

GUSTAVO MAZER

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESCOLA DA REDE
ESTADUAL DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA
UM ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Prof. M. Sc. José Remigio Soto Quevedo

CURITIBA

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO MAZER

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESCOLA DA REDE
ESTADUAL DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA
UM ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2010

TERMO DE APROVAÇÃO

GUSTAVO MAZER

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESCOLA DA REDE ESTADUAL DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA. UM ESTUDO DE CASO

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

Orientador:

Prof. M. Sc. Eng. José Remigio Soto Quevedo
Professor ORIENTADOR

Prof. M. Sc. Eng. José Remigio Soto Quevedo
Professor TUTOR

Prof. Dr. Hamilton Costa Junior
Coordenador do Curso de Residência Técnica

Curitiba, 16 de Dezembro de 2010.

"Se algum dia homem feito e realizado, sentires que a terra cede a teus pés, que tuas obras desmoronam, que não há ninguém à tua volta para te estender a mão, esquece a tua maturidade, passa pela tua mocidade, volta à tua infância e balbúcia, entre lágrimas e esperanças, as últimas palavras que sempre te restarão na alma: Minha Mãe, Meu Pai."

(Rui Barbosa)

Aos meus pais, sincera e afetuosamente dedica o autor.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me iluminou em todos os momentos e me concedeu saúde e força para vencer os desafios ao longo de minha vida.

Ao Prof. José Remigio Soto Quevedo, orientador e tutor do curso de especialização, por todo o trabalho de orientação que, com sua sabedoria e experiência, conduziu de forma extraordinária o desenvolvimento deste e de todos outros trabalhos, sempre com total dedicação.

Aos meus pais, Antonio e Maria, e minha irmã, Gisele, pelo incentivo, por todos os ensinamentos e pela intensa presença em todas as etapas da minha vida.

À minha noiva Heloisa, pelo companheirismo, paciência, dedicação e total amor e carinho.

Ao Sr. Heitor e D^a. Helena, pelo apoio, atenção e cuidado a mim dispensados.

Aos funcionários da Secretaria de Estado de Obras Públicas, em especial ao amigo e Eng^o Fausto Coelho Pereira, pela atenção, paciência e pelo seus ricos ensinamentos.

A todos os colegas de residência com os quais compartilhei 2 anos da minha vida, pelo companheirismo e ajuda mútua, em especial aos que se tornaram mais próximos.

E a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Esquema típico de aproveitamento de águas pluviais	13
FIGURA 02 – Instalação geral do reservatório Inferior (cisterna)	15
FIGURA 03 - Reservatório Superior de águas pluviais	15
FIGURA 04 - Indicação para cálculo da área de contribuição	17
FIGURA 05 - Detalhes para montagem de calhas e condutores de água pluvial	19
FIGURA 06 - Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais - com saída em aresta viva	22
FIGURA 07 – Freio d’água	23
FIGURA 08 - Sifão ladrão	24
FIGURA 09 - Filtro volumétrico	25
FIGURA 10 - Detalhes do filtro volumétrico	25
FIGURA 11 – By Pass	26
FIGURA 12 - Bóia de sucção	26
FIGURA 13 – Eletrônível	28
FIGURA 14 - Diagrama elétrico para acionamento da bomba	28
FIGURA 15 - Bomba centrífuga	29
FIGURA 16 - Vista aérea do Colégio	34
FIGURA 17 - Vista da fachada frontal do Colégio	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Coeficiente de escoamento superficial	16
TABELA 2 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n = 0,011 (vazão em L/min)	21
TABELA 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	23
TABELA 4 – Volume de chuva disponível	38
TABELA 5 - Levantamento de quantitativo de água para lavagem de pisos e calçadas	40
TABELA 6 – Cálculo do volume destinado para os vasos sanitários	42
TABELA 7 – Diagrama de Rippl	45
TABELA 8 – Orçamento estimativo da implantação	52
TABELA 9 – Dados utilizados, resultados obtidos e período de retorno	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	11
QUADRO 2 - Coeficientes de rugosidade “n” de Manning	20
QUADRO 3 - Faturamento – Leitura e consumos da escola	39
QUADRO 4 – Tarifa de saneamento básico	54

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	1
1.2 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
1.3 - OBJETIVOS.....	5
1.3.1 - Objetivo geral.....	5
1.3.2 - Objetivos específico.....	5
1.4 - CONTRIBUIÇÃO.....	5
2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 - DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS.....	6
2.2 - APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	7
2.3 - LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES.....	8
2.4 - QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL.....	9
2.4.1 - Qualidade da água dentro do reservatório.....	11
2.5 - SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL.....	12
2.6 - DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS UTILIZADOS NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA.....	13
2.6.1 - Reservatório.....	13
2.6.1.1 - Dimensionamento do reservatório para o armazenamento das águas pluviais.....	16
2.6.1.2 - Área de contribuição.....	17
2.6.1.3 - Projeto de Escoamento de Águas pluviais.....	17
2.6.2 - Calhas.....	18
2.6.2.1 - Dimensionamento das calhas.....	20
2.6.3 - Condutores verticais.....	21
2.6.4 - Condutores horizontais.....	22
2.6.5 - Freio d'água.....	23
2.6.6 - Sifão ladrão.....	24
2.6.7 - Filtros.....	24
2.6.8 - Bóia para sucção de água.....	26
2.6.9 - Sistema de bombeamento das águas pluviais.....	27
2.6.9.1 - Bombas.....	29

3 - METODOLOGIA.....	32
3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	32
3.2 - UNIVERSO DA PESQUISA.....	32
3.3 - DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	33
3.4 - MÉTODOS UTILIZADOS PARA A VISITA NA ESCOLA EM ESTUDO.....	35
3.5 - DELINEAMENTO DO TRABALHO.....	35
4 - RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS.....	37
4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	37
4.2 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	37
4.2.1 - Dados meteorológicos (precipitações).....	37
4.2.2 - Volume mensal de água da chuva aproveitada.....	38
4.2.3 - Estimativa do consumo de água pluvial para fins não potáveis.....	38
4.2.3.1 - Consumo real de água potável.....	38
4.2.3.2 - Levantamento de consumo em campo.....	39
4.2.4 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	43
4.2.5 - Método da determinação de capacidade dos reservatórios em função da área de coleta e do coeficiente de escoamento regional.....	45
4.2.6 - Reservatório superior.....	47
4.3 - DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS.....	47
4.3.1 - Calhas.....	47
4.3.1.1 - Cálculo vazão de projeto.....	47
4.3.2 - Condutores verticais.....	48
4.3.3 - Condutores horizontais.....	49
4.3.4 - Dimensionamento da bomba centrífuga e tubulações para o recalque da água.....	49
4.4 - CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.....	51
4.5 - ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	53
4.5.1 - Tarifas de água potável da escola.....	53
4.5.2 - Consumo de energia elétrica.....	55
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	62
SITES VISITADOS.....	62
ANEXOS	63

RESUMO

A ameaça de escassez de água potável é uma das preocupações dos pesquisadores pensando no futuro da humanidade. Existem inúmeras razões de ordem ambiental e econômicas que motivam a busca por alternativas para minimizar os problemas oriundos desta natureza. Dentre as soluções sustentáveis, pode-se afirmar, que as técnicas de aproveitamento de água pluvial em residências, escolas e outras edificações, são contribuições para uso racional da água, refletindo na conservação dos recursos hídricos, bem como, gerando economia financeira. O presente trabalho objetivou verificar o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uma edificação escolar. O desenvolvimento da pesquisa se realizou através de levantamentos de dados da edificação e da população que ocupa esta edificação, estimando o volume de água potável usado em fins não potáveis e que poderia ser substituído por água pluvial. Os resultados foram aferidos pela conferência das faturas de consumos de água no último ano, ou seja, pesquisa do tipo documental e aferição de dados em campo. Sendo assim, após o dimensionamento de todo o sistema, através de uma pesquisa de mercado foram levantados os custos relativos à implantação deste, e por último, foi realizada uma análise de viabilidade econômica da implantação. Com o presente estudo, constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Colégio Estadual Julia Wanderley, mostra-se economicamente viável, pois proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros em médio prazo e benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região.

Palavras-chave: aproveitamento de águas pluviais, escolas sustentáveis; racionalização de recursos hídricos, edificação sustentável.

ABSTRACT

The threat of potable-water scarcity is one of the main concerns of the researchers when thinking about the future of humanity. There are many reasons, from environmental to economic perspectives that motivate the search for alternative solutions to minimize the problems inherent in this situation. Among sustainable solutions it can be affirmed that the techniques of containing and retaining rain water in residences, schools and other buildings contribute to the rational use of water, reflecting the preservation of potable water resources, as well as generating financial savings. The present work was dedicated to insuring the conservation of potable water through the implementation of a system using rain water for non-potable needs in a school building. The research encompassed gathering of data about the existing structure and population, estimating the current usage of non-potable water to be replaced by rain water gathering techniques. The results were confirmed by checking the invoices of water consumption during the past year, that is, documentary research combined with actual field data. Therefore, after gathering all the relevant data for the system through market research, the costs for the implementation of such a system were arrived at and finally an economic viability analysis was undertaken for the new system's implementation. As a result of these studies, it has been determined that the implementation of a rain water gathering system for the Julia Wanderley High School is economically viable since it provides a great potential for savings of potable water resulting in monetary savings in the mid-term combined with immediate environmental benefits for the region.

Keywords: rainwater harvesting, sustainable schools, rational use of water resources, sustainable building.

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

O abastecimento de água para o consumo humano foi motivo de preocupação dos povos em todas as épocas. A dependência do homem com relação à água e sua utilização para a alimentação e transporte fizeram com que quase todas as cidades fossem fundadas juntas ao mar, rios e lagos. (FIGUEIREDO, 2007)

Atualmente, o combate ao desperdício e o uso racional de água potável são questões relevantes que tem sido temas de discussões entre vários pesquisadores.

Segundo Tomaz (2003) a falta de água potável é um dos mais graves problemas mundiais que pode afetar a raça humana em um futuro próximo. Ainda acrescenta que o uso desordenado, o desperdício e o crescimento da população mundial aumentam a demanda pela água e são fatores que aumentam o risco de escassez deste que é o mais importante elemento para a sobrevivência humana.

Percebe-se que já existem sinais evidentes de que o homem está sendo prejudicado pelo uso predatório que faz dos recursos naturais. Figueiredo (2007) relata que o consumo de água cresceu seis vezes no último século, em grande parte para aumentar a produção de alimentos. O resultado disso foi a redução da oferta de água para uso humano. Este autor, diz ainda que um terço da população mundial vive em regiões com escassez de água, proporção que deve dobrar até 2025 e metade dos africanos, asiáticos e latino-americanos sofrem de alguma doença relacionada à falta de acesso a uma fonte de água limpa.

Silva (2008) diz que hoje é de vital importância que se criem alternativas que levem ao racionamento ou economia de água potável e aponta em seus

estudos que uma dessas medidas é fazer uso da água de chuva disponível na natureza.

Da mesma forma Giacchini (2009) mostra que o gerenciamento do uso da água e a procura por novas alternativas de abastecimento, como o aproveitamento da água da chuva, estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, que propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações.

A Universidade Livre do Meio Ambiente (Unilivre) relata que atualmente o manejo e o aproveitamento da água da chuva para uso doméstico, industrial e agrícola estão ganhando terreno em várias partes do mundo, sendo visto por especialistas como meios simples e eficazes para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo.

Consultando-se a bibliografia relativa ao assunto em questão, verifica-se que vários autores apresentam estudos que demonstram que pequenas ações podem implicar em grandes economias de água, dentre as quais se destacam o conserto de vazamentos, a setorização da medição do consumo, a implementação de tecnologias economizadoras e a realização de campanhas de sensibilização dos usuários para o uso racional desse insumo.

Observa-se também na literatura que o aproveitamento da água de chuva caracteriza-se por uma prática milenar adotada pelas mais antigas civilizações, o qual tem sido incorporado às edificações das áreas urbanas, em diversos países.

No Brasil, embora ainda seja objeto de muitos estudos, já contamos com norma técnica específica sobre o tema, a NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, destacando-se também a existência de diversas legislações tanto em esfera Estadual, quanto Municipal, como, por exemplo, a Lei 10.785 que cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

Em se tratando de programas de conservação de água em edificações escolares, vale citar o que Scherer (2003) diz sobre o tema. Para o autor a educação com relação à conservação de água deve ser iniciada nas escolas, sensibilizando principalmente as crianças, pois elas podem atuar diretamente na formação e integração do aluno, de maneira a conscientizar as demais pessoas que as cercam. Ressalta ainda que a implementação de atividades educacionais e pedagógicas, que envolvam temas relacionados à água, deve ocupar lugar de destaque, devido ao grau de abrangência ser significativo junto à comunidade escolar, visto que as escolas colaboram para a formação dos cidadãos e da sociedade.

Tomaz (2001) também concorda que o ambiente escolar é propício para a germinação da idéia. O referido autor sugere a elaboração de panfletos explicativos para distribuição nas escolas, além da realização de palestras.

Ywashima (2005) reforça a importância da realização de campanhas de sensibilização para o uso racional da água nas escolas. Segundo a pesquisadora, no ambiente escolar a conta de água não é paga diretamente pelo usuário das escolas, e, portanto, a motivação financeira não é o fator mais relevante para esses usuários. A autora sugere a instalação de tecnologias economizadoras, onde o consumo de água potável pode ser reduzido independentemente da disposição dos usuários em mudar espontaneamente o seu comportamento.

Observa-se que as escolas são alguns dos maiores consumidores constantes de água potável, pois possuem considerável número de consumidores e grandes áreas a serem mantidas. Considera-se por isso um ambiente com enorme potencial para comprovar a eficácia de programas de conservação de água potável.

Tendo por base o relatado por vários autores sobre o assunto e a preocupação com a ameaça de escassez de água potável, justifica-se o presente trabalho, que pretende apresentar um sistema alternativo e opcional

de captação, armazenamento e uso da água pluvial em uma edificação escolar da rede estadual de ensino do Paraná.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Considerações Finais.

Inicia-se o estudo através de uma introdução ao tema proposto, mostrando a atual visão de pesquisadores quanto à disponibilidade de água no planeta e a preocupação em encontrar alternativas para minimizar o problema. Em seguida apresentam-se os objetivos do trabalho, visando à realização da pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre disponibilidade de água no Brasil e no mundo, a questão do uso racional de água, legislação e normas vigentes, entre outros assuntos pertinentes a este estudo. Foram coletados dados referentes ao aproveitamento da água de chuva em edificações através de livros, monografias relacionadas ao tema e diversos *sites da internet*.

Uma vez apresentadas as referências teóricas, no capítulo 3 faz-se a descrição da metodologia empregada na realização deste trabalho, apresentando-se o delineamento da pesquisa realizada e o procedimento adotado na pesquisa de campo.

Após descrita a metodologia, no capítulo 4 inicia-se a análise dos resultados obtidos. Neste capítulo calcula-se a demanda de água pluvial para fins não potáveis, calcula-se o volume disponível de água de chuva, é dimensionado o reservatório e demais equipamentos do sistema. Em seguida são levantados os custos relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva na escola e feito uma análise de viabilidade econômica.

Finalmente, no capítulo 5, reúnem-se as Considerações Finais seguidas das Referências Bibliográficas e Anexos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise da viabilidade econômica de implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em uma edificação escolar da rede estadual do estado do Paraná no município de Curitiba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar o sistema de captação de águas pluviais em edificação como alternativa para redução do consumo de água tratada;
- Levantar os custos de implantação do sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais em uma edificação escolar;
- Estudar a relação custo-benefício na economia da água da escola com a implantação do sistema;

1.4 CONTRIBUIÇÃO

Como contribuição do trabalho pretende-se apresentar um estudo mostrando a eficiência da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em escolas e mostrar a importância de se preservar a água potável.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos apresentam-se na natureza de diferentes formas como os rios, oceanos, geleiras, icebergs, as águas subterrâneas e as águas pluviais.

O planeta Terra é formado por cerca de 97,5% de água salgada e apenas 2,5% de água doce, sendo que desta somente 0,3% encontram-se disponíveis como águas superficiais, o restante encontra-se em geleiras ou subsolos muito profundos, cujo acesso humano é muito difícil (GIACCHINI, 2009).

Desta pequena porcentagem no mundo, 88% são utilizados na agricultura, 7% na indústria e 5% no comércio e para o consumo individual. Percebe-se que o consumo humano de água para as necessidades básicas (beber, lavar, etc.) é pequeno quando comparado com as demais finalidades. Geralmente, uma pessoa precisa de, no mínimo, 50 litros de água por dia e vive confortavelmente com 200 litros. Esse consumo é pequeno quando comparado à necessidade de água para irrigação de uma plantação de arroz, por exemplo (FIGUEIREDO, 2007).

O Brasil encontra-se em situação considerada privilegiada em relação aos recursos hídricos, pois, detém cerca de 12% de toda água doce do planeta. No entanto, quanto à distribuição da água no país, observa-se grande irregularidade, uma vez que 80% da água doce encontra-se na região norte, a qual é habitada por cerca de 5% da população. Restando, portanto, 20% para as demais regiões, habitadas por cerca de 95% da população.

Desta forma, a distribuição irregular dos recursos hídricos apresenta-se como um fator de grande importância para o desenvolvimento do País, haja vista a escassez de água que assola o semi-árido nordestino. (GIACCHINI, 2009).

Verificam-se graves problemas de falta de água em muitas cidades brasileiras, como crises de racionamento de água. Nessas situações, o consumo médio de água disponível por habitante cai consideravelmente, alterando os hábitos das pessoas e movimentando setores da economia relacionados ao problema: aumento do número de empresas de carros-pipa, do preço da água e do número de poços artesianos (FIGUEIREDO, 2007).

