

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ GUILHERME TONET SANTANA

**DIMENSIONAMENTO DE UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL EM
EDIFICAÇÃO ESCOLAR NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DA PLATINA**

**CURITIBA
2010**

LUIZ GUILHERME TONET SANTANA

**DIMENSIONAMENTO DE UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL EM
EDIFICAÇÃO ESCOLAR NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DA PLATINA**

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

Orientadora: Thalita Gorban Ferreira Giglio

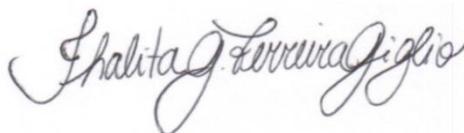
**CURITIBA
2010**

TERMO DE APROVAÇÃO

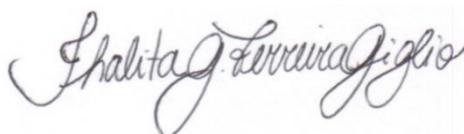
LUIZ GUILHERME TONET SANTANA

DIMENSIONAMENTO DE UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTONIO DA PLATINA

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:



Thalita Gorban Ferreira Giglio
Prof^a. ORIENTADORA



Thalita Gorban Ferreira Giglio
Prof^a. - TUTORA

Prof^o. Hamilton Costa Junior
Coord. Curso Res. Tec

Curitiba, 16 de Dezembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha orientadora e tutora Arq.Thalita Gorban Ferreira Giglio, pelos apontamentos precisos e competentes, cuja relevância foi impar para a conclusão deste trabalho.

A minha família, pela confiança e motivação. A Giseli da Silva Risso uma amiga especial que muito me ajuda.

Em especial ao Engº Civil e Tutor Ivan Pereira Marques e demais amigos da SEOP, pela oportunidade e experiência de trabalho na Residência Técnica.

Aos professores e colegas de Curso da Pós Graduação, pois juntos trilhamos mais uma etapa importante de nossas vidas.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

A água é um recurso natural utilizado pela maioria da população, em geral com certo descaso, pois não recebe a devida importância sendo que é um bem que está se esgotando, não havendo conscientização da sobrevivência das futuras gerações. Quando se fala em sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, o atual cenário das Obras Públicas no Estado do Paraná, as Autoridades Governamentais, muitas vezes, mostram-se despreocupadas com o tema. Diante do contexto do desperdício de água potável e sabendo que é um recurso natural não renovável, é notório que na prática projetual devam ser inseridos requisitos ligados às questões ambientais, dentre elas, a racionalização da água potável.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo dimensionar o volume ideal do reservatório de águas pluviais inserido em uma edificação escolar. Para isso, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a problemática envolvida decorrente do alto consumo de água potável pelas edificações, e sobre pesquisas ligadas ao levantamento de usos finais de água em aparelhos hidro-sanitários nas edificações escolares. Através do programa Netuno e de levantamentos de dados no Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério, fez-se o dimensionamento do reservatório, buscando avaliar o potencial de economia de água potável. Chegou-se ao volume ideal de 19.000 litros para o Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério, com um potencial de economia de água potável de 48,32%. Espera-se que com a inserção de princípios de economia de água potável nos edifícios escolares, dentro da sala de aula, também haja um despertar dos alunos para a preocupação com o uso correto da água e o interesse pela sua utilização e conservação, proporcionando assim, a transmissão desses conhecimentos para a sociedade com o propósito de estar contribuindo para a racionalização da água potável.

Palavras Chave: Obras Públicas Escolares, Captação e Aproveitamento de Águas Pluviais, Dimensionamento de reservatórios, Conscientização Ambiental

ABSTRACT

Water is a natural resource used by the majority of the population in general with a certain contempt because they do not receive due attention and that is a well that is depleted, with no awareness of the survival of future generations. When it comes to feedback systems and rainwater harvesting, the current scenario of Public Works in the State of Paraná, the Government authorities often prove to be unconcerned with the issue. Considering all the waste of potable water and knowing it is a non-renewable natural resource, it is notable that in design practice should be included requirements related to environmental issues, among them, the rationalization of drinking water. Thus, this study aims to measure the volume of an ideal reservoir for rainwater entered in a school building. Therefore, initially we carried out a review on the problems involved due to the high consumption of drinking water for the buildings, and on research related to survey of end-uses of water in hydro-sanitary equipment in school buildings. Neptune through the program and survey data in the State College Owner Moralina Eleuterio, became the sizing of the reservoir, seeking to assess the potential for saving water. It is at the optimum level of 19.000 liters for the State College Owner Moralina Eleuterio, with a potential savings of potable water for 48,32%. It is hoped that with the inclusion of principles of economy of drinking water in school buildings, inside the classroom, there is also an awakening of concern for the students with the proper use of water and an interest in their use and conservation, thus providing the transmission of such knowledge to society in order to be contributing to the rationalization of drinking water.

Keywords: Real Estate School, Capture and Reuse of Stormwater, sizing of reservoirs, Environmental Awareness.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Considerações Iniciais | 11 |
| 1.2 Objetivo Geral | 12 |
| 1.3 Estrutura do Trabalho..... | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 13 |
| 2.1 Disponibilidade dos Recursos Hídricos em Nível Mundial | 13 |
| 2.2 Disponibilidade de Recursos Hídricos em Nível Nacional | 14 |
| 2.3 Consumo de Água | 17 |
| 2.3.1 Consumo Mundial de Água | 18 |
| 2.3.2 <i>Consumo Nacional de Água</i> | 19 |
| 2.4 Desperdício de Água Potável | 20 |
| 2.5 Uso Racional de Água | 21 |
| 2.5.1 <i>Aproveitamento de Água Pluvial</i> | 23 |
| 2.6 Qualidade da Água Pluvial | 24 |
| 2.6.1 Reservatórios de Água Pluvial | 26 |
| 2.7 Aproveitamento de Água Pluvial em Escolas..... | 27 |
| 2.7.1 Usos Finais de Água em Escolas..... | 28 |
| 2.8 Considerações Finais | 31 |
| 3 METODOLOGIA | 32 |
| 3.1 Considerações Iniciais | 32 |
| 3.2 Área de estudo | 32 |
| 3.3 Objeto de estudo | 33 |
| 3.4 Dimensionamento do Reservatório de Água Pluvial | 35 |
| 3.5 Levantamento de Dados | 35 |
| 3.5.1 Dados Gerais do Colégio | 36 |
| 3.5.2 Áreas de Cobertura | 36 |
| 3.5.3 Dados Pluviométricos..... | 36 |
| 3.5.4 Dados de Consumo de Água | 36 |
| 3.5.5 Usos Finais de Água | 37 |
| 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 38 |
| 4.1 Considerações Iniciais..... | 38 |
| 4.2 Levantamento de Dados | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Dados Gerais do Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério | 38 |
| 4.4 Usos Finais de Água | 39 |
| 4.5 Áreas de Cobertura | 39 |
| 4.6 Dados Pluviométricos..... | 39 |
| 4.7 Reservatórios de Água Pluvial | 40 |
| 4.7.1 Interface com o programa Netuno 2.2..... | 40 |
| 4.8 Resultados da Simulação com o programa Netuno 2.2 | 43 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 47 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 48 |
| APÊNDICES..... | 50 |
| APÊNDICE 1 | 50 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Quantidade de água no mundo e suas reservas. Fonte: MMA (2007) | 13 |
| Figura 2.2 Regiões hidrográficas do Brasil.Fonte: ANA (2007b)..... | 15 |
| Figura 2.3 Área territorial, distribuição hídrica e população do Brasil por região. Fonte: GHISI (2006b)..... | 16 |
| Figura 2.4 Previsão de recursos hídricos prevista para 2100 para cada região brasileira. Fonte: GHISI (2006b)..... | 17 |
| Figura 2.5 Consumo de água por setor no Brasil.Fonte: ANA (2007b). | 19 |
| Figura 2.6 Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva Fonte: BELLA CALHA – www.bellacalha.com.br | 24 |
| Figura 3.1 Localização geográfica de Santo Antonio da Platina/PR Fonte: Google Mapas, 2010..... | 32 |
| Figura 3.2 – Localização geográfica de Santo Antonio da Platina/PR e delimitações com os municípios Fonte - SEPL acesso 11/2010 | 33 |
| Figura 3.3 – Localização geográfica do Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério Fonte: Google Mapas, 2010 | 34 |
| Figura 3.4 – Fachada do Colégio Est. Dona Moralina Eleutério / Santo Antonio da Platina. Fonte: arquivo do autor, 2010..... | 34 |
| Figura 3.5 – Histórico de consumos e das faturas de água de 2009/2010..... | 37 |
| Figura 4.1 – Precipitação mensal para o ano de 2009 | 40 |
| Figura 4,2 – Interface de entrada do Programa Netuno 2.2 | 43 |
| Figura 4.3 - Simulação para 60 % de água potável a ser substituída por pluvial | 44 |
| Figura 4.4 - Simulação para 70% de água potável a ser substituída por pluvial | 44 |
| Figura 4.5 - Simulação para 80% de água potável a ser substituída por pluvial | 43 |
| Figura 4.6 - Simulação para 60%,70% e 80% de água potável a ser substituída por pluvial | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 Disponibilidade de água doce superficial nos continentes. Fonte: ANA(2007)..... | 14 |
| Tabela 2.2. Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.Fonte:GEO3 (2002)..... | 14 |
| Tabela 2.3. Vazão em m ³ /s de cada região hidrográfica Fonte: ANA (2007) | 16 |
| Tabela 2.4 Retiradas médias por habitantes e por faixas populacionais. Fonte: ANA (2007b)..... | 20 |
| Tabela 2.5 Consumo de água por região no Brasil. Fonte: SNIS(2004). | 20 |
| Tabela 2.6 - Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta (GROUP RAINDROPS, 2002)..... | 25 |
| Tabela 2.7 Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado – EUA Fonte: Tomaz, 2001 | 28 |
| Tabela 2.8 - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEI Fonte: YWASHIMA et al, 2006 | 29 |
| Tabela 2.9 – Distribuição do consumo diário na escola da tipologia CEMEI Fonte: YWASHIMA et al, 2006 | 30 |
| Tabela 2.10 - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEF Fonte: YWASHIMA et al, 2006. | 30 |
| Tabela 2.11 - Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas Fonte: (YWASHIMA, 2005). | 31 |
| Tabela 4.1 – Levantamento de usuários/dia do Colégio Dona Moralina Eleutério | 39 |
| Tabela 4.2 – Áreas de Cobertura | 39 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A água é uma substância vital presente na natureza, e constitui parte importante de todas as matérias do ambiente natural ou antrópico.

A caracterização dos diversos ambientes decorre das variações climáticas, geográficas e pluviométricas que determinarão a presença de água em maior ou menor quantidade durante o ciclo. Formando ou regenerando oceanos, rios, desertos e florestas, a água está diretamente ligada à identidade dos ambientes e paisagens.

Mesmo sendo encontrada em grande quantidade no meio ambiente a água doce ainda corre o risco de tornar-se escassa em algumas regiões do mundo, nas quais já está se tornando um problema real conseguir suprir a necessidade da população devido ao crescimento principalmente nas zonas urbanas.

