

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

THAYSE KARLINSKI

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS
EM EDIFICAÇÕES DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM SÃO LUIZ GONZAGA –
RIO GRANDE DO SUL**

**Alegrete
2015**

THAYSE KARLINSKI

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS
EM EDIFICAÇÕES DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM SÃO LUIZ GONZAGA –
RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Adriana Gindri Salbego

**Alegrete
2015**

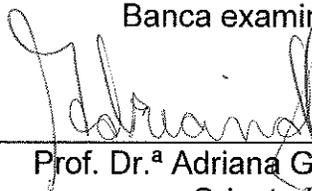
THAYSE KARLINSKI

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS
EM EDIFICAÇÕES DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM SÃO LUIZ GONZAGA –
RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 20 de janeiro de 2015.

Banca examinadora:



Prof. Dr.ª Adriana Gindri Salbego
Orientador
(UNIPAMPA)



Prof. Me. Marília Ferreira Tamiosso
(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Flávio Fernandes dos Santos
(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho aos meus pais, noivo e professora orientadora, pois sem a ajuda e dedicação de vocês esta realização e conquista não seria possível.

AGRADECIMENTO

À Prof. Adriana Gindri Salbego pela orientação, dedicação e incansável participação nesta minha caminhada, me ajudando em todos os sentidos e principalmente se tornando amiga.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite e colaborarem para o crescimento do trabalho.

Ao meu pai e minha mãe, pela eterna dedicação, força, carinho, esforço e pelos inúmeros conselhos. Meus alicerces de princípios e valores, sem os quais nenhuma conquista teria o mesmo sentido.

Ao meu noivo, pela paciência, carinho, compreensão e por me proporcionar muitos momentos de alegria mesmo nas minhas constantes ausências.

À Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, por todo o tempo e dedicação no fornecimento de informações para elaboração deste trabalho.

Aos familiares, amigos, professores, todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

Um dos assuntos mais comentados na atualidade, devido a sua importância, é o racionamento da água. Durante décadas, pensava-se que a água era um bem infinito, o que resultou em problemas ambientais seríssimos, como a escassez de alguns recursos hídricos. Desta forma, surgem as fontes alternativas para o abastecimento de pontos que não necessitavam de água potável, como por exemplo, o aproveitamento da água da chuva. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de captação da água chuva na Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, localizada no município de São Luiz Gonzaga. Primeiramente, foram levantados dados para caracterização da escola, como área de limpeza, jardinagem, número de alunos, entre outros, para o cálculo da demanda da edificação. Após realizou-se um estudo hidrológico, com base em séries históricas, com o intuito de caracterizar o regime de precipitações e respectivas intensidades. Determinou-se as áreas de captação, o dimensionamento dos reservatórios, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), os locais de implantação dos reservatórios e, por fim, efetuou-se um estudo de viabilidade da implantação do sistema de captação e armazenamento. Todas essas etapas foram necessárias para avaliar o potencial de economia de água potável, que resultou em cerca de 70%. Os custos para implantação do sistema equivalem a R\$ 82.335,91, sendo que análise de viabilidade técnico-econômica aponta um período de retorno do investimento de 7 anos e 2 meses. Desta forma, o presente trabalho constatou que a implantação do sistema de captação da água da chuva para fins não potáveis na Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente mostrou-se economicamente viável, pois apresentou um grande potencial de economia de água potável (70%) e um período de retorno relativamente médio.

Palavras-Chave: captação de água da chuva, não potável, viabilidade técnico-econômica.