Vale ressaltar ainda que, a quantidade de água existente no planeta é limitada, acredita-se ser praticamente a mesma de há três bilhões de anos, isto porque o ciclo da água se sucede infinitamente. Paralelamente observa-se um incremento no consumo de água, principalmente em função do aumento da população mundial associado ao desenvolvimento urbano. (GIACCHINI, 2009).

2.2 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento da água de chuva caracteriza-se por ser um processo milenar, adotado por civilizações como Astecas, Maias e Incas. Tomaz (2003) relata que um dos registros mais antigos do aproveitamento da água de chuva data de 850 a.C., referindo-se às inscrições na Pedra Moabita, no Oriente Médio, onde o rei Meshá sugere a construção de reservatórios de água de chuva em cada residência. O autor faz referência ainda ao Palácio de Knossos na Ilha de Creta, onde há aproximadamente 2000 a.C., a água da chuva era aproveitada na descarga das bacias sanitárias.

Assim sendo, o aproveitamento da água de chuva refere-se a um sistema relativamente simples, que consiste na captação, filtragem, armazenamento e distribuição da água que cai no telhado da edificação.

Segundo Fendrich (2009) a tecnologia para o uso da água de chuva nas edificações é a soma das seguintes técnicas:

- a) coletar a água que precipita no telhado;

- b) eliminar a água do início da chuva (descarte inicial);
- c) unidades de sedimentação, filtração, tratamento e melhoria da qualidade da água;
- d) armazenar a água da chuva em reservatórios;
- e) abastecer os locais de uso;
- f) drenar o excesso da água de chuva, em caso de chuvas intensas;
- g) completar a falta de água em caso de estiagem prolongada.

2.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES

Quanto aos sistemas de aproveitamento da água de chuva, as diretrizes de projeto e dimensionamento estão prescritas na Norma Brasileira – NBR, 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24.10.2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Tal norma apresenta os requisitos para o aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Portanto, a sua aplicação procede para usos não potáveis em que a água de chuva pode ser utilizada após tratamento adequado. Quanto à concepção do projeto do sistema de coleta da água de chuva, este deve atender às Normas Técnicas, ABNT – NBR 5.626 e NBR 10.844. Ainda deve constar o alcance do projeto, a população a ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região (ABNT, 2007).

Por sua vez, com respeito à legislação, destaca-se a Lei 10.785/03 do Município de Curitiba que instituiu o PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (anexo 8). O programa prevê a adoção de medidas que visam induzir a conservação da água através do uso racional, e de fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações. Tal programa foi criado com o intuito de sensibilizar os usuários sobre a importância da conservação dos recursos hídricos (CURITIBA, 2003).

A regulamentação da referida Lei ocorreu através da aprovação do Decreto 293, em 22.03.2006, o qual manteve a obrigatoriedade para todas as novas edificações, da captação, armazenamento e utilização das águas pluviais oriundas da cobertura da edificação.

Na cidade de Rio de Janeiro, o Decreto nº 23.940 de 30 de janeiro de 2004, declara obrigatória a retenção das águas pluviais de áreas impermeabilizadas maiores que 500 m², porém deixa a desejar ao permitir que essa água possa ser escoada para as bocas de lobo após uma hora depois do final da chuva. Também exige que locais descobertos para estacionamentos de veículos devem ter 30% de sua área revestidas com piso drenante, mas não indica nada a respeito de aproveitamento da água que cai na superfície não drenante, por exemplo: para lavagem dos próprios carros.

Na cidade de São Paulo, foi criado o Programa de Incentivo à Redução do Consumo de Água, no dia 10 de março de 2004, que prevê que todos os clientes que atingirem uma redução de 20% em suas médias de consumo de água recebem um prêmio de 20% de desconto no valor final de suas contas de água.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

May e Prado (2004) *apud* Ywashima (2005) realizaram um estudo para verificar a qualidade da água de chuva utilizada para consumo não potável. Com base nos resultados das análises da água de chuva os autores aconselham o descarte dos primeiros 15 a 20 minutos de precipitação para que seja feita a limpeza do telhado, devido à concentração elevada de poluentes depositados.

Recomendam ainda que a água de chuva armazenada sem qualquer tipo de tratamento pode ser utilizada somente para consumo não potável. Porém, ela tem potencial para utilização na rega de jardins, na lavagem de

veículos, calçadas e pátios, na limpeza de vasos sanitários, em sistemas de ar condicionado e em sistemas de combate a incêndios, entre outros.

Segundo Tomaz (2003) a composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime dos ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

Em se tratando de sistemas de aproveitamento da água de chuva, a manutenção e higienização dos equipamentos componentes de tal sistema são fundamentais para a preservação da qualidade da água (REBELLO, 2004).

No entanto, ressalta-se que a superfície de coleta da água de chuva pode influenciar na qualidade desta, seja pelo material da superfície ou devido à substâncias presentes em tais superfícies, como: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos (REBELLO, 2004).

No quadro 1 a seguir, retirado da norma NBR 15527/2007, mostram-se alguns critérios sobre qualidade da água para fins não potáveis.

QUADRO 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA 1 Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

FONTE: NBR 15527/2007

Em geral, as chuvas só devem ser usadas para uso não-potável, principalmente em regiões industriais, onde é grande a poluição atmosférica. (TOMAZ, 2003)

2.4.1 Qualidade da água dentro do reservatório.

A chuva poderá levar materiais pesados que estejam no ar e que se depositarão no fundo do reservatório, onde geralmente se forma uma pequena camada de lama. Os microorganismos que vieram do telhado e dos encanamentos se desenvolverão no reservatório, colocando em perigo aqueles que usarem a água de chuva para fins potáveis, podendo causar diarreias. Mesmo amebas poderão ser encontradas nos reservatórios de água de chuva.

Alguns cuidados especiais deverão ser tomados, tais como, evitar-se a entrada da luz do sol no reservatório devido ao crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor

(ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos (Tomaz, 2003).

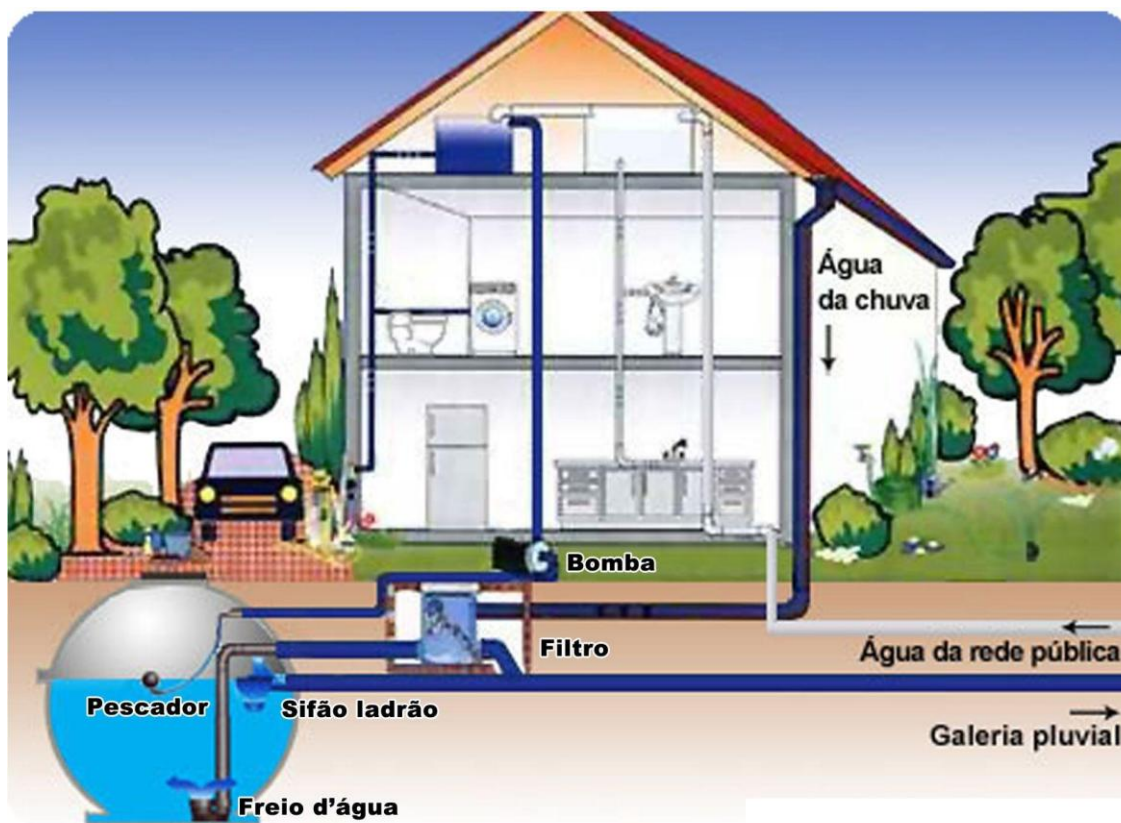
Pelo menos uma vez por ano, deverá ser feita uma limpeza no reservatório enterrado e havendo a suspeita de que a água do reservatório está contaminada, deverá se adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária.

Em hipótese alguma a água de chuva deverá ser usada para fins potáveis. Somente será usada para descargas dos vasos sanitários, irrigação, lavagem de passeios e calçadas. (Tomaz, 2003).

2.5 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas de chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (elevado), a partir do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável.

A Figura 1 apresenta esquema típico de funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em edificações. As normas NBR 5626 - Instalação predial de água fria e NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais, fornecem os requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às especificações contidas nessas normas.

FIGURA 1 – Esquema típico de aproveitamento de águas pluviais

FONTE: 3P – Technik do Brasil

2.6 DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS UTILIZADOS NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA

2.6.1 Reservatório

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o reservatório. Quanto ao dimensionamento a NBR 15.527/07 sugere em seu Anexo A, alguns métodos para o seu dimensionamento, entretanto, fica a critério do projetista a escolha do método que melhor se aplica a cada situação. Devem ser considerados os aspectos hidrológicos locais, o atendimento ao consumo, os aspectos sanitários e também a sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica.

Segundo Fendrich (2002) o armazenamento deverá ser feito em reservatório coberto, conforme figura 2, dotado de tampa de inspeção, extravasor (“ladrão”) para drenar o excesso das águas pluviais e a instalação de unidade de bombeamento. No fundo do reservatório de armazenamento das águas pluviais, deverá ser instalado um dreno, para realizar as limpezas periódicas de manutenção.

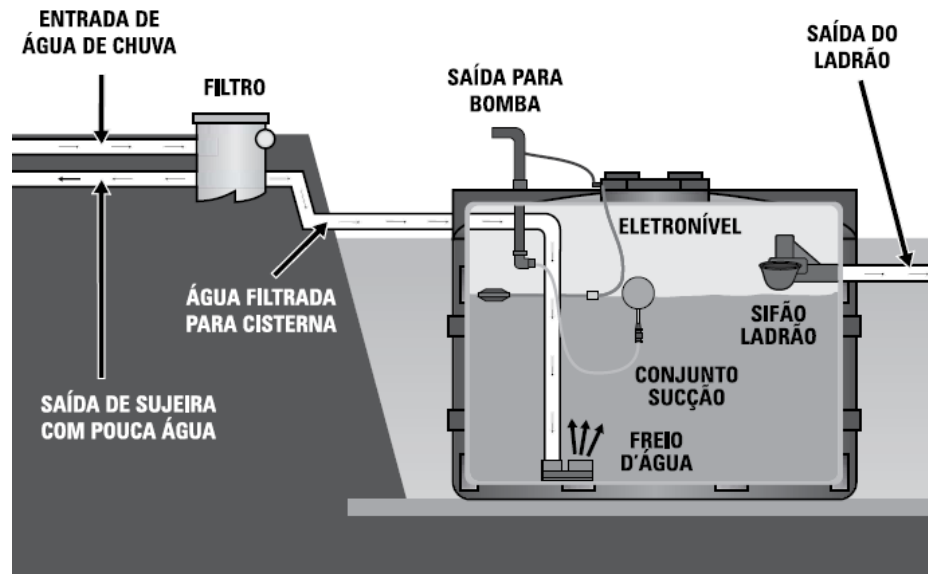
A NBR 5626/98 da ABNT estabelece que os reservatórios devam ser projetados e construídos de maneira que:

- sejam perfeitamente estanques;
- possuam paredes lisas, executadas com materiais que não alterem a qualidade da água e que resistam ao ataque da mesma;
- impossibilitem o acesso de elementos que poluam ou contaminem a água;
- possuam abertura para inspeção, limpeza e eventuais reparos;
- sejam dotados de extravasor (ladrão);
- tenham canalização para esgotamento e, quando a área do fundo for superior a 2m², esta deverá ser inclinada a fim de permitir o seu perfeito esvaziamento.

Podem ser constituídos de diversos tipos de materiais, tais como cerâmicos, de madeira, metálicos, de concreto armado, em polietileno, de fibra de vidro, ou ainda, em polietileno aditivado, os quais deverão satisfazer as condições básicas enumeradas anteriormente. (FENDRICH, 2002).

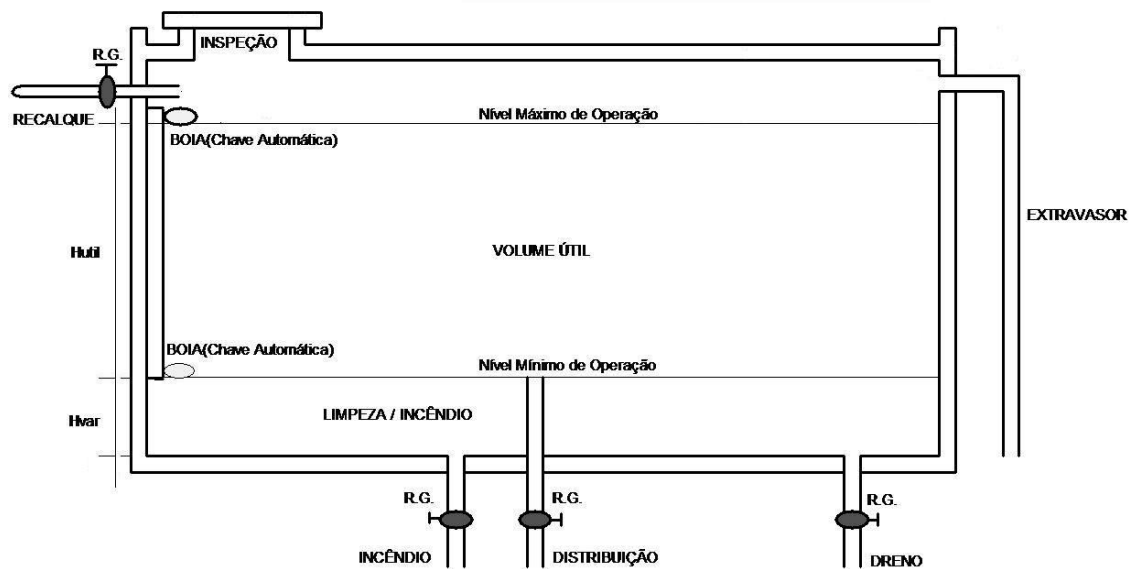
De acordo com experiências internacionais e nacionais, seja pelo emprego de métodos de demanda constante, ou ainda, pelo empirismo “prático” reinante no meio técnico, com relação à utilização das águas pluviais, um dos grandes problemas é a determinação da capacidade do reservatório de armazenamento, Levando-se em conta: Área do telhado, a precipitação pluvial do local, o intervalo dos dias de estiagem e a demanda desejada de água. (FENDRICH, 2002).

FIGURA 2 - Instalação geral do reservatório Inferior (cisterna)



FONTE: Acqualimp

FIGURA 3 - Reservatório Superior de águas pluviais



FONTE: Autor

2.6.1.1 Dimensionamento do reservatório para o armazenamento das águas pluviais.

Segundo Fendrich (2002) para o dimensionamento do reservatório de armazenamento e utilização das águas pluviais, o volume máximo médio anual das águas de chuva que poderá ser aproveitado não será o mesmo que o volume precipitado total. Segundo o autor, existem perdas de água por evaporação, vazamentos, limpeza dos telhados e de outras áreas de coleta, ou ainda, perdas na autolimpeza dos sistemas que representam cerca de 5% até 30 % de perdas do volume precipitado total.

Os coeficientes de escoamento superficial C das áreas de coleta das águas pluviais, comumente utilizados, estão indicados na Tabela 1.

TABELA 1 – Coeficiente de escoamento superficial

Áreas de Coleta das Águas Pluviais	Coeficiente de Escoamento Superficial (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telhas de cimento-amianto	0,70 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,90 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,80 a 0,95
Pavimentos asfálticos	0,70 a 0,90

FONTE: Adaptado de Fendrich (2002)

O aproveitamento máximo mensal das águas pluviais, levando-se em consideração o coeficiente de escoamento superficial é obtido por:

$$\bar{Q} = C \times \bar{P} \times A_c \quad \text{eq. (1)}$$

Onde: \bar{Q} = volume médio de águas pluviais (m³);

C = coeficiente de escoamento superficial da área de coleta;

\bar{P} = altura total média de chuva (m);

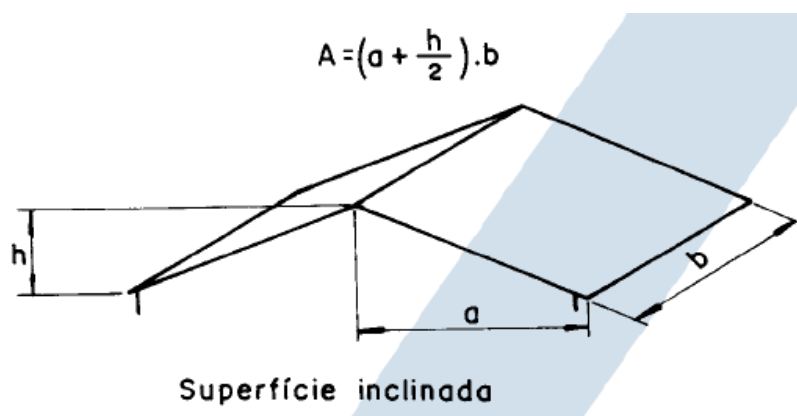
A_c = área de coleta das águas pluviais (m²).