Levando em consideração esse aumento acelerado da população mundial e intensificação do uso desse recurso hídrico automaticamente, vem ocorrendo uma redução gradual da quantidade e disponibilidade da água potável do planeta terra.

Como substância predominante nos seres vivos a água atua como veículo de assimilação e eliminação de muitas impurezas pelo organismo, além de manter estável sua temperatura corporal.

Normalmente, os seres vivos obtêm água através de ingestão direta, retirando-a de alimentos, ou através de reações metabólicas, como a degradação de gorduras. Por outro lado, perdem água, de forma limitada e controlada, por meio da transpiração, respiração, sistema excretor e urinário. Conclui-se, portanto, que a água é imprescindível como recurso natural renovável, sendo de suma importância para o desenvolvimento dos ecossistemas, e por conseqüência, considerada um fator vital para toda a população terrestre. Desta forma, ela possui um valor econômico que reflete diretamente nas condições sócio-econômicas das diversas populações mundiais.

Facilmente podemos perceber a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água pluvial, opção que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de águas não potáveis, aproveitando a chuva, que é um recurso natural amplamente disponível em grande parte das regiões do País. Sendo

coletada, pode ser utilizada em vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e automóveis. Com este sistema de captação, os riscos de alagamentos, enchentes e racionamentos de água serão minimizados, preservando o Meio Ambiente e reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

Por ser um fluido vital para todos os seres vivos, é essencial para consumo humano e para o desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias, caracterizando-se desta forma como bem de importância global, responsável por aspectos ambientais, financeiros, econômicos, sociais e de mercado.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa é dimensionar o volume ideal do reservatório de águas pluviais de uma edificação escolar no município de Santo Antonio da Platina/PR.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro capítulo aborda as considerações iniciais, argumentando sobre o consumo de água, a problemática de estudo e o objetivo geral, assim compondo o início do trabalho. O segundo capítulo remete à revisão bibliográfica, entrelaçando os mais diversos pontos, estudos, metodologias e bibliografias que são pertinentes. Então o terceiro capítulo trata-se de mostrar a metodologia a ser aplicada e suas minúcias para assim compor o quarto capítulo onde serão apresentados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Disponibilidade dos Recursos Hídricos em Nível Mundial

A disponibilidade de recursos hídricos compreende todos os recursos de água, tanto superficiais quanto subterrâneas em uma determinada região ou bacia hidrográfica, destinada para qualquer uso.

A composição hídrica do Planeta Terra está distribuída da seguinte forma: 97,50% é salgada e apenas 2,50% é doce. Desses 2,50%, 68,90% encontram-se nas calotas polares ou na forma de gelo nas cordilheiras. A outra fração está na forma de água doce líquida que compreende 31,10%. Desta água doce líquida 96% estão em águas subterrâneas e os outros 4% compõem-se de águas superficiais, como ilustrado na Figura 2.1 (MMA, 2007).

Verifica-se, portanto, que embora a terra tenha sua área predominantemente ocupada por água, a maior parcela deste volume é de água salgada e uma mínima parte de água doce. A grande dificuldade para o aproveitamento desta água é sua distribuição geográfica, uma vez que a quantidade relativa a água doce, em sua maior proporção, se encontra nas calotas polares e geleiras. Sendo também pequena a quantidade de água disponível para consumo, embora a água encontra-se em movimento cíclico de renovação, conhecido como ciclo hidrológico.

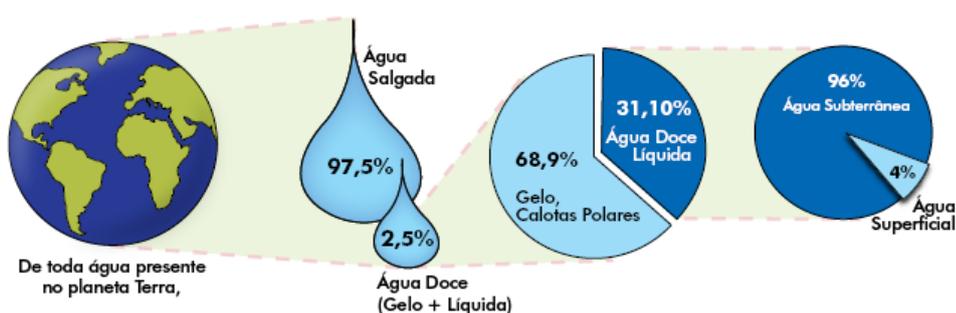


Figura 2.1 Quantidade de água no mundo e suas reservas.

Fonte: MMA (2007)

São muitas as diversidades e desigualdades de cada continente e a água também é uma delas. Os países mais pobres em água possuem sua maior concentração populacional próxima aos rios, estando estes localizados em zonas áridas ou insulares de terra. Na Tabela 2.1 se observa a disponibilidade de água doce para cada continente.

Tabela 2.1 Disponibilidade de água doce superficial nos continentes.

| Continente | Disponibilidade (%) |
|-------------------|----------------------------|
| Africano | 9,48 |
| Americano | 46,53 |
| Asiático | 31,59 |
| Europeu | 6,79 |
| Oceania | 5,61 |

Fonte: ANA(2007)

No continente americano, 53% da vazão média disponível na América do Sul pertencem ao Brasil, e isso, em relação à produção hídrica mundial, corresponde a 12%. Contudo, a má distribuição hídrica e populacional brasileira contribui para a escassez deste recurso. (TOMAZ, 2003).

Estima-se que em 2050, quatro bilhões de pessoas viverão em países com escassez ou carência crônica de água. Isto significa não possuir água para cultivo de terras, limpeza, criação de animais, além de ter que usar roupas sujas durante algum tempo, e necessidade de percorrer longos percursos para conseguir água (CLARKE; KING, 2005).

A Tabela 2.2 refere-se à classificação da disponibilidade hídrica, de acordo com a UNEP (GEO3, 2002).

Tabela 2.2. Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.

| Classificação | Disponibilidade Hídrica (m³/per capita.ano) |
|-------------------------|---|
| Muito Alta | Maior que 20.000 |
| Alta | 10.000 - 20.000 |
| Média | 5.000 - 10.000 |
| Baixa | 2.000 - 5.000 |
| Muito Baixa | 1.000 - 2000 |
| Catastroficamente Baixa | Menor que 1.000 |

Fonte:GEO3 (2002).

2.2Disponibilidade de Recursos Hídricos em Nível Nacional

O Brasil é considerado o quinto país no mundo em extensão territorial, possui uma área de 8.547.403 Km², ocupando 20,8% do território das Américas e 47,7% da América do Sul (IBGE, 1996).

A disponibilidade de recursos hídricos brasileira é considerada como umas das melhores. O clima úmido do país propicia uma rede hidrográfica numerosa

formada por rios de grande volume de água. No Brasil se encontra o maior rio do mundo, o Rio Amazonas, dois dos maiores reservatórios de água subterrânea, o Aquífero Amazonas e o Aquífero Guarani e rios em sua maioria de planalto, o que atribui um alto potencial hidrelétrico.

O Brasil é um país privilegiado, pois apenas seis dos 27 estados brasileiros se encontram com disponibilidade “Muito Baixa” perante classificação da UNEP, conforme mostra a Tabela 2.2. Cinco deles pertencem ao semi-árido brasileiro e compõem uma pequena parcela do território nacional. Outros dez estados possuem disponibilidade “Muito Alta” e compõem a maior extensão territorial nacional (MMA, 2007).

De acordo com o CNRH atualmente são 12 regiões hidrográficas no país, ilustradas na Figura 2.2.



Figura 2.2. Regiões hidrográficas do Brasil.

Fonte: ANA (2007b).

A produção média hídrica anual brasileira é 5.660km³, em outras unidades, 21l/s.km². Na Tabela 2.3 pode-se observar as contribuições das bacias hidrográficas brasileiras.

Tabela 2.3. Vazão em m³/s de cada região hidrográfica.

| Região Hidrográfica | Area Territorial (km ²) | Vazão média (m ³ /s) | Total do País (%) |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Amazônica | 3.869.953 | 131.947 | 73,6 |
| Tocantins-Araguaia | 921.921 | 13.624 | 7,6 |
| Atlântico Nordeste Ocidental | 274.301 | 2.683 | 1,5 |
| Parnaíba | 333.056 | 763 | 0,4 |
| Atlântico Nordeste Oriental | 286.802 | 779 | 0,4 |
| Rio São Francisco | 638.576 | 2.850 | 1,6 |
| Atlântico Leste | 388.160 | 1.492 | 0,8 |
| Atlântico Sudeste | 214.629 | 3.179 | 1,8 |
| Atlântico Sul | 187.522 | 4.174 | 2,3 |
| Uruguai | 174.533 | 4.121 | 2,3 |
| Paraná | 879.873 | 11.453 | 6,4 |
| Paraguai | 363.446 | 2.368 | 1,3 |
| Brasil | 8.532.772 | 179.433 | 100 |

Fonte: ANA (2007)

Mesmo possuindo grandes bacias hidrográficas, que totalizam cerca de 13,8% de toda água superficial do mundo, o Brasil ainda sofre com a escassez da água, devido a má distribuição da densidade populacional dominante, que cresce exageradamente e concentra-se em áreas de pouca disponibilidade hídrica (Figura 2.3), por exemplo a região metropolitana de São Paulo, onde atualmente se verificam sérios problemas de volume de água a ser distribuída, devido a sua alta concentração populacional.

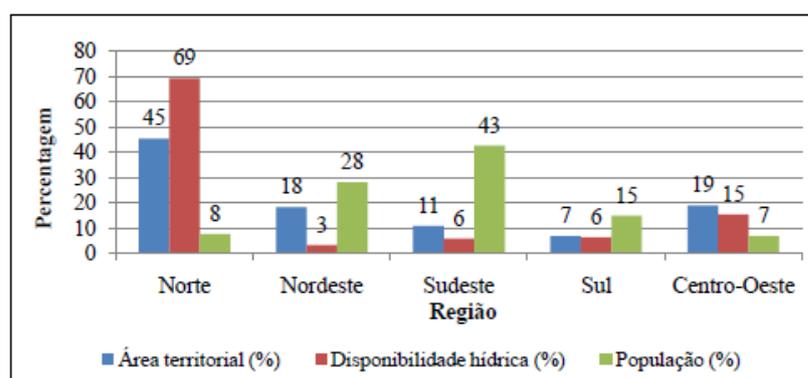


Figura 2.3. Área territorial, distribuição hídrica e população do Brasil por região.

Fonte: GHISI (2006b).

Em contraste a tanta abundância, o Brasil é um país com péssimas e poucas instalações de saneamento básico, isto aliado aos usos e abusos sobre a água e as mudanças climáticas globais. Uma projeção feita por Ghisi (2006), para a disponibilidade hídrica para as regiões brasileiras até 2100, mostrada na Figura 2.4,

evidencia o quanto se têm que adotar medidas que contemplem os usos racionais de água. Uma análise feita pelo mesmo autor, diz que sem a implementação de programas de conservação dos recursos hídricos nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, estas podem chegar à condição de “catastroficamente baixa”, mostrada na Tabela 2.2.