ABSTRACT

One of the most talked about topics today, due to its importance, is the rationing of water. For decades, it was thought that water was an infinite good, which resulted in very serious environmental problems, such as the scarcity of water resources in several locations. Thus, there alternative sources to supply uses which did not require potable water, such as the use of rainwater. This word aims to analyze the technical and economic viability of implementing the rainwater capture system at Gustavo Langsch – Polivalente high school, located in the municipality of São Luiz Gonzaga / RS. First, the data were collected to characterize the school, such as the cleaning area, gardening, the number of students, teachers, staff, number of meals served, for the calculation of the building demand. After there was a hydrological study, based on historical data, in order to characterize the rainfall regime and its intensity. It was determined the roof catchment areas, made the design of reservoirs, as well as setting the deployment location and finally, it was performed viability study on the implementation of the capture and storage system. All these steps were necessary to evaluate the potential of potable water, which resulted in around 70%. The costs for implementing the system were equivalent to R\$ 82.335,91, and the analysis of technical and economic viability points a payback period of the investment of 7 years and 2 moths. Therefore, the present study found that the implementation of rainwater catchment system for non-potable purposes at Gustavo Langsch – Polivalente High School has shown economically viable, for showing a great potential of potable water (70%) and a relatively average return period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do consumo	20
Figura 2- Esquema típico de funcionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva.....	26
Figura 3 - Sistema de grade localizada sobre grelha	28
Figura 4 - Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado	29
Figura 5 - Localização de São Luiz Gonzaga no Estado do Rio Grande do Sul	31
Figura 6 - Vista aérea da área de estudo	32
Figura 7 - Planta de situação e localização.....	1
Figura 8 - Planta Baixa da escola em estudo	1
Figura 9 - Dados da estação pluviométrica de São Luiz Gonzaga	35
Figura 10 - Consumo de água, custo das faturas de água de jun/2011 a jul/2012 e média de consumo para o período na Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente	42
Figura 11 - Localização das estações pluviométricas vizinhas de São Luiz Gonzaga	45
Figura 12 - Telhados utilizados para captação da água da chuva	50
Figura 13 - Dimensões dos reservatórios utilizados para reserva da água da chuva coletada	56
Figura 15 - Localização dos reservatórios na escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, para o Método Prático Alemão.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.....	18
Tabela 2: Porcentagem consumida de água por cada atividade doméstica	21
Tabela 3: Consumo nas atividades.....	22
Tabela 4: Coeficiente de escoamento.....	27
Tabela 5: Quantificação de usuários na área de estudo.....	41
Tabela 6: Dados para caracterização da instituição em estudo	43
Tabela 7: Precipitação mensal na estação pluviométrica de São Luiz Gonzaga - período 1992 - 1998	44
Tabela 8: Dados das estações pluviométricas vizinhas de São Luiz Gonzaga	46
Tabela 9: Dados das estações pluviométricas de São Luiz Gonzaga com a correção da falha realizada pelo método da Ponderação Regional	47
Tabela 10: Número de usuários da Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente com seus respectivos consumo	48
Tabela 11: Consumo das atividades consumidoras de água na escola	48
Tabela 12: Consumo diário por atividade da Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch - Polivalente.....	49
Tabela 13: Consumo diário de água não potável para cada atividade / consumidor.....	49
Tabela 14: Dimensionamento pelo Método de Rippl.....	51
Tabela 15: Dimensionamento pelo Método da Simulação	52
Tabela 16: Dimensionamento pelo Método de Azevedo Neto	53
Tabela 17: Dimensionamento pelo Método Prático Alemão.....	54
Tabela 18: Dimensionamento pelo Método Prático Inglês	54
Tabela 19: Resumo dos valores dos reservatórios para cada método apresentado na NR 15527	55
Tabela 20: Reservatórios escolhidos para cada método de dimensionamento de reservatórios	57
Tabela 21: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método de Rippl	59
Tabela 22: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método da Simulação	60
Tabela 23: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método de Azevedo Neto	60
Tabela 24: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método Prático Alemão	60

Tabela 25: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método Prático Inglês.....	61
Tabela 26: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método de Rippl.....	61
Tabela 27: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método da Simulação	61
Tabela 28: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método de Azevedo Neto	62
Tabela 29: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método Prático Alemão.....	62
Tabela 30: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método Prático Inglês	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

C – Coeficiente de escoamento superficial

CORSAN – Companhia Regional de Saneamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ONU – Organização das Nações Unidas

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PVC – Policloreto de polivinila

RS – Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo Geral:	15
1.1.2 Objetivos Específicos:	15
1.2 Justificativa	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Disponibilidade de recursos hídricos	17
2.1.1 Recursos hídricos no Brasil	17
2.1.2 Conservação de água no meio urbano	19
2.1.3 Usos múltiplos da água	19
2.1.3.1 Uso da água em edificações	21
2.2 Aproveitamento de água da chuva	23
2.2.1 Metodologias para dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água da chuva	23
2.2.1.1 Método de Rippl	23
2.2.1.2 Método da simulação	24
2.2.1.3 Método de Azevedo Neto	24
2.2.1.4 Método Prático Alemão	25
2.2.1.5 Método Prático Inglês	25
2.3 Componentes básicos de um sistema para captação de água da chuva	26
2.3.1 Captação	26
2.3.2 Dispositivos de condução da água (horizontal e vertical)	27
2.3.3 Dispositivo de primeira lavagem	28
2.3.4 Armazenamento	29
2.3.5 Distribuição	29
3 METODOLOGIA	31
3.1. Caracterização da área de estudo	31
3.2 Levantamento dos dados pluviométricos	35
3.3. Demanda hídrica da edificação	36
3.4 Definição das superfícies de captação de água da chuva na edificação	38
3.5 Dimensionamento dos reservatórios	38
3.6 Definição dos locais de implantação dos reservatórios	38
3.7 Localização e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais	39
3.8 Estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema	39
4 RESULTADOS	41
4.1. Considerações Iniciais	41
4.2. Caracterização da área de estudo	41
4.3 Levantamento e análise de dados pluviométricos	43
4.4 Determinação da demanda hídrica da edificação	47
4.5 Definição das superfícies de captação de água da chuva na edificação	50
4.6 Dimensionamento dos reservatórios	51
4.6.1 Método de Rippl	51
4.6.2 Método da Simulação	52
4.6.3 Método de Azevedo Neto	53
4.6.4 Método Prático Alemão	53

4.6.5 Método Prático Inglês	54
4.7 Análise das metodologias	54
4.8 Definição dos reservatórios	55
4.9 Definição dos locais de implantação dos reservatórios.....	57
4.10 Localização e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais.....	58
4.11 Estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema	58
4 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES	68

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda pelo uso da água evidenciado ao longo do tempo, sobretudo nas últimas décadas, vem causando sérios conflitos entre os usuários em muitas regiões da Terra, fazendo com que a água se torne um fator limitante do desenvolvimento sustentável.