2.6.1.2 Área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição (A_c), devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura. A NBR 10844 indica a utilização da equação 2, (ver figura 4).

$$A_c = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad \text{eq. (2)}$$

FIGURA 4 - Indicação para cálculo da área de contribuição



FONTE: NBR 10.844/89

2.6.1.3 Projeto de Escoamento de Águas pluviais

Para o cálculo da vazão a NBR 10844/89 sugere a equação 3 a seguir:

$$Q = \frac{i \times A}{60} \quad \text{eq. (3)}$$

Onde: Q = vazão do projeto (L/min);

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

A = Área de contribuição (m²).

Segundo FENDRICH (2003), a equação atualizada a ser utilizada na região de Curitiba é:

$$i = \frac{5.726,64 \times T_r^{0,159}}{(t + 41)^{1,041}} \quad \text{eq. (4)}$$

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

t = tempo de duração da chuva (min)

T_r = tempo de recorrência (anos)

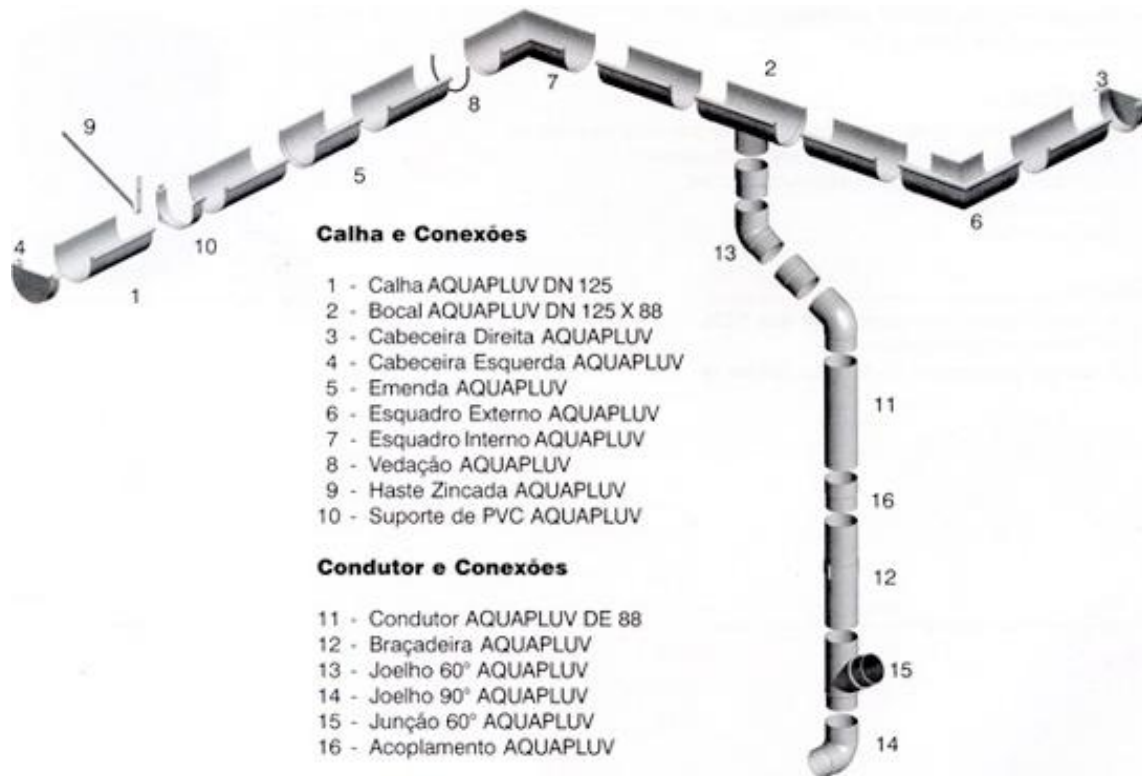
A duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5$ min (NBR 10844/89). Os períodos de retorno devem ser $T = 1$ ano para áreas pavimentadas onde empoçamento possa ser tolerado; $T = 5$ anos para coberturas e ou terraços e $T = 25$ anos para coberturas e áreas onde o empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

2.6.2 Calhas

As calhas fazem com que as águas distribuídas pelo telhado sejam encaminhadas à cisterna. Para se ter uma boa eficácia em seu uso deve-se dimensioná-las levando em consideração a quantidade de água que virá do telhado e a sua inclinação até o condutor vertical. As calhas e condutores verticais deverão obedecer à Norma Brasileira de instalações de esgoto pluvial NBR 10844 /1989.

Segundo esta norma, a declividade mínima para as calhas deve ser de 0,5%. No mercado já existem calhas fabricadas e desenvolvidas em diversos modelos para que estas tenham harmonia com as fachadas e não provoquem um incômodo visual, conforme mostra a figura 5.

FIGURA 5 - Detalhes para montagem de calhas e condutores de água pluvial



(a) calha



(b) esquadro Interno



(c) suporte



(d) emenda



(e) junção 60°



(f) bocal



2.6.2.1 Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento das calhas a NBR 10844/89 adota-se a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times i^{1/2} \quad \text{eq. (5)}$$

Onde: Q = vazão de projeto (L/min);

S = Área da seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (ver quadro 2);

$R_H = \frac{S}{P}$ = raio hidráulico (m);

P = Perímetro molhado (m);

i = declividade (m/m);

K = 60.000 m/m.

O quadro 2, extraída da NBR 10844/89, indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

QUADRO 2 - Coeficientes de rugosidade “n” de Manning

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

FONTE: NBR 10844/89

E na tabela 2, encontramos as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

TABELA 2 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

FONTE: NBR 10844/89

2.6.3 Condutores verticais

Sempre que possível, devem ser projetados em uma só prumada. Nos desvios, devem-se usar curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°. O diâmetro interno mínimo dos tubos verticais é de 70 mm.

A NBR 10844/89 aconselha, ainda, que a drenagem deve ser feita por mais de uma saída, exceto em casos em que não houver riscos de obstrução.

O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

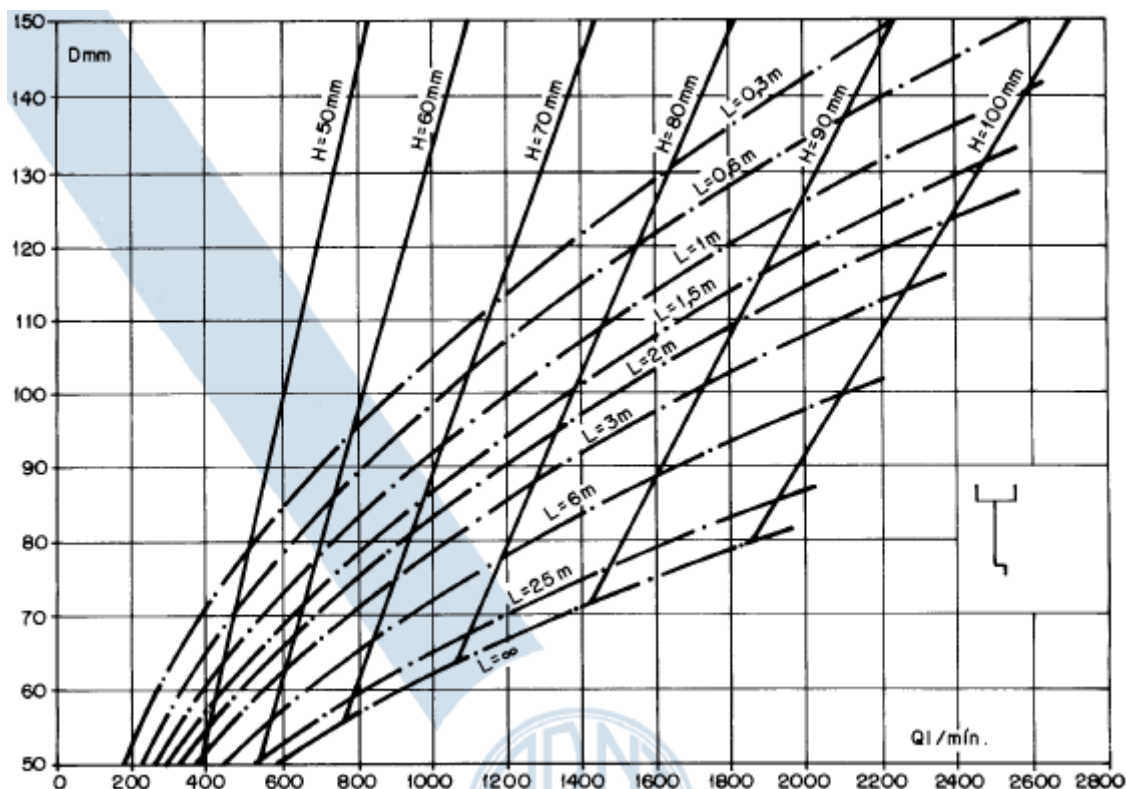
$$Q = \text{vazão do projeto (L/min)}$$

H = altura da lâmina d'água da calha (mm)

L = comprimento do condutor vertical (m)

O diâmetro D é obtido através no ábaco da figura 6.

FIGURA 6 - Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais - com saída em aresta viva.



FONTE: NBR 10844/89

2.6.4 Condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno do tubo, ou seja $0,66 D$ (NBR 10844/89), e sempre que possível, com declividade uniforme e de no mínimo $0,5\%$.

A tabela 3 retirada da NBR 10844/89 fornece as vazões em litros por minuto, de acordo com os diâmetros dos condutores horizontais de seção circular e da declividade.

**TABELA 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular
(vazões em L/min)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

FONTE: NBR 10844/89

2.6.5 Freio d'água

Dispositivo instalado no interior da cisterna, no final da tubulação de entrada de água de chuva. Reduz a velocidade da água que chega à cisterna, evitando o turbilhonamento e a suspensão de sólidos depositados no fundo da cisterna.

FIGURA 7 – Freio d'água



FONTE: 3P Technik - Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

2.6.6 Sifão ladrão

O sifão ladrão ou extravasor, retira impurezas da superfície da água, bloqueia cheiros da galeria pluvial e impede a entrada animais.

FIGURA 8 - Sifão ladrão



FONTE: 3P Technik - Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

2.6.7 Filtros

A filtração da água da chuva é um processo necessário para retirada dos elementos em suspensão que são arrastados pela água ao passar pelas coberturas das edificações.

No mercado existem filtros comerciais com capacidade de vazão entre 200 e 3000 m² de telhado, com eficiência entre 90 a 95%. A sujeira separada pelo filtro é dirigida por uma saída secundária, possibilitando a sua autolimpeza.

Experimentos realizados mostraram que, em muitos locais, além da filtração, é imprescindível contar com dispositivo de descarte da água escoada nos primeiros momentos da precipitação. Essa necessidade decorre do fato de que, após um período sem ocorrência de precipitações, o telhado ou cobertura terá recebido uma carga de substâncias e materiais diversos que ficam sobre eles depositados. Eles têm origem na poluição atmosférica, na presença de animais, em eventual vegetação, entre outras.

Portanto, para evitar que essas primeiras águas se misturem às demais, ou seja, aquelas que escoam após a primeira lavagem de telhado ou cobertura, é necessário segregá-las do montante que será aproveitado.

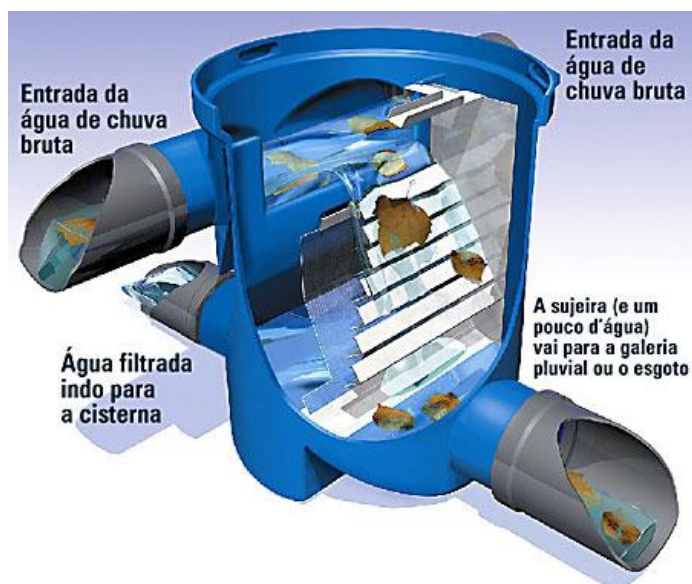
A NBR 15527/2007, que normatiza o aproveitamento de água de chuva coletada de telhados, sugere que o primeiro milímetro de água precipitado a cada chuva seja descartado.

As figuras 9 e 10 mostram o filtro VF 1 da empresa Alemã 3P Technik. Este filtro além de filtrar a água, eliminando os materiais sólidos, também descarta as chuvas iniciais (cerca de 15%) onde são eliminadas as águas com sujeiras mais finas e enviadas para a galeria pluvial.

FIGURA 9 - Filtro volumétrico



FIGURA 10 - Detalhes do filtro volumétrico



FONTE: Technik Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

Antes do filtro é indicado a instalação de um “By Pass” (ver figura 11), ligando a canalização de água de chuva diretamente à canalização da galeria pluvial, pois caso haja um excesso de água de chuva no sistema este excesso corre direto para a galeria pluvial evitando um possível colapso (3P TECHNIK).

FIGURA 11 – By Pass



FONTE: Technik Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

2.6.8 Bóia para sucção de água.

A água a ser retirada do reservatório não pode ser a situada no fundo deste e sim a próxima à superfície. Para tanto usa-se bóia de plástico em que está afixada tubo de $\frac{3}{4}$ ” com o filtro de entrada para sucção.

FIGURA 12 - Bóia de sucção



FONTE: Technik Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

2.6.9 Sistema de bombeamento das águas pluviais

A NBR 10844/89 não faz prescrições para o caso de bombeamento de águas pluviais. Por analogia, as recomendações do bombeamento de água fria estendem-se para o bombeamento de águas pluviais.

A instalação elevatória deve ser dimensionada de acordo com o consumo diário, não em função apenas do volume, mas também, do fato de o reservatório superior ser regulador de vazão; assim sua vazão de alimentação deverá atender às demandas variáveis de distribuição, com seus picos de consumo.

O ideal é que se tenha o menor número de partidas, para se minimizar os efeitos de picos de corrente de partida do motor, preservar a sua vida útil, propiciar menor manutenção, etc. Não se deve adotar uma bomba de menor capacidade que a prevista, que precisará funcionar mais tempo, diminuindo sua vida útil, nem tampouco uma bomba superdimensionada, de valor inicial mais elevado (BOTELHO, 2006).

É necessário prever, no reservatório superior, uma entrada de água potável, proveniente da rede pública ou outra forma de abastecimento, pois no caso de faltar água na cisterna, devido à falta de chuvas, não haverá cessão no abastecimento de água.

Além disso, para o sistema funcionar, sem intervenção manual, é necessário instalar um sistema de comando automático de bóia. Na caixa d'água superior é instalado um eletrônível, cuja função é dar o arranque no motor da bomba quando a água baixar a um determinado nível, e de parar a bomba quando a água atingir um nível superior, evitando que ela seja derramada.

Dentro do reservatório inferior é instalado outro eletrônível, para desligar automaticamente a bomba quando o reservatório estiver no nível mínimo.

É instalada uma válvula solenóide direto na tubulação de alimentação. Assim, quando não houver água de chuva disponível na cisterna, uma bóia de nível detecta o baixo nível de água no reservatório e aciona uma válvula solenóide, que se abre permitindo a entrada de água da rede pública ou outra fonte de abastecimento.

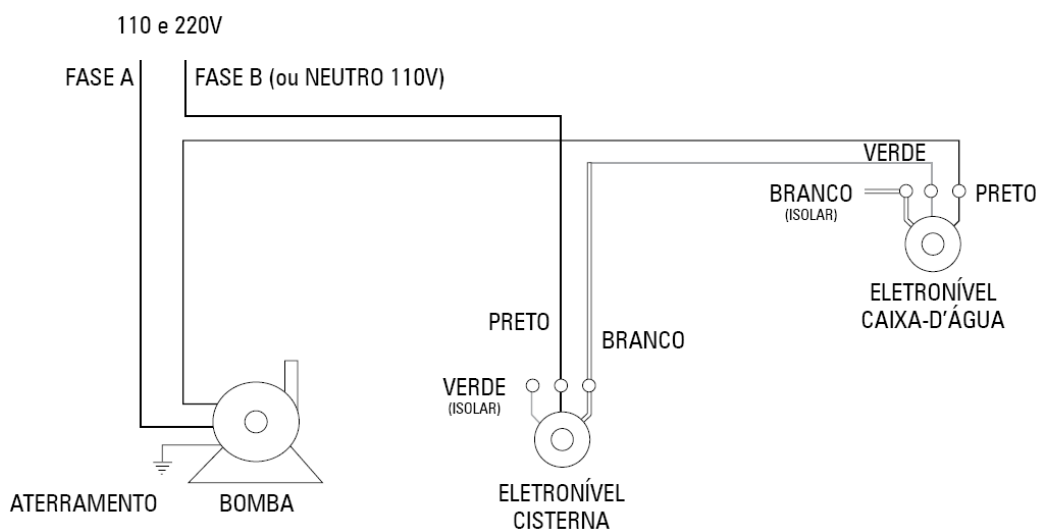
FIGURA 13 - Eletronível



FONTE: Technik Sistemas para aproveitamento da água de chuvas

Na figura 14, verifica-se o diagrama elétrico para acionamento da bomba.

FIGURA 14 - Diagrama elétrico para acionamento da bomba.

