba, em 2010.

Um dos objetivos desse estudo constituiu a análise comparativa, através da simulação da aplicação dos métodos de dimensionamento de reservatório. Tal análise incluiu os métodos recomendados no anexo A da Norma Brasileira de Água de Chuva - NBR 15527,

o método proposto na Lei 10.7585/03 do Município de Curitiba- PR, o Método dos Dias sem Chuva e o Método de Fendrich (2002). E os resultados obtidos indicaram a existência de divergência entre os volumes encontrados, porém, tais diferenças foram relacionadas às suas diferentes concepções. (GIACCHINI, 2010)

4.3. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2011) diz que o escoamento superficial constitui um dos fatores mais importantes para o sucesso de um projeto de drenagem urbana. Quaisquer erros provenientes do estudo do escoamento podem acarretar incoerências graves nesse projeto. Portanto, uma análise criteriosa deste escoamento é essencial para que se evitem gastos com retrabalho em obras sub ou superdimensionadas.

Uma ferramenta que é bastante utilizada em cálculos do efetivo volume de água da chuva que pode ser aproveitada, e que garante um projeto confiável, é o Coeficiente de Runoff.

O Coeficiente de Runoff ou coeficiente de escoamento superficial (C), é definido, pela norma ABNT NBR 15527 (2007), como sendo o “coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.”.

A necessidade de utilização desse coeficiente, segundo Tomaz (2005), está no fato de que ocorrem perdas, ou seja, nem toda água da chuva que cai é aproveitada. Segundo ele, essa perda ocorre devido à limpeza dos telhados, pela evaporação, em autolimpezas, entre outros fatores.

Entretanto, esse coeficiente leva em consideração, também, outras variáveis, tais como: o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente e a intensidade da chuva (FCTH, 2011). Isto significa que para considerar o valor de C constante, devem-se tomar as seguintes precauções:

- O valor de C deve ser determinado para as condições futuras de urbanização da bacia;
- Se a ocupação da bacia for muito heterogênea, deve-se estimar o valor de C pelo método da média ponderada;

- O efeito da intensidade da chuva sobre C deve ser levado em conta por meio de correção feita em função do período de retorno.

$$C_T = 0,8 \cdot T^{0,1} \cdot C_{10}$$

Onde:

C_T é o coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno T , em anos;

C_{10} é o coeficiente de escoamento superficial para período de retorno de 10 anos;

T é o período de retorno, em anos.

O Coeficiente de Runoff é uma escala de limites definidos. Seu intervalo teórico vai de zero a um, sendo zero a inexistência de aproveitamento, ou seja, de toda água da chuva que cai, nada é aproveitado, e isso, segundo Wilken, pode ocorrer em parques, jardins, gramados com pouca ou nenhuma declividade. E um, por outro lado, corresponde a totalidade, ou seja, toda a água que cai é aproveitada, o que na realidade não ocorre, mas dependendo da combinação de fatores, pode se alcançar valores bastante próximos, em telhados com grande inclinação, por exemplo.

Algumas tabelas foram criadas para facilitar a adoção de valores para este coeficiente, como as mostradas a seguir:

A tabela de Hofkes e Frasier (Tabela 1) compara dois dos possíveis tipos de matérias que podem ser utilizados para a confecção de telhas para telhados com seus respectivos coeficientes de aproveitamento médios.

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff de Hofkes e Frasier

Telhado de Captação	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: TOMAZ (2005) apud HOFKES e FRASIER (1996).

A tabela de Wilken (Tabela 2) compara alguns tipos de superfície que podem ser utilizadas para captação da água de chuva, com seus respectivos coeficientes de aproveitamento médios. Observar que estes coeficientes são proporcionais a inclinação das superfícies.

Tabela 2 - Coeficientes de Runoff segundo Paulo Sampaio Wilken

Superfície	Coeficiente de Runoff
Telhados	0,7 a 0,95
Pavimentos	0,4 a 0,9
Vias macadamizadas	0,25 a 0,6
Vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,3
Quintais e lotes vazios	0,1 a 0,3
Parques, jardins, gramados dependendo da declividade	0,0 a 0,25

Fonte: TOMAZ (2005) apud WILKEN (1978).

O melhor coeficiente para ser adotado em telhados é 0,8, o que significa uma perda de 20%, da quantidade de chuva que cai para o que é aproveitada (TOMAZ, 2005).

4.4. MÉTODO DE RIPPL

O Método de Rippl é uma ferramenta utilizada para resolver diagramas de massa. O diagrama de massas é um diagrama de volumes acumulados de uso comum em hidrologia, que, por sua vez serve “para regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante da água tanto no período chuvoso quanto no seco” (TOMAZ, 2005).

O diagrama tem, na ordenada, o acúmulo dos volumes e, na abscissa, o tempo. (EPUSP, 1980).

O Método de Rippl pode ser utilizado na resolução de diagramas, tanto com demandas variáveis quanto com demandas constantes (GARCEZ, 1960).

Essa resolução é útil, pois serve de base para o dimensionamento de reservatório, por exemplo.

Existem duas maneiras de se usar o método de Rippl para demanda constante. Um é o método analítico e a outra maneira é o método gráfico (TOMAZ, 2005).

4.4.1. Método Analítico

No método analítico é necessária a criação de uma tabela, conforme mostra a Tabela 3, onde é apresentado um exemplo de cálculo para dimensionamento de um reservatório. Essa tabela possui oito colunas que serão explicadas a seguir:

Tabela 3 - Modelo de tabela para dimensionamento de reservatório, utilizando o Método Analítico de Rippl para demanda e área de captação constantes.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva Col. 3 - Col.5 (m ³)	Diferença acumulada da Col. 6 dos valores positivos (m ³)	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	272	8	100	22	-14		E
Fevereiro	243	8	100	19	-11		E
Março	223	8	100	18	-10		E
Abril	89	8	100	7	1	1	D
Maiο	92	8	100	7	1	2	D
Junho	47	8	100	4	4	6	D
Julho	40	8	100	3	5	11	D
Agosto	30	8	100	2	6	17	D
Setembro	82	8	100	7	1	18	D
Outubro	121	8	100	10	-2	16	S
Novembro	114	8	100	9	-1	15	E
Dezembro	216	8	100	17	-9	6	E
Total	1571	96		126			

Fonte: TOMAZ (2005)

- Coluna 1 – é o período de tempo a ser estudado, podendo ser ano a ano, mês a mês.
- Coluna 2 – quantidade de chuva precipitada na região de estudo, em milímetro. Fornecido pelo pluviômetro.
- Coluna 3 – demanda imposta de acordo com as necessidades. Pode ser calculada pela multiplicação do consumo per capita de água pela população total, de uma determinada região. O volume de demanda total deve ser menor ou igual ao volume total de chuva, fornecido pela Coluna 5.

- Coluna 4 – é a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o período de tempo, fornecida em metros quadrados. É a projeção do telhado sobre o terreno.
- Coluna 5 – são os volumes disponíveis de água de chuva para cada ano, mês, semana, conforme a Coluna 1. O cálculo desses volumes é feito multiplicando a quantidade de chuva pela área de captação e pelo coeficiente de Runoff e dividindo por 1000, o que resulta volumes em metros cúbicos. Ou seja, multiplica-se a Coluna 2 pela Coluna 4 e pelo coeficiente e divide por 1000. O volume total de água fornecida pela chuva deve ser maior ou igual ao volume total de demanda daquele período, fornecido pela Coluna 3.
- Coluna 6 – são as diferenças entre os volumes de demanda e os volumes de chuva de determinado período. Ou seja, a Coluna 3 menos a Coluna 5. O sinal de negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda supera o volume de água disponível.
- Coluna 7 – são as diferenças acumuladas na Coluna 6, considerando somente valores positivos, pois é indicado admitir a hipótese de que o reservatório inicialmente esteja cheio. Portanto, os valores negativos não devem ser computados, pois correspondem aos períodos em que há excesso de água.

Começa-se com a soma dos valores positivos, prosseguindo-se até que a diferença se anule, desprezando-se todos os valores negativos seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo (GARCEZ, 1960).

O volume máximo obtido na Coluna 7 será, portanto, o volume necessário de reservatório para que se regularize a demanda constante, calculada na Coluna 2.

Coluna 8 – é preenchida com as letras E, D e S sendo:

E = água escoando pelo extravasor;

D = nível de água baixando;

S = nível da água subindo.

4.4.2. Método Gráfico

O método gráfico, como o próprio nome sugere, tem por objetivo a criação de um gráfico. E, portanto, a utilização de softwares computacionais torna-se interessante, para facilitar o processo. Em seu livro, Plínio Tomaz, sugere a utilização do programa do Microsoft Office, o Excel.

Para a criação desse gráfico, entretanto, é necessário saber os volumes pluviométricos acumulados, assim como os volumes de demanda acumulados, para o período a ser analisado.

Estes dados, quando plotados em gráfico, fornecerão uma curva, para o volume de chuva acumulado, e uma reta, para a demanda constante (TOMAZ, 2005). Como mostra a Figura 2, a seguir:

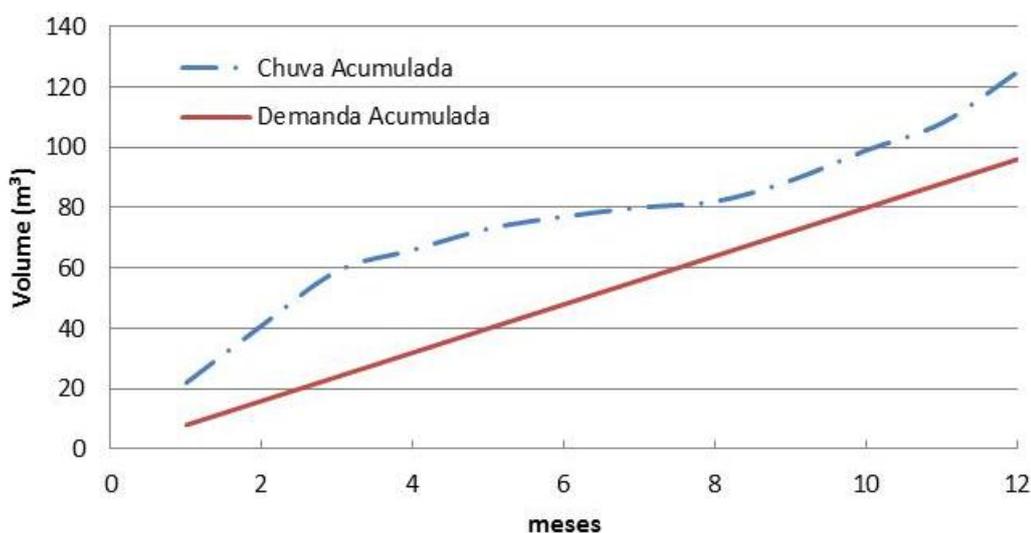


Figura 2 - Modelo de gráfico fornecido pelo software, para o Método Gráfico de Rippl.
Fonte: TOMAZ (2005)

Pelo método de Rippl, temos que traçar paralelas pela reta acumulada do consumo traçando-se paralelas pelo ponto mais alto e pelo ponto mais baixo. A distância vertical entre as duas paralelas será ao volume do reservatório, já dimensionado (TOMAZ, 2005). Como mostra a Figura 3, a seguir:

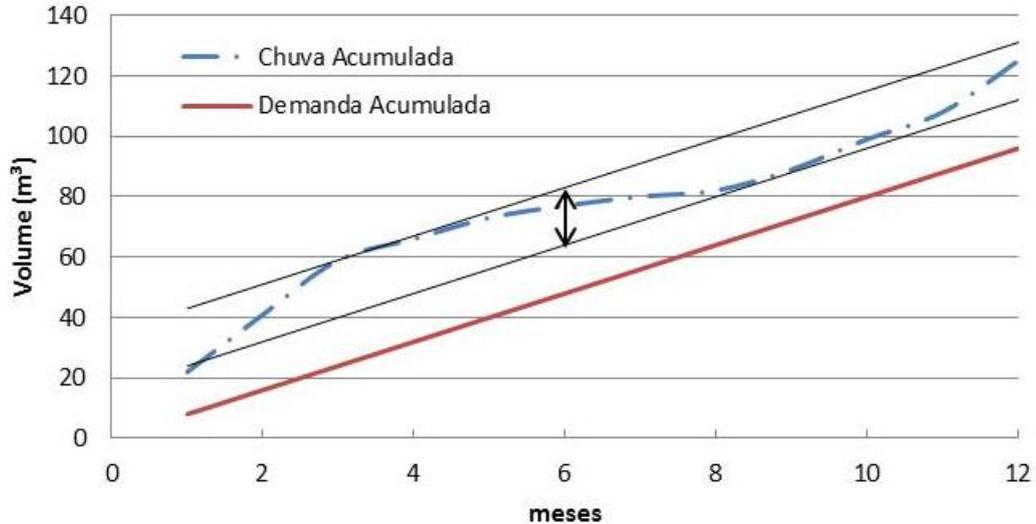


Figura 3 - Traço das retas paralelas, segundo Método de Rippl.

Fonte: TOMAZ (2005)

4.5. QUALIDADE DA ÁGUA

Além da qualidade do ar interferir diretamente na qualidade da água da chuva, a própria utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Durante os períodos de estiagem ocorre a deposição seca dos compostos presentes na atmosfera, esse fenômeno consiste na sedimentação gravitacional e na interceptação do material particulado ou absorção de gases por superfícies (FORNARO e GUTZ, 2003).

4.5.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial Hidrogeniônico – pH, é uma característica química que representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre acidez ou alcalinidade de substâncias em uma escala que varia entre 0 e 14 (VON SPERLING, 1996).