As elevadas demandas no abastecimento público geram conflitos potenciais por usos múltiplos da água no País. Em grandes centros urbanos isso tem se tornado cada vez mais frequente. De acordo com a Lei das Águas – Lei Federal nº 9.433/97 –, em caso de escassez de água, a prioridade é do abastecimento público e dessedentação animal.

A importância da discussão acerca da sustentabilidade hídrica intensifica-se, à medida que a demanda do abastecimento público aumenta, causada pelo crescimento populacional e também pelas mudanças nos padrões de consumo.

Entretanto, verifica-se que uma grande parcela do volume de água potável utilizado em edificações destina-se a fins não potáveis, como o uso em bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de carros e calçadas, limpeza em geral, entre outras aplicações.

De forma a suprir estes usos menos nobres, existem algumas fontes alternativas de abastecimento, como: aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. O aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais econômicas para preservar a água potável (ANNECCHINI, 2005).

A água da chuva é um recurso hídrico disponível a todas as pessoas, independente das condições econômicas e sociais. A sua utilização, além de contribuir com o uso racional da água potável, melhora o sistema de drenagem urbana, auxiliando no controle de alagamentos.

Considerando que, segundo Marinoski (2007), o consumo de água para fins não potáveis em edificações de ensino equivale a cerca de 65% do volume total utilizado, o presente trabalho tem como tema um estudo sobre a implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva para fins menos nobres em uma instituição de ensino.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral:

Analisar a viabilidade técnico-econômica de implantação de um sistema de captação da água da chuva em edificação de ensino, visando à utilização para fins não potáveis, tendo como área de estudo a Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, localizada no município de São Luiz Gonzaga/RS.

1.1.2 Objetivos Específicos:

Como objetivos específicos têm-se:

- efetuar um estudo hidrológico, com base em séries históricas de uma estação meteorológica mais próxima da área de estudo, caracterizando o regime de precipitações e respectivas intensidades;
- quantificar a demanda hídrica para uso com fins não potáveis na edificação em estudo;
- determinar a área de captação de telhado necessária para atender a demanda da edificação;
- dimensionar os reservatórios para captação de água da chuva utilizando diferentes métodos propostos pela NBR 15527 (ABNT, 2007);
- efetuar uma análise comparativa entre o volume dos reservatórios obtidos através dos diferentes métodos;
- definir os locais de implantação dos reservatórios e dimensionar os sistemas de condução de águas pluviais;
- efetuar um estudo de viabilidade técnico-econômica da implantação do sistema de captação, armazenamento e uso da água da chuva para fins não potáveis, considerando os custos de implantação, o potencial de economia no consumo de água potável e no valor das tarifas mensais da fatura de serviços de água.

1.2 Justificativa

A utilização da água da chuva, além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais/ subterrâneas de água potável, reduz o escoamento superficial, minimizando problemas de alagamentos.

O aproveitamento da água da chuva, advinda de telhados, permite o uso para fins menos nobres, como em bacias sanitárias, rega de jardins e limpeza em geral, reduzindo, assim, o consumo de água tratada, além de minimizar o acúmulo de água em áreas próximas ao deságue dos condutores de calhas (pátios).

Em edificações de ensino, cerca de 65% do consumo de água diário destina-se ao uso em bacias sanitárias e limpeza do prédio. A rega de jardins, muitas vezes é restrita, em função do volume de água necessário que se reflete no valor da fatura mensal de água.

Desta forma, o presente estudo visa analisar a viabilidade de implantação de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis em uma edificação de ensino, pois tal sistema pode possibilitar a contribuição para a redução no consumo de água potável e, conseqüentemente no valor de pagamento da fatura mensal de consumo de água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, discorre-se sobre conceitos fundamentais buscados na literatura que irão nortear o presente trabalho.

2.1 Disponibilidade de recursos hídricos

As águas no planeta estão divididas da seguinte forma: 97% das águas são salgadas e 3% delas são doce (WEIERBACHER, 2008). Dos 3% de água doce, 80% está congelada nas calotas polares do Oceano Ártico, na Antártida e nas regiões montanhosas, ou em lençóis subterrâneos muito profundos, sobrando apenas 20% do volume da água para o consumo humano (BERTOLO, 2006).

A queda de disponibilidade de água deve-se pelo aumento da população mundial e pelo crescimento do consumo *“per capita”* registrados nas últimas décadas (BERTOLO, 2006). Este problema agrava-se, pois, para Pereira Júnior (2004, p.4), “a América do Norte dispõe de 30 vezes mais recursos hídricos por habitantes do que o norte da África, e o Canadá de 25 vezes mais do que o México”. O referido autor observa ainda que países com maior disponibilidade de água não são os de maior extensão territorial, mas sim países com pequena dimensão e pouco povoados.