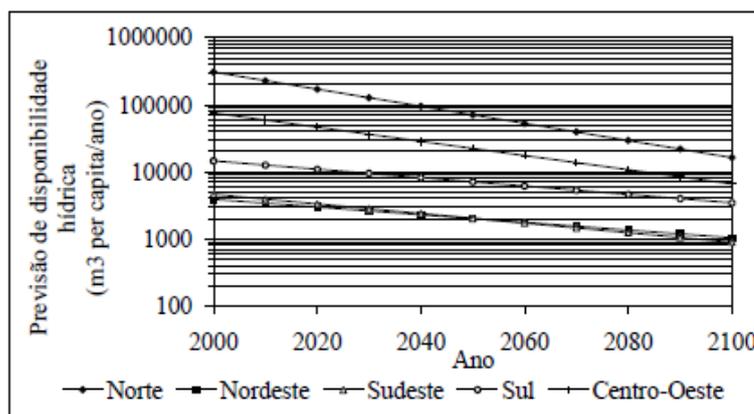


Figura 2.4 Previsão de recursos hídricos prevista para 2100 para cada região brasileira.

Fonte: GHISI (2006b).

2.3 Consumo de Água

Durante milênios a água foi considerada um recurso infinito. A generosidade da natureza fazia crer em inesgotáveis mananciais, abundantes e renováveis. Hoje, o mau uso, aliado a crescente demanda, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo das reservas de água limpa em todo o planeta.

Gonçalves (2006) expressa o consumo de água através da Equação:

$$\text{Consumo} = \text{uso} + \text{perda} + \text{desperdício} \quad (\text{Eq. 1})$$

Uma equação didaticamente simples, que se enquadra em qualquer utilização e dela se podem tirar várias conclusões a respeito de como ocorre o uso da água.

Em face às grandes demandas agrícolas este setor é o que consome o maior volume de água, seguido da indústria e por último o doméstico.

Um das formas mais usadas por pesquisadores nacionais e internacionais para se comparar o consumo de água é através do consumo diário de cada pessoa,

que de maneira simplificada nada mais é do que estimar o consumo total e dividir pelo total de consumidores e pelos dias que este consumo ocorre.

2.3.1 Consumo Mundial de Água

Atualmente, o consumo mundial de água doce é seis vezes maior do que em 1900, embora a população mundial não tenha crescido na mesma proporção ao longo do século. O alto padrão de consumo hídrico está associado, sobretudo à irrigação, processo que ocasiona o emprego de mais de 70% da água doce consumida.

A indústria é responsável pelo uso de 22% do consumo e o uso doméstico com 8% no entanto, há estimativas de que o consumo industrial duplicará até 2025 e que haverá um aumento de até quatro vezes na emissão de poluentes industriais nos corpos de água (SOECO/MG, 2004).

O consumo de água no mundo sem dúvida vem aumentando. Em 1900 eram consumidos 579km³, em 2000 foram 3.973km³ e para 2025 espera-se um consumo de 5.235km³ (CLARKE; KING, 2005). Segundo dados divulgados pela ONU, em ANA (2007a) os seis maiores consumidores de água, somando todos seus usos, são Índia com 552km³/ano, China com 500km³/ano, Estados Unidos com 467km³/ano, União Européia com 245km³/ano, Paquistão com 242km³/ano e Rússia com 136km³/ano.

A irrigação é fundamental no cultivo de alimentos, somando um terço da sua produção total; cerca de 40% das águas doces renováveis são utilizadas para esta atividade em países ainda em desenvolvimento. Porém suas conseqüências trazem grandes danos ao solo, como salinização, contaminação por fertilizantes e encharcamento. Entre as propostas de redução para esses impactos estão o manejo adequado do solo ou a utilização das águas residuais tratadas (CLARKE; KING, 2005).

Nos países industrializados, a utilização da água representa o maior índice de consumo, em média 130m³ de água por pessoa anualmente. O anseio pela industrialização e pelo título de país “industrializado” traz grandes aumentos neste setor. Para tanto existem dois pontos divergentes nesta situação, o positivo é que a eficiência no consumo de água na indústria é rentável, alcançando 70 vezes mais que a agricultura.

O negativo é que o efluente é altamente poluente e em países de terceiro mundo, em média, 70% deste resíduo produzido são descartados nas águas fluviais sem tratamento prévio (CLARKE; KING, 2005). Alguns consumos de água em processos industriais podem ser observados em ANA (2007c) e Von Sperling (1996).

2.3.2 Consumo Nacional de Água

No documento publicado pela ANA (2007b), estão especificados os consumos por setor no ano de 2000 que somaram um total de 814m³/s como é ilustrado na Figura 2.5. Assim como em outros países a irrigação representa uma fatia significativa do consumo de água e que aumenta proporcionalmente com as áreas irrigadas ao longo dos anos. No ano de 1996 foram cultivados 3,1 milhões de hectares e no ano de 2000, 3,7 milhões de hectares, isso representa uma área de 37.000km². Outro dado que comprova isto são os números de aprovações concedidas para captação de água para irrigação, do total de 70.660 aprovações, cerca de 55% delas são destinadas a esta atividade. (ANA, 2007b).

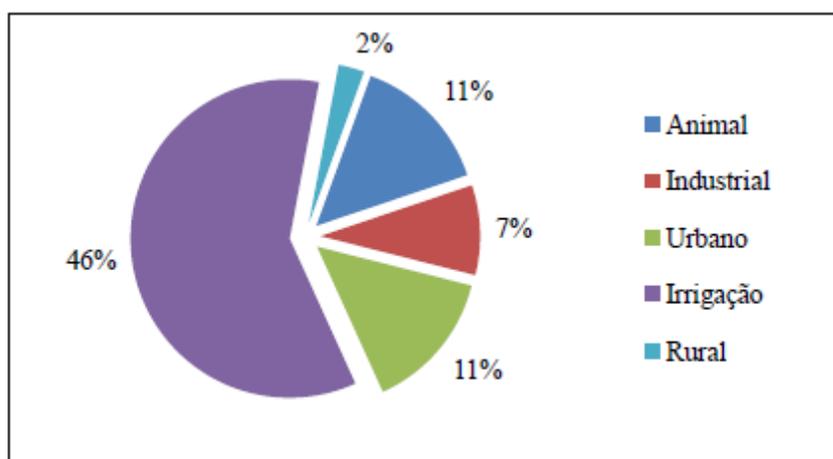


Figura 2.5. Consumo de água por setor no Brasil.

Fonte: ANA (2007b).

Esse documento mostra também os dados referentes para o Brasil, valores mínimos e máximos de demanda de água em função da população, como indicados na Tabela 2.4 (ANA, 2007b). Outros índices mais precisos sobre o consumo brasileiro são indicados em litros por pessoa por dia e é feito pelo SNIS para cada região, mostrados na Tabela 2.5.

Tabela 2.4 Retiradas médias por habitantes e por faixas populacionais.

| Faixa populacional | Demanda* (L/habitante.dia) | |
|--------------------|----------------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| < 10.000 | 120 | 320 |
| 10.000 – 100.000 | 150 | 340 |
| 100.000 – 500.000 | 180 | 360 |
| > 500.000 | 200 | 380 |

Fonte: ANA (2007b).

*No trabalho original a demanda em questão é chamada de retirada, mas por uniformidade neste trabalho resolveu-se adotar como demanda.

Tabela 2.5 Consumo de água por região no Brasil.

| Regiões brasileiras | Índice de consumo médio (L/habitante.dia) |
|---------------------|---|
| Sudeste | 174,0 |
| Centro-Oeste | 133,6 |
| Sul | 124,6 |
| Norte | 111,7 |
| Nordeste | 107,3 |
| Brasil | 141,0 |

Fonte: SNIS(2004).

2.4 Desperdício de Água Potável

Os recursos hídricos vêm sendo desperdiçados de diferentes formas em todo o mundo, sobretudo nos grandes centros urbanos. Esse quadro é uma crescente preocupação mundial, considerando que a água potável é um recurso natural finito, cada vez mais escasso e caro.

A falta de orientação e conscientização das pessoas, quanto à quantidade de água perdida, pelo mau uso dos aparelhos e equipamentos hidráulicos, são alguns dos fatores responsáveis pelo desperdício de água. Além disso, os problemas de vazamentos no sistema público são responsáveis por grande parcela desse desperdício (COGERH, 2007).

As cidades de países em desenvolvimento costumam perder 40% da água retirada através de vazamentos em tubulações. Nas casas, as torneiras que pingam podem desperdiçar mais água do que a utilizada para cozinhar ou beber, e quase 30% do consumo doméstico se perde em vazamentos nas descargas de vasos sanitários (CLARKE; KING, 2005).

Estes dados também se confirmam para o Brasil, que acumula perdas que variam entre 40% e 60% do total da água tratada, devido aos sistemas de coleta, tratamento e distribuição de água do país, que parte considerável deles são antigos e com sérios problemas de manutenção (MMA, 2006).

2.5 Uso Racional de Água

O uso racional de água pode ser definido como o conjunto de ações que tem por objetivo reduzir o consumo de água sem prejuízo ao desenvolvimento das atividades produtivas, aumentando a eficiência deste recurso pela redução de desperdícios e reuso dos efluentes tratados. Denominado também como “conservação de água”, este conceito inclui diversas práticas, mas sob a ótica da indústria se concentra principalmente na redução de perdas e na identificação das possibilidades de reuso.

Os principais objetivos do uso racional da água têm um conjunto de atividades como medidas e incentivos (TOMAZ, 2001a):

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

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

Segundo Gonçalves (2006) o uso racional da água objetiva o controle da demanda, através da redução do consumo, preservando a quantidade e qualidade da água para as diferentes atividades consumidoras.

O desenvolvimento das questões tanto ambientais como ambientalistas, vem ocorrendo posteriormente a Segunda Guerra Mundial, sendo mais frequentes em países desenvolvidos. Entre as várias problemáticas levantadas, as questões de acesso à água e seu uso sempre foram muito discutidos. Ao mesmo tempo a

engenharia que trabalha com a área de recursos hídricos também vem evoluindo devido a essas pressões ambientais globais.

Em consequência desse avanço, várias organizações governamentais ou não, foram surgindo e vêm realizando programas, propostas, cartas e documentos com o objetivo de tornar o uso racional de água um fato importante na política internacional, nacional e local.

Outra maneira de alcançar os objetivos com um uso racional é a educação ambiental. Porém esta construção didática geralmente ocorre, ou deveria acontecer, nas escolas e pré-escolas, que de fato é um local para discutir a idéia do uso mais consciente dos recursos naturais, bem como os recursos hídricos. Logo, deve-se aproveitar este meio, já que as crianças são as responsáveis pelo bem estar e desenvolvimento do planeta e assim a real importância de discutir tais problemáticas.