Considera-se 5,6 como sendo o valor normal do pH da água de chuva, em função do equilíbrio com a concentração de CO_2 atmosférico (ANDRADE e SARNO, 1990).

4.5.2. Turbidez

A turbidez é função da quantidade de luz que pode penetrar dentro da água. Quando a água possui alta concentração de material suspenso, torna mais difícil a penetração da luz. Isto pode ser provocado por microorganismos, sílica, manganês, entre outros. A turbidez indica uma medida da capacidade de luz penetrar na água (TUCCI, 2005).

Apesar de não ser um problema em si, uma água com turbidez elevada além de esteticamente desagradável, pode esconder microrganismos patogênicos ou compostos tóxicos (VON SPERLING, 1996).

Este parâmetro é frequentemente utilizado para caracterização de águas brutas e tratadas e controle das operações das estações de tratamento de água (VON SPERLING, 1996).

4.5.3. Coliformes

Os coliformes são um tipo de indicador bacteriológico (TUCCI, 2005).

Os grupos de coliformes totais incluem todas as bactérias que possuem forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporogênicos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás entre 24 e 48 horas (LIUSON, 2003) à temperatura de 44,5°C. (EATON et al., 2005). Estas bactérias são encontradas no intestino dos animais de sangue quente, e são liberadas através das fezes.

Apesar de não representarem um grande risco para a saúde, sua presença pode indicar a existência de microrganismos patogênicos na água. São utilizados também para verificar a eficiência do tratamento da água e a integridade do sistema de distribuição (VON SPERLING, 1996).

A análise dos coliformes exige técnicas mais rápidas e econômicas do que a de organismos patogênicos, os quais possuem determinação difícil. Existe uma relação entre coliformes e patogênicos, uma vez que possuem ambas resistências similares.

Para a determinação da quantidade de coliformes presentes na água, o método mais usual é o método de Coli-ert. Este método consiste em uma cartela com meios de cultura que são misturados com a água a ser analisada e enviada para uma incubadora, onde permanecem

por um tempo determinado. Após este tempo, a amostra é removida e analisa-se o desenvolvimento das bactérias na cartela, que se tornam amarelas para resultados positivos.



Figura 4 - Análise de coliformes pelo método de Coli-Alert. A cartela com células em amarelo indica a presença de coliformes.

4.6.MEIOS FILTRANTES

A proposta da utilização dos filtros é melhorar a qualidade da água através da remoção de materiais suspensos, tanto em aspectos físicos quanto em relação a turbidez. Segundo Salvato et al. (2003), existe adicionalmente uma redução de microorganismos e da coloração da água.

Nos processos de filtração, a água passa pelo meio filtrante que retém o material particulado. Comumente, são utilizados materiais como areia e antracito para filtros granulares. O material filtrante utilizado, assim como suas propriedades (tamanho, formato, densidade e dureza), possui um grande impacto na qualidade da filtração.

4.6.1. Tamanho

Brinck (2009) afirma que a escolha do tamanho dos grãos é feita levando em conta uma série de fatores, como a taxa de filtração requerida, carga hidráulica disponível, qualidade do afluente, do sistema de lavagem a ser utilizado e da espessura da camada filtrante.

Segundo Brinck (2009) a uniformidade dos materiais utilizados para a camada filtrante também possui grande importância. Chamado de Coeficiente de Uniformidade (C_u), é a relação entre partículas que passam em peneiras padronizadas. Quanto menor o seu valor (ou seja, quanto mais uniformes forem as partículas filtrantes), maior será a eficiência do filtro.

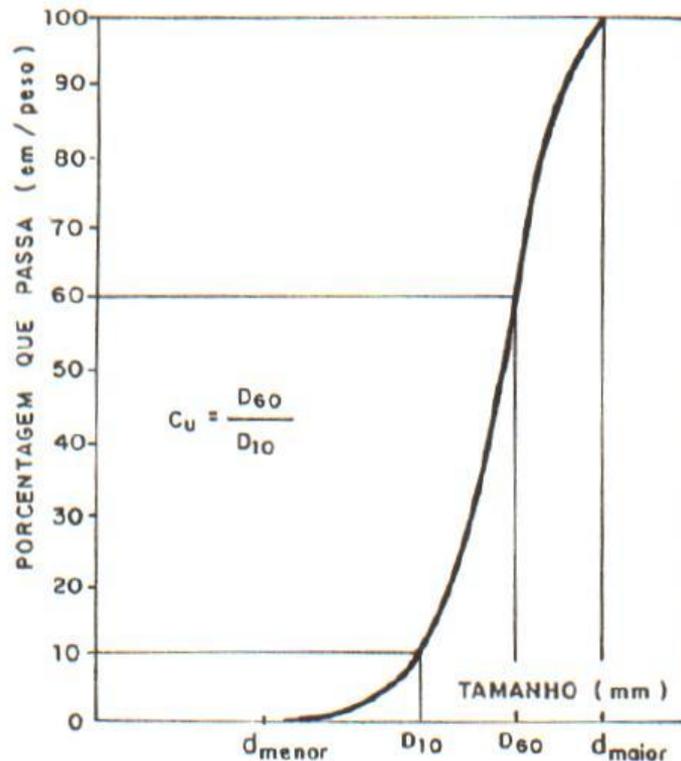


Figura 5 - Curva granulométrica típica de um material filtrante.

Fonte: BRINCK (2009) apud DI BERNARDO (1991).

4.6.2. Geometria dos Grãos

A geometria dos grãos também possui um papel importante para a eficiência do filtro. Brinck (2009) afirma que materiais com formatos irregulares possuem melhor

desempenho quando comparado a materiais de formato arredondado. Essa diferença de desempenho deve-se a maior superfície de contato e a maior deformação das linhas de corrente geradas por materiais irregulares, o que aumenta a probabilidade de retenção dos grãos.

4.6.3. Massa específica do grão

Segundo Brinck (2009), a massa específica dos grãos tem impacto principalmente no que se refere a perda de carga do filtro, além de afetar a velocidade da água para sua fluidificação e limpeza.

4.6.4. Dureza do grão

A dureza dos grãos é importante para que a granulometria das partículas não seja alterada durante o processo de lavagem do filtro. Caso exista essa alteração, o filtro pode perder sua eficiência, além de ter sua vida útil reduzida.

4.6.5. Porosidade

A porosidade da camada filtrante é afetada pela geometria do material. Segundo Brinck (2009) Possui impacto na velocidade de lavagem, perda de carga e capacidade de retenção dos sólidos. Como mostra a Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Propriedades típicas de materiais filtrantes.

	Areia	Antracito	CAG	Garnet
Massa específica (kg/m ³)	2650	1450 - 1730	1300 - 1500	3600 - 4200
Porosidade	0,42 - 0,47	0,56 - 0,60	0,50	0,45 - 0,55
Coefficiente de uniformidade	0,70 - 0,80	0,46 - 0,60	0,75	0,60

Fonte: BRINCK (2009) apud AWWA (1991).

4.6.6. Perda de carga em meios filtrantes

Meios filtrantes que utilizam materiais granulares para filtração apresentam perda de carga que aumenta conforme partículas removidas da água ficam retidas. O aumento dessa perda de carga é constante e mostra a necessidade de limpeza do filtro ao se atingir um valor limite pré-estabelecido.

Segundo Brinck (2009) a perda de carga no meio filtrante pode ser obtida pela equação: $\Delta H = H_o + H_{imp}$, ou seja, a perda de carga é obtida através da perda de carga com o filtro limpo (H_o) somada com a perda de carga devido à retenção de impurezas.

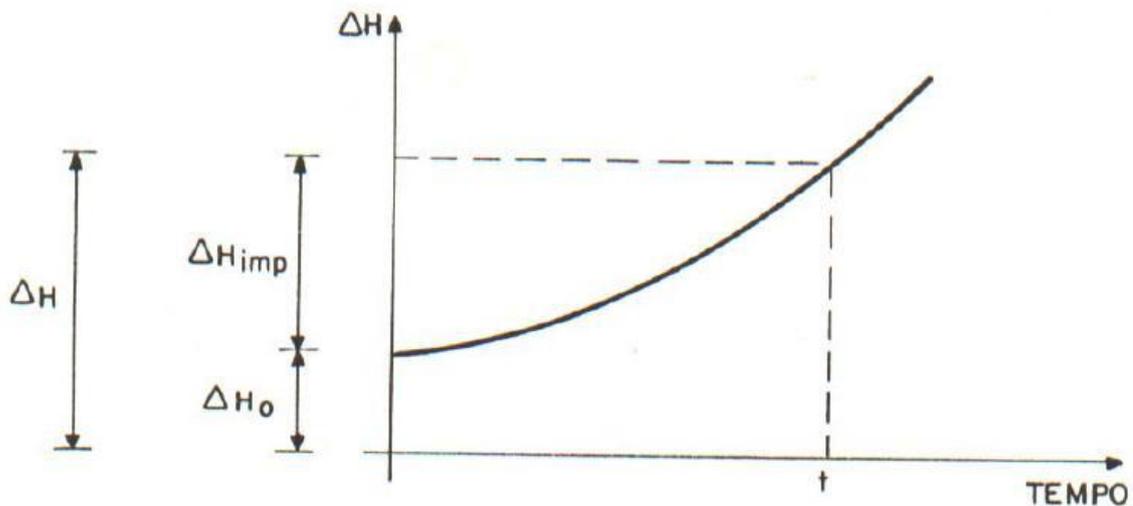


Figura 6 - Evolução da Perda de Carga num meio filtrante em relação ao tempo.

Fonte: BRINCK (2009).

4.7. LAVAGEM DE MEIOS FILTRANTES

As retenções de material suspenso na água pelo filtro preenchem os vazios presentes no meio filtrante, aumentando a perda de carga e reduzindo sua eficiência.

Brinck (2009) afirma que para a correção do problema é necessário realizar a lavagem do filtro, que visa remover o material particulado que ficou retido durante sua operação. A lavagem com água é a técnica mais usual para lavagem de filtros. A água para lavagem do meio filtrante é inserida no sentido inverso ao funcionamento do sistema de forma gradual por 30 segundos evitando a alteração das camadas de suporte (BRINCK, 2009). Gradualmente, o leito torna-se fluidificado e em seguida, com um ligeiro aumento na

aplicação de água o leito se expande liberando na água de limpeza as partículas retidas anteriormente. O procedimento deve ser mantido até que a água de limpeza saia limpa, com uma turbidez de aproximadamente 10 UNT.

Segundo a AWWA (1999), além da lavagem simplesmente com água, existem outros métodos:

- Lavagem com auxílio de sistema superficial;
- Lavagem com ar seguido de água;
- Lavagem com ar e água.

4.8. FILTROS DE MATERIAL GRANULAR

A filtração utilizando-se materiais granulares é feita através de pedra porosa (no caso de filtros de antracito) ou areia (para os filtros de areia). Segundo Dacach (1984), filtros como esses possuem capacidade para remoção de cistos, ovos, cercarias ou outros microrganismos de maiores dimensões, porém essa capacidade depende de diversos fatores como, por exemplo, a qualidade da água.

Em geral, filtros de material granular são constituídos por uma camada base de pedregulhos, seguido por uma camada do elemento filtrante (areia ou material poroso, como o antracito) e, em alguns casos, uma tela para remoção de materiais grosseiros.

A camada de suporte dos filtros é formada normalmente por seixos, com diâmetros variando entre 2 e 50 mm e massa específica superior a 2.500 kg/m^3 . Em seguida, tem-se a camada de material granular, que é o meio filtrante.

Pode-se ainda dividir os filtros de material granular em dois grupos principais: o de filtros lentos e o de filtros rápidos.

4.8.1. Filtros rápidos

A filtração rápida possui uma taxa de filtração muito superior se comparada aos filtros lentos, atingindo segundo Garcês (1974) cerca de 120m³/m² dia. Essa característica garantiu a esse filtro uma utilização generalizada atualmente.

Uma das vantagens características deste tipo de filtro é a facilidade de limpeza. Essa limpeza será necessária sempre que a perda de carga no filtro atingir um valor limite pré-estipulado, ou quando a qualidade da água que deixa o filtro começar a apresentar grande turbidez. Garcês (1974) afirma que o equivalente entre 1 e 6% da água filtrada é usado para a lavagem do filtro.

Assim como nos filtros lentos, a filtração ocorre com a passagem do líquido pela camada filtrante. Garcês (1974) afirma que a participação biológica é pequena no processo de purificação, porém existe a formação de uma película gelatinosa que possui uma ação purificadora.

Segundo Brinck (2009), usualmente, os materiais utilizados para composição da camada filtrante são areia, carvão antracito, carvão ativado granular, e garnet ou ilmenita. A camada filtrante pode ser simples, dupla ou tripla.

Os resultados esperados para este tipo de filtro, conforme Garcês (1974), é uma remoção muito grande de bactérias (entre 90 e 99%), grande remoção de cor e turbidez, porém com pouca remoção de odor e sabor.

4.9. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA - CISTERNAS

Em geral, a água proveniente da chuva possui boa qualidade. Porém, essa água sofre influência direta da poluição atmosférica – podendo conter metais pesados como chumbo, organoclorados ou organofosfatados. Além disso, segundo Andrade (2004), a principal fonte de contaminação da água da chuva em cisternas é a superfície de captação. Ao escoar por essa superfície, a água da chuva carrega sujeiras como fezes de animais, detritos, poeiras, microorganismos, etc. que foram sendo depositados na superfície desde a última precipitação.

Cisternas são basicamente reservatórios para armazenamento de água. A simplicidade de execução e seu custo relativamente baixo tem se mostrado um sistema eficiente.