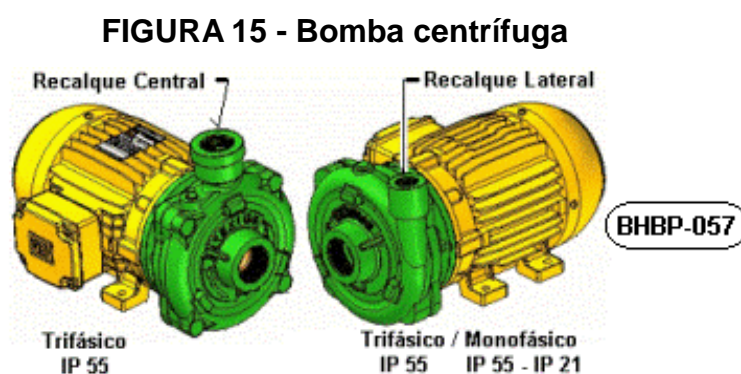


FONTE: Manual de instalação de reservatórios Acqualimp

2.6.9.1 Bombas

Segundo Botelho (2006), existem muitos tipos de bombas, como centrífugas, de êmbolo pistão, injetoras, a ar comprimido, carneiro hidráulico, etc. A mais utilizada atualmente nos sistemas prediais é a bomba centrífuga, que será objeto deste estudo.

Na escolha da bomba, devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.



FONTE: <http://www.sobombas.com>

A vazão bombeada dependerá das características da bomba, altura total de elevação, potência do motor e outras peculiaridades do sistema de bombeamento (BOTELHO, 2006).

No que concerne à economia de energia, deve-se considerar que o consumo de energia elétrica nos motores de bombas hidráulicas é função da potência demandada e do tempo de utilização. No cômputo da potência, deve-se levar em conta que na partida os motores elétricos demandam uma corrente elétrica superior à de regime, daí decorrendo uma maior potência consumida e, portanto, consumo de energia superior quando comparado com a situação de regime (NBR 5626/98).

Para cálculo da potência do motor que aciona uma bomba hidráulica pode-se usar a expressão (CREDER, 2006):

$$P \text{ (cv)} = \frac{1.000 \times H_{man} \times Q}{75 \times \eta} \quad \text{eq. (6)}$$

Onde : Q = vazão (m³/seg)

H_{man} = altura manométrica (m)

P = potência do motor (cavalo vapor – cv)

η = rendimento do conjunto motor-bomba.

É preciso conhecer a altura manométrica, a vazão e o rendimento do conjunto motor-bomba. Creder (2006) cita que para instalações prediais, o rendimento é da ordem de 40%.

A altura manométrica é igual à altura estática mais a altura devida às perdas. Pelo projeto ficam definidas as alturas estáticas de sucção e recalque.

$$H_{man} = H_{est} + H_{perdas} \quad \text{eq. (7)}$$

A altura manométrica total é obtida a partir da altura manométrica de sucção e a altura manométrica de recalque (CREDER, 2006).

Para calcular a altura devida às perdas, é preciso conhecer o comprimento virtual da tubulação, e conhecendo o diâmetro e a vazão, entramos no ábaco do anexo 5, construído pela fórmula de Flamant, para obter a declividade da linha piezométrica (J).

$$H_{perdas} = J \times L_v \quad \text{eq. (8)}$$

Comprimento equivalente = comprimento da tubulação + comprimento devido às perdas acidentais (localizadas)

$$L_v = L + L_{perdas} \quad \text{eq. (9)}$$

O anexo 4 dá as perdas localizadas em metros.

Mas antes, é preciso conhecer o diâmetro das tubulações de sucção e recalque, a fim de podermos calcular as perdas localizadas.

Para o dimensionamento do diâmetro de recalque, aplica-se a fórmula de Forchheimer:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{X} \quad \text{eq. (10)}$$

Onde : D_r = diâmetro em metros

Q = vazão (m³/s)

X = número de horas de funcionamento/24 horas

O diâmetro da tubulação de sucção deverá ser, no mínimo, um diâmetro nominal superior ao diâmetro do recalque (Botelho, 2006).

Com a altura manométrica total e a vazão deve-se procurar nos catálogos dos fabricantes a bomba que dá maior rendimento. Quanto maior o rendimento menor será a potência necessária.

As normas de instalações hidráulicas fixam que a capacidade horária mínima da bomba deverá ser de 15% a 20% do consumo diário. Fixando o número de horas de funcionamento diário da bomba e dividindo o consumo diário pela vazão, teremos as horas de funcionamento diário (CREDER, 2006).

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para a verificação do potencial de economia de água potável obtido através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, foi desenvolvida uma metodologia que compreendeu as seguintes etapas: descrição da área de estudo, descrição do objeto de estudo, levantamento de dados referentes ao consumo de água, dados pluviométricos da região, determinação das áreas de cobertura, dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água pluvial e análise econômica da viabilidade de implantação do sistema.

3.2 UNIVERSO DA PESQUISA

Tomou-se como parâmetro uma edificação escolar da rede Estadual de Ensino do Paraná situada na cidade de Curitiba.

O município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, tem uma área de 432,17 Km², está inserido na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu, correspondendo a 0,21% do território Paranaense e a 5,11 % da Região Metropolitana de Curitiba. Está localizada na porção centro-sul do Primeiro Planalto, compreendido pelo mediano 49° 16' 25" de longitude Oeste e pelo paralelo 25° 25' 48" de latitude Sul, com uma altitude média de 908 acima no nível do mar (CHAVES, 2003).

O clima de Curitiba é subtropical úmido, sem estação seca, com verões suaves e invernos relativamente frios. A precipitação é menor no inverno, todavia não há estação seca definida ao longo do ano, o índice pluviométrico alcança 1500 mm em média por ano, pois as chuvas são uma constante do clima local.

De acordo com o Censo 2010 a população de Curitiba é de 1.746.896 habitantes, e uma densidade demográfica de 4.132,3 habitantes por Km².

3.3 DADOS DA EDIFICAÇÃO

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas as instalações do prédio principal do Colégio Estadual Julia Wanderley situado na Avenida Vicente Machado, 1643, no bairro Batel, Curitiba - PR.

O colégio além de atender o nível fundamental e médio de ensino, também oferece cursos profissionalizantes. Ao todo, a instituição possui diariamente 1218 alunos, 40 professores e 30 funcionários, porém, utilizando os sanitários da edificação principal, onde se realizou o estudo, considerou-se 770 usuários, entre alunos, professores e funcionários, distribuídos no período matutino, vespertino e noturno.

Nos dias úteis há uma rotina diária, com consumo de água maior no período da manhã e a tarde, quando se concentram a maioria das turmas e funcionários. Nos finais de semana, feriados e férias há alteração desta rotina, com diminuição do consumo de água.

O colégio possui dois pavimentos totalizando 1.943,95 m² de área construída, onde estão distribuídas salas de aula e de apoio, laboratórios, biblioteca, auditório, cozinha e cantina comercial. Contém 8 banheiros, todos possuindo vasos sanitários com descarga do tipo caixa acoplada (ver anexo 6 - G). Possui 558,96 m² de pisos e aproximadamente 1520,00 m² de área de cobertura disponíveis para captação de água da chuva.

As figuras 16 e 17 apresentam, respectivamente, a vista aérea e a fachada do colégio.

FIGURA 16 - Vista aérea do colégio



FONTE: Google Earth (2010)

FIGURA 17 - Vista da fachada frontal do colégio



FONTE: Autor

3.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA A VISITA NA ESCOLA EM ESTUDO

Para as visitas à escola escolhida utilizaram-se alguns métodos, como observação direta, entrevistas e análise de documentos.

- Observação direta – Yin (2001) define observação direta como uma fonte de evidência a ser utilizada ao realizar uma visita de campo ao local escolhido para estudo. A observação direta permite registrar comportamentos ou condições ambientais relevantes. Como registros na observação foram utilizados fotos e anotações em caderneta de campo. Procurou-se através desse método registrar procedimentos de utilização de água, dados da edificação como quantidade de vasos sanitários, área de lavagem de pisos, verificar a área de captação de água de chuva, etc.

- Entrevistas – As entrevistas foram do tipo semi-estruturadas e realizadas informalmente na escola com funcionários, alunos e professores. Através das entrevistas, procurou-se identificar hábitos de utilização de água pelos usuários.

- Análise de documentos – Consistiu na avaliação dos documentos referentes ao consumo e tarifa de água e projetos existentes da escola.

3.5 DELINEAMENTO DO TRABALHO

Primeiramente fez-se um levantamento da literatura existente sobre a utilização da água de chuva, com a finalidade de se encontrar diretrizes para realização do trabalho. Em seguida escolheu-se uma escola da rede estadual de ensino do Estado do Paraná, afim de que os resultados obtidos possam ser aproveitados e aplicados posteriormente nas novas obras escolares ou implantados em edificações já existentes.

Organizou-se uma reunião com a direção da escola onde os objetivos do trabalho foram apresentados. Fez-se também entrevistas com funcionários e

professores a fim de se verificar o máximo de informações referentes à utilização de água na escola.

A escola forneceu a fatura de água cobrada pela companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) dos últimos 12 meses, a fim de se verificar o volume de água gasto e o custo deste por mês. Com a média anual de consumo verificado na fatura, juntamente com os dados de consumo de água verificados na literatura e observados em campo, pode-se estimar o consumo de água potável que poderia ser substituído por água pluvial.

Neste trabalho limitou-se aproveitar a água da chuva apenas para vasos sanitários e lavagem de pisos.

Escolhida a área de captação das águas de chuva, fez-se o levantamento das dimensões da edificação. Junto ao Simepar, obtiveram-se os dados de precipitação anual média. Fez-se então o dimensionamento do sistema para captar a água da chuva, levá-la à uma cisterna, bombeá-la para outro reservatório superior e assim distribuí-la por gravidade para os pontos de consumo.

Por meio de várias visitas à escola levantaram-se os dados necessários para elaboração do projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial, como, por exemplo, a distribuição das calhas ou a necessidade destas, a quantidade de banheiros e suas localizações, as caixas d'água existentes, locação de nova cisterna, equipamentos e acessórios para o correto funcionamento do sistema.

Por último, a partir do custo para a implantação do sistema e a quantificação da economia de água gerada com a utilização de água pluvial nos vasos sanitários e lavagem de pisos, fez-se a análise econômica.

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para este estudo, fez-se a verificação do potencial de economia de água potável que poderia ser gerada em uma escola implantando um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais. Através de um levantamento de usos finais de água na edificação, pode-se estimar o volume de água necessário para suprir os consumos de água para usos não potáveis (descarga de vaso, lavagem de calçadas). Após, dimensionou-se o reservatório de água pluvial e demais equipamentos e acessórios para a implantação do sistema, levantou-se o custo de todo material e mão de obra para a execução e finalmente foi realizada a análise econômica para a determinação da viabilidade de implantação do sistema.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

4.2.1 Dados meteorológicos (precipitações)

O SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná - forneceu os dados pluviométricos de uma série completa dos últimos 12 anos (1997-2009). O IPPUC disponibiliza em seu banco de dados uma análise desta mesma série (ver anexo 1).

Nas tabelas desse anexo, estão indicadas as alturas mensais da chuva e os totais precipitados, observados na Estação Pluviométrica situada na cidade de Curitiba, a partir dos quais se verificou a precipitação média anual de 1404,02 mm, valor este muito próximo ao sugerido na literatura.

4.2.2 Volume mensal de água da chuva aproveitada

Definida a área de contribuição e a precipitação média anual, aplicam-se na equação 1, obtendo assim o volume aproveitável de água pluvial.

Na tabela 4 mostram-se os cálculos de vários volumes de água da chuva captados a partir de várias áreas de contribuição disponíveis da cobertura do colégio. A essas áreas chamou-se de planos de captação, ver planta de cobertura no anexo 7-E.

TABELA 4 – Volume de chuva disponível

Área de Captação			
C = 0,85 P = 1.404,02mm			
Plano de Captação	Área (m ²)	m ³ /ano	m ³ /mês
Plano 1	296,00	353,25	29,44
Plano 2	337,10	402,30	33,53
Plano 3	788,75	941,31	78,44
Plano 4	1224,61	1461,47	121,79
100 % cobertura	1519,41	1813,29	151,11

FONTE: Autor

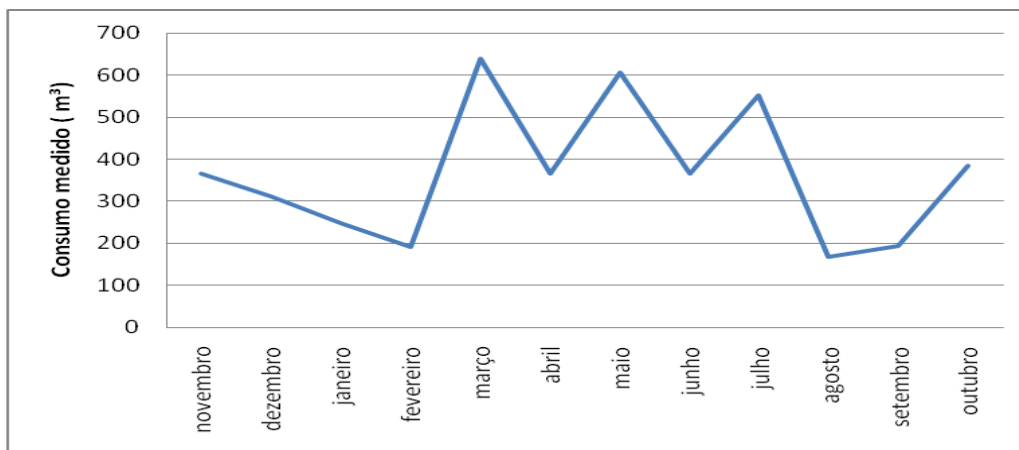
4.2.3 Estimativa do consumo de água pluvial para fins não potáveis

4.2.3.1 Consumo real de água potável

Embora a utilização da água seja variável e dependente do clima, do poder econômico e dos hábitos da população, para efeito de cálculo deste trabalho, o consumo real de água potável foi considerado a média aritmética dos valores de consumo medidos pela companhia de saneamento (SANEPAR) nos últimos 12 meses. Calculou-se esta média igual a 378,67 m³/mês.

Os valores de consumo para o período de novembro de 2009 a outubro de 2010, são mostrados no quadro 3 abaixo. A irregularidade nos períodos de leitura causaram grandes variações de consumo ao longo dos meses.

QUADRO 3 - Faturamento – Leitura e consumos da escola



FONTE: Adaptado da fatura de água do C.E. Julia Wanderley.

4.2.3.2 Levantamento de consumo em campo

Para estimar o consumo de água para os fins não potáveis, foi necessário levantar as características dos aparelhos utilizados e a frequência com que eles eram utilizados. Sendo assim, os levantamentos foram realizados em duas etapas: levantamento dos dispositivos e entrevista com os usuários.

O levantamento de dispositivos teve como objetivo caracterizá-los, obtendo marca, modelo, vazão, tipos e quantidades destes.

Realizaram-se entrevistas com alguns usuários da escola, a fim de se obter a frequência de uso de água no edifício. Foram feitas perguntas que demonstrassem o tempo e a quantidade de vezes que cada dispositivo sanitário era utilizado.

Através de observações diretas em campo e entrevistas com funcionários da escola verificou-se que a limpeza geral de pisos, interna e externamente, é feita somente com balde e pano.

Na tabela 5 pode-se verificar a quantidade de água utilizada para lavagem de piso e a frequência com que esta é feita em cada ambiente do

colégio. Verifica-se que são utilizados mensalmente aproximadamente 19,07 m³ de água.

TABELA 5 - Levantamento de quantitativo de água para lavagem de pisos e calçadas

Pavimento Inferior	Área (m ²)	Total (litros/lavagem)	Freq. / mês	Total Litros / mês
Circulação Coberta (corredor principal)	136,68	104	22	2.288,00
Circulação Coberta (área externa)	134,98	338	9	3.042,00
Cantina Comercial	36,42	65	9	585,00
Cozinha	36,42	65	22	1.430,00
Sanitário Aluno Feminino	11,09	65	22	1.430,00
Sanitário Professores Feminino	3,75	26	22	572,00
Sanitário Aluno Masculino	11,7	65	22	1.430,00
Sanitário Professores Masculino	4,12	26	22	572,00
Escadas	26,72	65	22	1.430,00
TOTAL	401,88	819		12.779,00

Pavimento Superior	Área (m ²)	Total (litros/lavagem)	Freq. / mês	Total no Mês Litros
Circulação Coberta (corredor principal)	125,44	104	22	2288
Sanitário Aluno Feminino	11,7	65	22	1430
Sanitário Professores Feminino	4,12	26	22	572
Sanitário Aluno Masculino	11,7	65	22	1430
Sanitário Professores Masculino	4,12	26	22	572
TOTAL	157,08	286		6292

TOTAL	558,96			19.071,00
--------------	---------------	--	--	------------------

FONTE: Autor

Quanto ao consumo de água em vasos sanitários, pesquisas têm sido efetuadas no sentido de se obter dados confiáveis que possam suprir as informações de consumo. O Plano Nacional de Combate ao Desperdício, Documento Técnico e Apoio – PNCD A DTA E1 (1998) – *apud* Aguiar (2008), cita método realizado nas cidades de Malvern e Mansfield na Inglaterra. A metodologia consistia da medição com hidrômetro do consumo de água e registro de uso por parte dos moradores relacionados aos tipos de aparelhos utilizados e o número de vezes que isso ocorria. O consumo por aparelhos em diferentes pontos foi realizado através do modelo matemático de regressão.

As técnicas de monitoramento vêm sendo aperfeiçoadas para atender às necessidades de se identificar as informações mais precisas de consumo por aparelho. Conforme PNCD A DTA E1 (1998), *apud* Aguiar (2008), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – desenvolveu equipamentos específicos para monitoramento de consumo por aparelho. Com o monitoramento por meio de aparelho há possibilidade de se identificar além do consumo, a variação ao longo do dia e a frequência. O procedimento adotado é a forma correta para identificar o consumo por aparelho para cada tipologia de edificação, mas ainda é algo difícil de ser alcançado.