Em países da América do Norte, Europa e no Japão, o uso eficiente da água está sendo implementado, e as principais medidas tomadas nestes países são o uso de vasos sanitários de baixo consumo (6 litros para sólidos e 3 litros para líquido) por descarga); torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água; uso de dispositivos economizadores, diminuição das perdas nos sistemas públicos de maneira que o tolerável seja menor que 10%; reciclagem e serviço de informação pública. Ainda, são utilizadas outras alternativas não convencionais, como o reuso e o aproveitamento de água de chuva (TOMAZ, 2003).

Além disso, a questão do uso racional da água envolve também melhorias nos projetos de arquitetura, bem como nos sistemas prediais.

Os benefícios obtidos com o uso racional da água são amplos, tanto econômicos quanto ambientais:

- Economia nas contas de fornecimento de água;
- Conservação dos recursos hídricos;
- Preservação do meio ambiente.

A conscientização e sensibilização dos usuários visando à conservação da água, juntamente com a adoção de tecnologias economizadoras, podem se constituir em ações impactantes do consumo final de água.

2.5.1 Aproveitamento de Água Pluvial

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento.

Tal finalidade recebe importante destaque para usos não potáveis nas áreas urbanas, tais como: regas de jardins públicos, lavagens de passeios, descarga de vasos sanitários, limpeza, prevenção de enchentes e incêndios além das aplicações industriais. No entanto, quando a potabilidade é requisitada, por exemplo, as vantagens hidrológicas naturais não justificam sua utilização para fins potáveis, excetuando casos extremos de algumas partes do país onde não há outra opção.

Só no Brasil perdem-se anualmente uma quantidade considerável em valores, provavelmente superiores a um bilhão de dólares com enchentes, problema este que poderia ser amenizado com o incentivo a captação de água das chuvas (HESPANHOL *et al.*, 2000).

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Estudos provenientes da Austrália denotam que os sistemas de aproveitamento de água pluvial proporcionam uma economia no consumo de água nas residências de 45% e na agricultura 60%. Este mesmo estudo mostra que no sul da Austrália, 82% da população rural utilizam algum sistema de captação de água pluvial como fonte primária de abastecimento, enquanto apenas 28% da população urbana o fazem (HEYWORTH *et al.*, 1998 apud GONÇALVES, 2006)

De acordo com Gonçalves (2006) a captação de água pluvial é um recurso pouco explorado no Brasil, mas vem crescendo, sobretudo na região semi-árida, que tem recebido grandes investimentos.

Segundo May (2004), os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações são formados por quatro componentes básicos: áreas de coleta; condutores; armazenamento e tratamento.

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de 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), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável.

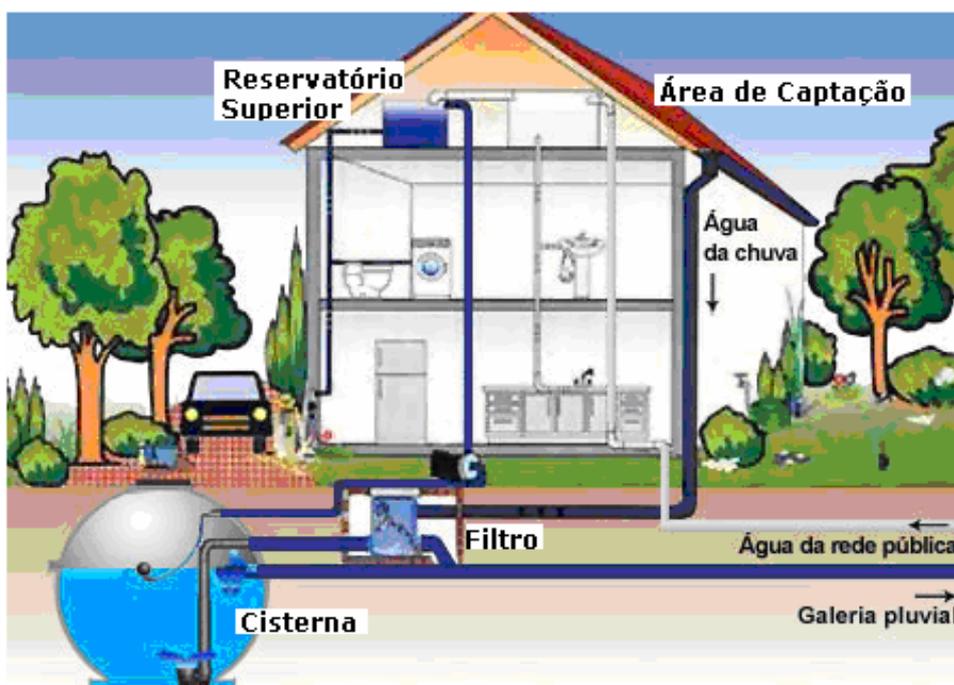


Figura 2.6 - Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva

Fonte: BELLA CALHA – www.bellacalha.com.br

2.6 Qualidade da Água Pluvial

A água de chuva pode ser utilizada para uso total ou parcial. O uso total inclui a utilização da água para beber, cozinhar e higiene pessoal, enquanto que o uso parcial abrange aplicações específicas em pontos hidráulicos, como por exemplo, somente nos pontos de abastecimento de vasos sanitários (MANO & SCHMITT, 2004).

O tratamento depende da qualidade da água coletada e de seu uso final. A coleta de água para uso parcial não requer grandes cuidados de purificação, embora

certo grau de filtragem, muitas vezes, seja necessário. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração.

Em caso de uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004). A qualidade da água de chuva depende muito do local onde é coletada. A Tabela 2.6 apresenta variações da qualidade da água pluvial em função do local de coleta.

Tabela 2.6 - Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta

| Grau de purificação | Área de coleta de chuva | Observações |
|----------------------------|--|--|
| A | Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais) | Se a água for purificada, é potável |
| B | Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais) | Apenas usos não potáveis |
| C | Pisos e estacionamentos | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |
| D | Estradas | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |

(GROUP RAINDROPS, 2002).

O fluxo inicial de água de chuva é considerado impróprio para ser utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial, por conter poeira, folhas, insetos, fezes de animais, pesticidas, além de outros resíduos e poluentes transportados por via aérea. Segundo Brown et al. (2005), o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano.

Outras variáveis a serem consideradas são a inclinação e as superfícies dos telhados, a intensidade das chuvas e o período de tempo que ocorrem. Além disso, salienta-se que não há nenhum cálculo exato para definir o volume inicial de água pluvial que necessita ser desviado, devido às muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem das áreas de captação.

2.6.1 Reservatórios de Água Pluvial

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

Esses critérios são importantes, porque em geral o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de água pluvial. Desta forma, para não tornar a implantação do sistema inviável, deve-se ter cuidado para um correto dimensionamento do reservatório, dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem (MAY et al., 2004).

A dimensão da área de captação, a precipitação pluviométrica do local e coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de runoff, são os determinantes para armazenar a quantidade esperada de água pluvial.

Como o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que precipitado, o coeficiente de escoamento superficial indica o percentual de água de chuva que será armazenada, considerando a água que será perdida devido à limpeza do telhado, evaporação e outros (TOMAZ, 2003).

O reservatório de água pluvial, dependendo das características locais e especificidades de uso, pode estar localizado elevado ou enterrado no solo, ou ainda sobre o solo. O elevado não necessita de bombeamento da água para o abastecimento da edificação, porém exige uma estrutura para sustentação. Nos reservatórios sobre ou sob o solo não é necessária estrutura de sustentação, porém o abastecimento exige bombeamento ou acesso facilitado à água (MANO, 2004).

Os materiais geralmente utilizados para construção de reservatório são concreto, madeira, aço inoxidável, fibra de vidro, e polietileno. Previamente à escolha do material adequado deve-se verificar a finalidade do uso da água. A durabilidade, a segurança e o baixo custo também são critérios que devem ser analisados para a escolha do tipo de reservatório a ser implantado no sistema de aproveitamento de água pluvial.

A cisterna que é um reservatório subterrâneo e coberto pode ser construído em diversas opções de materiais, tais como concreto armado, blocos de concreto, aço, plástico, poliéster e outros. Devem ter acesso para manutenção, bem como possuir extravasor, dispositivo para limpeza do fundo (descarga de fundo, com declive para escoamento), dispositivo de entrada alternativa (para água do serviço público ou de outra fonte) e entrada de água de chuva. O uso de bóias eletrônicas permite que o sistema seja automatizado e dependa o mínimo possível de operador. Uma bomba de pressurização dimensionada conforme a edificação é necessária para a alimentação do reservatório superior de água pluvial, que deve ser separado do armazenamento da água potável, a fim de evitar contaminação.

Simioniet al. (2004) salientam que o reservatório superior de água pluvial deve ser mantido fechado, evitando-se a contaminação da água por pássaros, insetos e outros animais, e, além disso, devem receber limpeza periódica. A tubulação de saída para consumo deve estar aproximadamente 10 cm acima da base do reservatório. Recomenda-se também utilizar na edificação uma tubulação com cor diferente para consumo de água pluvial, separando-a da tubulação de água potável.

2.7 Aproveitamento de Água Pluvial em Escolas

É de fundamental importância o aproveitamento de água da chuva em edificações escolares, contribuindo assim para a conservação dos recursos hídricos, causando menos impacto ambiental e gerando uma redução considerável no consumo de água potável.

As edificações escolares, em geral, têm um grande potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, por apresentarem grandes áreas de captação (telhados e outras coberturas), contribuindo para coleta de maior volume de água da chuva.

Além disso, as escolas atendem grande número de pessoas, direta ou indiretamente, constituindo-se desta forma, excelente meio de divulgação dos benefícios de técnicas sustentáveis, oportunizando aos usuários deste local a chance de propagar a idéia e se familiarizar com tais sistemas (WERNECK & BASTOS, 2006).

Para a realização de um sistema de aproveitamento de água pluvial é preciso realizar um estudo prévio de viabilidade técnica e econômica, levando em

consideração os dados da edificação, como áreas de captação, dados de precipitação pluviométrica da localidade e o consumo mensal de água potável e não potável, obtendo assim estimativas da economia gerada através deste sistema.

2.7.1 Usos Finais de Água em Escolas

Nas edificações escolares devido aos usuários não serem responsáveis diretamente pelo pagamento da tarifa de abastecimento, há uma tendência para um maior desperdício de água. Sendo assim, são de importante relevância os dados para os usos finais de águas nessas instituições.

Segundo Tomaz (2001b), se consome nas escolas e universidades uma variável de 10 a 50 litros/dia por aluno e 210 litros/dia por empregado, distribuídos em diversos usos com variação na tipologia da edificação.

Quando se fala em dados de usos de água para instituições de ensino o Brasil oferece poucas informações. Alguns valores de indicador de consumo de águas em escolas e universidades no Colorado, Estado Unidos se encontram na tabela abaixo:

Tabela 2.7 Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado - EUA

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

Fonte: Tomaz, 2001

Ywashima et al (2006), realizou no Brasil um estudo do consumo de água em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP, com o propósito de identificar as varias formas de usos da água junto com a indicação dos ambientes responsáveis por grande parte do consumo, propondo uma metodologia de avaliação da conscientização dos beneficiários do recurso para o uso racional de água.