Existem variados tipos de cisternas, a saber:

- Cisterna de placas de cimento;
- Cisterna de tela e arame;
- Cisterna de tijolos;
- Cisterna de ferro cimento;
- Cisterna de cal.

4.9.1. Cisterna de placas de cimento

Cisternas de placa de cimento pré-moldadas possuem forma cilíndrica e são semi enterradas. Segundo Gnadlinger (1997), suas paredes são erguidas a partir da base de cimento, sendo posteriormente enrolado no lado externo da parede já erguida arame galvanizado. O fechamento superior é construído da mesma forma e ao fim da construção todo o exterior recebe uma camada de reboco.

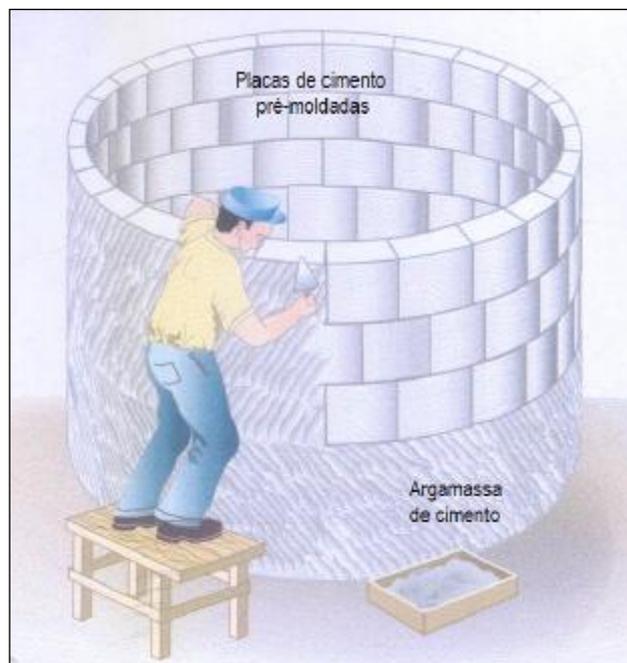


Figura 7 - Cisterna de placas de cimento pré-moldadas.
Fonte: May (2004) apud Gnadlinger (2001).

4.9.2. Cisternas de tela de arame

Esse tipo de cisterna é construído na superfície, utilizando-se argamassa de cimento e reforços de tela de arame. Segundo Gnadlinger (1997), essas cisternas são construídas erguendo-se uma forma interna envolta em tela de arame. Em seguida, são colocadas duas camadas de argamassa de cimento na parte externa, possibilitando a remoção da forma para repetir o procedimento do lado interno.



Figura 8 - Cisterna de tela de arame.
Fonte: May (2004) apud Gnadlinger (2001).

4.9.3. Cisternas de tijolos

Construída com materiais de fácil acesso, a cisterna de tijolo fica com uma parte abaixo no nível do solo (GNADLINGER, 1997). Sua base é feita de concreto, e as paredes de tijolos são erguidas sob essa base. Essas paredes recebem reboco interno e externo, e sua parte superior (teto) é nivelada e fechada com uma laje fina de concreto.

4.9.4. Cisternas de ferro cimento

Essa cisterna utiliza poucos materiais de construção e, segundo Gnadlinger (1997), é geralmente construída para uso unifamiliar. Possui uma base de cimento, e suas paredes são feitas em camadas de cimento e tela.

4.9.5. Cisternas de cal

Este modelo de cisterna é construído escavando-se o solo com a dimensão exata do sistema. Segundo Gnadlinger (1997), o fundo é côncavo e os tijolos estão encostados diretamente na terra, sendo o reboco interno feito utilizando-se 2 ou 3 camadas de argamassa de cal. Essa cisterna fica praticamente toda abaixo no nível do terreno, o que facilita a entrada de animais de pequeno porte. Dessa forma, recomenda-se que a vedação do telhado seja executada com muito cuidado.

4.10. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL

A importância do aproveitamento da água da chuva está relacionada diretamente com o consumo desenfreado da água potável pela população mundial. A utilização desta água potável para fins pouco nobres, como lavagem de ruas e veículos, rega de jardins, combate a incêndios, descarga de dejetos, entre outras, é comum em grandes cidades. E por esse motivo torna-se importante o aproveitamento, pois, ao passo que se está desperdiçando água tratada para estes fins, existe uma parcela da população, cujo acesso a esta água é inexistente, que faz uso de água contaminada, muitas vezes, para o preparo de refeições e hidratação.

Adicionalmente, existe ainda a capacidade de abastecimento das Estações de Tratamento de Água, que já estão próximas ao limite e requerem ampliação. Conforme informações da Agência Nacional de Águas, a cidade de Curitiba necessitará de investimentos para ampliação do sistema de tratamento de água, totalizando um investimento de 47 milhões de reais até 2025, conforme mostrado na tabela abaixo.

Tabela 5 - Projeção da demanda de água e situação do abastecimento para o ano de 2015 em Curitiba – Pr.

Dados do município	
População urbana (2007)	1.797.408 habitantes
Prestador de serviços	SANEPAR
Sub-bacia Hidrográfica	Alto Iguaçu
Demanda Urbana (Cenário 2015)	5.398 L/s
Situação do abastecimento (2015)	Requer novo manancial
Investimento total em água (2025)	R\$ 47.000.000,00

Fonte: ANA (2010).

Uma cidade que conseguisse criar um sistema em que parte do abastecimento fosse realizado pela captação de águas pluviais, teria, além de economia financeira (devido à menor necessidade de investimentos em ampliação e não necessidade de um tratamento completo de águas para fins não potáveis) uma grande responsabilidade sócio-ecológica sendo atendida, colaborando com uma distribuição mais igualitária à população e também na preservação da água para gerações futuras.

O estudo do aproveitamento da água da chuva numa residência, portanto, pode revelar a real viabilidade desse sistema.

4.11. LEGISLAÇÃO

A água da chuva já é utilizada há algum tempo em países da América do Norte, da Europa e no Japão. Mas, para que esse sistema fosse adotado pela população daqueles países, foi necessário a implantações de leis. Leis, porém, que não obrigam a utilização, mas sim que incentivam seu uso.

Um exemplo disso é o que ocorre no estado do Texas, nos Estados Unidos. Lá, quem usa a água de chuva para atividades que não requerem água trata, recebe a quantia de 500 dólares, como forma de incentivo (TOMAZ, 2005).

No Brasil, a preocupação com o desperdício de água potável já está em voga. Porém, essa preocupação ainda não foi suficiente para alcançar a conscientização da população e, principalmente, das autoridades no que diz respeito à utilização de água da chuva. Fato que ocorre, provavelmente, devido à grandiosa reserva natural de água doce que o país possui.

Em termos legais no Brasil, existe a Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH. Esta lei tem como um de seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, tratando a água como “um recurso natural limitado” sendo “um bem de domínio público” e, portanto, “dotado de valor econômico”. Entretanto, a lei não menciona quais são esses recursos hídricos, apenas o modo como eles devem ser gerenciados.

Em termos municipais, no entanto, as cidades brasileiras possuem suas próprias leis que mencionam o uso de água de chuva. Algumas utilizam deste mecanismo legal para obrigar a população a construir sistemas de coleta e armazenamento destas águas visando, apenas, o controle de enchentes, como é o caso dos municípios de São Paulo e do Rio de Janeiro, que através da Lei Nº 13.276/02 em SP e do Decreto Municipal Nº 23.940/04 no RJ, obrigam a execução de reservatórios que retardem o escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem pública, em construções que possuam mais de 500 m² de área impermeabilizada.

Outras cidades, com maior responsabilidade ambiental, vão um pouco além do controle de cheias, como é o caso do município de Curitiba, em que é indicado, ainda, possíveis utilizações.

A importância da Lei Nº 10.785 de 2003 é a previsão de instalação de cisternas para o aproveitamento das águas de chuva. A Lei criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, que tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

“Lei Ordinária de Curitiba-PR, nº 10785 de 18/09/2003⁴

[...]

Art. 6º. As ações de Utilização de Fontes Alternativas compreendem :

- I - a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e,
- II - a captação e armazenamento e utilização de águas servidas.

⁴LEI Nº 10785, de 18 de setembro de 2003, sancionada pelo então Prefeito da cidade Cassio Taniguchi.

Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

- a) rega de jardins e hortas,
- b) lavagem de roupa;
- c) lavagem de veículos;
- d) lavagem de vidros, calçadas e pisos.

[...]

Art. 10º. “O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações.”

Apesar da obrigatoriedade da previsão de um sistema da captação pluvial nos projetos hidráulicos de novas edificações, a Lei Nº 10.785 não especifica qual deverá ser o tamanho desse sistema. Esse dimensionamento ficou sob a responsabilidade do poder Executivo. Por esta razão, em 2006 foi criado um Decreto Municipal Nº 293 para regulamentar esta Lei. Segundo o Decreto:

“Decreto de Curitiba-PR, Nº 293 de 22 de março de 2006⁵

[...]

Art. 2º Para o licenciamento de construções no Município, fica obrigatória que no projeto de instalações hidráulicas seja prevista a implantação de mecanismo de captação das águas pluviais, nas coberturas das edificações, as quais deverão ser armazenadas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada.

[...]

Art. 5º As cisternas e reservatórios deverão ser dimensionados para cada caso, devendo ser instalados nas próprias áreas dos imóveis, excluído as faixas de recuo predial obrigatório.

§ 1º Nas edificações habitacionais o dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$V = N \times C \times d \times 0,25$, onde:

V = Volume em litros

N = Número de unidades

C = Consumo diário em litros/dia, adotando-se os valores conforme tabela abaixo:

Quantidade de quartos.....Consumo (litros/dia)

1 (um).....400

2 (dois).....600

⁵ Decreto Nº293 de 22 de março de 2006, sancionado pelo então Prefeito da cidade Carlos Alberto Richa.

3 (três).....800

4 (quatro), ou mais.....1.000

d = Número de dias de reserva = 2

§ 2º Nas edificações comerciais o dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$V = Ac \times 0,75$, onde:

V = Volume em litros

Ac = Área total computável da edificação

§ 3º Em todos os casos fica estabelecido um reservatório com volume mínimo de 500 litros.”.

Nesse mesmo sentido, de dimensionamento de reservatórios foi criado, em 2007, o Decreto Nº 176, que dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias, e estabelece critérios para dimensionamento e implantação desses mecanismos. Segundo o Decreto:

“Decreto de Curitiba-PR, Nº 176 de 20 de março de 2007⁶

[...]

Art. 4º Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas situados em ZC - Zona Central, Setor Especial Histórico, Setor Especial Eixo Barão - Riachuelo, Setor Especial Preferencial de Pedestres, Setor Especial Estrutural - Via Central e Vias Externas, independente da área impermeabilizada.

Parágrafo Único - A obrigatoriedade de que trata o "caput" deste artigo não se aplica aos imóveis que contenham Unidades de Interesse de Preservação, situados nas zonas e setores mencionados.

Art. 5º Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção:

I - nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizarem área igual ou superior a 3.000,00m² (três mil metros quadrados);

II - nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas independente do uso e localização, que apresentarem redução da taxa de permeabilidade de 25% (vinte e cinco por cento), estabelecida na Lei nº 9.800/2000 e seus decretos complementares.

Art. 6º Os reservatórios de retenção deverão ser dimensionados para cada caso, podendo ser instaladas nas próprias áreas dos imóveis ou interligadas de forma a acumular as vazões das áreas adjacentes.

§ 1º O dimensionamento do volume necessário para o reservatório de retenção deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

⁶ Decreto Nº176 de 20 de março de 2007, sancionado pelo então Prefeito da cidade Carlos Alberto Richa.

$$V = K \times I \times A$$

Onde:

V = volume do reservatório

K = constante dimensional = 0,20

I = intensidade da chuva = 0,080m/h

A = área prevista no § 2º, do artigo 5º, deste decreto.

O diâmetro do orifício regulador de vazão deverá obedecer ao seguinte critério:

VOLUME (m³).....DIÂMETRO

Até 2..... 25mm

3 a 6..... 40mm

7 a 26..... 50mm

27 a 60..... 75mm

61 a 134..... 100mm

135 a 355..... 150mm

356 a 405..... 200mm

406 a 800..... 300mm

801 a 1300..... 400mm

1301 a 2000..... 500mm”.

5. MÉTODOS E MATERIAIS

Para o cumprimento dos objetivos propostos para este trabalho, foram definidas as seguintes etapas: a definição de um telhado como sendo a área de captação da água de chuva. Baseado nesta área foi definido o critério de exclusão das primeiras chuvas, bem como o volume a ser descartado.

Visando o registro da quantidade de precipitação no local, optou-se pela a construção de um sistema caseiro de medição da água da chuva.

Para comparação da eficiência dos diferentes materiais do meio filtrante, foram construídos dois filtros de material granular. Após passagem pelo filtro foi realizada a análise dos resultados.

5.1. CAPTAÇÃO

Para inicializar a fase de coleta de material, foi necessário um telhado para a captação. O telhado que foi escolhido localiza-se no município de Curitiba, mais precisamente, no bairro do Orleans, na zona oeste da cidade.

Este telhado possui inclinação de 10,2%, em uma água, em formato quase triangular, como mostrado nas figuras 9 a 11:



Figura 9 - Vista frontal direita do telhado escolhido.



Figura 10 - Foto do telhado escolhido, visto pela esquerda.