Com a grande variação aleatória das precipitações atmosféricas ao longo do tempo, essa distribuição não uniforme vai se agravando, pois as precipitações tornam-se escassas em determinados períodos de tempo e muito abundantes em outros. As duas situações ocasionam problemas seríssimos, como as inundações e as secas (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

2.1.1 Recursos hídricos no Brasil

O Brasil é um país privilegiado por dispor de 12% da água doce do mundo (TOMAZ, 2001) e ter a maior reserva de água doce subterrânea, o Aquífero Guarani, com 1,2 milhões de quilômetros quadrados. No entanto, essa água não é distribuída uniformemente por todo o território brasileiro, o que torna certos lugares muito escassos de água para consumo (SILVA, 2012?).

Pelos dados apresentados na Tabela 1 pode-se observar que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água e onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Como exemplo cita-se a região sudeste do Brasil, que concentra o maior percentual de população, em relação às outras regiões, porém, possui uma disponibilidade hídrica de apenas 6% do total nacional. Já a região norte, que dispõe da maior disponibilidade de água, tem uma população de apenas 8 % (GHISI, 2006, *apud* WEIERBACHER, 2008).

Tabela 1: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil

Região do Brasil	Área territorial (%)	Disponibilidade de água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: Ghisi (2006, *apud* WEIERBACHER, 2008)

A crise da água não é consequência apenas de fatores climáticos e geográficos, mas, principalmente do uso irracional dos recursos hídricos. Entre as causas do problema figuram: o fato de a água não ser tratada como um bem estratégico no País, a falta de integração entre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e as demais políticas públicas, os graves problemas na área de saneamento básico e a forma como a água doce é compreendida, visto que muitos a consideram um recurso infinito (SILVA, 2012?).

Para a preservação dos corpos hídricos e para garantir o acesso a eles, o Brasil terá de promover uma gestão eficiente, que busque a equalização da água.

Para a definição dos marcos regulatórios principais e da capacidade de suporte de cada bacia, é fundamental o conhecimento das necessidades dos diversos usuários e da capacidade de oferta e de renovação das fontes naturais (FREITAS, 1999, *apud* SILVA, 2012?).

2.1.2 Conservação de água no meio urbano

Com o surgimento do homem, o planeta passou a ser modificado e os seus ciclos naturais começaram a entrar em transformação. Os fortes impactos ambientais, como o desmatamento, a industrialização acelerada e a ocupação humana, sem planejamento, são os principais fatores das mudanças relativas ao clima e a nossa atmosfera (FERREIRA, 2014).

Para Tomaz (2001), a conservação da água é um conjunto de atividades com o objetivo de melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma; reduzir a demanda da água e; implantar práticas agrícolas para economizar a água.

De acordo com Bertolo (2006, p.3), “as águas que caem nos continentes têm três destinos: penetram no solo, escorregam diretamente para os cursos de água ou evaporam-se”. O referido autor explica que a água que percola no subsolo e atravessa-o, lentamente, é encaminhada até os mares através dos rios. Este é o chamado ciclo hidrológico, um “*circuito fechado*” que funciona como tal há bilhões de anos, em escala planetária, sustentando a vida e participando no seu ciclo biológico.

A intervenção humana no ciclo da água deu origem a um ciclo menor, de natureza antrópica, que acontece dentro das cidades, denominado ciclo urbano das águas (WEIRBACHER, 2008).

O ciclo urbano das águas integra as atividades de captação, tratamento e distribuição da água de abastecimento, até o recolhimento e devolução das águas residuais ao meio hídrico – este ciclo engloba o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais (PROSAB, 2006).

Como exemplos de usos antrópicos da água têm-se (PROSAB, 2006): irrigação de culturas agrícolas; manejo urbano de águas pluviais; turismo; uso humano para ingestão, higiene e usos domésticos em geral; usos urbanos em regas de jardins, lavagens de ruas; produção de energia; controle de inundações; navegação; paisagismo; diluição de esgotos; regularização de escoamento; uso industrial, em comércio, em serviços, entre outras aplicações.

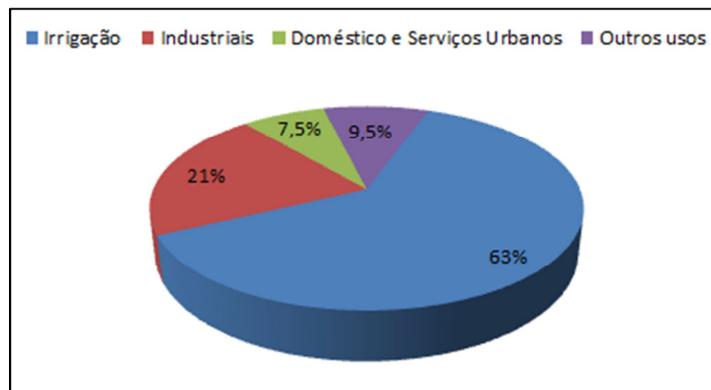
2.1.3 Usos múltiplos da água

Essencial à vida, a água é um elemento necessário a diversas atividades humanas, tais como: geração de energia elétrica, abastecimento doméstico,

abastecimento industrial, irrigação, navegação, recreação, turismo, pesca, diluição de esgotos, entre outras.