Tal pesquisa possui uma metodologia abrangente em vários aspectos, principalmente o consumo de água em três redes escolares municipal de Campinas-SP, sendo elas Centro Municipal de Educação Infantil (CEMEI) (atende crianças até 4 anos), Escola Municipal de Ensino Infantil (EMEI) (atende crianças de 5 e 6 anos) e Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF).

Ao realizar o presente estudo foi selecionado uma amostra de escolas a fim de ser examinada a condição de operação (existência de vazamentos) de pontos diversificados de consumo de água, os usuários responderam a um questionário e foram efetuadas observações das atividades que se aplica o uso da água.

Dessa maneira, observou-se como se desenvolve as atividades; sua duração (medição dos horários de início e término); as vazões nos pontos de consumo utilizadas nas realizações das atividades, além de outras variáveis, caracterizando um dia de uso comum da utilização da água (YWASHIMA et al, 2006).

Com as informações levantadas foram identificados todos os tipos de consumo de água em cada ambiente das escolas estudadas, conforme apresentado nas Tabelas abaixo:

Tabela 2.8 - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEI

| Ambiente | Consumo Diário (L) | Parcela do Consumo (%) |
|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Refeitório | 146 | 4,3 |
| Banheiro – funcionárias | 135 | 3,9 |
| Banheiro – diretora | 39 | 1,1 |
| Banheiro – professoras | 107 | 3,1 |
| Banheiro – aluno (feminino) | 1083 | 31,6 |
| Banheiro – aluno (masculino) | 1039 | 30,3 |
| Banheiro – vigia | 33 | 1,0 |
| Cozinha | 720 | 21,0 |
| Área Externa | 128 | 3,7 |
| Total | 3.430 | 100 |

Fonte: YWASHIMA et al, 2006

Tabela 2.9 – Distribuição do consumo diário na escola da tipologia CEMEI

| Ambiente | Consumo Diário (L) | Parcela do Consumo (%) |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Banheiro – diretora | 13 | 0,3 |
| Refeitório | 4 | 0,1 |
| Copa | 43 | 1,0 |
| Banheiro – funcionárias | 233 | 5,6 |
| Banheiro – funcionários | 66 | 1,6 |
| Banheiro – infantil | 932 | 22,4 |
| Banheiro – infantil | 531 | 12,8 |
| Lavanderia | 336 | 8,1 |
| Berçário | 158 | 3,8 |
| Cozinha | 1.696 | 40,8 |
| Despensa | 0 | 0,0 |
| Área de Serviço | 15 | 0,4 |
| Área Externa | 18 | 0,4 |
| Refeitório | 108 | 2,6 |
| Total | 4.153 | 100 |

Fonte: YWASHIMA et al, 2006

Tabela 2.10 - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEF

| Ambiente | Consumo Diário (L) | Parcela do Consumo (%) |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Banheiro – alunos | 5.424 | 51,8 |
| Banheiro – alunas | 2.410 | 23,0 |
| Banheiro – funcionários | 117 | 1,1 |
| Banheiro - professoras e funcionárias | 658 | 6,3 |
| Cozinha | 1.385 | 13,2 |
| Área Externa | 476 | 4,5 |
| Refeitório | 0 | 0,0 |
| Total | 10.470 | 100 |

Fonte: YWASHIMA et al, 2006.

Podemos perceber nos dados mostrados na tabela acima que o banheiro é que contabiliza a maior parte do consumo de água nas escolas, logo em seguida é a cozinha; já os que menos usam o recurso são as áreas externas.

Os usos finais de água obtidos no estudo realizado por Ywashima (2006), para cada três tipologias de escolas observadas, encontram-se na tabela abaixo. Na mesma tabela apresenta o total de água utilizada para fins não potáveis, levando em consideração somente o consumo de água em mictórios e vasos sanitários.

Tabela 2.11 - Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas

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

Fonte:(YWASHIMA, 2005).

Nota-se na tabela acima a somatória de água (não potável) utilizada nas escolas soma uma porcentagem de até 82% para as Escolas de Ensino Fundamental no uso de descargas de vasos sanitários e mictórios.

2.8 Considerações Finais

Pode-se então concluir que em tempos em que se ressalta a necessidade da conservação da água, é viável a busca de medidas e soluções sustentáveis que venham contribuir com o uso racional da água. Entre essas soluções sustentáveis, destacam-se as técnicas de aproveitamento de água pluvial.

Deste modo, verifica-se a importância de se conhecer estudos já realizados, comprovando que o potencial de economia de água potável obtido através do aproveitamento de água pluvial é bastante expressivo.

Para a elaboração de estratégias de redução de consumo de água potável é muito importante ter o conhecimento dos usos finais de água em qualquer tipologia de edificação.

A implantação de sistemas de utilização de água pluvial necessita de dados sobre a demanda de água (potável e não potável) da edificação em questão, sem os quais não se pode desenvolver um sistema eficiente e otimizado.

3. METODOLOGIA

3.1 Considerações iniciais

Para se verificar o potencial de economia e o dimensionamento ideal para um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, foi desenvolvido um estudo de caso em uma edificação escolar no município de Santo Antônio da Platina. A metodologia é composta pelas seguintes etapas: descrição do estudo, levantamentos dos dados e consumo de água da edificação em estudo, dados pluviométricos da região, levantamentos das áreas de cobertura, potencial de substituição de água pluvial para fins não potáveis e dimensionamento do reservatório.

3.2 Área de estudo

O município de Santo Antonio da Platina/ PR está localizado ao norte pioneiro do Estado do Paraná. A cidade possui um total de área terrestre de 721,625 km², com Altitude: 520 metros, Latitude: 23 ° 17 ' 42 " S e Longitude: 50 ° 04 ' 38 "W.



Figura 3.1 – Localização geográfica de Santo Antonio da Platina

Fonte: Google Mapas, 2010

Santo Antônio da Platina localiza-se na parte setentrional do Estado do Paraná, tendo suas fronteiras delimitadas pelos municípios de Barra do Jacaré, Jacarezinho, Joaquim Távora, Guapirama, Jundiá do Sul, Abatiá e Bandeirantes.

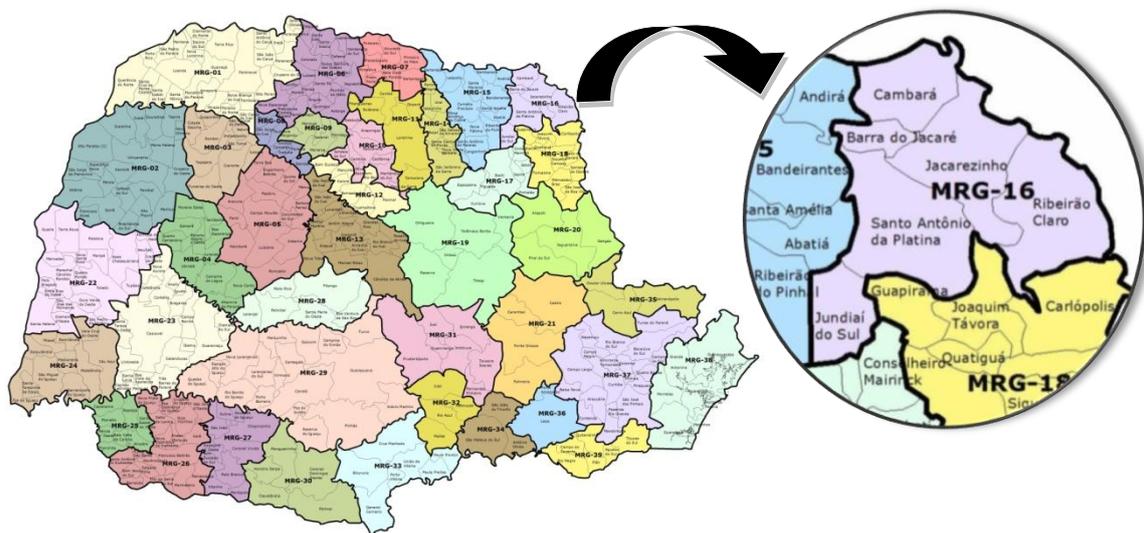


Figura 3.2 – Localização geográfica de Santo Antonio da Platina e delimitações com os municípios

Fonte - SEPL acesso 11/2010

Possui um Clima Subtropical úmido mesotérmico, verões quentes e geadas pouco freqüentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C; a dos meses mais frios, inferior a 18°C.

3.3 Objeto de Estudo

O objeto de estudo é o Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério, localizado na Rua Agostinho Rodrigues Ferreira nº 663, Vila São José, no Município de Santo Antonio da Platina /PR.

O referido Colégio que compreende a análise dessa pesquisa é de origem pública da rede estadual e municipal. Atende as séries de ensino fundamental (1ª a 4ª) na rede municipal, ensino regular de (5ª a 8ª) e ensino médio (1º ao 3º) na rede estadual.

Atualmente, o Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério atende aos três turnos, 410 alunos no Ensino Fundamental e Ensino Médio (rede Estadual). Já na rede Municipal são 204 alunos. Tendo um total de 72 funcionários da rede estadual e municipal trabalhando nas dependências do colégio nos diferentes turnos.

O edifício escolar inicial foi construído em 1962 pelo Governo do Estado em terreno doado pelo Sr. José Eleutério da Silva. Possui uma área total de 2.945,05m², sendo a área construída em uma edificação térrea de 1.224,51m², distribuídos em salas de aula, laboratórios, biblioteca, salas da administração, sanitários masculino e feminino, refeitório, cozinha, lavadeira, depósitos e circulações.



Figura 3.3 – Localização geográfica do Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério
Fonte: Google Mapas, 2010



Figura 3.4 – Fachada do Colégio Est. Dona Moralina Eleutério / Santo Antonio da Platina.
Fonte: arquivo do autor, 2010

A cobertura da edificação é constituída de telhas cerâmicas tipo francesa, não tendo nenhum tipo de captação de águas pluviais. Por informações obtidas pela direção do Colégio, constatou que já houve há tempos atrás um projeto e instalação de um sistema simples para captação de águas pluviais no qual teve seu término por falta de verbas específicas para o aprimoramento do sistema.

3.4 Dimensionamento do Reservatório de Água Pluvial

Como ferramenta para dimensionar o volume ideal do reservatório de água pluvial, foi utilizado um programa computacional.

O Netuno 2.2 tem por objetivo estimar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, tais como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, rega de jardim, lavação de carros etc.

Além do potencial de economia de água potável, o programa Netuno fornece os seguintes resultados para as simulações: volume de água pluvial extravasado anualmente; volume total consumido de água pluvial e porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é atendida totalmente, parcialmente ou não é atendida.

Esse programa simplifica a base de cálculo, porém exige alguns dados de entrada como área de cobertura ou captação, número de ocupantes, série pluviométrica, demanda diária de água potável, consumo diário não potável que se deseja substituir por água pluvial e coeficiente de perdas. Então como resposta o programa projeta o volume necessário do reservatório a ser construído e o potencial de economia de água. (GHISI et.al., 2009).

3.5 Levantamento de Dados

Para se realizar o levantamento de dados foi preciso a coleta de faturas de consumo de água, verificação de áreas de captação (cobertura), dados pluviométricos diários de um ano inteiro, consumo por uso final, entre outros.