As dimensões e a área de captação deste telhado, de $A = 12,13\text{m}^2$, estão representadas na Figura 11:

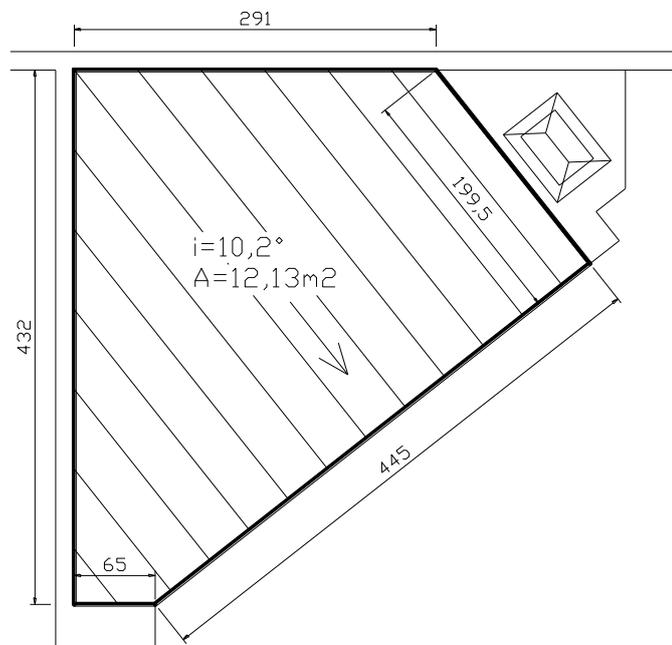


Figura 11– Dimensões, área e inclinação do telhado, em planta.

Para a captação da água da chuva, que escorre pelo telhado, foi necessária a construção de um mecanismo para captação e armazenagem, tal qual uma cisterna.

Portanto este sistema é constituído basicamente por um reservatório, tubulações e calhas. Uma representação esquemática de como funciona esse sistema, e de como foi instalado no telhado, está representado na Figura 12 a seguir:

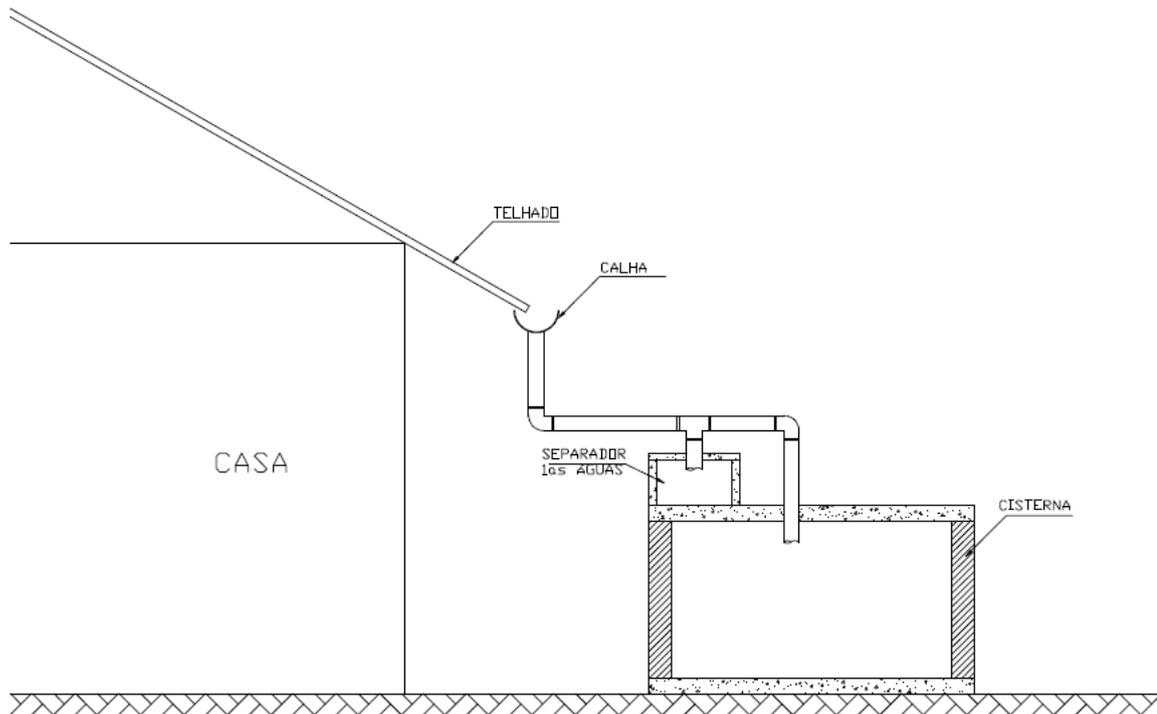


Figura 12 - Corte esquemático de um sistema de captação de água da chuva.

O material que foi utilizado na construção desse sistema foi, basicamente, o plástico. Os tubos e as calhas que coletaram a água são de policloreto de vinila- PVC e o reservatório propriamente dito, onde foi armazenada essa água, é de polietileno, conforme ilustrado pela Figura 13.

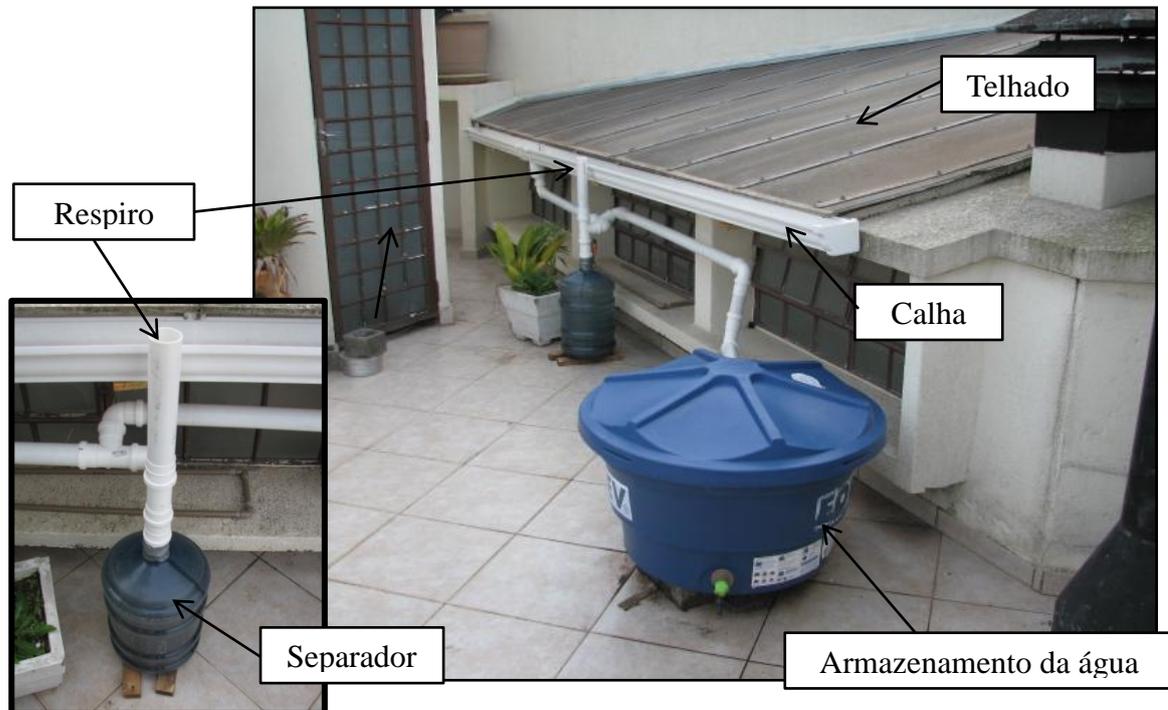


Figura 13 - Sistema de captação e armazenagem

O sistema funciona todo por gravidade em uma sequência simples:

- A água escorre pelo telhado e é captada pela calha;
- A calha conduz a água até a tubulação que a encaminha para o separador;
- O separador exclui os dois primeiros mm de chuva que são captados;
- Assim que o separador completa sua capacidade, a água é forçada, por uma conexão em T, a seguir para o reservatório onde ficará armazenada.

5.2. EXCLUSÃO DA PRIMEIRA CHUVA

O presente trabalho avaliou a qualidade da água da chuva, mas devido à dificuldade de captação desta água em grandes quantidades, optou-se pela utilização de telhados e coberturas das edificações para coleta. Estas coberturas se mostraram formas interessantes para captação, porém, os telhados em geral possuem impurezas, as quais são arrastadas pela água da chuva que escorre. O arraste destas impurezas interfere na composição desta água e,

consequentemente, no resultado de análises posteriores. Por isso, há a necessidade de excluir a primeira chuva que cai, ou descartar a água do escoamento inicial.

Segundo a NBR 15.527 (2007), é recomendável que esse dispositivo de descarte seja automático, e que descarte 2 mm da precipitação inicial.

Portanto, para o cálculo do volume descartado, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V = 2 \cdot A ,$$

Na qual, V é o volume que o dispositivo de descarte deve possuir, em litros; A é a área de captação da água da chuva, ou a área do telhado, em m^2 .

Considerando o telhado escolhido, anteriormente, como sendo a área de captação do sistema, tem-se que $A = 12,13m^2$ e, portanto, conclui-se que $V = 2 \cdot 12,13 = 24,26L$.

Este sistema de descarte localiza-se na tubulação que recolhe a água das calhas, antes de depositar no reservatório. O sistema funciona com auxílio de dois elementos importantes, uma conexão 'T' e um respiro, ver Figura 13. A conexão serve para tornar o sistema automático, esse 'T' é conectado à tubulação de forma invertida, fazendo com que a primeira água que escorra pela tubulação atravesse-o e caia no separador – nome dado ao pequeno reservatório do sistema de descarte, que após completar seu volume passa a forçar a água, que continua sendo captada, a seguir para o reservatório pela saída superior da conexão. O outro elemento é o respiro cuja função é evitar que o ar que preenche o separador impeça a água de entrar. Por ter sido executado com materiais de fácil obtenção (embalagem de água mineral), o volume de descarte foi de 20L.

5.3. PROCEDIMENTO PARA AMOSTRAGEM E ARMAZENAGEM

A coleta da água da chuva ocorreu por um período de dois meses.

As amostras foram coletadas ao final de cada intervalo de chuva. Isso significa que enquanto a chuva não cessasse, não haveria como coletar amostras. Esse intervalo, entretanto, variou de algumas horas até alguns dias.

A primeira amostra a ser coletada era referente à água retida no separador. Com o auxílio de um sifão, ver Figura 14, era coletado cerca de um litro dessa água e em seguida o separador era esvaziado. Essa água foi denominada de Exclusão.



Figura 14 - Sifão



Figura 15 - Utilizando o sifão para esvaziar o separador

De modo similar a água do reservatório também era coletada. Porém o procedimento era mais complexo, pois o reservatório não servia apenas para armazenar a água, mas também como um decantador. Isto é, ao passo que a água se acumula na caixa d'água, as partículas em suspensão precipitam formando um fundo e ajudando o processo de tratamento.

Para retirar a amostra, era coletada a água mais superficial possível, e evitava-se agitar muito para que o fundo não fosse, novamente, dissolvido. Essa amostra continha cerca de um litro e foi denominada de Reservatório.

Assim como no separador, após a coleta da amostra o reservatório era esvaziado, porém depois de vazio era feita a limpeza do fundo e das paredes de modo a deixá-lo limpo para a próxima chuva. A limpeza era importante para evitar que o acúmulo de sujeira

prejudicasse as amostras seguintes. É importante ressaltar que este é um procedimento acadêmico, uma vez que não seria realizado na prática.

A armazenagem das amostras foi feita utilizando garrafas tipo PET com tampas vedantes para não contaminar a água e nem perder material. As amostras foram guardadas em ambiente seco e ventilado.

5.4. MEDIÇÃO

Após a construção do sistema de captação da água da chuva, foi construído um pluviômetro, cuja função era medir a quantidade de chuva que caía em determinado tempo. Esse pluviômetro é do tipo “caseiro”, que apesar de ser um mecanismo simples, foi confeccionado em concordância com alguns padrões, como os citados no item 4.1.1 e ilustrados pela Figura 1. O pluviômetro construído pode ser observado na ver Figura 16.

As medições foram feitas retirando-se a água do reservatório e medindo-a em uma proveta, recipiente de laboratório com graduação precisa para medição de volume.

Com a área de captação e o volume calculados, ambos em mm, basta dividir o volume pela área para obter a quantidade de precipitação em milímetros de chuva.



Figura 16 - Pluviômetro caseiro

5.5. FILTRAÇÃO

Adicionalmente, foram construídos dois filtros caseiros utilizando-se materiais granulares como areia e antracito, para possibilitar a comparação entre ambos os materiais.

Conforme abordado anteriormente, o filtro foi composto por uma camada base, seguido por uma camada do material filtrante, conforme Figura 17 esquemática abaixo:

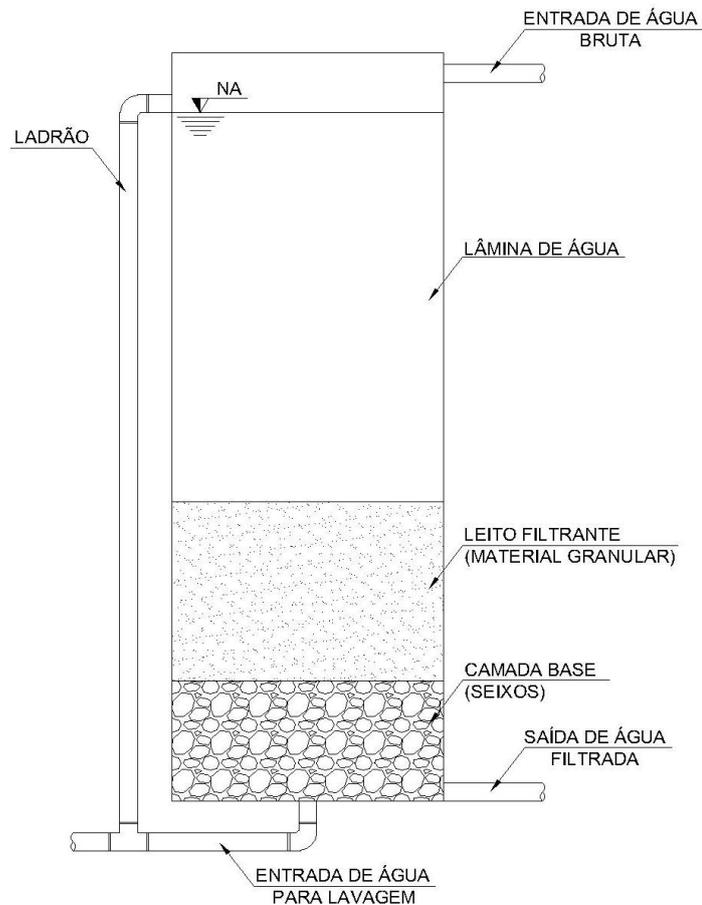


Figura 17 - Desenho esquemático de um filtro rápido

As dimensões adotadas para as camadas foram as seguintes:

- Camada de suporte: 5cm;
- Camada filtrante de areia ou carvão: 55 cm;

A água proveniente do sistema de armazenamento foi liberada manualmente através de registros. Após a coleta, foi feita uma amostragem dessa água para análise das condições iniciais.