Segundo Pereira Júnior (2004), o consumo de água em termos globais é o seguinte: a irrigação é responsável por cerca de 63% das retiradas ou derivações de água; os usos industriais por 21%; e o uso doméstico e em serviços urbanos por cerca de 7,5 %. Outros usos correspondem pelos restantes 9,5 %.

Figura 1 - Distribuição do consumo



Fonte: Elaboração própria

Por ser considerada como uma das bases do desenvolvimento da sociedade moderna, o uso sustentável da água é motivo de grande preocupação. Muitos são os desafios que se relacionam à busca de soluções sustentáveis para problemas como: escassez e/ou excesso de água, deterioração da qualidade da água e, principalmente, com a percepção inadequada da sociedade para com os recursos hídricos.

De acordo com o disposto no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), datado de 2006, o consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes entre 1900 e 1995, o que corresponde a mais do que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial. Cerca de um bilhão de habitantes não tem acesso ao abastecimento de água de boa qualidade, ressaltando-se que 40% da população mundial vive em regiões onde a disponibilidade de água já impõe restrições para o seu uso, percentual este que poderá atingir 65% nos próximos 50 anos.

2.1.3.1 Uso da água em edificações

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de 3,3 m³/mês (cerca de 110 litros de água por dia) para atender suas necessidades de consumo e higiene. No entanto, cabe destacar que, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia (SABESP, 2014).

Em edificações residenciais, a água é utilizada para diversos fins, citando-se como exemplo: beber, preparo de comida, higiene pessoal, saneamento domiciliar, limpeza do vestuário e da moradia, entre outras funções que dependem do clima, da cultura, do poder aquisitivo e dos hábitos alimentares (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

Na visão do mesmo autor, o uso doméstico não é uniforme, pois, 4% da população mundial utiliza mais de 300 litros diários “*per capita*”, enquanto 75% utiliza menos de 50 litros diários “*per capita*”.

De acordo com Oliveira (2004), o consumo diário de água em uma habitação é de 200 litros por habitante, sendo consumido nas atividades domésticas indicadas na Tabela 2.

Tabela 2: Porcentagem consumida de água por cada atividade doméstica

Aparelhos	Consumo (%)
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	5
Lavação de roupa	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

Fonte: Oliveira (2004, p.41)

Na Tabela 2 observa-se que a descarga sanitária e o chuveiro são responsáveis por 78% do consumo de água em uma habitação.

Segundo Tomaz (1998), em uma residência, uma pessoa ocupa em média cinco vezes o vaso sanitário, por dia, e cada descarga (caixa externa) utiliza em torno de 12 litros de água.

O valor de consumo de água vem aumentando e ele é decorrente do crescimento populacional e da melhoria da renda da população. Nos chamados

países desenvolvidos, o consumo já está se estabilizando, entretanto, ainda não ocorre em países em desenvolvimento, onde se concentra a maior parte do crescimento populacional (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

Especificamente para edificações de ensino, o uso da água com fins não potáveis destina-se essencialmente à: bacias sanitárias, limpeza do prédio e rega de jardim.

De acordo com Ferreira (2014), os valores de consumo diário para escolas (externatos) é de 50 litros *per capita*, para jardins é de 1,5 litros/m² e para limpeza da edificação, o consumo é de 5 litros/m².

Para realizar o consumo dos aparelhos sanitários leva-se em consideração o número de alunos, funcionários e professores da escola. O cálculo do consumo referente à limpeza da edificação leva em consideração a área construída e para o consumo com rega de jardim considera-se a área de verde da edificação.

Marinoski (2007) conduziu um estudo em edificações de ensino em Florianópolis/SC, quantificando o consumo diário de água para cada aparelho sanitário, considerando os diferentes tipos de usuários: alunos, alunas, funcionários, funcionárias, professores e professoras. A Tabela 3 apresenta os referidos consumos.

Tabela 3: Consumo nas atividades

Usuários	Alunos	Alunas	Funcionários	Funcionárias	Professores	Professoras
Aparelhos	Consumo (litros/dia/pessoa)					
Torneira	2,1	2,15	2,79	5,42	2,93	2,37
Bebedouro	0,33	0,36	0,03	0,02	0,06	0,02
Vaso Sanitário	6,09	28,01	7,89	45,14	6,4	29,24
Mictório	1,88	-	3,24	-	2,43	-
TOTAL	10,4	30,52	13,95	50,58	11,82	31,63

Fonte: Adaptado de Marinoski (2007)

Para o consumo de água para atividades do refeitório, os dados da literatura, como de Ferreira (2014), indicam um consumo médio de 25 litros por refeição servida. Entretanto, Souza, Santos e Santos(2012) realizaram um estudo de consumo de água em restaurantes da cidade de Cascavel/PR, no qual determinaram o consumo médio de 11 litros por refeição servida.