Conforme explica Aguiar (2008), a identificação de parâmetros de consumo por aparelho, é algo que se tem muita dificuldade em se quantificar. A variação depende de fatores tais como oferta, tipo de aparelho, pressão hidráulica, hábitos e costumes dos usuários, entre outras. O que tem-se buscado são estimativas focando uma aproximação com a realidade. A parametrização ideal seria monitorar os aparelhos por frequência e quantidade de uso. Na impossibilidade podem ser adotados valores médios de trabalhos já desenvolvidos.

Ywashima (2005) fez uma avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos. Seu estudo identificou, a partir da observação em campo e aplicação de questionários, as atividades relacionadas com o uso de água e estimativa dos volumes envolvidos. Neste estudo, considerando-se um dia de funcionamento, foram estimados os valores mínimos, mais prováveis e máximos de cada uma das seguintes variáveis:

- número de usos *per capita* de cada ponto de consumo de água;
- vazão envolvida em cada atividade realizada: sendo que os valores de vazão foram obtidos com base na observação do uso e na simulação de diferentes aberturas das torneiras; e,
- tempo de duração para cada atividade (emprego da água).

A pesquisa mostrou que a maioria dos alunos das tipologias Escolas Municipal de Ensino Fundamental e Escolas Estaduais, responderam que

fazem uso dos banheiros de 1 a 2 vezes ao dia. O mesmo acontece com os funcionários que permanecem em período parcial na escola. Já os funcionários que ficam em período integral utilizam o banheiro de 2 a 3 vezes ao dia.

Após uma avaliação técnica para a previsão dos grandes pontos de consumo de água, verificou-se que os banheiros dos alunos do sexo masculino são os ambientes onde são consumidos os maiores volumes de água.

Para a nossa edificação, observou-se que todos os vasos sanitários do colégio, como fora relatado, são com descarga do tipo caixa acoplada. Este modelo de descarga, segundo a NBR 15.097/04, deve possuir um gasto fixo de 6 litros por descarga, valor este também verificado pelo fornecedor do produto.

Portanto, levando-se em consideração 770 usuários, entre alunos, professores e funcionários, distribuídos diariamente nos três turnos, fez-se uma estimativa do consumo de água destinadas a vasos sanitários levando-se em consideração várias frequências de utilização. Na tabela 6 pode-se observar os resultados dessa estimativa.

TABELA 6 – Cálculo do volume destinado para os vasos sanitários

Volume de água destinado para vasos sanitários (m ³) / mês					
Usuários	Volume de água (litros)	Frequência de idas ao banheiro			
		1 vez / dia	1,5 vez / dia	2 vezes / dia	3 vezes / dia
60%	6	70,49	105,73	140,98	211,46
70%	6	73,00	109,49	145,99	218,99
80%	6	83,42	125,14	166,85	250,27
90%	6	93,85	140,78	187,70	281,56
100%	6	104,28	156,42	208,56	312,84

FONTE: Autor

Considerando que 70% dos usuários utilizem o vaso sanitário de 1 a 2 vezes por dia no período que permanecem na escola, o volume de água dispensada para este fim, considerando 1,5 vezes por dia, é de 109,49 m³. Somando-se 19,07 m³ a este valor, utilizados para lavagem de pisos, resulta em 128,56 m³. Portanto, conclui-se da tabela 4 que para essa demanda é

necessário aproveitar 100 % da cobertura disponível para captação das águas da chuva.

4.2.4 Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Em Hidrologia, é comum o uso do “diagrama de massas” para regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante de água tanto no período chuvoso quanto no seco. (TOMAZ, 2003).

O método de Rippl para a demanda constante consiste basicamente em: a partir dos dados pluviométricos da região em estudo, acrescido da demanda que se pretende, calcular o volume do reservatório para o armazenamento da água da chuva. (CHAVES, 2003).

Tomaz (2003) descreve passo a passo como montar o diagrama de Rippl. A seguir é demonstrado esse passo a passo utilizando-se a edificação em estudo.

Coluna 1 – É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2 – Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros do município de Curitiba. Estes dados foram fornecidos pelo SIMEPAR.

Coluna 3 – É a demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. A demanda também pode ser denominada de consumo mensal e é fornecida em metros cúbicos. Para a edificação o consumo médio mensal considerou que 70 % da população freqüentasse 1 vez e $\frac{1}{2}$ o vaso sanitário no dia. Nos meses de janeiro, julho e dezembro, o número de usuários foi reduzido à metade.

Coluna 4 – É a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. Calculou-se igual a 1520 m².

Coluna 5 – Constam os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de escoamento superficial de 0,85 e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Coluna 6 – Nesta coluna, estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática, a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

Coluna 7 – Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6, considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna, foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois correspondem a meses 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 *apud* TOMAZ, 2003).

Na tabela 7 é possível visualizar o método de Rippl. Verificou-se que o volume necessário do reservatório para regularizar a demanda constante de 126 m³ / mês deverá ter 82 m³ de capacidade.

TABELA 7 – Diagrama de Rippl.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva Col.3 - col.5 (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	180,12	95	1520	233	-137	
Fevereiro	131,21	126	1520	170	-44	
Março	146,62	126	1520	189	-64	
Abril	87,75	126	1520	113	12	28
Maio	80,58	126	1520	104	22	50
Junho	72,07	126	1520	93	33	82
Julho	107,58	95	1520	139	-44	
Agosto	75,1	126	1520	97	29	29
Setembro	140,75	126	1520	182	-56	
Outubro	139,3	126	1520	180	-54	
Novembro	111,24	126	1520	144	-18	
Dezembro	131,7	95	1520	170	-75	
Total	1404,02	1417 m³/ano		1814 m³/ano		

FONTE: Autor

4.2.5 Método da determinação de capacidade dos reservatórios em função da área de coleta e do coeficiente de escoamento regional.

Segundo Chaves (2005), o volume dos reservatórios de armazenamento das águas pluviais pode ser determinado pelo tamanho da área de coleta das águas pluviais, dado por:

$$V = A_c \times C_r \quad \text{eq. (7)}$$

Onde: V = Capacidade do reservatório de armazenamento das águas pluviais (m³);

A_c = Área da superfície de coleta (m²);

C_r = Coeficiente de escoamento regional (m).

Em Fendrich e Oliynik (2002) apud Chaves (2003), o coeficiente de escoamento regional C_r , utilizado em todo Japão é $C_r = 0,1$ m.

De acordo com a Lei N. 13.762/02, da cidade de São Paulo- SP, o Coeficiente de Escoamento Regional $C_r = 0,009$ m.

Fendrich (2002), com base na avaliação das áreas impermeáveis da bacia hidrográfica do rio Belém e 25 eventos críticos de suas enchentes, entre 1987 e 2001, determinou para a cidade de Curitiba-PR o valor do Coeficiente de Escoamento Regional $C_r = 0,0205$ m ($C_r = 20,5$ mm/m²).

Com base nesses dados, calculou-se o volume do reservatório aplicando-se este coeficiente na equação (7). Para a área de contribuição $A_c = 1519,41$ m², encontrou-se $V = 31,15$ m³.

O método de Rippl exige que o reservatório esteja sempre cheio, pois é dimensionado para suprir a necessidade de água para o ano todo.

O método de Fendrich foi desenvolvido para diminuir as enchentes provocadas pela impermeabilização do solo, fazendo com que cada logradouro “segure” a água da chuva e em conseqüência utilize-a para a redução do consumo de água potável. Neste caso, o reservatório deve estar sempre vazio para que possa receber a água da chuva, e então utilizá-la.

Portanto, para o aproveitamento total da água de chuva disponível no ano, adotou-se para este trabalho o reservatório calculado pelo método de Rippl, cujo resultado foi de 82 m³.

4.2.6 Reservatório superior

O reservatório superior foi dimensionado para armazenar a demanda diária de água consumida em descarga de vaso sanitário e limpeza dos pisos.

Demanda diária = Demanda mensal / 22 dias úteis

$$\text{Demanda Diária} = \frac{126}{22} = 5,73 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Sendo assim, para atender a demanda diária seria necessário 1 (um) reservatório de 6.000 litros.

No entanto, através do sistema de bombeamento, pode-se diminuir o volume do reservatório, fazendo com que a bomba seja acionada mais vezes ao dia. Para isso, vale lembrar, e é preciso tomar cuidado, pois, conforme visto na revisão bibliográfica, é sabido que o gasto de energia é tanto maior quanto maior for o número de partidas do motor.

4.3 DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS

4.3.1 Calhas

4.3.1.1 Cálculo vazão de projeto

Para o cálculo de vazão de projeto aplicou-se a equação (3).

$$Q = \frac{i \times A}{60} \text{ (L/min)}$$

A intensidade de precipitação máxima média, “*i*”, calculou-se através da equação formulada por Fendrich (2003) para a cidade de Curitiba:

$$i = \frac{5.726,64 \times 5^{0,159}}{(5 + 41)^{1,041}} = 137,44 \text{ mm/h}$$

Por exemplo, a vazão de projeto para a uma área de 150 m² é:

$$Q = \frac{137,44 \times 150}{60} = 343,60 \text{ L/min}$$

Conforme a tabela 2, para uma declividade de 0,5 %, seria necessária para atender a vazão de 343,60 l/min uma calha de diâmetro interno de 150 mm.

Para manter um padrão estético da edificação, fixaram-se as calhas com declividade de 0,5% e diâmetro de 150 mm, e então, dimensionou-se tais calhas de modo a conseguir uma vazão de no máximo 384 litros por minuto, conforme mostra a tabela 2. Ou seja, utilizando-se a equação (3) fixou-se a vazão desejada e encontrou-se a área de contribuição, cujo valor encontrado foi de 167,64 m². Para este projeto foram necessários 216,00 m de calhas de 150 mm.

4.3.2 Condutores verticais

Definidas as calhas, fez-se o dimensionamento dos condutores verticais. Após a divisão da cobertura em várias áreas de contribuição, verificou-se a quantidade e os locais para a instalação dos condutores verticais. A partir das vazões trazidas pelas calhas a esses condutores, encontrou-se no ábaco da figura 6 o diâmetro do condutor necessário para suprir o volume de água.

A NBR 10844/89 descreve como escolher o diâmetro a partir do ábaco: entra-se com o valor da vazão em litros/ min no eixo horizontal, levanta-se uma vertical até encontrar as curvas de H (altura de água na calha, no topo do condutor) e L (altura do condutor, soma dos pés-direitos) correspondentes. Transporta-se a interseção até o eixo e escolhe-se o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja igual ou superior ao encontrado.

Cada condutor vertical foi instalado de modo a receber 1 ou 2 vertentes de água, ou seja, de uma ou mais áreas de contribuição.

A mesma norma (NBR 10844/89), determina que o diâmetro mínimo dos condutores verticais seja de 70 mm e que na inexistência deste, a prática leva ao condutor de 75 mm.

Portanto foram necessários 6 pontos de condutores verticais, sendo 2 pontos de condutores com diâmetro de 75 mm, totalizando 13 m e 4 pontos de condutores de diâmetro de 100 mm, também totalizando 13 m.

A Norma ainda traz que a ligação entre os condutores verticais e horizontais será sempre feita por curva de raio longo.

4.3.3 Condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, utilizou-se a vazão oriunda dos condutores verticais. Escolhido o local para o reservatório definiu-se o trajeto a ser percorrido pelos condutores horizontais até o local indicado.

Com o somatório das vazões de cada condutor vertical dimensionou-se o diâmetro interno consultando-se a tabela 3, que nos fornece o diâmetro interno em função da vazão.

4.3.4 Dimensionamento da bomba centrífuga e tubulações para o recalque da água.

Como visto na revisão bibliográfica, a NBR 5626/98 diz que a capacidade horária mínima da bomba é de 20 % do consumo diário, o que obriga a bomba funcionar no máximo 5 horas, portanto:

Vazão horária: 20 % de 5.760 litros \cong 1.2 m³/h = 0,33 litros/ segundo.

Número de horas de funcionamento: 5 horas.

A partir da equação (7), fórmula de Forchheimer, obtemos o diâmetro de recalque:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{0,000333} \times \sqrt[4]{\frac{5}{24}} = 0,015 \text{ m} = 15 \text{ mm}$$

Para este projeto, optou-se em diminuir o volume do reservatório superior, pois além da limitação de espaço no forro, pode-se comprometer a estrutura da laje da edificação, havendo um aumento excessivo de peso não considerado em projeto.

Sendo assim, adotando apenas 1 (um) reservatório de 3.000 litros, verifica-se a necessidade de acionamento da bomba para se encher este reservatório duas vezes ao dia.

Baixando o número de horas de funcionamento da bomba para uma hora, a fim de se diminuir o número de partidas do motor, calculou-se o novo diâmetro de recalque:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{0,0016} \times \sqrt[4]{\frac{1}{24}} = 0,023 \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

O diâmetro nominal calculado para tubulação de recalque foi de 23 mm, Este diâmetro não existe, por isso foi adotado o diâmetro de 1" (25 mm). E para diâmetro de sucção é adotado um diâmetro nominal superior ao diâmetro de recalque, ou seja, 1. ¼" (32 mm).

Verificou-se que para diminuir o número de horas de funcionamento da bomba, utilizando-se a mesma potência foi necessário aumentar o diâmetro da tubulação.

Para o cálculo da potência da bomba necessária para suprir a vazão de 5,76 m³ em uma hora, utilizou-se a equação (6).

$$P \text{ (cv)} = \frac{1.000 \times H_{man} \times Q}{75 \times \eta}$$

Para este trabalho, considerou-se a altura estática igual a 12 m e a altura de perdas de carga foi estimado em 16 m.c.a. Adotou-se o rendimento sugerido por Creder (2006) de 40%. No entanto, deve-se procurar nos catálogos dos fabricantes a bomba que dá maior rendimento.

$$P \text{ (cv)} = \frac{1.000 \times 28 \times 0,0016}{75 \times 0,40} = 1,49 \text{ cv}$$

Portanto, adotou-se uma bomba hidráulica com motor elétrico de 1,5 cv.

Conforme recomenda a NBR 5626/98, as instalações elevatórias devem possuir no mínimo duas moto-bombas independentes para assegurar o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades.

4.4 CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.

Para a construção do sistema de captação e aproveitamento da água de chuva vários custos devem ser considerados no orçamento, como por exemplo: o custo dos reservatórios adicionais, das calhas, das tubulações, das bombas, dos filtros, entre outros acessórios, somando-se a isso o custo de mão de obra para execução desses serviços.

A estimativa desses custos de materiais e equipamentos necessários foi realizada por meio de uma pesquisa de preços aos fornecedores de materiais hidráulicos. Foi utilizada também a tabela de insumos e composições de serviços da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), visto que a partir destas composições é que são realizados os orçamentos para as construções no Estado do Paraná.

Na tabela 8 abaixo pode-se observar o orçamento estimativo para a implantação do sistema. Dentre estes custos foi necessário prever toda a

demolição de piso e escavação para a passagem dos condutores horizontais, caixas de passagem e os reparos oriundos da demolição.

Os gastos com tubulações e conexões, podem ser estimados adotando um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema orçado (FERREIRA, 2005). Este percentual foi adotado para suprir todos os custos destes materiais, incluindo a instalação interna na edificação. Portanto, depois de orçado os custos com material e mão de obra, foi aplicado um fator de majoração de 1,15.

TABELA 8 – Orçamento estimativo

Implantação do sistema de captação de chuva				
Construção do reservatório em concreto armado				
Locação de obra	m2	27,50	3,25	89,38
Escavação mecanizada valas, até h=4,00m	m3	156,00	0,51	79,56
Lastro de brita apiloado manualmente	m3	1,38	69,22	95,53
Forma chp comp plt 12mm - reap 3x	m2	177,24	50,31	8.916,94
Armadura CA-50, Ø 6,30mm (1/4"), p=0,25Kg/m	Kg	444,27	7,25	3.220,96
Armadura CA-50, Ø 8,00mm (5/16"), p=0,39Kg/m	Kg	709,51	6,81	4.831,76
Conc.estr.c/betoneira controle tipo"B" Fck=20,0MPA	m3	26,16	236,64	6.190,50
Lanç. manual conc. estr.infraestr. c/ vibração	m3	26,16	58,52	1.530,89
Aterro compactado manualmente	m3	46,00	20,70	952,20
SUBTOTAL				R\$ 25.907,72
Dispositivos, calhas, tubulações e acessórios				
Conjunto elevatório motor-bomba (centrífuga) 1,5 CV.	un	2,00	363,24	726,48
Automático de máximo e mínimo.	un	1,00	33,14	33,14
Automático de mínimo.	un	1,00	29,86	29,86
Válvula de retenção Ø 25mm (1").	un	1,00	49,96	49,96
Conjunto Flutuante de sucção 1.1/4".	pç	1,00	329,00	329,00
Válvula solenóide, 3/4".	pç	1,00	429,17	429,17
Filtro vortex, modelo WFF-300.	un	1,00	2.722,71	2.722,71
Freio d'água.	un	1,00	411,71	411,71
Sifão Ladrão	um	1,00	519,71	519,71
Registro de Gaveta Ø25mm (1")	pç	3,00	48,92	146,76
Cxd'água poliuret. 3000l c/boia 1"- 2 saídas 1 1/4"	cj	1,00	900,10	900,10
Tubulações e conexões (15 %)	gb	1,00	6.360,21	6.360,21
Calhas e conexões	gb	1,00	5.687,28	5.687,28
SUBTOTAL				R\$ 18.346,09
Outros serviços				
Demolição manual de concreto simples c/ret	m3	9,60	98,25	943,20
Escavação manual valas, solo seco até h=2,00m	m3	25,60	21,53	551,17
Aterro compactado manualmente	m3	20,58	20,70	426,01
Lastro de concreto apiloado manualmente	m3	6,40	292,83	1.874,11
Cx alv. 60x60x 60cm, fundo CS; tampa CA	ud	10,00	145,37	1.453,70
Transp. entulho em caçamba de 5m3	m3	19,60	15,26	299,10
SUBTOTAL				R\$ 5.547,29
TOTAL				R\$ 49.801,10

FONTE: Autor

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Tanto como instrumento de planejamento, ou seja, para decidir investir em ações no sentido de otimizar o uso da água na edificação, como para a análise dos resultados obtidos, a avaliação econômica é parte integrante do processo como um todo. (CONTADOR, 2000).