Dois filtros foram construídos: filtro de areia e antracito. Os resultados das análises após filtração foram comparados com os resultados pré-filtração para verificação da eficiência destes sistemas.

Para a construção desses filtros, no entanto, algumas especificações tiveram que ser seguidas. A granulometria foi uma destas. A granulometria é um fator importante para

remoção de turbidez, lodo e algumas partículas em suspensão e também é o fator que define a velocidade de filtração - quanto menor a granulometria mais lento é o filtro.

5.5.1. Areia

A areia para filtros deve ser constituída de grãos de material silicoso, com a maior dimensão menor ou igual a 4,8mm (NBR 11799 EB 2097/1990).

A camada filtrante deve ser constituída de areia com tamanho efetivo de 0,25 a 0,35mm, em caso de filtros lentos, e de 0,40 a 0,45mm, em filtros rápidos (NBR 12216/1992).

5.5.2. Antracito ou Carvão

A camada filtrante deve ser constituída de antracito com tamanho efetivo de 0,8 a 1,00mm, em caso de filtros rápidos (NBR 12216/1992).

Alguns procedimentos adotados para a análise das amostras necessitam de equipamentos calibrados para gerarem dados confiáveis. É o caso do pHmetro e do Turbidímetro.

5.6. PROCEDIMENTO PARA FILTRAÇÃO

Para a montagem dos filtros foi necessário, primeiramente, a separação dos materiais. O carvão utilizado foi o carvão comum moído manualmente até que atingisse uma espessura possível de ser peneirada, para determinação de sua granulometria. Inicialmente, o filtro de carvão foi montado com o carvão retido entre as peneiras de 1,20mm e de 0,60mm, porém quando testado se mostrou muito lento. A solução encontrada foi aumentar a granulometria passando a utilizar o retido entre as peneiras de 2,40mm e de 1,20mm.

O filtro de areia foi montado com areia comum, não padronizada, lavada e peneirada. A proporção aproximada, em massa, de areia por peneira foi de 60% retido entre as peneiras de 0,60mm e de 0,30mm e 40% retido entre as peneiras de 1,20mm e de 0,60mm.

Ambos os filtros seguiram a mesma sequência de montagem:

- Posicionamento do geotêxtil na parte inferior do filtro, para evitar que a água carregue o meio filtrante;

- Camada inferior de material inerte e de grande granulometria, para reter a camada filtrante;
- Camada intermediária do material referente ao meio filtrante (areia ou carvão) e com aproximadamente 55 centímetros;
- Camada superior com material inerte de grande granulometria, com o objetivo de espalhar a água que goteja sobre o filtro.

O processo de filtração em si, tinha início com o despejo da amostra em um recipiente plástico, posicionado sobre o filtro, perfurado que permitia a água gotejar dentro do filtro, ver Figura 18. A água, após passar pelo meio filtrante, era recolhida por meio de outro recipiente colocado abaixo do filtro.

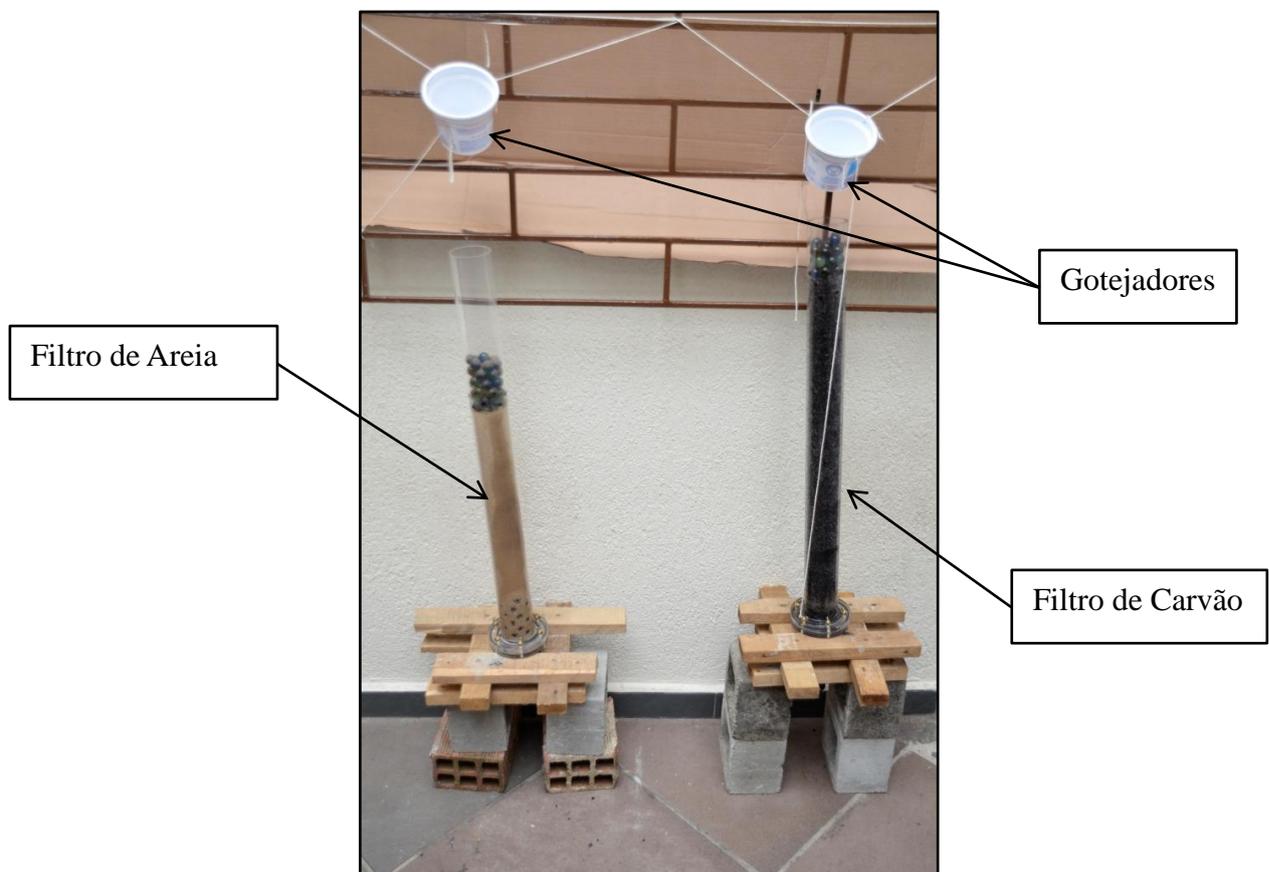


Figura 18 - Filtros de areia e carvão

5.7. ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Cada dia em que houve a ocorrência de chuva foram coletadas duas amostras da água. Entretanto, foram consideradas apenas as precipitações que extravasaram o limite de volume do sistema bypass, que excluiu os dois primeiros milímetros de chuva, conforme item 5.2.

As amostras foram colhidas de cada uma das etapas pelas quais a água coletada passou no sistema de captação e armazenagem. Ou seja, foi coletada uma amostra do sistema de exclusão e uma amostra do reservatório, que, posteriormente, forneceria a água para as amostra após a filtragem.

As amostras foram analisadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, segundo os requisitos citados no item 4.5. O objetivo foi obter valores com os quais permitiram verificar a necessidade do uso de filtro. Ou seja, se a qualidade da água teria uma melhoria considerável ao ser filtrada, ou se, somente, pela exclusão da primeira chuva, a água já estaria adequada, pelos padrões normatizados pela Tabela 6, ao uso não potável.

Para estabelecer parâmetro para esta análise, e conseqüentemente, verificar se a água analisada está adequada ao uso não potável, a NBR 15.527 (2007) definiu um padrão de qualidade para utilização de águas pluviais. Conforme mostra a Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritos e não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes	Semestral	Ausência em 100 ml
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos mais restrito < 5,0 uT
pH	Mensal	de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

uT é a unidade de Turbidez

Fonte: ABNT (2007).

5.8. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE

Foram realizadas três análises para as amostras de água coletadas: turbidez, pH e coliformes. Os procedimentos para cada uma das análises serão detalhados a seguir.

5.8.1. Análise de turbidez

O primeiro passo para a análise da turbidez foi a calibração do Turbidímetro. Para isso foi necessário seguir as instruções no manual do equipamento. Este procedimento consiste em ajustar as leituras com base em padrões de calibração conhecidos.

As análises de turbidez utilizaram o equipamento chamado turbidímetro, da marca PoliControl, modelo AP2000. A amostra de água foi separada em três recipientes especiais, fornecidos pelo fabricante do equipamento. Estes recipientes foram tampados e os frascos foram limpos, estando então aptos para a leitura.

Em seguida, as amostras foram inseridas no equipamento, dando início a leitura. O próprio equipamento indicava a estabilização da leitura. Tendo em vista uma maior precisão, as amostras foram triplicadas. O resultado foi obtido através da média aritmética entre os três amostras.

5.8.2. Análise de pH

Assim como para a turbidez, o primeiro passo para a análise do pH foi a calibração do pHmetro. Para isso foram necessários a utilização de uma solução tampão, com duas medidas de pH preestabelecidas, pH igual a 4,0 e pH igual a 7,0. A calibração consiste em acertar a medida do mostrador quando mergulhado na solução com pH igual a 7,0 e logo em seguida repetir a operação para a solução com pH igual a 4,0.

Para análises do pH, foi utilizado o pHmetro digital Labmeter pH-100, o qual foi calibrado para a realização das medições.

Inicialmente separou-se aproximadamente 100ml da amostra em um recipiente inerte e limpo. Em seguida, inseriu-se o equipamento para leitura do pH. Deixou-se o equipamento por um minuto ou até que a medição estabilizasse.

5.8.3. Análise de coliformes

Devido à complexidade técnica da análise, as medições de coliformes foram realizadas por uma empresa especializada e assinadas por um técnico.

Estas análises foram realizadas utilizando o método da membrana filtrante, que consiste em passar a água por uma membrana filtrante e deixa-la em estufa por 24 horas.

Após este tempo é realizada a contagem das unidades formadoras de colônia. Os laudos encontram-se em anexo.

6. RESULTADOS

A análise das amostras forneceu dados que serão apresentados em tabelas e gráficos a seguir. Esses resultados estão divididos por parâmetros pH, turbidez e coliforme.

6.1. pH

A Tabela 7 e o Gráfico 1, apresentam os resultados obtidos de pH de cada amostra referente às águas de Exclusão, Reservatório, Areia e Carvão.

Tabela 7 - Resultado das análises do pH das amostras

Data	Exclusão	Reservatório	Filtros	
			Areia	Carvão
06/09/11	5,80	5,90	7,60	8,20
07/09/11	6,10	5,60	7,90	8,60
25/09/11	5,10	5,40	7,70	8,50
03/10/11	5,80	5,50	8,10	8,20
09/10/11	8,80	5,70	7,80	8,20
17/10/11	6,60	5,50	7,90	8,50
26/10/11	6,20	5,70	7,80	8,80
Média	6,34	5,61	7,83	8,43
Desvio Padrão	1,18	0,17	0,16	0,24

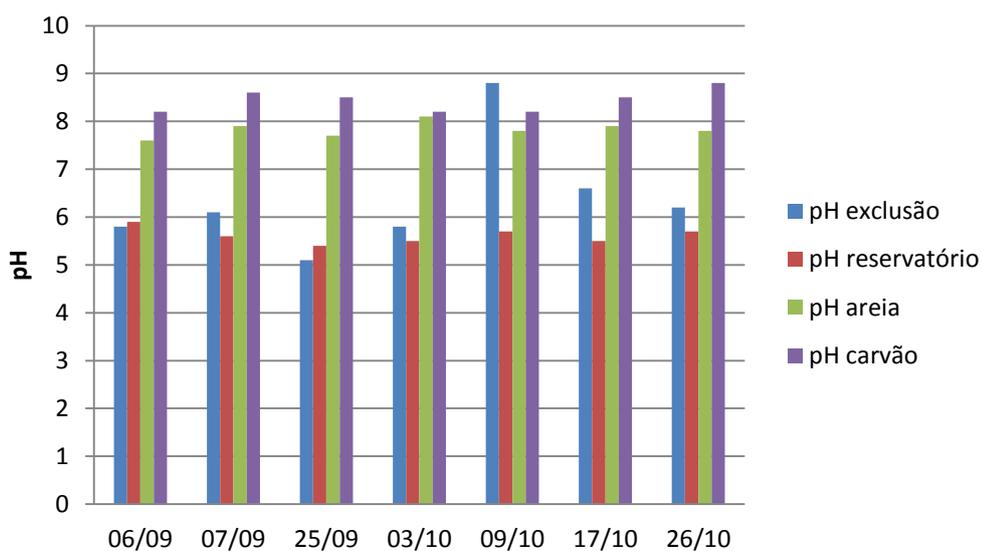


Gráfico 1 - Resultado das análises do pH das amostras

O Gráfico 2, compara as médias e os desvios padrões dos resultados obtidos na Tabela 7. Sendo $M - Dp$ e $M + Dp$ os resultados da média menos o desvio padrão e da média mais o desvio padrão, respectivamente.