3.5.1 Dados Gerais do Colégio

O levantamento de dados gerais do Colégio, funcionamento e espaço físico foram efetuados através de entrevista prévia com direção e funcionários administrativos. A direção do colégio se mostrou interessada no projeto, pois no passado foi criado um sistema improvisado de captação de águas pluviais, no qual participavam professores e alunos, tendo assim uma conscientização e interesse nessa área.

3.5.2 Áreas de Cobertura

Para se estimar o volume do reservatório de água da chuva do Colégio fez-se necessário o levantamento das áreas de coberturas (áreas de captação) através de cálculos das áreas baseado nas plantas de cobertura da edificação.

As informações obtidas sobre as áreas de captação de água de chuva são muito importantes, pois a área de cobertura é uma das variáveis de entrada do programa Netuno que será utilizado para o dimensionamento de reservatórios.

3.5.3 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos através do site da ANA (Agência Nacional de Águas). Estes dados foram coletados da Estação Meteorológica em Joaquim Távora/PR, cidade próxima a Santo Antônio da Platina/PR. A escolha desta estação meteorológica se deu por ser a estação mais próxima da cidade e possuir grande volume de informação.

Os dados diários de precipitação, extraídos da série histórica referente ao ano de 2009, foram tratados no programa Excel seguindo a formatação do programa Netuno.

3.5.4 Dados de Consumo de Água

Os dados de consumo de água do prédio foram necessários para que possa ser feita uma comparação entre os valores de consumo diário reais com o consumo diário estimado através dos levantamentos de vazões dos aparelhos sanitários.

Os valores de consumo diário reais serão verificados através de histórico de faturas mensais da SANEPAR(Companhia de Saneamento do Paraná).

O histórico do consumo de água do Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério medido pela SANEPAR foi obtido no setor Administrativo do Colégio.

Foram fornecidos os consumos mensais de água em um período de um ano e três meses (07/2009 e 10/2010), através de históricos de leituras registrados nas faturas mensais da SANEPAR.

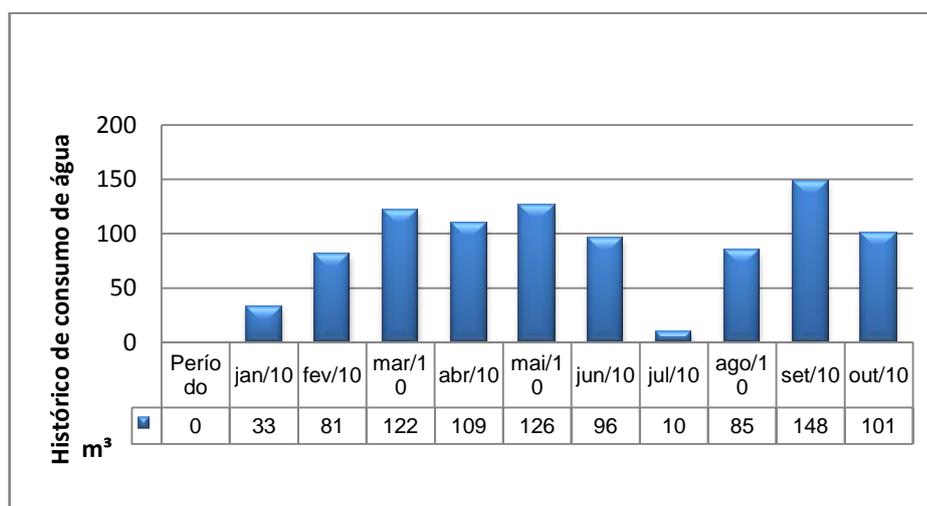


Figura 3.5 – Histórico de consumos e das faturas de água de 2009/2010.

3.5.5 Usos Finais de Água

Para realizar a estimativa do consumo de água por usos finais no prédio, foi necessário levantar as características dos aparelhos sanitários. Desta forma, foi realizado levantamento dos tipos de aparelhos sanitários existentes e estimado os usos finais através de dados encontrados na referencia bibliográfica de YWASHIMA et al, 2006.

Estes dados são necessários neste estudo para que seja feita a estimativa do consumo médio de água para cada tipo de aparelho sanitário, e desta forma seja verificada a demanda de água em usos com fins não potáveis, determinando o potencial de economia que pode ser gerado através do uso de água pluvial.

Através de visitas *in loco*, foram verificados quais eram os tipos de aparelhos sanitários existentes nos Colégios. Verificaram-se também as atividades realizadas no prédio que utilizam água, e quais aparelhos são utilizados nessas atividades.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa sobre qual o dimensionamento ideal de reservatório em um sistema de captação de águas pluviais para o Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério localizada em Santo Antônio da Platina/PR.

A partir dos levantamentos do número de usuários da edificação/dia, área de captação (cobertura), dados de consumo de água potável, dados de precipitação diários, fez-se uma verificação do potencial de economia de água potável que poderia ser gerada, estimando o volume de água necessário para suprir os consumos de água para usos não potáveis.

Após a determinação destes dados, dimensiona-se o reservatório para armazenamento da água de chuva para cada tipologia de edificação.

4.2 Levantamento de Dados

Os dados foram levantados em consulta com a direção do colégio e acesso ao site da SEED (Secretaria Estadual de Educação). Foi obtido o número de alunos e funcionários, além de visita *in loco* da localização dos equipamentos sanitários, e áreas captação.

4.3 Dados Gerais do Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério

O Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério, atende aos três turnos o número de 410 alunos no Ensino Fundamental e Ensino Médio (rede estadual), já na rede Municipal são 204 alunos. Tendo um total de 72 funcionários da rede estadual e municipal, trabalhando nas dependências do colégio. Na tabela 4.1 observa-se a distribuição do número de pessoas usuários do prédio.

Tabela 4.1 – Levantamento de usuários/dia do Colégio Dona Moralina Eleutério

| Categoria de usuários | Rede Municipal | Rede Estadual | Total geral de usuários / dia |
|----------------------------|----------------|---------------|-------------------------------|
| Alunos | 204 | 410 | 614 |
| Professores e Funcionários | 19 | 53 | 72 |
| Total usuários | 223 | 463 | 686 pessoas/dia |

4.4 Usos Finais de Água

Os usos finais foram estimados conforme os estudos de Ywashima et al (2006), considerando a substituição da água potável por água pluvial de 60%, 70% e 80%.

4.5 Áreas de Cobertura

Os levantamentos da área de cobertura do colégio foi realizado considerando as áreas de cobertura da edificação no plano inclinado (apêndice 1). Desta forma, obtiveram-se a seguinte área de telhado conforme tabela 4.7.

Tabela 4.2 – Áreas de Cobertura

| Colégio | Área de cobertura |
|--|--------------------------|
| Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério | 1.441,17m ² |

Neste estudo, considerou-se como áreas de captação apenas os telhados, por serem áreas mais limpas. As áreas de pátios, calçadas e estacionamentos, não foram incluídas como áreas de captação, pois a qualidade da água pluvial varia conforme o local em que é coletada.

4.6 Dados Pluviométricos

Os dados de precipitação pluviométrica diária de Santo Antônio da Platina/PR para o período de 01/01/2009 a 31/12/2009 foram levantados através de acesso ao site da ANA (Agencia Nacional de Água), os quais foram coletados na Estação

Meteorológica em Joaquim Távora /PR. A Figura 4.4 ilustram os valores de precipitação média mensal e precipitação diária, respectivamente.

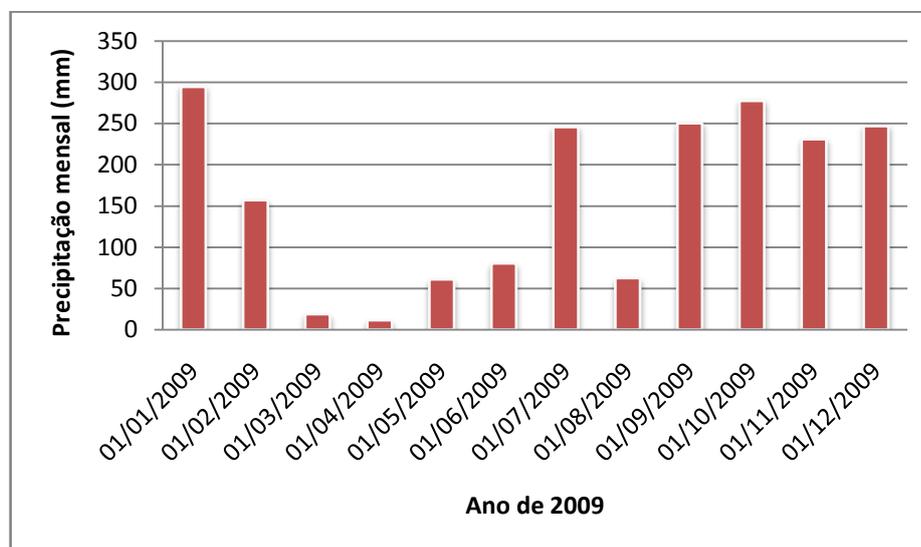


Figura 4.1 – Precipitação mensal para o ano de 2009

Analisando a figura 4.4, observa-se que as maiores precipitações ocorrem na primavera e verão, com exceção no mês de julho que houve alta precipitação.

4.7 Reservatórios de Água Pluvial

4.7.1 Interface com o programa Netuno 2.2

A interface com o programa é bastante didática, a fim de cumprir com os pré-requisitos do programa é disposto a seguir o dado de entrada e a metodologia utilizada para alcançar os resultados.

a) Histórico pluviométrico para o período do ano de 2009: O histórico pluviométrico foi obtido com o acesso ao site da ANA (Agencia Nacional de Águas), através de buscas realizadas em séries históricas do HIDROWEB (Sistemas de Informação Hidrológicas).

Fornecidos pela operadora da época SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) com coordenadas (Latitude: 23°30'0", Longitude: 49°52'0" e altitude: 512 metros), para o período de janeiro de 2009 a dezembro de 2009. A inserção do histórico pluviométrico como dado de entrada no programa Netuno 2.2 é realizada organizando os valores diários

de precipitação (em milímetros) em uma única coluna em uma planilha do programa Excel.

b) Área de captação disponível em m²: Foi obtida através das plantas dos telhados (apêndice 1), conforme tabela 4.7.

c) Demanda de água potável (litros/*per capita*.dia): A demanda de água potável consiste na razão entre o consumo diário de água da edificação e o número de ocupantes.

d) Número de ocupantes da edificação: O número de ocupantes das edificações foi levantado junto com a administração do Colégio.

e) Demanda diária de água pluvial (em %): A demanda diária de água pluvial é a demanda de água potável que se deseja substituir por água pluvial. Considerou-se que a água utilizada em descargas de vasos sanitários poderá ser substituída por água pluvial. Foram considerados 3 valores para análise. São eles: 60%, 70% e 80%, obtidos com bases nos estudos relatados na revisão bibliográfica.

f) Coeficiente de aproveitamento: O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos e também as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação. O valor inserido deve ser maior que zero e menor ou igual a 1, nesta pesquisa será utilizada 0,8, ou seja, 20% de perdas no processo de captação.

g) Volume do reservatório superior de água: O programa Netuno 2.2 possibilita o cálculo do volume do reservatório superior para três situações diferentes:

1. Volume igual à demanda diária de água pluvial: O volume do reservatório que vai ser utilizado na simulação é igual à demanda diária de água pluvial.