O retorno de investimentos ou período de recuperação do investimento (*payback*) é o indicador mais simples e conhecido, indica o número de períodos (anos, meses ou dias) necessários para recuperar o investimento despendido na adequação de um sistema como, por exemplo, no caso deste trabalho, o de tecnologias com o objetivo de reduzir o consumo de água. É um indicador de grande aceitação nos meios empresariais e não exige informações externas ao projeto.

Como vantagens apresenta a simplicidade e o cálculo imediato. Os projetos são classificados de acordo com o menor número de períodos necessários para recuperar o investimento, ou seja, quanto menor o *payback* (período de retorno), melhor o projeto. É também muito utilizado porque fornece a idéia de liquidez e segurança dos projetos, nesse caso, quanto menor o *payback*, maior é a liquidez do projeto e, conseqüentemente, menor o risco envolvido (CONTADOR, 2000).

Essa análise econômica será uma estimativa de custos que poderá servir como referência para novas instituições de ensino que desejam implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

4.5.1 Tarifas de água potável da escola.

O preço final da tarifa de água potável é formado pela composição de quatro variáveis: 1ª) Preço da captação, tratamento e distribuição; 2ª) Preço da coleta e tratamento dos esgotos sanitários; 3ª) Preço do uso da água; 4ª) Preço da poluição da água.

No Brasil, apesar da existência de legislação que permite englobar as quatro variáveis no preço da tarifa da água, verifica-se que, na maioria das cidades, este preço é formado somente pela soma das duas primeiras variáveis, o que acontece também na cidade de Curitiba.

A concessão do sistema de abastecimento de água potável do Município de Curitiba é da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, cujas tarifas vigentes no período de realização do trabalho, estão indicadas no quadro 4, retiradas do anexo 2.

QUADRO 4 – Tarifa de Saneamento Básico

<u>COMERCIAL / INDUSTRIAL / UTILIDADE PÚBLICA</u>	ATÉ 10 m³	RS + RS/m³ Excedente a 10m³
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	29,40	29,40 + 3,31/m ³
ESGOTO Curitiba e Maringá*	24,99	24,99 + 2,81/m ³
ÁGUA E ESGOTO Curitiba e Maringá*	54,39	54,39 + 6,12/m ³
ESGOTO Demais Localidades	23,52	23,52 + 2,65/m ³
ÁGUA E ESGOTO Demais Localidades	52,92	52,92 + 5,96/m ³

FONTE: SANEPAR

A edificação em estudo utiliza-se da rede coletora de esgotos. Portanto o valor do custo do fornecimento da água deverá ser acrescido do valor da coleta e tratamento de esgoto, que varia de 0 a 1. Do quadro 4 verifica-se que essa taxa cobrada de esgoto é 0,85.

Dessa forma, nas simulações para as conta de água da nossa edificação, deve-se considerar o fator de esgoto 0,85, tendo em vista que, ao se reduzir o volume de água consumido, reduz-se também a conta de esgoto.

De acordo com a tabela 8 a demanda média anual para utilização em fins não potáveis é de 1.417 m³ por ano, ou seja, 118,03 m³ por mês.

O consumo de água potável considerado neste cálculo foi a média aritmética dos consumos medidos pela SANEPAR nos últimos 12 meses. Calculou-se esta média igual a 378,67 m³/mês.

O reservatório foi projetado para acumular toda água da chuva precipitada no ano e suprir a demanda apresentada. Sendo assim, o novo consumo médio previsto de água potável proveniente da Sanepar será:

$$\text{Novo consumo médio mensal} = 378,67 - 118,03 = 260,59 \text{ m}^3.$$

4.5.2 Consumo de energia elétrica

Os gastos com energia também foram considerados nesta análise. Para isto foi estipulado que o a bomba centrífuga de 1,5 CV irá funcionar, como dimensionado, duas horas por dia, durante 22 dias no mês. Para a determinação deste custo de energia, realizou-se um levantamento junto à COPEL para verificar o custo do KWh. Verificou-se que a tarifa praticada é de R\$ 0,45815/KWh.

O consumo de energia elétrica correspondente a 1,5 CV é 756 W, logo a potência da moto-bomba adotada, de 1,5 CV, é igual a 1,134 kW, que multiplicado por duas horas de funcionamento diário, durante 22 dias por mês, resulta em 49,896 kWh/mês. Portanto o gasto com energia elétrica para bombear a água foi considerado próximo de R\$ 22,86 por mês.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos e o período de retorno do investimento para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial no Colégio Estadual Julia Wanderley.

TABELA 09 – Dados utilizados, resultados obtidos e período de retorno

Consumo médio anual para fins não potáveis		1.417,00	m ³	
Consumo médio mensal para fins não potáveis		118,08	m ³	
<hr/>				
Custo (R\$)		Água	Esgoto	
Consumo médio de água potável (m³)	378,67	R\$ 29,40 + 3,31 R\$/m ³	R\$ 24,99 + 2,81 R\$/m ³	
até 10 m ³	10	29,40	24,99	54,39
excedente a 10 m ³	368,67	1.220,30	1.035,96	2.256,26
Custo médio total gasto por mês				R\$ 2.310,65
<hr/>				
Novo consumo médio de água potável	260,59	Água	Esgoto	
até 10 m ³	10	29,40	24,99	54,39
excedente a 10 m ³	250,59	829,45	704,16	1.533,61
Novo gasto de água potável por mês				R\$ 1.588,00
Gastos com energia elétrica (bomba centrífuga) por mês				R\$ 22,86
Total				R\$ 1.610,86
<hr/>				
Economia total gerada por mês				R\$ 699,79
Potencial de economia de água potável				31%
<hr/>				
Custos para a implantação do sistema				R\$ 49.801,10
Período de retorno (anos)				5,93

FONTE: Autor

Verificou-se que a economia que poderia ser gerada através da implantação do sistema de aproveitamento pluvial, é de R\$ 699,79 por mês, mostrando-se bastante significativa, pois os custos com água potável seriam reduzidos em 31%.

Além disso, o período de retorno do investimento verificado através do método do “*payback*” foi de aproximadamente 5,89 anos, que corresponde a 5 anos e 11 meses.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É um desperdício a utilização de água potável na lavagem de pisos, descarga de vasos sanitários e regas de jardins, quando estas práticas poderiam ser realizadas com água de qualidade inferior, como a água da chuva.

Uma escola que implante o sistema de aproveitamento da água de chuva, certamente estará contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes da sua relação com o meio ambiente.

Os alunos poderão conhecer o funcionamento do sistema e, a água poderá ser utilizada para a horta, para limpeza ou descargas de vasos sanitários. Todos poderão se beneficiar com o aproveitamento da água de chuva, pois a escola irá lucrar com a economia de água, os alunos serão incentivadores do processo na sociedade e, a natureza será preservada.

Com base nos dados pluviométricos e áreas de telhados levantados, calculou-se, pelo método de Rippl, o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial. Para o reservatório superior foi adotado um volume de 3.000 litros, suficiente para armazenar a demanda diária de água consumida apenas em fins não potáveis.

Definido o volume do reservatório superior, foi determinado o potencial de economia total de água potável, que resultou em 31%. Além disso, foi realizada uma análise de viabilidade econômica da implantação do sistema.

Foram levantados, através de uma pesquisa de mercado, os preços médios atuais dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, entre outros custos existentes. Desta forma, o custo total de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi orçado em R\$ 49.801,10. Com base na economia mensal de água potável gerada e no custo total de implantação do

sistema, estima-se que o período de retorno do investimento é de 5 anos e 11 meses.

O custo da implantação do sistema de captação de água seria relativamente menor caso fosse executado no momento da construção do colégio, pois seria menos trabalhoso e economizaria diversos insumos.

Em relação à produção desta pesquisa, houve bastante dificuldade em se avaliar a contribuição dos diversos usos da água na escola, pois existe pouca pesquisa nesse sentido. Portanto, deixa-se como sugestão a elaboração de um método de avaliação para medir vazões e permitir à análise da quantidade de água destinada a fins não potáveis.

Com o presente estudo, constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Colégio Julia Wanderley, mostra-se economicamente viável, pois proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros em médio prazo e benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

___ **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

___ **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro. 2007.

AGUIAR, CLÁUDIO DE ANDRADE. **Aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais.** 2008. 255f. Dissertação de Mestrado, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Curitiba, 2008.

BOTELHO e RIBEIRO. **Instalações hidráulicas prediais.** 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CHAVES, J. F. C. **Viabilidade Técnico-Econômica da utilização da água de chuva em edifícios residenciais: Estudo de caso.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná/Universidade Estadual de Ponta Grossa. Curitiba. 2003.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática.** 4. ed. ampl. São Paulo: ed. Atlas, 2000. 375p.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2006.

CURITIBA. **Lei 10.785, de 18 de setembro de 2003: Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.** Curitiba, 18 set. 2003.

FENDRICH e OLIYNIK. **Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas)**. 1ª Ed. – Curitiba: Livraria do Chain Editora. 2002.

FENDRICH, R. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. 504p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas para Fins não Potáveis em um Condomínio Residencial Localizado em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

GIACCHINI, Margolaine. **Uso e reúso da água**. Série de cadernos técnicos do CREA-PR. 2009.

GOOGLE EARTH. Imagens de satellite. Disponível em <http://maps.google.com.br> . Acessado em 20/09/2010.

IPPUC. Curitiba em dados. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em <http://www.ippuc.org.br> . Acessado em 10/09/2010.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2004.

PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Disponível em: <http://www.pncda.gov.br> . Acessado em novembro de 2006.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. Disponível em <http://sanepar.com.br>. Acessado em 30/09/2010.

SCHERER, F. A. **Uso racional de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação**. 2003. 256p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, Gilmar da. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso** / Tese de doutorado - Campinas, SP, 2008.

SÓ BOMBAS: Site **especializado em bombas hidráulicas**. Disponível em <http://www.sobombas.com>, Acessado em 20/11/2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 2ª Ed. São Paulo: Navegar. 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água**. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001

YWASHIMA, Laís Aparecida. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP: [s.n.], 2005. 312 p.

3P Technik do Brasil. **Soluções para o manejo sustentável das águas pluviais**. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com> Acesso em 23/10/2010.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manejo de águas pluviais urbanas** / Antonio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água** / Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p.

SITES VISITADOS

ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva. Disponível em www.abcmac.com.br . Acessado em 12/11/2010.

ACQUASAVE – Sistema de aproveitamento de água de chuva 3P Techink Disponível em <http://www.acquasave.com.br/> Acessado em 17/11/2010

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acessado em: 25/08/2010.

DOCOL. Disponível em <http://www.docol.com.br/planetaagua/> Acessado em 22/08/2010.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.org.br> acessado em 25/08/2010.

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em <http://simepar.org.br> Acessado em 30/08/2010.

UNILIVRE – Universidade livre do meio ambiente. Disponível em <http://www.unilivre.org.br> Acessado em 05/09/2010.

ANEXOS

ANEXO 1 – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA / PR – BANCO DE DADOS IPPUC.

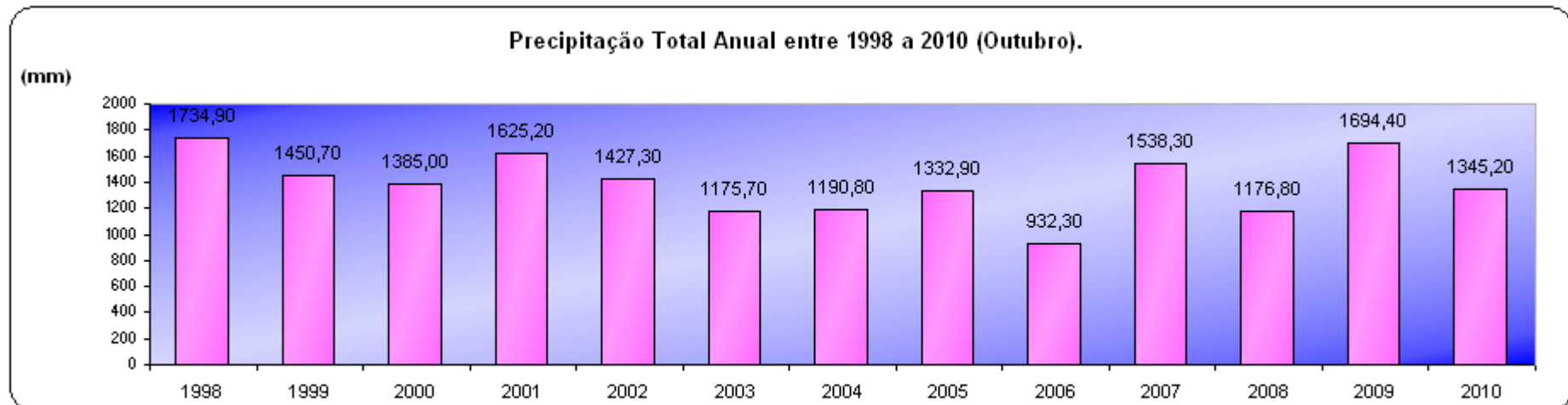
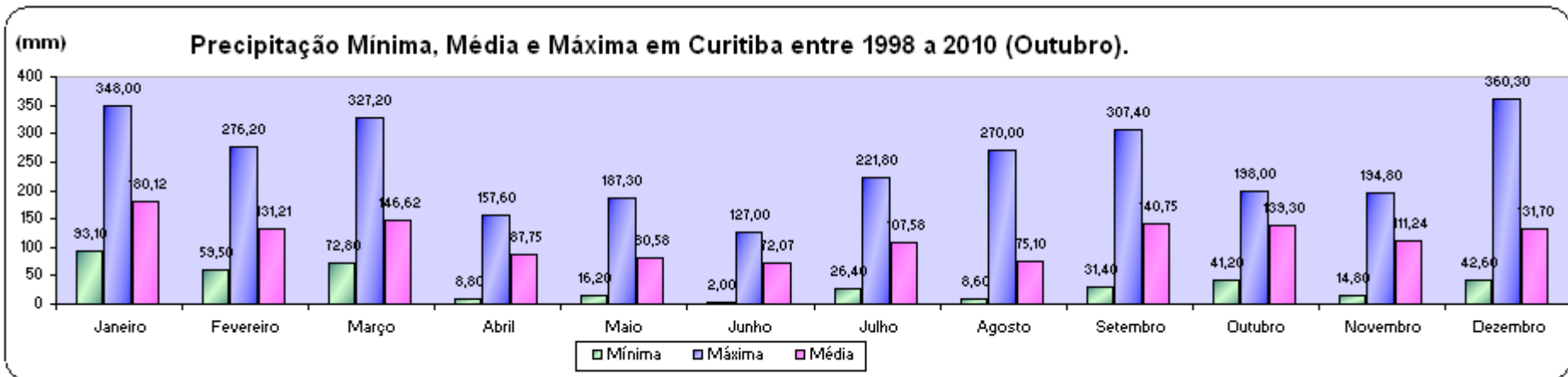
Precipitação Mínima, Média e Máxima em Curitiba_ Jan/1998 a Out/2010.

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual
1998	93,10	66,50	327,20	153,30	44,20	90,40	139,30	270,00	270,00	180,30	14,80	85,80	1734,90
1999	326,70	235,60	124,10	66,80	55,50	83,40	136,30	13,10	112,00	115,10	60,00	122,10	1450,70
2000	171,10	130,10	124,40	8,80	16,20	118,80	73,80	82,00	242,60	154,60	147,80	114,80	1385,00
2001	133,00	276,20	156,80	63,00	153,40	127,00	155,80	53,20	64,20	198,00	148,00	96,60	1625,20
2002	217,00	120,40	84,50	123,10	113,80	39,50	45,40	90,10	173,30	121,80	144,10	154,30	1427,30
2003	147,80	103,80	165,10	64,50	18,60	79,40	120,80	9,00	129,80	65,40	118,50	153,00	1175,70
2004	144,60	59,50	152,30	87,40	134,60	58,40	117,80	11,60	52,50	152,00	92,10	128,00	1190,80
2005	164,60	64,80	72,80	114,40	104,80	66,10	91,10	158,80	195,00	168,10	78,40	54,00	1332,90
2006	114,10	143,60	129,60	17,00	20,00	28,70	37,70	42,50	115,80	41,20	168,00	74,10	932,30
2007	196,00	134,80	131,30	95,40	187,30	2,00	100,00	8,60	86,40	119,40	116,80	360,30	1538,30
2008	138,80	119,80	176,20	141,00	46,40	97,80	26,40	110,00	31,40	194,80	51,60	42,60	1176,80
2009	146,80	114,40	102,60	48,40	75,40	61,80	221,80	80,40	307,40	145,80	194,80	194,80	1694,40
2010	348,00	136,20	159,20	157,60	77,40	83,60	132,40	47,00	49,40	154,40			1345,20
Mínima	93,10	59,50	72,80	8,80	16,20	2,00	26,40	8,60	31,40	41,20	14,80	42,60	
Máxima	348,00	276,20	327,20	157,60	187,30	127,00	221,80	270,00	307,40	198,00	194,80	360,30	
Média	180,12	131,21	146,62	87,75	80,58	72,07	107,58	75,10	140,75	139,30	111,24	131,70	

FONTE: SIMEPAR - Elaboração: IPPUC/Banco de Dados

ELABORAÇÃO: IPPUC/Banco de Dados

NOTA: Os dados são provenientes da Estação Meteorológica Curitiba localizada na Latitude 25°41'67"S, Longitude 49°13'33"W e Altitude de 930m.



ANEXO 2 - TABELA DE TARIFAS DE SANEAMENTO PRATICADAS NO PARANÁ.