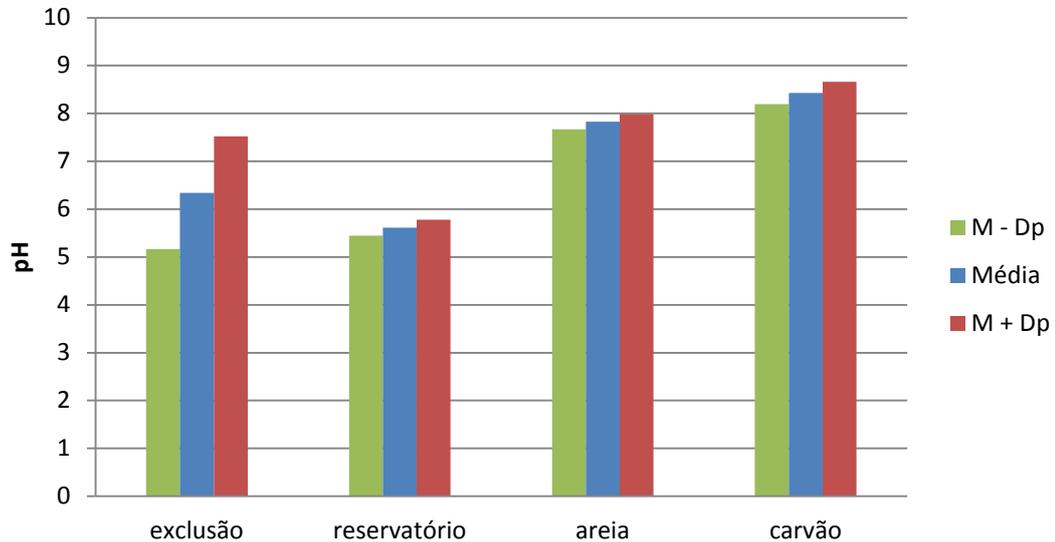


Gráfico 2 – Média e desvio padrão dos resultados do pH

6.2. TURBIDEZ

A Tabela 8 e o Gráfico 3, apresentam os resultados obtidos de turbidez de cada amostra referente às águas de Exclusão, Reservatório, Areia e Carvão.

Tabela 8 - Resultado das análises de turbidez das amostras

Data	Exclusão (uT)	Reservatório (uT)	Filtros	
			Areia (uT)	Carvão (uT)
06/09/11	1,17	1,36	0,70	2,03
07/09/11	1,81	1,18	1,43	1,61
25/09/11	7,67	7,66	1,81	1,94
03/10/11	5,26	3,10	1,17	3,48
09/10/11	11,13	1,97	0,76	2,88
17/10/11	8,08	1,19	0,07	1,89
26/10/11	7,27	2,76	2,08	1,99
Média	6,06	2,74	1,15	2,26
Desvio Padrão	3,57	2,30	0,69	0,67

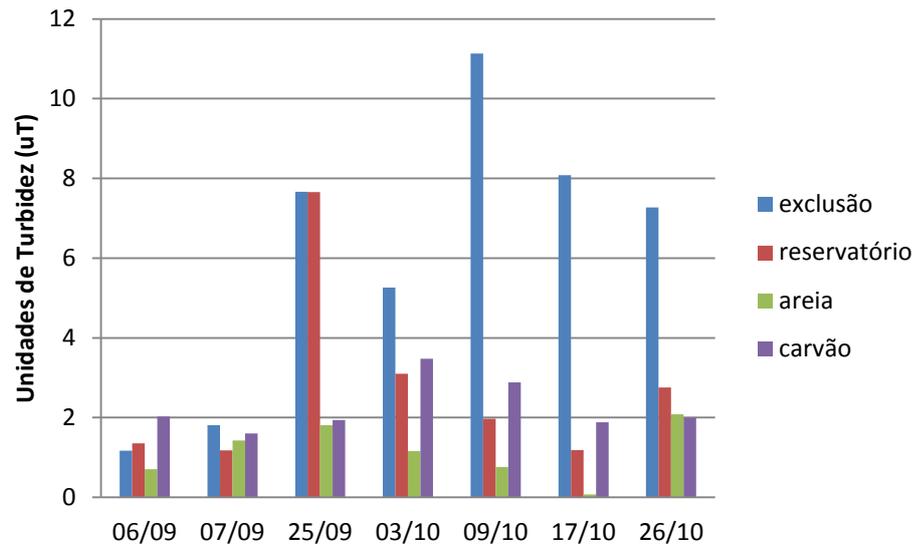


Gráfico 3 - Resultado das análises de turbidez das amostras

Afim de representar a remoção de turbidez de cada amostra, o Gráfico 4 apresenta a quantidade percentual que os filtros diminuíram, parte positiva, e aumentaram, parte negativa, no valor da turbidez.

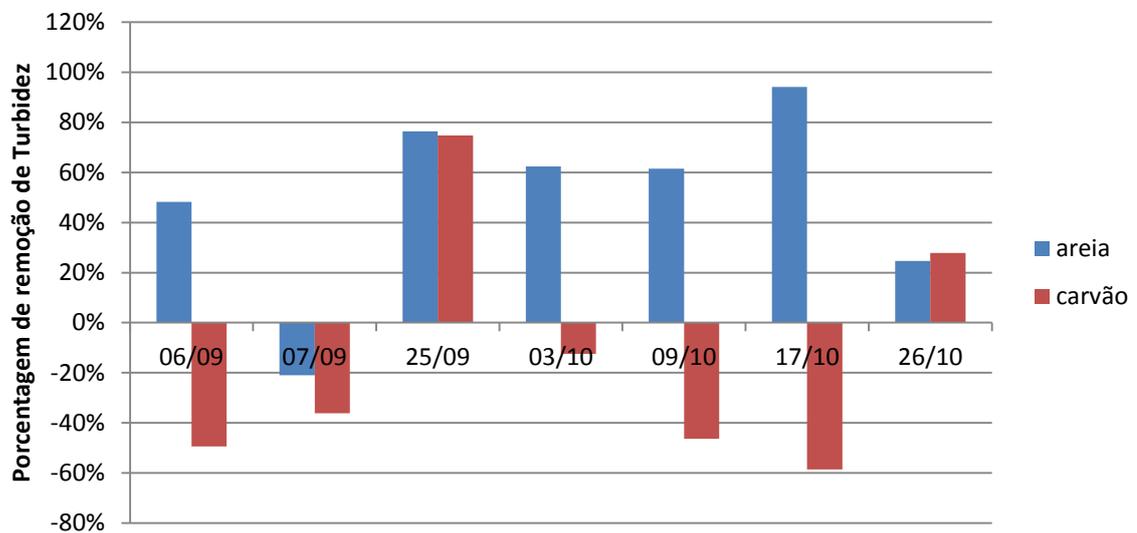


Gráfico 4 - Porcentagem de remoção de turbidez das amostras em cada filtro

O Gráfico 5, compara as médias e os desvios padrões dos resultados obtidos na Tabela 8. Sendo $M - Dp$ e $M + Dp$ os resultados da média menos o desvio padrão e da média mais o desvio padrão, respectivamente.

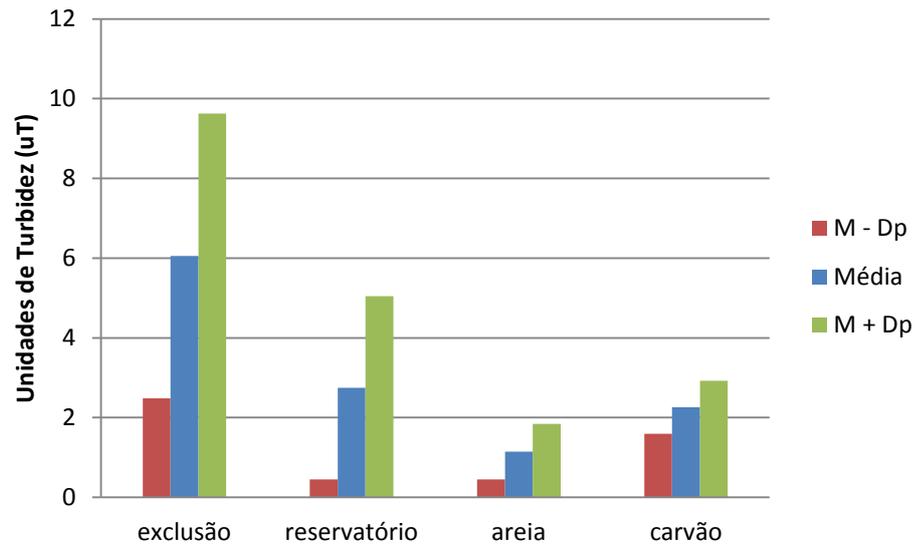


Gráfico 5 – Média e desvio padrão dos resultados da turbidez

6.3. FUNDO

A necessidade de verificar a eficácia dos filtros fez com que fosse realizada uma única amostragem com alta concentração de partículas em suspensão. Essa amostra foi obtida pela agitação da água armazenada pelo reservatório o que fez com que todo o material precipitado no fundo fosse dissolvido novamente. A essa amostra foi dado o nome de Fundo.

Os resultados dessa amostra estão na Tabela 9 e nos gráficos 6 e 7.

Tabela 9 - Resultado da análise de turbidez e pH da amostra do Fundo

	Turbidez (uT)	pH
Reservatório	415,3	6,7
Areia	1,2	7,7
Carvão	13,7	7,3

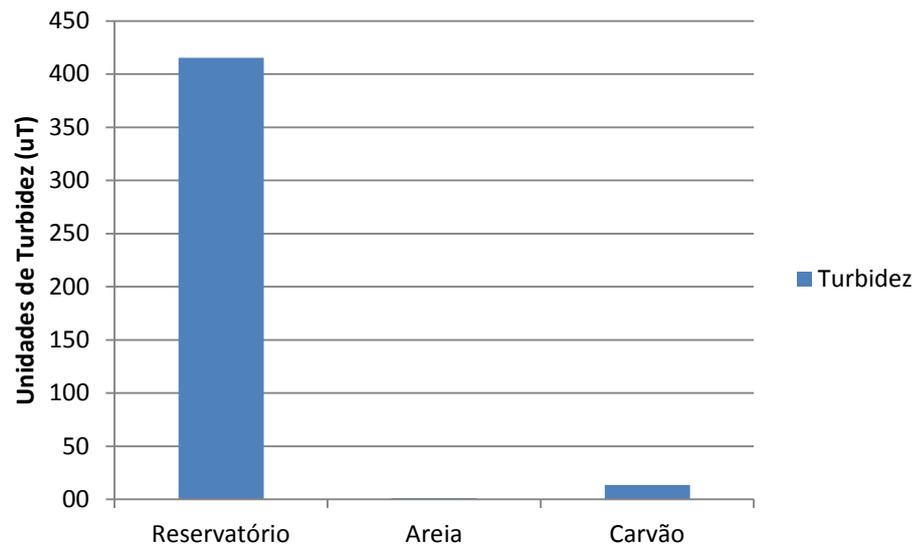


Gráfico 6 - Resultado da análise de turbidez para amostra do Fundo

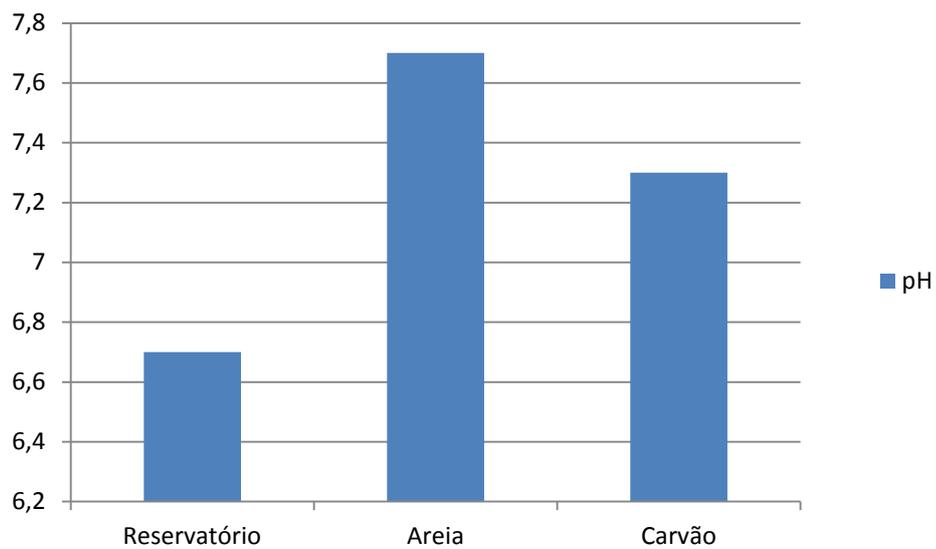


Gráfico 7 - Resultado da análise de pH para amostra do Fundo

6.4. COLIFORMES TOTAIS

Os resultados da análise de coliformes da amostra enviada ao laboratório estão na Tabela 10 e no Gráfico 8.