2. Entrar com o volume desejado: Permite que o usuário escolha um único volume de reservatório superior de armazenamento.

3. Sem reservatório superior: Permite ao usuário fazer uma simulação onde a água pluvial é direcionada diretamente do reservatório inferior para o consumo

Será utilizado o cenário 2 com o valor igual ao da demanda de água não potável.

h) Volume do reservatório inferior de água: Para o reservatório inferior, o programa Netuno 2.2 possui a opção de simular de duas maneiras distintas:

1. Cálculo para um reservatório: Entra-se com um valor de volume de reservatório para verificar o potencial de economia de água potável, o volume extravasado por ano e os percentuais de atendimento completo, parcial ou nulo da demanda de água pluvial total.

2. Cálculo para diversos reservatórios: Determina-se um intervalo de análise de volumes de reservatórios. Para isso, deve-se inserir o volume máximo que se deseja analisar, assim como o intervalo entre cada volume simulado. Desta forma, o programa Netuno 2.2 calcula o potencial de economia de água potável para cada volume desse intervalo de análise e mostra os resultados em forma gráfica.

Para esta opção pode ser gerada uma planilha em formato xls que contém, para cada volume de reservatório analisado, o potencial de economia, o volume de água pluvial total consumido, o volume anual extravasado e o percentual de dias que a demanda da diária de água pluvial é atendida total, parcial ou não é atendida.

Será realizado análises apenas na opção 2, porque o programa disponibiliza um volume de reservatório ideal. Para isto será utilizado a princípio um volume máximo de 50.000L e o intervalo de 1.000L, podendo variar caso haja necessidade.

i) Volume ideal de reservatório: Para a determinação do volume ideal do reservatório inferior de água, o programa Netuno 2.2 utiliza a metodologia apresentada por Ghisi (2006a).

Na simulação de diversos reservatórios, o critério usado para determinar o volume ideal consiste em comparar o potencial de economia obtido para volumes de reservatórios adjacentes.

Considera-se então, como volume ideal, aquele cujo acréscimo no potencial de economia do volume subsequente é igual ou inferior ao intervalo entre potenciais de economia de água potável adotado. O intervalo entre os potenciais de economia deve ser definido pelo usuário e para esta pesquisa será adotado a princípio 1% podendo variar conforme a resposta de análise do potencial de economia, fornecida pelo programa.

j) Demanda variável: No caso da edificação apresentar demanda variável de água (variação do consumo de acordo com o dia da semana), o programa Netuno 2.2 dispõe a opção de especificar os diferentes consumos em cada dia.

4.8 Resultados da Simulação com o programa Netuno 2.2

Será inserido como dados de entrada do programa: a precipitação pluviométrica diária no período de um ano, área de captação do telhado do Colégio, consumo diário *per capita* de água potável, população total, percentual de consumo de água para fins não potáveis com variações de 60%, 70% e 80% e coeficiente de perdas.

A figura 4.2 permite uma melhor visualização dos dados de entrada utilizados no programa Netuno 2.2.

The screenshot shows the Netuno 2.2 software interface. The window title is "Netuno" and it has a menu bar with "Arquivo", "Ajuda", "Citação", "Validação", and "Sobre". The interface is divided into several sections:

- Buttons:** "Carregar simulação previamente salva" and "Carregar dados de precipitação".
- Text Input:** "dados precipitação de joaquim távora- ei".
- Labels:** "Dias analisados: 365" and "Área de captação (m²)".
- Text Input:** "1441,17".
- Section: Demanda de água potável**
 - Radio buttons: "Fixa" (selected) and "Variável".
 - Button: "Ver demanda".
- Text Input:** "5" (for "Demanda de água potável (litros per capita/dia)").
- Text Input:** "686" (for "Número de moradores").
- Text Input:** "60%" (for "Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial").
- Text Input:** "0,8 (80% de aproveitamento)" (for "Coeficiente de aproveitamento").
- Section: Reservatório superior**
 - Radio buttons: "Volume igual à demanda diária de água pluvial" (selected), "Entrar com um volume desejado:" (with an empty text box), and "Não utilizar reservatório superior".
- Section: Reservatório inferior**
 - Radio buttons: "Cálculo para um reservatório" and "Cálculo para diversos reservatórios" (selected).
- Section: Intervalo da Simulação**
 - Text Input: "50000" (for "Volume máximo (litros)").
 - Text Input: "1000" (for "Intervalo entre volumes (litros)").
 - Checked checkbox: "Indicar volume ideal para o reservatório inferior".
 - Text Input: "1" (for "Diferença entre potenciais de economia (%)").
- Text Input:** An empty box for "Observações".
- Button:** "Simular".

Figura 4,2 – Interface de entrada do Programa Netuno 2.2

Com os dados inseridos no programa Netuno 2.2, foi simulado com 60%, 70% e 80% de água potável a ser substituída por pluvial, obtiveram-se os seguintes gráficos conforme figuras abaixo.

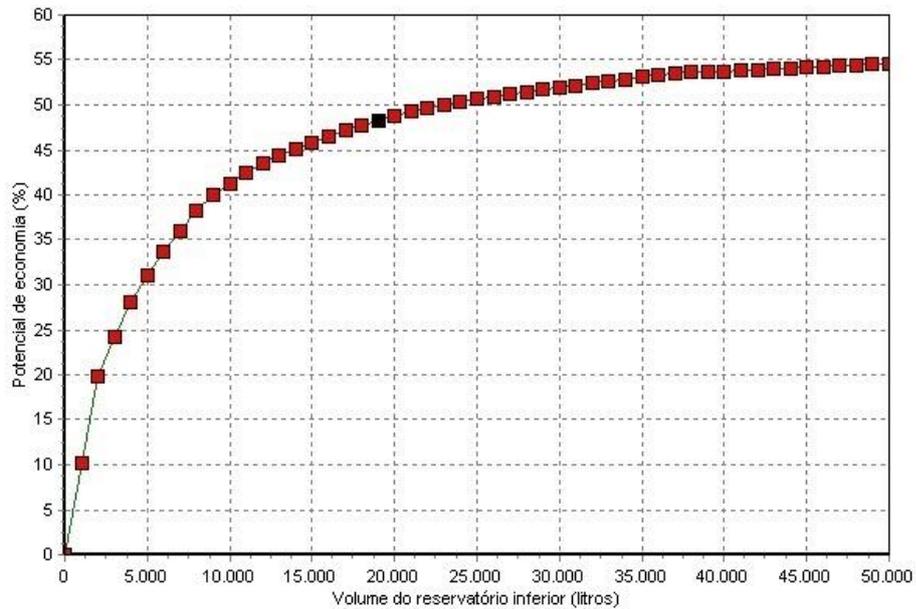


Figura 4.3 - Simulação para 60 % de água potável a ser substituída por pluvial

A simulação para 60% de água potável a ser substituída por pluvial, ilustrado na figura 4.3, demonstra um volume para o reservatório inferior de 19.000 litros e um potencial de economia de água potável de 48,32%.

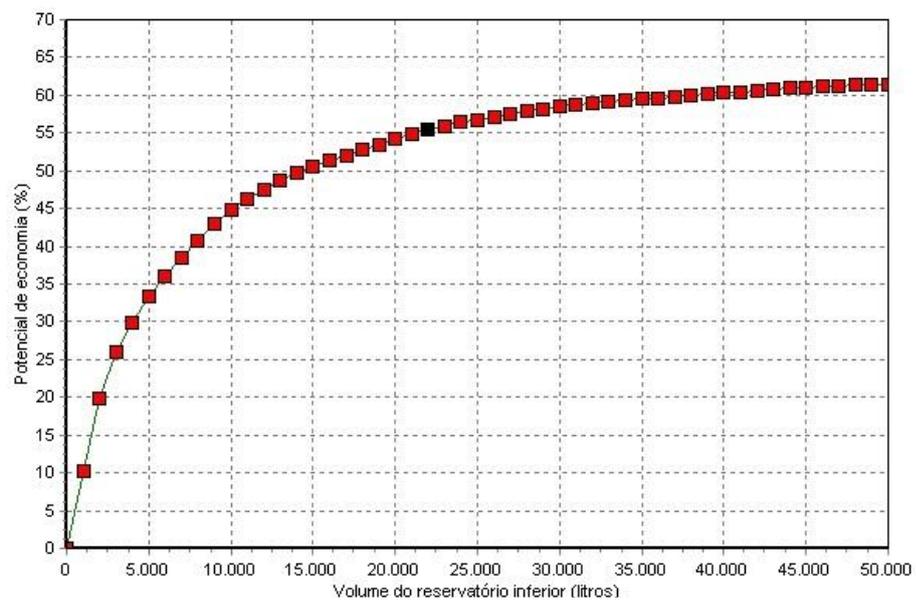


Figura 4.4 - Simulação para 70% de água potável a ser substituída por pluvial

Já o volume do reservatório inferior para 70% de água potável a ser substituída por pluvial é de 22.000 litros com um potencial de economia de água potável 55,41%, conforme figura 4.4

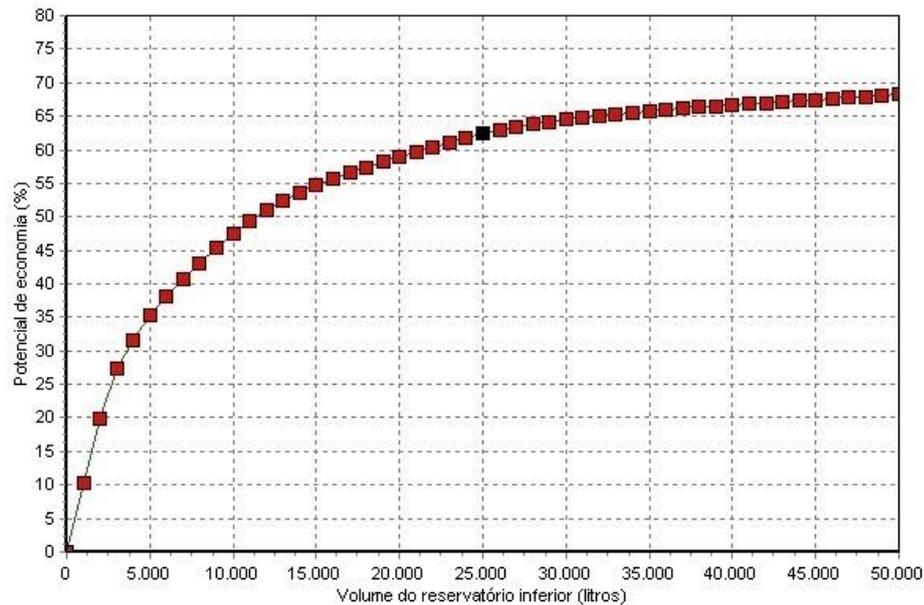


Figura 4.5 - Simulação para 80% de água potável a ser substituída por pluvial

Na figura 4.5, para 80% de água potável a ser substituída por pluvial, o programa simula um volume ideal para o reservatório inferior de 25.000 litros, tendo um potencial de economia de água potável de 62,39%.