TABELA DE TARIFAS DE SANEAMENTO BÁSICO	
CONTAS VENCÍVEIS A PARTIR DE 01 DE FEVEREIRO DE 2005	
CATEGORIA / FAIXAS DE CONSUMO	TARIFA (Em Reais)

TARIFA SOCIAL		
Todas as Localidades Operadas	ATÉ 10 m3	RS + RS/m3
ÁGUA	5,00	Excedente a 10m3 5,00 + 0,50/ m3
ÁGUA E ESGOTO	7,50	7,50 + 0,75/ m3

TARIFA NORMAL			
<u>RESIDENCIAL</u>	ATÉ 10 m3	RS + RS/m3	RS + RS/m3
		Excedente a 10m3	Excedente a 30m3
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	16,35	16,35 + 2,45/m3	65,35 + 4,18/m3
ESGOTO Curitiba e Maringá*	13,90	13,90 + 2,08/m3	55,55 + 3,55/m3
ÁGUA E ESGOTO Curitiba e Maringá*	30,25	30,25 + 4,53/m3	120,90 + 7,73/m3
ESGOTO Demais Localidades	13,08	13,08 + 1,96/m3	52,28 + 3,34/m3
ÁGUA E ESGOTO Demais Localidades	29,43	29,43 + 4,41/m3	117,63 + 7,52/m3

<u>MICRO E PEQUENO COMÉRCIO</u>	ATÉ 10 m3	RS + RS/m3
		Excedente a 10m3
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	16,35	16,35 + 3,31/m3
ESGOTO Curitiba e Maringá*	13,90	13,90 + 2,81/m3
ÁGUA E ESGOTO Curitiba e Maringá*	30,25	30,25 + 6,12/m3
ESGOTO Demais Localidades	13,08	13,08 + 2,65/m3
ÁGUA E ESGOTO Demais Localidades	29,43	29,43 + 5,96/m3

<u>COMERCIAL / INDUSTRIAL / UTILIDADE PÚBLICA</u>	ATÉ 10 m3	RS + RS/m3
		Excedente a 10m3
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	29,40	29,40 + 3,31/m3
ESGOTO Curitiba e Maringá*	24,99	24,99 + 2,81/m3
ÁGUA E ESGOTO Curitiba e Maringá*	54,39	54,39 + 6,12/m3
ESGOTO Demais Localidades	23,52	23,52 + 2,65/m3
ÁGUA E ESGOTO Demais Localidades	52,92	52,92 + 5,96/m3

Obs: Para os consumos superiores a 10 m3 por economia, nos municípios abastecidos pelos sistemas dos balneários de Pontal do Paraná, Guaratuba e de Matinhos, a tarifa será majorada em 20% (vinte por cento) nos meses de JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E DEZEMBRO, e minorada em igual percentual nos meses de ABRIL a NOVEMBRO.

(*) Conforme acordo firmado entre o Governo do Estado do Paraná – SANEPAR e o município de Maringá, a tarifa de esgoto passa a ser de 80%, a partir de 01/06/05.

TARIFA DE ÁGUA E ESGOTO PARA ENTIDADE FILANTRÓPICA: DESCONTO DE 50% NO EXCEDENTE A 10M3 DA CATEGORIA UTILIDADE PÚBLICA.

TARIFA DE ÁGUA SOCIAL: 30,58% DA TARIFA RESIDENCIAL.

CONTAS VENCÍVEIS A PARTIR DE: 01 DE FEVEREIRO DE 2005

MULTA = 2% + CORREÇÃO MONETÁRIA PARA CONTAS VENCIDAS HÁ MAIS DE 30 DIAS.
















REAJUSTE AUTORIZADO PELO DECRETO ESTADUAL Nº 4266 de 31 de janeiro de 2005

ANEXO 3 – TOTAIS DE MATRÍCULAS – ANO 2010 – COLÉGIO JULIA WANDERLEY.

Totais de Turmas e Matrículas - Ano 2010				
Curso	Turno	Serie*	Turmas	Matrículas
ENS.DE 1 GR-CICLO BASICO	Tarde	3	3	80
		4	3	101
ENS.DE 1 GR-REGULAR 5/8 SERIE	Manhã	7	3	91
		8	4	132
	Tarde	5	5	140
		6	4	127
ENSINO MEDIO	Manhã	7	1	35
		1	2	66
		2	2	62
TEC.EM ALIMENTOS-INT ET PA	Manhã	3	2	62
		1	1	31
TEC.EM GUIA DE TUR REG-S ET HL	Noite	1	2	62
		2	1	31
TEC.EM NUTRI E DIET-SUB ET ASS	Noite	1	1	47
		2	2	43
		3	1	22
TEC.EM NUTRICA0-PROEJA	Noite	6	1	10
TEC.EM TURISMO-G.REGIONAL-SUBS	Noite	3	1	21
TEC.EM TURISMO-INT ET HL	Manhã	1	1	30
TEC.EM TURISMO-INTEGRADO	Manhã	2	1	25
Total			41	1218

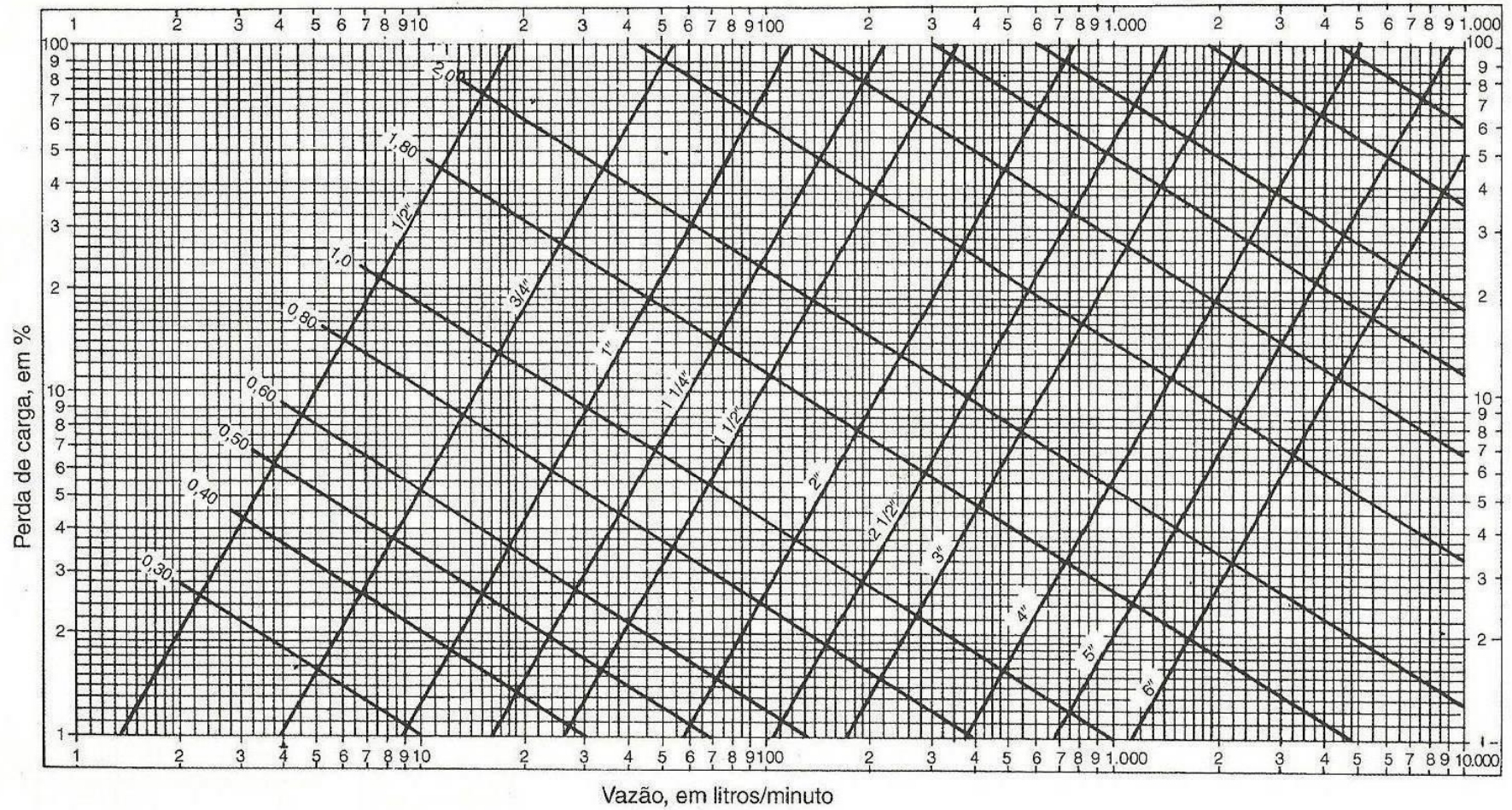
FONTE: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br>.

ANEXO 4 – PERDAS DE CARGAS LOCALIZADAS

DN	Ref	DE PVC															
			joelho 90°	joelho 45°	curva 90°	curva 45°	tê 90° passagem direta	tê 90° saída de lado	tê 90° saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	saída de canalização	válvula de pé e crivo	válvula de retenção	válvula de retenção vertical	registro de pressão	registro de gaveta
15	1/2	20	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,10
20	3/4	25	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,20
25	1	32	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,30
32	1 1/4	40	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,40
40	1 1/2	50	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,70
50	2	60	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,80
60	2 1/2	75	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,90
75	3	85	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,90
100	4	110	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,00
125	5	-	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,10
150	6	-	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,0	11,0	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,20
							valores da NBR 5626/98				NBR 5626/82						

Fonte: NBR 5626/82 E NBR 5626/98

ANEXO 5 – ÁBACO PARA CÁLCULO DE ENCANAMENTOS, CONSTRUÍDO PELA FÓRMULA DE FLAMANT



FONTE: CREDER (2006)

ANEXO 6 – FOTOS DA EDIFICAÇÃO

A - Vista do pátio interno



B – Vista do pátio interno 2



C – Vista do pátio interno 3



D – Vista do pátio interno 4

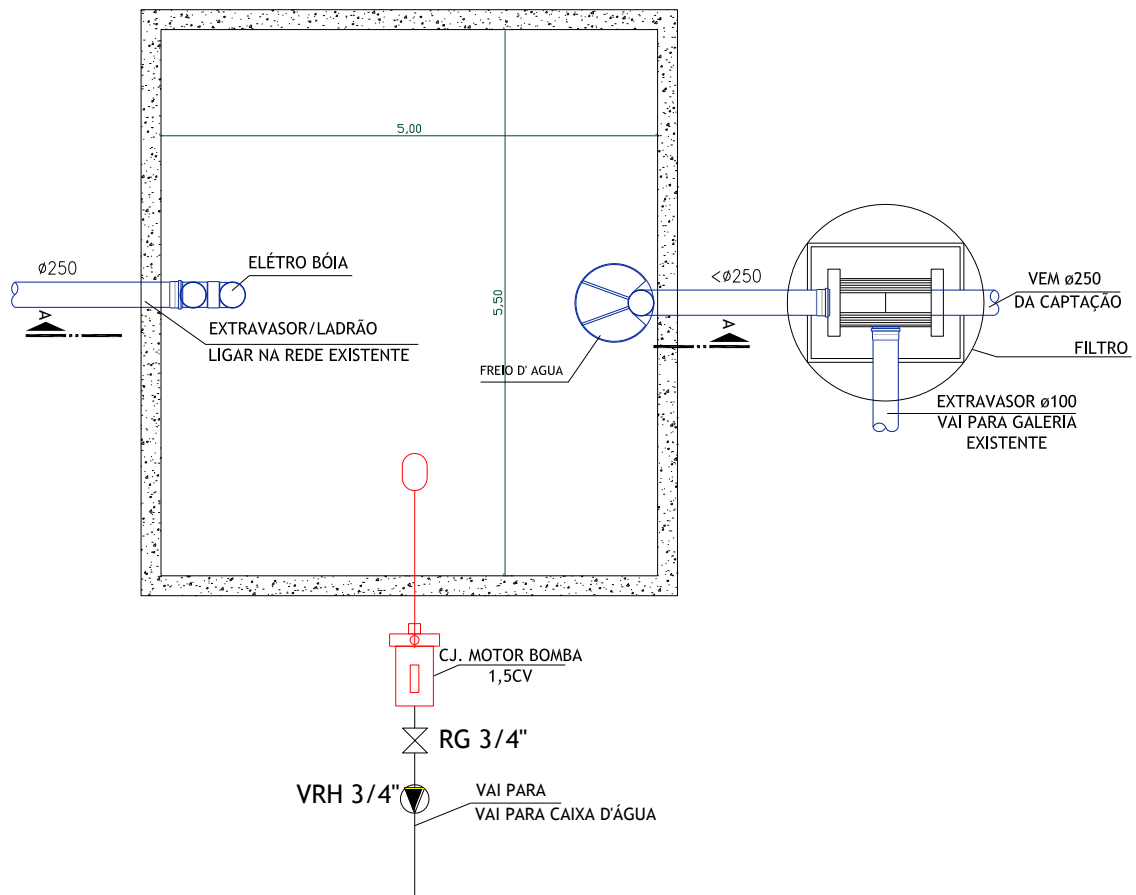


D - Banheiro**E – Corredor Interno**

F - Escadas**G – Corredor Externo**

ANEXO 7 – PROJETOS

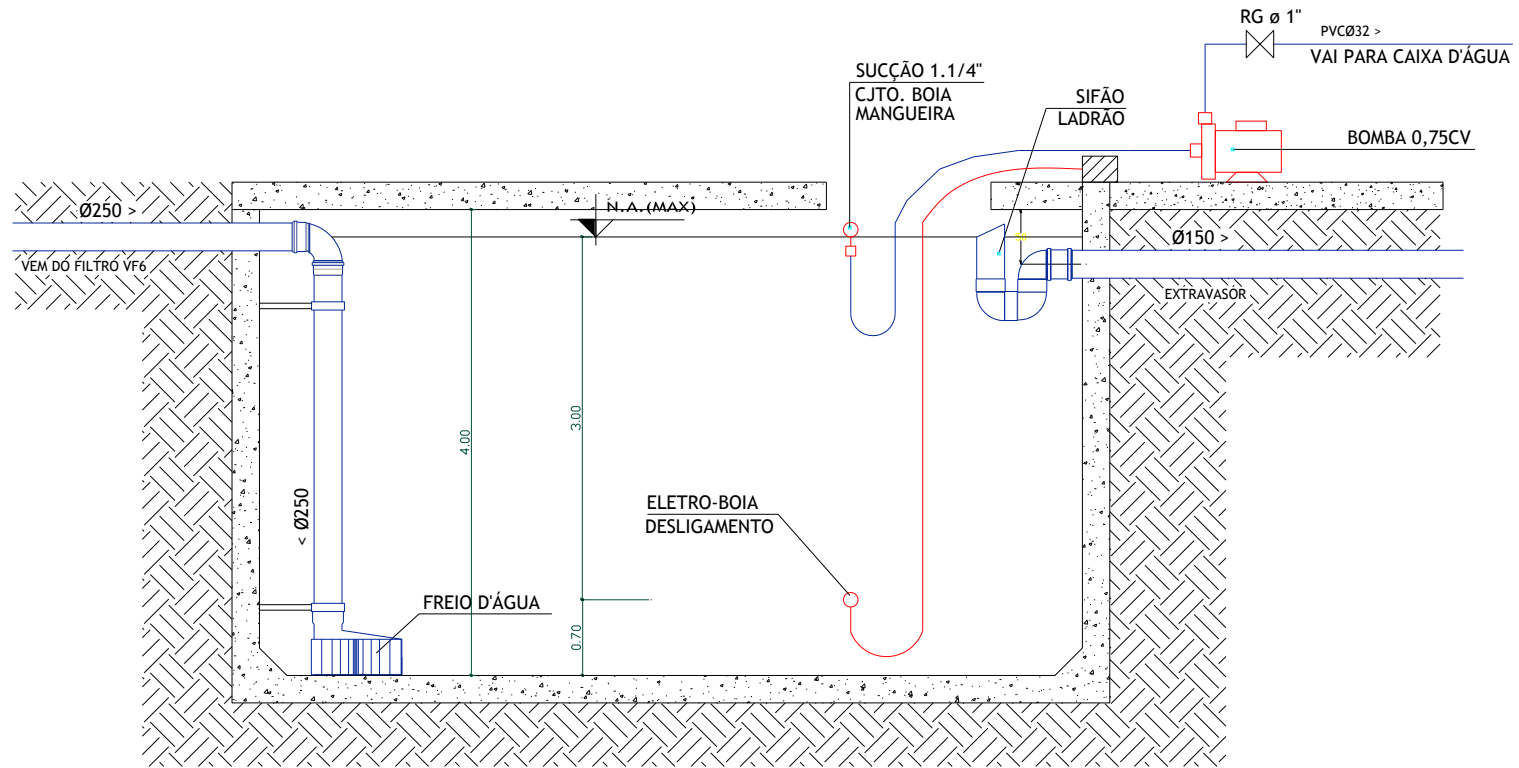
A – RESERVATÓRIO



DETALHE CISTERNA 82.000L

Sem Escala

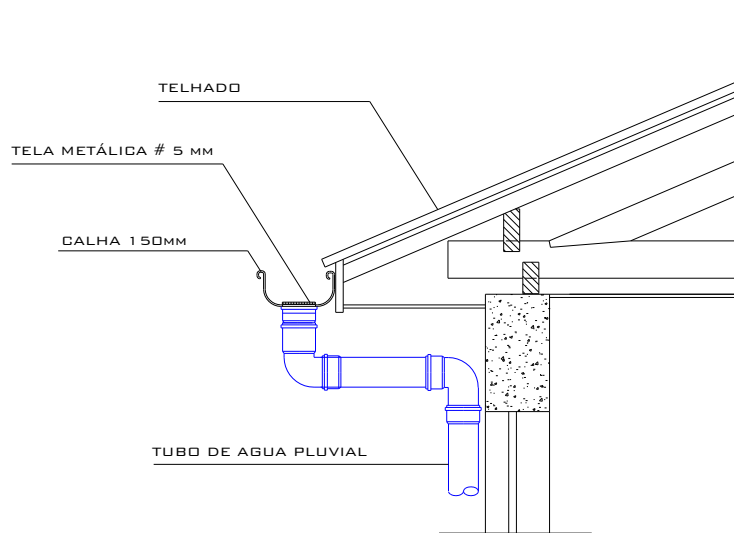
B – RESERVATÓRIO – CORTE AA



CORTE AA

Sem Escala

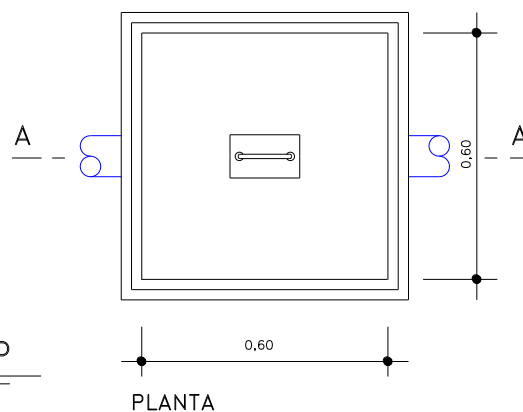
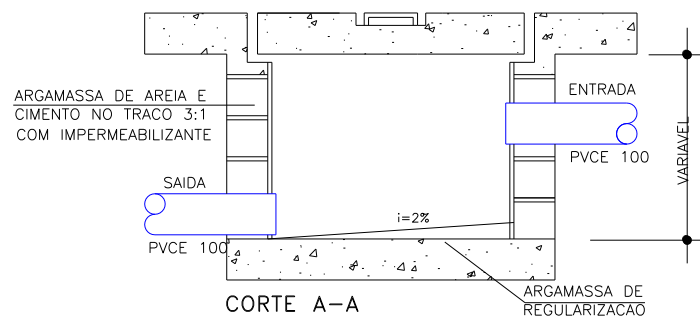
C – CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS



DET. CAPTAÇÃO LATERAL DE AP

S/ ESC.