2.2 Aproveitamento de água da chuva

O manejo e o aproveitamento da água de chuva vêm ganhando ênfase por ser um meio simples e eficaz de atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo. Levando em consideração que há vários aspectos positivos do uso de aproveitamento de água pluvial, possibilitando assim reduzir o consumo de água da rede pública, bem como o custo de fornecimento, ademais, evitando desperdício de um recurso natural escasso e ajuda a conter as enchentes. Destaca-se que investimentos em estruturas para aproveitamento de água da chuva apresentam retorno de investimento a partir de 2,5 anos. (MAY, 2004).

2.2.1 Metodologias para dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água da chuva

A seguir são apresentadas metodologias para dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água da chuva, propostas na NBR 15527 (ABNT, 2007).

2.2.1.1 Método de Rippl

Este método leva em consideração as séries históricas pluviométricas mensais ou diárias. O volume de chuva aproveitável é subtraído da demanda em um mesmo intervalo de tempo, como mostra a equação 1.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \dots (1)$$

$$Q_t = C * \text{precipitação da chuva}_{(i)} * \text{área de captação} \quad \dots (2)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \dots (3)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ = volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ = a demanda ou consumo no tempo t;

V = volume do reservatório;

C = é o coeficiente de escoamento superficial.

2.2.1.2 Método da simulação

Este método não leva em consideração a evaporação da água e os dados históricos são importantes para incorporar no sistema os períodos críticos de seca e características sazonais, como indica a equação 4.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \dots (4)$$

$$Q_t = C * \text{precipitação da chuva}_{(i)} * \text{área de captação} \quad \dots (5)$$

$$0 \leq S_{(t)} \leq V \quad \dots (6)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ = volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$ = demanda ou consumo no tempo t;

V = volume do reservatório;

C = coeficiente de escoamento superficial.

2.2.1.3 Método de Azevedo Neto

Este método desconsidera a demanda e considera somente o volume captado e o período de estiagem (mensal), sendo apresentado na equação 7.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \dots (7)$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.2.1.4 Método Prático Alemão

É um método empírico, apresentado pela equação 8, no qual se toma o menor valor de volume do reservatório, 6% do volume anual de consumo, ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad \dots (8)$$

Onde:

V = valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D = valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado = valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.2.1.5 Método Prático Inglês

O volume de chuva é obtido pela equação 9.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \dots (9)$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

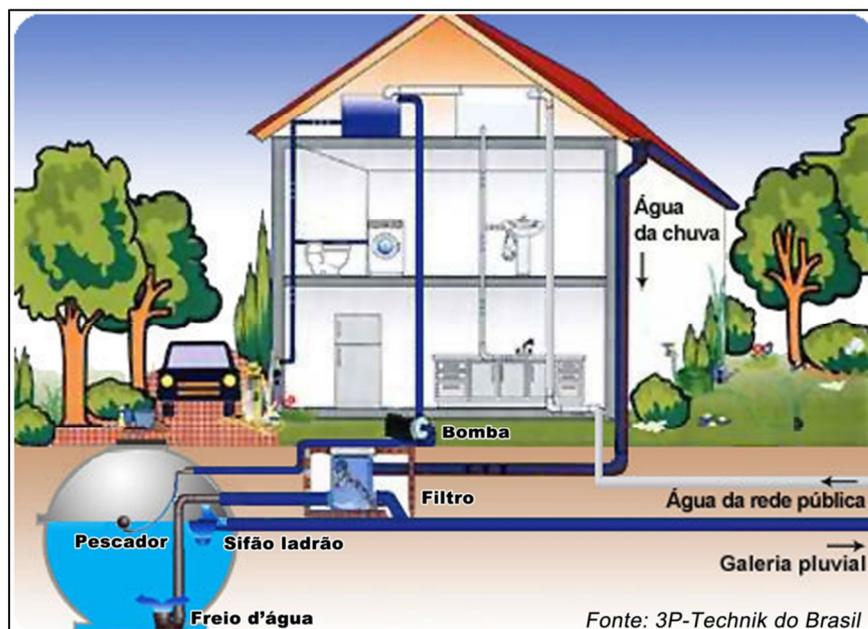
A = valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

2.3 Componentes básicos de um sistema para captação de água da chuva

A captação de água da chuva é composta por cinco fases: captação, filtragem, armazenagem e distribuição. O sistema de coleta e distribuição da água é apresentado na Figura 4, onde é possível observar o sistema através de todos os seus processos. A água que escoa no telhado é coletada pelas calhas e através de condutores é transportada até um filtro e deste filtro percorre até uma cisterna. Da cisterna ela vai para um reservatório superior, neste caso da Figura 4, através de uma bomba. Depois que a água está no reservatório superior ela é direcionada para os seus pontos consumidores.