Tabela 10 - Resultado da análise de coliformes (UFC/100ml)

Data	exclusão	reservatório	areia	carvão
26/10/11	900,00	740,00	410,00	910,00

Fonte: LATAM

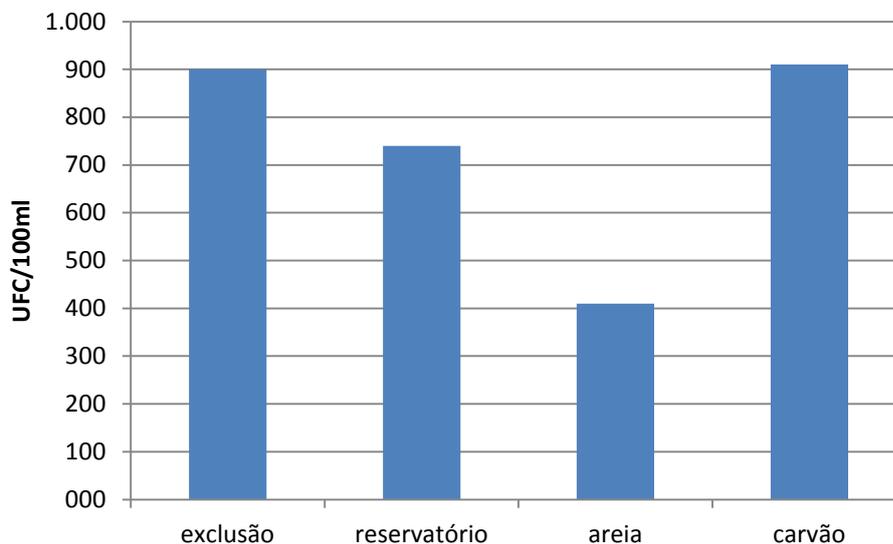


Gráfico 8 - Resultado da análise de coliformes

Fonte: LATAM

6.5. PLUVIÔMETRO

Os dados recolhidos do pluviômetro estão na Tabela 11 e no Gráfico 9, a seguir, e são comparados com os valores fornecidos pelo INMET.

Tabela 11 - Resultados das medições do pluviômetro, comparados com os valores do INMET

Período	INMET (mm)	Pluviômetro (mm)
22 a 23/11/2011	4,9	5,1
25 a 26/11/2011	0,2	0,0
26 a 27/11/2011	4,3	14,40

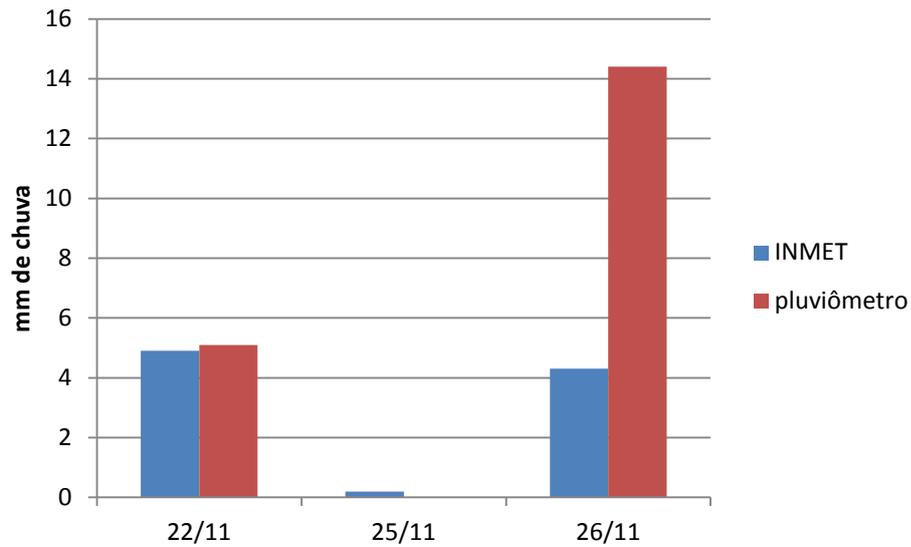


Gráfico 9 - Medição da quantidade de chuva

Os dados pluviométricos da região de Curitiba, no período de coleta das amostras, estão na Tabela 12. A precipitação mínima para o armazenamento no reservatório é de 2 mm, sendo que o dias com precipitação superior a este valor foram analisados.

Tabela 12 - Índice pluviométrico da região de Curitiba

(continua)

Data	Chuva (mm)	Data	Chuva (mm)
01/09/2011	0.0	01/10/2011	0.0
02/09/2011	0.0	02/10/2011	16.4
03/09/2011	0.0	03/10/2011	0.0
04/09/2011	0.0	04/10/2011	0.1
05/09/2011	0.0	05/10/2011	0.0
06/09/2011	5.1	06/10/2011	0.0
07/09/2011	21.4	07/10/2011	0.0
08/09/2011	15.1	08/10/2011	0.0
09/09/2011	12.4	09/10/2011	16.3
10/09/2011	0.1	10/10/2011	6.3
11/09/2011	0.0	11/10/2011	42.9
12/09/2011	0.0	12/10/2011	0.0
13/09/2011	0.1	13/10/2011	4.1
14/09/2011	0.0	14/10/2011	46.7
15/09/2011	0.1	15/10/2011	3.7
16/09/2011	0.0	16/10/2011	13.6
17/09/2011	0.0	17/10/2011	4.6

		(conclusão)	
Data	Chuva (mm)	Data	Chuva (mm)
18/09/2011	0.0	18/10/2011	0.0
19/09/2011	0.0	19/10/2011	1.9
20/09/2011	0.8	20/10/2011	0.0
21/09/2011	1.0	21/10/2011	0.1
22/09/2011	0.0	22/10/2011	2.1
23/09/2011	0.0	23/10/2011	0.0
24/09/2011	3.4	24/10/2011	0.0
25/09/2011	0.3	25/10/2011	8.9
26/09/2011	0.0	26/10/2011	3.0
27/09/2011	0.1	27/10/2011	0.0
28/09/2011	0.0	28/10/2011	0.0
29/09/2011	0.0	29/10/2011	0.0
30/09/2011	0.0	30/10/2011	19.0
		31/10/2011	2.2

Fonte: INMET

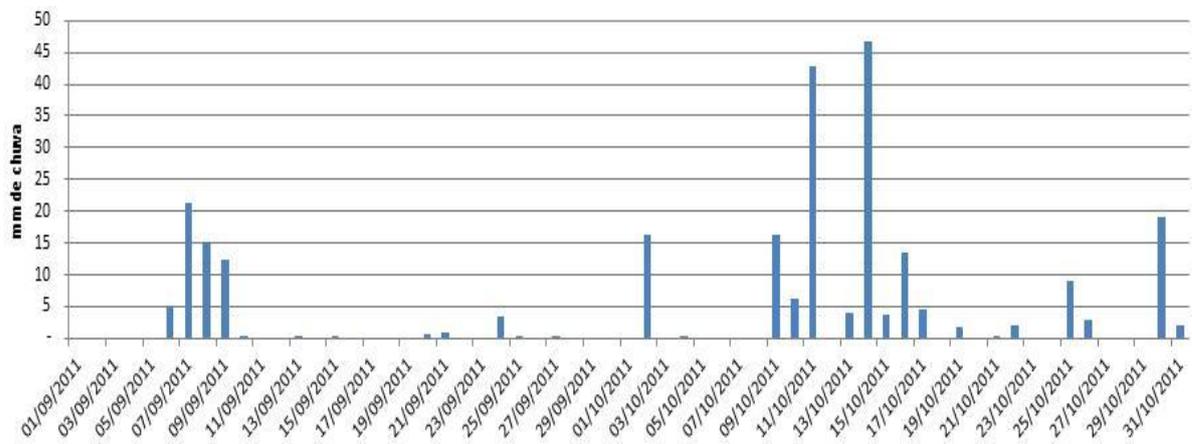


Gráfico 10 – Histograma da precipitação na região de Curitiba

Fonte: INMET

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1. Sistema de separação das primeiras águas

O sistema de separação das primeiras águas mostrou-se um artifício muito eficiente para a remoção dos contaminantes da superfície do telhado, em especial para períodos maiores sem chuva. No período que antecedeu esta chuva, houve deposição de material alcalino na superfície do telhado, que foi completamente removido para a separação. Desta forma, o pH do reservatório ficou dentro das expectativas. A suspeita da grande deposição de materiais sobre o telhado é reforçada pelas análises de turbidez. Para a mesma data, a turbidez da exclusão foi de 11,13, sendo este o maior valor da série, como mostra o mesmo gráfico.

Outro ponto que reforça a importância do sistema de separação são os níveis de turbidez. Em média, houve uma grande remoção da turbidez, o que comprova a grande concentração de contaminantes presentes na atmosfera e que foram depositados no telhado.

O sistema de separação das primeiras águas possibilitou também uma remoção expressiva do número de coliformes totais, porém não foi capaz de removê-los em sua totalidade.

7.2. pH

Os resultados das análises de pH das amostras revelaram que as chuvas, no local de coleta, tinham um caráter relativamente ácido, visto que, pelos valores apontados no Gráfico 2, o reservatório obteve média de 5,61 - valor muito próximo ao obtido por COELHO (2007). Este resultado está coerente com o pH natural da chuva. Por outro lado, observando o mesmo gráfico, nota-se que o pH das amostras já filtradas tiveram um aumento significativo. Esse resultado não era esperado, uma vez que os meios filtrantes são inertes e não deveriam modificá-lo.

Segundo Erickson (2005), este resultado pode ser atribuído a pequenas impurezas da areia e do carvão que não foram removidas pela lavagem e contaminaram a amostra. Devido ao pequeno volume destas filtrações, estas impurezas tiveram um grande impacto nos resultados.

No dia 09/10, a amostra da água referente ao sistema de exclusão acusou um valor elevado do pH, igual a 8,8. Não é possível identificar o causador desse aumento, mas, em termos estatísticos, esse valor pode ser desconsiderado visto que é um valor muito acima da média acrescida do desvio padrão registrada pelo experimento, que foi de 7,52 conforme indicado pelo Gráfico 2.

Para a areia, o pH médio foi elevado de 5,61 para 7,83, valor ainda dentro do recomendado pela ABNT (Tabela 6), para os parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritos e não potáveis. Porém no filtro de carvão o pH subiu para 8,43, nível acima das recomendações da ABNT.

7.3. Turbidez

Segundo Garcês (1974) a expectativa era de uma grande remoção da turbidez após passagem pelos filtros, o que se confirmou, em média, em ambos os filtros.

O filtro de areia teve uma excelente remoção da turbidez, chegando a valores inferiores a 1 uT, como no caso da amostra do dia 17/10 mostrado no Gráfico 3. Para a amostra do dia 07/09 do mesmo gráfico, o pequeno aumento pode ser atribuído a imprecisão do aparelho. Estes resultados obtidos estão coerentes com os obtidos por Brinck (2009), que também obteve uma excelente redução na turbidez (cerca de 70%).

O filtro de carvão não foi tão eficiente quanto o de areia, confirmando os resultados obtidos por Brinck (2009). Notou-se um pequeno aumento nas amostras com baixa turbidez inicial e menor redução média. Este pequeno aumento pode ser atribuído ao desprendimento de partículas do carvão, que tiveram um impacto significativo devido ao baixo volume das amostras.

Visando submeter ambos os filtros a condições extremas de operação, deixou-se o reservatório sem limpeza por aproximadamente 15 dias, o que fez com que fosse depositada uma grande quantidade de resíduo no fundo, conforme explicado no item 6.3. Esse resíduo depositado, misturado a pouca quantidade de água, criou uma situação hipotética com turbidez média elevada de 415,3 uT. Neste caso, ambos os filtros tiveram um excelente desempenho, com reduções para 1,2 uT no filtro de areia e 13,7 uT no filtro de carvão, ilustrado pelo Gráfico 6.

7.4. Coliformes

As análises de coliformes totais mostraram que o filtro de areia possibilitou uma remoção de coliformes relevante, reduzindo de $7,4 \cdot 10^2$ UFC/100ml para $4,1 \cdot 10^2$ UFC/100ml, o que representa uma diminuição de 45%, porém fora do padrão estipulado pela ABNT, na Tabela 6. Já o filtro de carvão apresentou um pequeno aumento no número de coliformes, passando para $9,1 \cdot 10^2$ UFC/100ml. Este pequeno aumento pode ser explicado pela imprecisão do método.

Segundo Garcês (1974), a remoção dos coliformes pode chegar a 95%, porém esta expectativa não foi confirmada nas amostras analisadas. Esse resultado pode ser explicado pelo pequeno tempo de operação dos filtros, uma vez que estes possuem um tempo de maturação entre 1 e 4 meses (GARCÊS, 1974).

8. CONCLUSÃO

Em termos gerais os resultados foram considerados ótimos, visto que a maioria dos objetivos foi concluída com êxito.

Quanto à parte principal do trabalho, que era de analisar a água da chuva, no quesito turbidez os filtros se mostraram muito eficazes, pois retiveram as partículas em suspensão na água, tornando uma água que já apresentava um valor de turbidez bom, ainda melhor.

Contudo, percebe-se que numa comparação direta entre os dois meios filtrantes, areia e carvão, o filtro de areia foi melhor do que o de carvão, mas cabe aqui outra ressalva, a granulometria utilizada nos filtros não era a mesma – na areia era menor. Isso permite a conclusão de que quanto menor as partículas do meio filtrante são, mais lento será o processo de filtração, e com isso maior será sua eficiência na remoção de substâncias e, conseqüentemente, na limpeza da água.