D – DETALHES CAIXA DE PASSAGEM

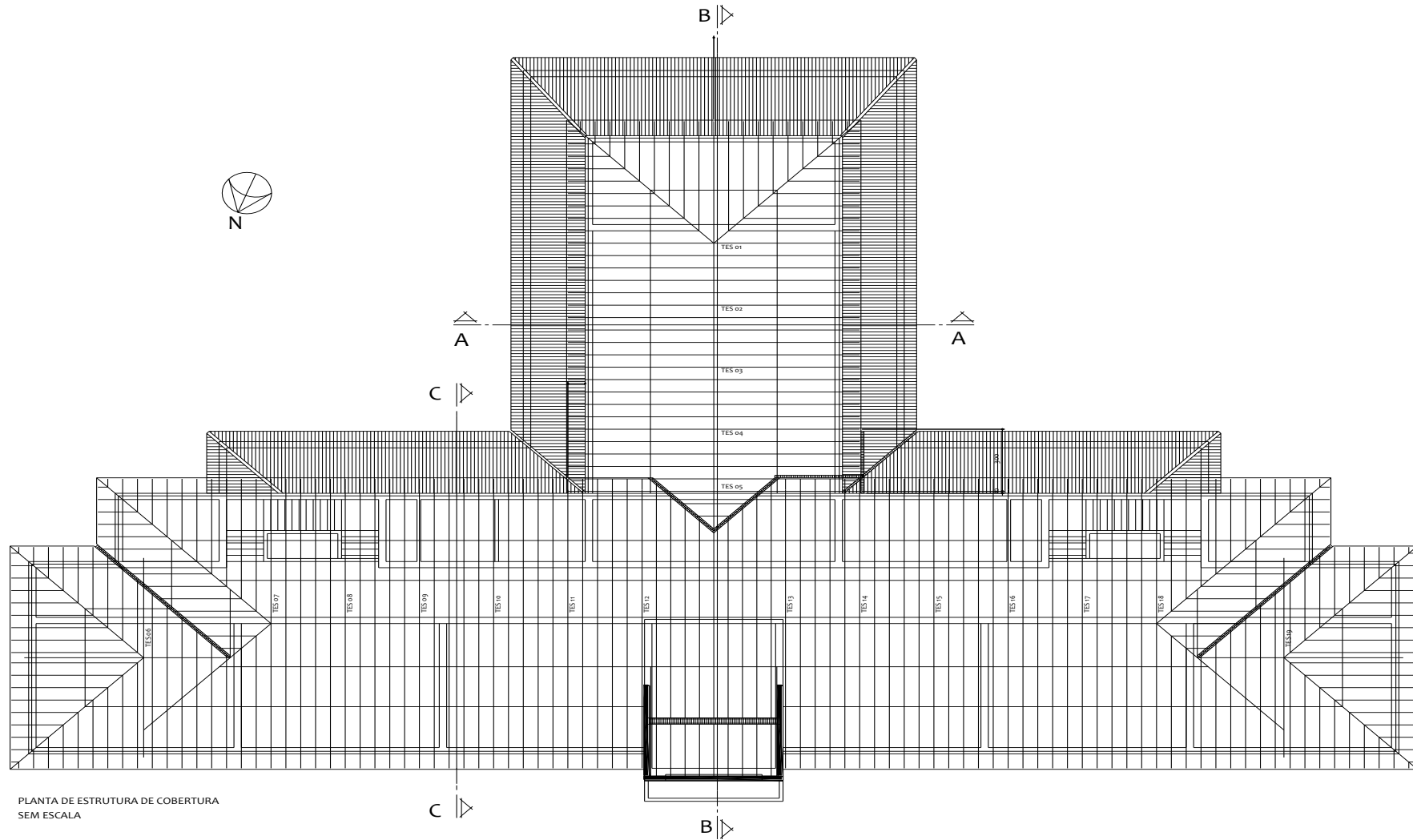


DET. CIP

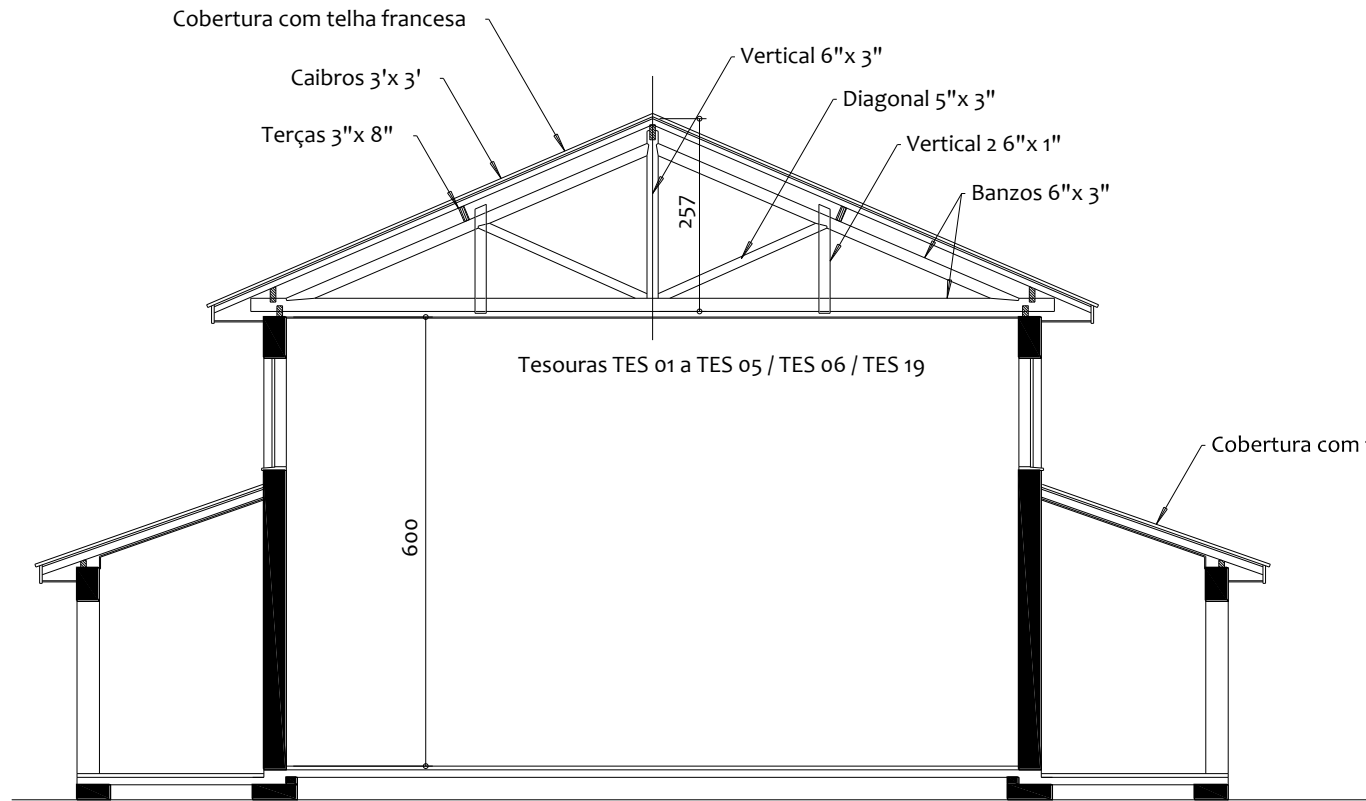
S/ESC.

CIP – CAIXA DE INSPEÇÃO DE A. PLUVIAIS

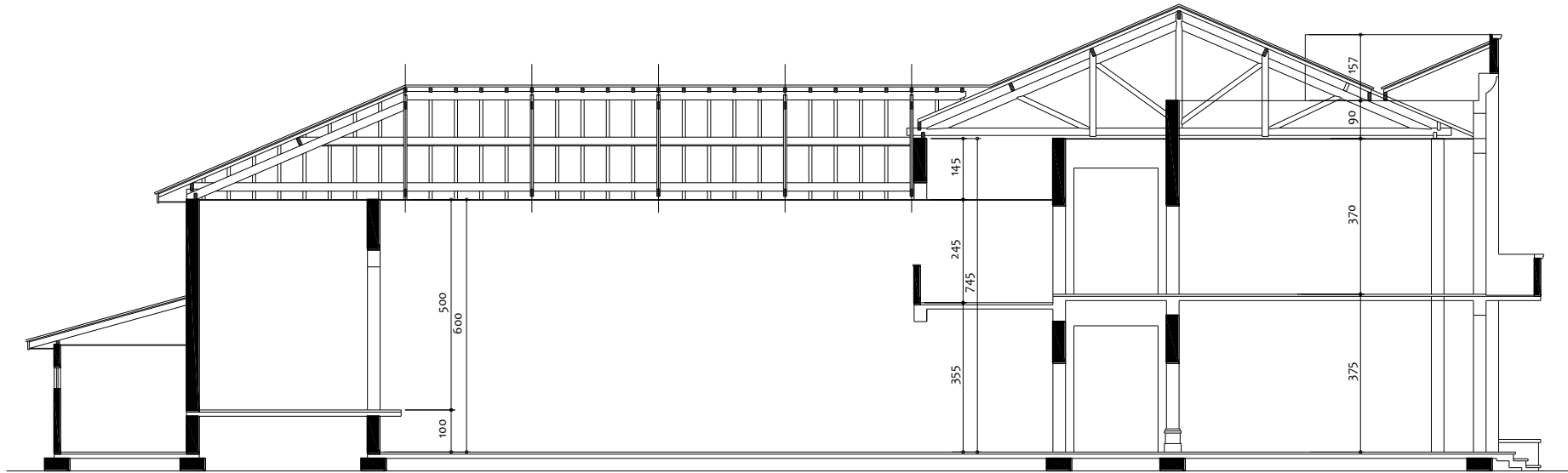
E – PLANTA DE COBERTURA DO COLÉGIO



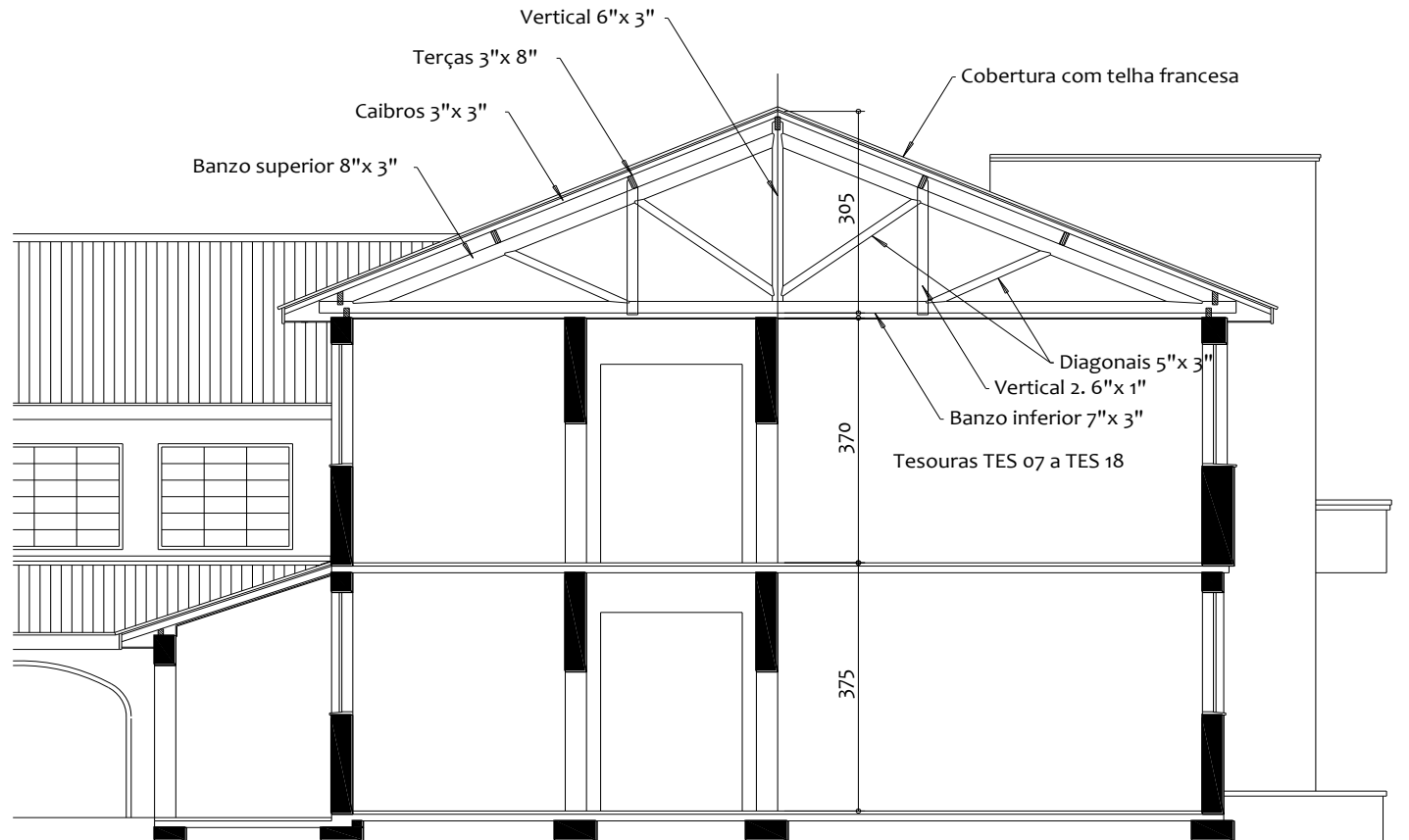
F - CORTE AA

CORTE AA
SEM ESCALA

G – CORTE BB

CORTE BB
SEM ESCALA

H – CORTE CC

CORTE CC
SEM ESCALA

ANEXO 8 – Lei 10.785/2003. Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA

LEI 10.785

De 18 de setembro de 2003

Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE

A CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA, CAPITAL DO ESTADO DO PARANÁ, aprovou e eu, Prefeito Municipal, sanciono a seguinte lei:

Art. 1º. O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, 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.

Art. 2º. Para os efeitos desta lei e sua adequada aplicação, são adotadas as seguintes definições:

I – Conservação e Uso Racional da Água – conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações;

II – Desperdício Quantitativo de Água – volume de água potável desperdiçado pelo uso abusivo;

III – Utilização de Fontes Alternativas – conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento;

IV – Águas Servidas – águas utilizadas no tanque ou máquina de lavar e no chuveiro ou banheira.

Art. 3º. As disposições desta lei serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de

construção de novas edificações destinadas aos usos a que se refere a Lei 9.800/2000, inclusive quando se tratar de habitações de interesse social, definidas pela Lei 9.802/2000.

Art. 4º. Os sistemas hidráulico-sanitários das novas edificações serão projetados visando o conforto e segurança dos usuários, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Art. 5º. Nas ações de Conservação, Uso Racional e de Conservação da Água nas Edificações, serão utilizados aparelhos e dispositivos economizadores de água, tais como:

a) bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;

b) chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;

c) torneiras dotadas de arejadores.

Parágrafo único. Nas edificações em condomínio, além dos dispositivos previstos nas alíneas “a”, “b” e “c” deste artigo, serão também instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água gasto por unidade.

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.

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. 8º. As Águas Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos.

Art. 9º. O combate ao Desperdício Quantitativo de Água, compreende ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da Rede Pública Municipal e palestras, entre outras, versando sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

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

Art. 11. O Poder Executivo regulamentará a presente lei, estabelecendo os requisitos necessários à elaboração e aprovação dos projetos de construção, instalação e dimensionamento dos aparelhos e dispositivos destinados à conservação e uso racional da água a que a mesma se refere.

Art. 12. Esta lei entra em vigor em 180 (cento e oitenta dias) contados da sua publicação.

PALÁCIO 29 DE MARÇO, em 18 de setembro de 2003.

CÁSSIO TANIGUCHI

PREFEITO MUNICIPAL