Figura 2- Esquema típico de funcionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva



Fonte: 3P Technik do Brasil Ltda (2014?, não paginado)

2.3.1 Captação

Segundo Weierbacher (2008, p. 38) “a captação da água da chuva é feita através de telhados, lajes de cobertura e varandas”. O tamanho da superfície de captação está diretamente relacionado ao potencial de água de chuva possível de ser aproveitado, e o material que forma esta superfície influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008).

Segundo Bertolo (2006, p.39), “a qualidade da água recolhida no telhado depende dos materiais utilizados na sua construção, dos materiais que nele se depositam e da sua manutenção”. O referido autor recomenda que a superfície de recolhimento seja lavada, pelo menos duas vezes ao ano, para manter o local adequado para recolhimento da água e que seja podada as árvores que estiverem pendentes sobre o local, para reduzir a quantidade de folhas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros.

O volume de água que pode ser aproveitado não é o mesmo do volume precipitado, tendo em vista as perdas que ocorrem por absorção e evaporação na superfície de recolhimento, que variam de acordo com o tipo de material do telhado. Desta forma, utiliza-se o coeficiente de escoamento superficial (C) para considerar esta parcela de perdas, que é o quociente entre a água que escoar pela superfície de captação e o total precipitado.

Alguns autores, como Tomaz (2003), adotam C igual a 0,80, que significa uma perda de 20% de toda a água precipitada. A Tabela 4 apresenta os valores de C adotados por alguns autores, para diferentes tipos de materiais.

Tabela 4: Coeficiente de escoamento

Material	Coeficiente de Escoamento	Autores
Telha Cerâmica	0,89 a 0,90	Frasier (1975) apud May(2004)
Telha Metálica	0,70 a 0,90	Frasier (1975) apud May(2004)
Telhado Verde	0,27	Khan (2001)

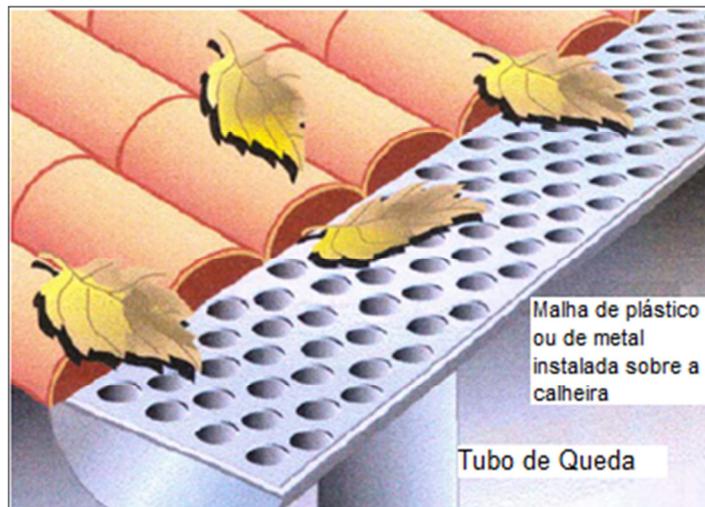
Fonte: Adaptada de Tomaz (2003)

2.3.2 Dispositivos de condução da água (horizontal e vertical)

No momento em que a água da chuva cai na superfície de recolhimento, ela é direcionada para as calhas que, por dispositivos de condução, levam-na para as cisternas (WEIERBACHER, 2008). Junto com a água são carregados sedimentos, folhas, detritos indesejáveis que podem prejudicar o funcionamento do sistema de captação, como, por exemplo, obstruindo os condutores e ocasionando o crescimento de culturas bacterianas no interior da tubulação (MACHADO, 2013).

Para que não ocorram obstruções e deficiência no sistema, aconselha-se a instalação de grelhas, para impedir que os detritos maiores cheguem na tubulação, como mostra a Figura 2. Mesmo com a execução da instalação da grelha é necessário inspecionar periodicamente os condutores horizontais e verticais (MACHADO, 2013).

Figura 3 - Sistema de grade localizada sobre grelha



Fonte: Waterfall (2002) *apud* May (2004, p. 38)

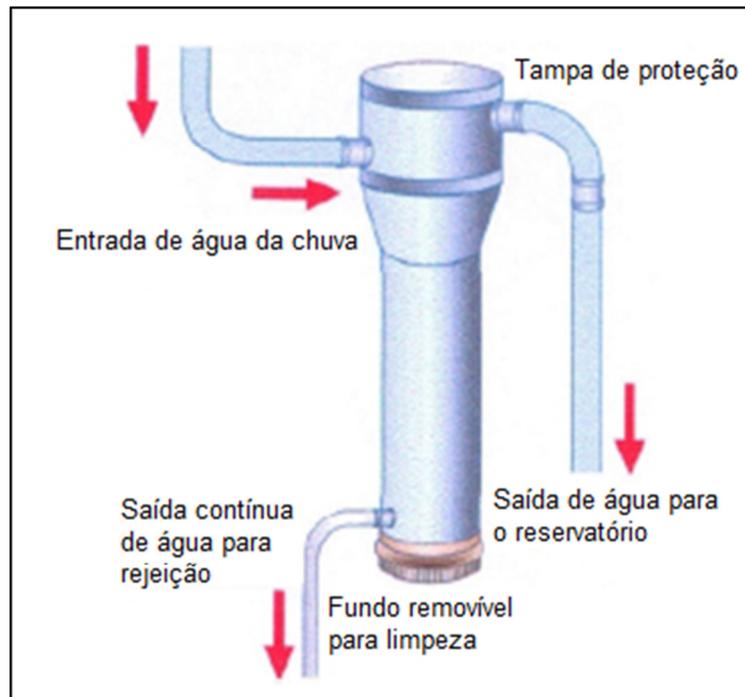
Cabe salientar que a NBR 10844 (ABNT, 1989) especifica o dimensionamento dos condutores horizontais e verticais, maximizando a quantidade de água captada e minimizando perdas de volumes consideráveis.