Quanto à qualidade da água para utilização não potável, o trabalho mostrou que mesmo com a exclusão dos dois primeiros milímetros de chuva e com a filtração em ambos os meios, não seria aconselhável a utilização, visto que não foi atingido o valor aceitável do número de coliformes indicado pela norma da ABNT. Para atendimento destes padrões, recomenda-se um tratamento adicional como, por exemplo, a adição de uma pastilha de cloro após o filtro ou a presença de luz ultravioleta, sendo a segunda mais onerosa. Outra opção seria trabalhar melhor a granulometria dos próprios filtros e fazê-los em dupla camada, ou seja, misturar no mesmo filtro os dois meios filtrantes, areia e carvão.

REFERÊNCIAS

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Water quality and treatment**. 5th ed. New York: McGraw Hill, 1999.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas – **Abastecimento Urbano de Água**. Brasília:2010. Disponível em < <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 10 de junho de 2011.

ANDRADE, J. B.; SARNO. P. **Química ambiental em ação: Uma nova abordagem para tópicos de química relacionados com o ambiente**. Química Nova, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 11799 EB 2097**: Material Filtrante – Areia, antracito e pedregulho. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 12216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. 1992.

BRINCK, Nádia Cristina Pires. **Avaliação do tipo de material filtrante no comportamento hidráulico de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento**. 2009. 393 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COELHO, Cidelmara H. **Deposição atmosférica de espécies químicas em Ribeirão Preto, uma importante cidade canavieira do Estado de São Paulo**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

COLLISCHONN, Walter; TASSI, Rutinéia. **Introduzindo Hidrologia**. Porto Alegre: IPH UFRGS, 2008.

DACACH, Nelson Gandur. **Saneamento Básico**, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.

EATON, Andrew D. et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, Washington: American Public Health Association, 2005.

FERREIRA, Aurélio B. de H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 1 ed. Editora Nova Fronteira, 14ª Impressão.

FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. **Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 2 – contribution of formic and acetic acids**. Atmospheric Environment, 2003.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, **Hidrologia urbana: Capacitação tecnológica e transferência de tecnologia em drenagem urbana**. São Paulo.

GARCÊS, L.M.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1988.

GARCÊS, L. M. **Elementos da Engenharia Hidráulica e Sanitária**. São Paulo: Edgard Blücher, 1960.

GARCÊS, Lucas N. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**, São Paulo: Edgard Blücher, 2ª Edição, 1974.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

HAFNER, Ana V. **Conservação e reuso de água em edificações – Experiências nacionais e internacionais**. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HOFKES E FRASIER, **Runoff coeficientes – In Rainwater Harvesting de Pacey**, Arnold e Cullis, Adrian, 1996.

LIUSON, Esequiel. **Pesquisa de coliformes totais, fecais e Salmonella spp em tilápias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo**. 2003. 94 f. Dissertação (Mestre em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ERICKSON, Andrew Jacob. **Enhanced Sand Filtration for Storm Water Phosphorus Removal**. 2005. 76f. Dissertação (Mestre em ciência) - Graduate School, University of Minnesota, Minneapolis, 2004.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, Lúcia H. de. Bacias sanitárias com sistema dual de descarga: quanto é possível reduzir o consumo de água?. **TESIS - Engenharia de Sistemas Prediais**, São Paulo, mar. 2007. Disponível em: < http://www.thesisprojetos.com.br/userfiles/Bacias%20sanitarias%20com%20sistema%20dual%20de%20descarga.pdf?acao3_cod0=30d82f93c5bc5337436b09a6cdebc4f0 >. Acesso em: 14 jun. 2011.

PEIXOTO, Luciana de M. **Requisitos e critérios de desempenho para sistemas de água não potável de edifícios** residenciais. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SALVATO, Joseph A.; Nemerow, Nelson Leonard; Agardy, Franklin J., **Environmental engineering**, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2003.

SINCERO, A. P.; SINCERO, G. A., **Physical-chemical treatment of water and wastewater**, London: IWA Publishing, 2003.

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

TOMAZ, Plínio. **Água de Chuva – Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Editora Navegar, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2005.

UEHARA, Kokei; LA LAINA PORTO, Rubem, **Resoluções dos exercícios de Hidrologia-curva de duração-frequência ou permanência e diagrama de massas (Rippl)**. São Paulo: EPUSP, 1980.

WILKEN, Paulo Sampaio, **Engenharia de Drenagem Superficial**, São Paulo: CETESB, 1978.

WORM, Janette; VAN HATTUM, Tim, **Recolha de água da chuva para uso doméstico**, Amsterdam: Agromisa, 2006.

ANEXO A – Laudo do laboratório dos coliformes da água de Exclusão

	LATAM [®] <i>Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais</i>	LAUDO 28556/11 Página 1 de 1
---	--	--

SEGMENTO: MEIO AMBIENTE

1. LOCAL DA AMOSTRAGEM: TELHADO

2. EMPRESA SOLICITANTE:
BRUNO F. HIRT E DIEGO S. SANTOS
CURITIBA - PR

FONE : (41) 3272-0721 / 9604-3314

3. AMOSTRAGEM EFETUADA POR: LATAM LABORATÓRIO DE ANÁLISES TOXICOLÓGICAS E AMBIENTAIS

4. DADOS DA AMOSTRAGEM:

DATA DA AMOSTRAGEM: 26/10/2011 – 17h 00min	TEMPERATURA: 8°C
DATA DA ENTRADA DA AMOSTRA: 09/11/2011	TIPO DE AMOSTRA: ÁGUA
CONDIÇÕES DO TEMPO: BOM	CÓDIGO DA AMOSTRA: A-1794/11
TEMPERATURA: 8°C	

5. PONTO DE AMOSTRAGEM: EXCLUSÃO

6. RESULTADOS:

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	PADRÃO REFERENCIAL (1)	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	9,0 x 10 ²	UFC/100 mL	1 UFC/ 100 mL	MEMBRANA FILTRANTE

LEGENDA: (1) Portaria MS 518/2004
UFC: Unidade formadora de colônia

OBSERVAÇÃO 1: OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE LAUDO REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA RECEBIDA PELO LABORATÓRIO, CABENDO AO CLIENTE A EXTRAPOLAÇÃO DESTES DADOS A TODA POPULAÇÃO.

OBSERVAÇÃO 2: AMOSTRA RECEBIDA NO LATAM APÓS PRAZO RECOMENDADO NA METODOLOGIA UTILIZADA, ANÁLISE AUTORIZADA PELO CLIENTE.

7. METODOLOGIA:
Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 th edition, Washington, DC, 2005 (membrana filtrante).

CURITIBA, 14 DE NOVEMBRO DE 2011.


 Fábio Branco Godinho de Castro
 CRF/9 – 3022

LATAM - Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais Ltda.
Rua Rodrigues Alves, 246 - Bairro Seminário - CEP 80240-460 - Curitiba - Paraná
CNPJ: 01.509.200/0001-37 Inscrição Municipal: 17 09 475.535-5
Fone/Fax (41) 3014-3953 - www.latam.com.br - e-mail: latam@latam.com.br

ANEXO B – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Reservatório

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	PADRÃO REFERENCIAL (1)	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	7,4 x 10 ²	UFC/100 mL	1 UFC/ 100 mL	MEMBRANA FILTRANTE

LEGENDA: (1) Portaria MS 518/2004
UFC: Unidade formadora de colônia

OBSERVAÇÃO 1: OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE LAUDO REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA RECEBIDA PELO LABORATÓRIO, CABENDO AO CLIENTE A EXTRAPOLAÇÃO DESTES DADOS A TODA POPULAÇÃO.

OBSERVAÇÃO 2: AMOSTRA RECEBIDA NO LATAM APÓS PRAZO RECOMENDADO NA METODOLOGIA UTILIZADA, ANÁLISE AUTORIZADA PELO CLIENTE.

7. METODOLOGIA:
Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 th edition, Washington, DC, 2005 (membrana filtrante).

CURITIBA, 14 DE NOVEMBRO DE 2011.


 Fábio Branco Godinho de Castro
 CRF/9 – 3022

LATAM - Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais Ltda.
 Rua Rodrigues Alves, 246 - Bairro Seminário - CEP 80240-460 - Curitiba - Paraná
 CNPJ: 01.509.200/0001-37 Inscrição Municipal: 17 09 475.535-5
 Fone/Fax (41) 3014-3953 - www.latam.com.br - e-mail: latam@latam.com.br

ANEXO C – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Filtro de Areia

 LATAM [®] Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais	LAUDO 28766/11 Página 1 de 1
---	--

SEGMENTO: MEIO AMBIENTE

1. LOCAL DA AMOSTRAGEM: TELHADO

2. EMPRESA SOLICITANTE:
 BRUNO F. HIRT E DIEGO S. SANTOS
 CURITIBA - PR
 FONE : (41) 3272-0721 / 9604-3314

3. AMOSTRAGEM EFETUADA POR: LATAM LABORATÓRIO DE ANÁLISES TOXICOLÓGICAS E AMBIENTAIS

4. DADOS DA AMOSTRAGEM:
 DATA DA AMOSTRAGEM: 26/10/2011 – 17h 00min
 DATA DA ENTRADA DA AMOSTRA: 22/11/2011
 CONDIÇÕES DO TEMPO: NI
 TEMPERATURA: 8°C
 TEMPERATURA: 8°C
 TIPO DE AMOSTRA: ÁGUA
 CÓDIGO DA AMOSTRA: A-1886/11

5. PONTO DE AMOSTRAGEM: AREIA

6. RESULTADOS:

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	PADRÃO REFERENCIAL (1)	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	4,1 x 10 ²	UFC/100 mL	1 UFC/ 100 mL	MEMBRANA FILTRANTE

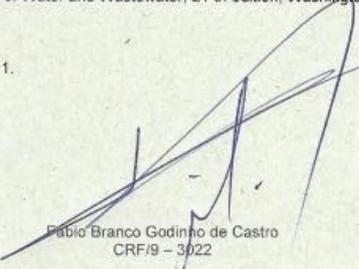
LEGENDA: (1) Portaria MS 518/2004
 UFC: Unidade formadora de colônia

OBSERVAÇÃO 1: OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE LAUDO REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA RECEBIDA PELO LABORATÓRIO, CABENDO AO CLIENTE A EXTRAPOLAÇÃO DESTES DADOS A TODA POPULAÇÃO.

OBSERVAÇÃO 2: AMOSTRA RECEBIDA NO LATAM APÓS PRAZO RECOMENDADO NA METODOLOGIA UTILIZADA, ANÁLISE AUTORIZADA PELO CLIENTE.

7. METODOLOGIA:
 Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 th edition, Washington, DC, 2005 (membrana filtrante).

CURITIBA, 24 DE NOVEMBRO DE 2011.


 Fábio Branco Godinho de Castro
 CRF/9 – 3022

LATAM - Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais Ltda.
 Rua Rodrigues Alves, 246 - Bairro Seminário - CEP 80240-460 - Curitiba - Paraná
 CNPJ: 01.509.200/0001-37 Inscrição Municipal: 17 09 475.535-5
 Fone/Fax (41) 3014-3953 - www.latam.com.br - e-mail: latam@latam.com.br

ANEXO D – Laudo do laboratório dos coliformes da água do Filtro de Carvão

	LATAM [®] <i>Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais</i>	LAUDO 28557/11 Página 1 de 1
---	--	--

SEGMENTO: MEIO AMBIENTE

1. LOCAL DA AMOSTRAGEM: TELHADO

2. EMPRESA SOLICITANTE:
BRUNO F. HIRT E DIEGO S. SANTOS
CURITIBA - PR
FONE : (41) 3272-0721 / 9604-3314

3. AMOSTRAGEM EFETUADA POR: LATAM LABORATÓRIO DE ANÁLISES TOXICOLÓGICAS E AMBIENTAIS

4. DADOS DA AMOSTRAGEM:
DATA DA AMOSTRAGEM: 26/10/2011 – 17h 00min
DATA DA ENTRADA DA AMOSTRA: 09/11/2011
CONDICÕES DO TEMPO: BOM
TEMPERATURA: 8°C
TEMPERATURA: 8°C
TIPO DE AMOSTRA: ÁGUA
CÓDIGO DA AMOSTRA: A-1795/11

5. PONTO DE AMOSTRAGEM: CARVÃO

6. RESULTADOS:

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	PADRÃO REFERENCIAL (1)	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	9,1 x 10 ²	UFC/100 mL	1 UFC/ 100 mL	MEMBRANA FILTRANTE

LEGENDA: (1) Portaria MS 518/2004
UFC: Unidade formadora de colônia

OBSERVAÇÃO 1: OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE LAUDO REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE A AMOSTRA RECEBIDA PELO LABORATÓRIO, CABENDO AO CLIENTE A EXTRAPOLAÇÃO DESTES DADOS A TODA POPULAÇÃO.

OBSERVAÇÃO 2: AMOSTRA RECEBIDA NO LATAM APÓS PRAZO RECOMENDADO NA METODOLOGIA UTILIZADA, ANÁLISE AUTORIZADA PELO CLIENTE.

OBSERVAÇÃO 3: FRASCO UTILIZADO NA AMOSTRAGEM NÃO CEDIDO PELO LATAM.

7. METODOLOGIA:
Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 th edition, Washington, DC, 2005 (membrana filtrante).

CURITIBA, 14 DE NOVEMBRO DE 2011.


 Fábio Branco Godinho de Castro
 CRF/9 – 3022

LATAM - Laboratório de Análises Toxicológicas e Ambientais Ltda.
 Rua Rodrigues Alves, 246 - Bairro Seminário - CEP 80240-460 - Curitiba - Paraná
 CNPJ: 01.509.200/0001-37 Inscrição Municipal: 17 09 475.535-5
 Fone/Fax (41) 3014-3953 - www.latam.com.br - e-mail: latam@latam.com.br