Fazendo uma análise das figuras e comparando os diversos percentuais de água a ser substituída, é possível indicar o reservatório ideal com os resultados obtidos.

Para facilitar a visualização, a figura 4.6 ilustra todos os resultados de potencial de economia de água potável em percentual, obtidos no programa Netuno, através das variações de diferentes volumes de reservatório inferior e diferentes percentuais de água potável, que poderiam ser substituídos por água pluvial.

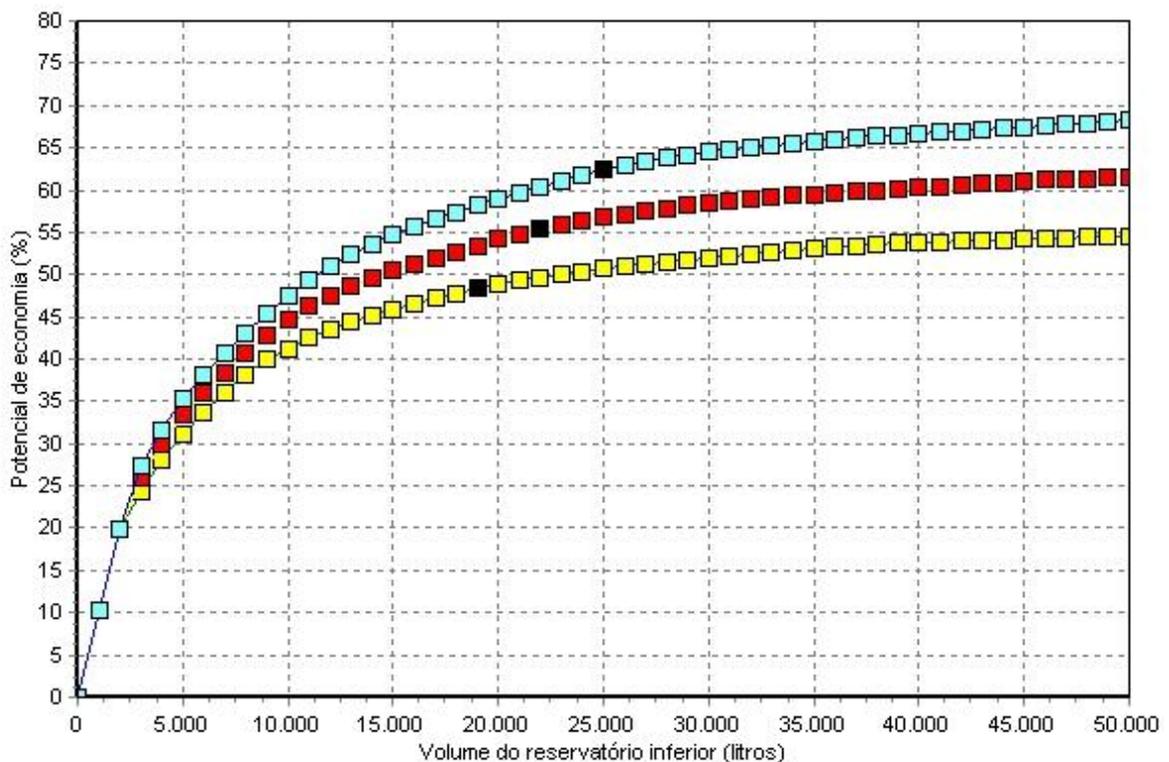


Figura 4.6 - Simulação para 60%,70% e 80% de água potável a ser substituída por pluvial

Entre as variáveis dos percentuais, observa-se que para 80% de água potável a ser substituída por pluvial o programa estimou um reservatório de 25.000 litros para um potencial econômico de água potável previsto de 62,39%, sendo assim 17,61% a menos do que o previsto.

Já na simulação feita com 70% de água potável a ser substituída por pluvial, o programa estimou um reservatório de 22.000 litros, tendo um potencial de economia de água potável previsto de 55,41%, ficando com 14,59% abaixo do previsto.

Tendo a ultima simulação com entrada de 60% de água potável a ser substituída por pluvial, programa estimou um reservatório de 19.000 litros para um potencial econômico de água potável previsto de 48,32%, ou seja, 11,68% a menos do que o previsto.

Levando em consideração os potenciais econômicos 62,39% e 55,41% que não alcançaram um índice satisfatório em relação aos de entrada (80%,70%), a capacidade do reservatório ideal para esse estudo de caso, é de 19.000 litros obtendo o menor volume para reservatório entre os simulados, porém determinando a menor diferença em o índice de entrada (60%) e o potencial econômico previsto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi determinante para o dimensionamento ideal de um reservatório de águas pluviais para o Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério no município de Santo Antonio da Platina/PR.

De principio com a intenção de estimar os usos finais de água, foi posto em prática um breve levantamento de dados relativos ao número de pessoas que utilizam o prédio e faturas de consumos de água. Com base nos resultados encontrados na revisão bibliográfica, verificou-se que as variantes de percentuais de usos finais de água em escolas são 60%, 70% e 80%.

Juntamente com a quantidade de usuários do prédio, os registros pluviométricos anual juntamente com a área dos telhados, chegou a uma estimativa com o auxilio do Programa Netuno 2.2 ao volume ideal do reservatório inferior, com o seu potencial de economia de água potável compatível com o a ser substituída por pluvial.

O dimensionamento apontou um volume de 19.000 litros como ideal, cujo potencial de economia é 48,32%.

O Programa Netuno 2.2 é indicado a todas as pesquisas que tem como objetivo implantar um sistema para aproveitamento de água pluvial. Este tem base de entrada simples e essencial para todas as metodologias com este modelo de sistema, com o beneficio de graficamente mostrar os potencias de redução para diferentes volumes de reservatório inferior.

Portanto, com o presente estudo constatou que o correto dimensionamento levando em consideração as diversas tipologias das escolas é de grande importância para a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, trazendo benefícios financeiros e ambientais, proporcionando grande potencial de economia de água potável e preservando os recursos hídricos da região, sendo eles a médio e curto prazos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Água no Brasil e no mundo.** (Mapas). Agência Nacional de Águas. 2007a. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2007.asp>. Acesso em: 07 out. 2008.

BELLA CALHA. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br>. Acessado em outubro de 2010.

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

CLARKE, R; KING, J. **O atlas da água:** O mapeamento completo do recurso mais precioso do mundo. São Paulo: PubliFolha, 2005. 128p.

GHISI, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V. L. Netuno 2.2. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2009.

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

Google Maps. Disponível em: <http://maps.google.com.br>. Acessado em novembro 2010.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino:** Estudo de caso em Florianópolis - SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. 109p.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC.** Trabalho de

Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SEED. Secretaria do Estado da Educação. Disponível em:<http://www.seed.pr.gov.br>. Acessado em maio de 2007.

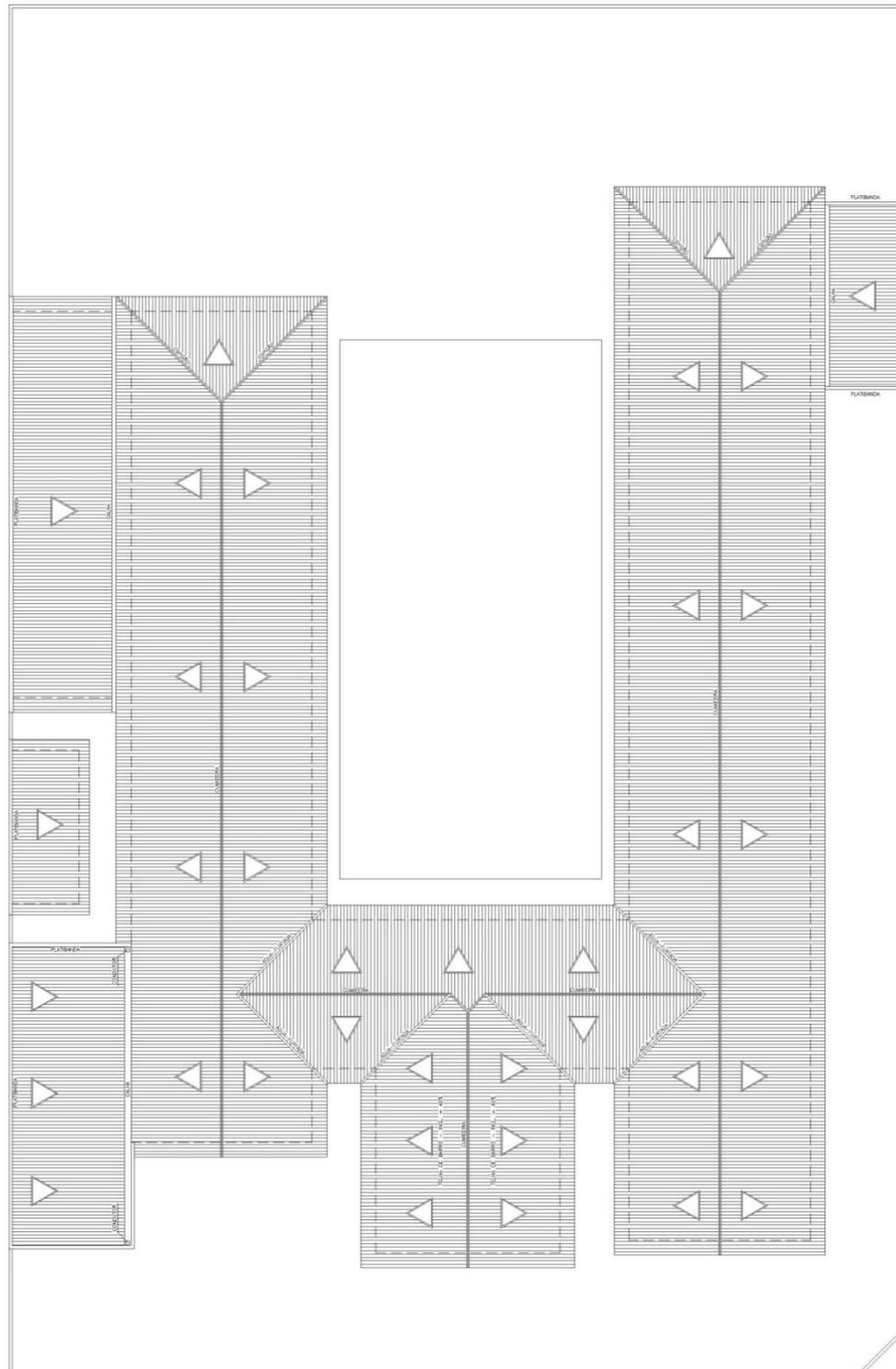
TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 312p.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Planta de cobertura Colégio Estadual Dona Moralina Eleutério no município de Santo Antonio da Platina/PR.



PLANTA DE COBERTURA

RUA AGOSTINHO RODRIGUES FERRERA