2.3.3 Dispositivo de primeira lavagem

Em algumas épocas do ano ocorrem períodos extensos sem precipitações, de forma que proporcionam um acúmulo de sujeira nos telhados. Quando chove, junto com a água escoam toda a sujeira contida na superfície. Por este motivo, aconselha-se descartar as águas iniciais, para que essas impurezas menores não fiquem contidas no sistema de captação (FLESCH, 2011).

A Figura 3 apresenta um sistema básico de descarte de escoamento inicial.

Figura 4 - Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado



Fonte: May (2004, p. 52)

2.3.4 Armazenamento

O reservatório de armazenamento é o investimento mais significativo no sistema de recolhimento de água da chuva. A sua localização, capacidade e a seleção do material deverá ser um momento muito delicado para reflexões, pois é por meio destes itens que o sistema terá uma melhor ou pior eficiência (BERTOLO, 2006).

No entendimento de Bertolo (2006), de forma a maximizar a eficiência, os reservatórios devem estar localizados tão perto quanto possível de ambos os pontos, seja do de fornecimento, seja do de consumo.

O material do reservatório deve ser durável, estanque em relação ao exterior, liso no interior e selado com juntas de material não tóxico e não deve permitir a penetração da luz solar, para não ocorrer crescimento de algas no seu interior. (BERTOLO, 2006).

2.3.5 Distribuição

A distribuição da água coletada pode ser feita com auxílio de um pressurizador, ou através de uma bomba de recalque. O pressurizador é utilizado quando a utilização da água ocorrer apenas no nível térreo da edificação. Ele deve ser instalado abaixo do nível da água da cisterna para que a leve aos pontos de consumo. Já a bomba de recalque, utensílio mais utilizado, leva a água para um reservatório específico para água da chuva e de lá é distribuída para toda a residência com canalização própria. Caso falte água da chuva é acionado um dispositivo, conectado ao reservatório de água potável, válvula solenoide que, com auxílio de uma chave bóia elétrica, abastece os pontos com água potável. (ACQUASAVE, 2008, *apud* WEIERBACHER, 2008).

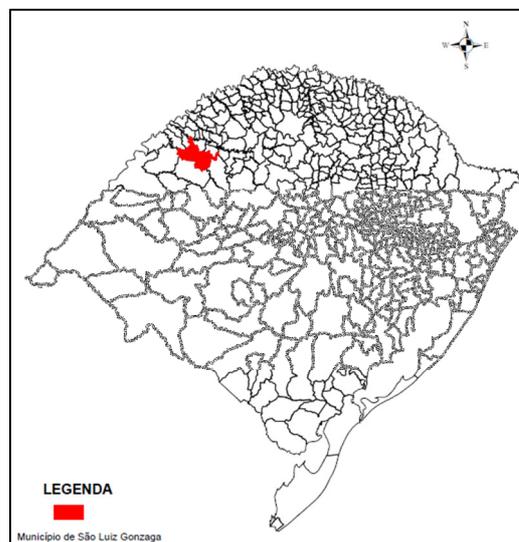
3 METODOLOGIA

Para verificar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de captação da água da chuva, para fins não potáveis, na Instituição de Ensino, Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, realizou-se um estudo que compreendeu o estudo de viabilidade técnica, com as seguintes etapas: caracterização da área de estudo, levantamento e análise de dados pluviométricos, determinação da demanda hídrica total da edificação e identificação da demanda hídrica não potável, definição das superfícies de captação de água da chuva, dimensionamento dos reservatórios, definição dos locais de implantação dos reservatórios, definição e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais e o estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema, pela análise de custos, potencial de economia, e do potencial econômico.

3.1. Caracterização da área de estudo

A Instituição de ensino em estudo, Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, está situada no bairro Frigorífico, na cidade de São Luiz Gonzaga, localizada a noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 5). O município possui uma população de 34.556 habitantes e superfície territorial de 1.295,678 km² (IBGE, 2014).

Figura 5 - Localização de São Luiz Gonzaga no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaboração própria

A referida escola desenvolve atividades de ensino fundamental e médio, nos três turnos. A edificação é térrea, constituída por salas de aula, biblioteca, sala de reunião, ginásio de esporte, banheiros, cozinha, refeitório, entre outras. A Figura 6 apresenta vista aérea da área de estudo.

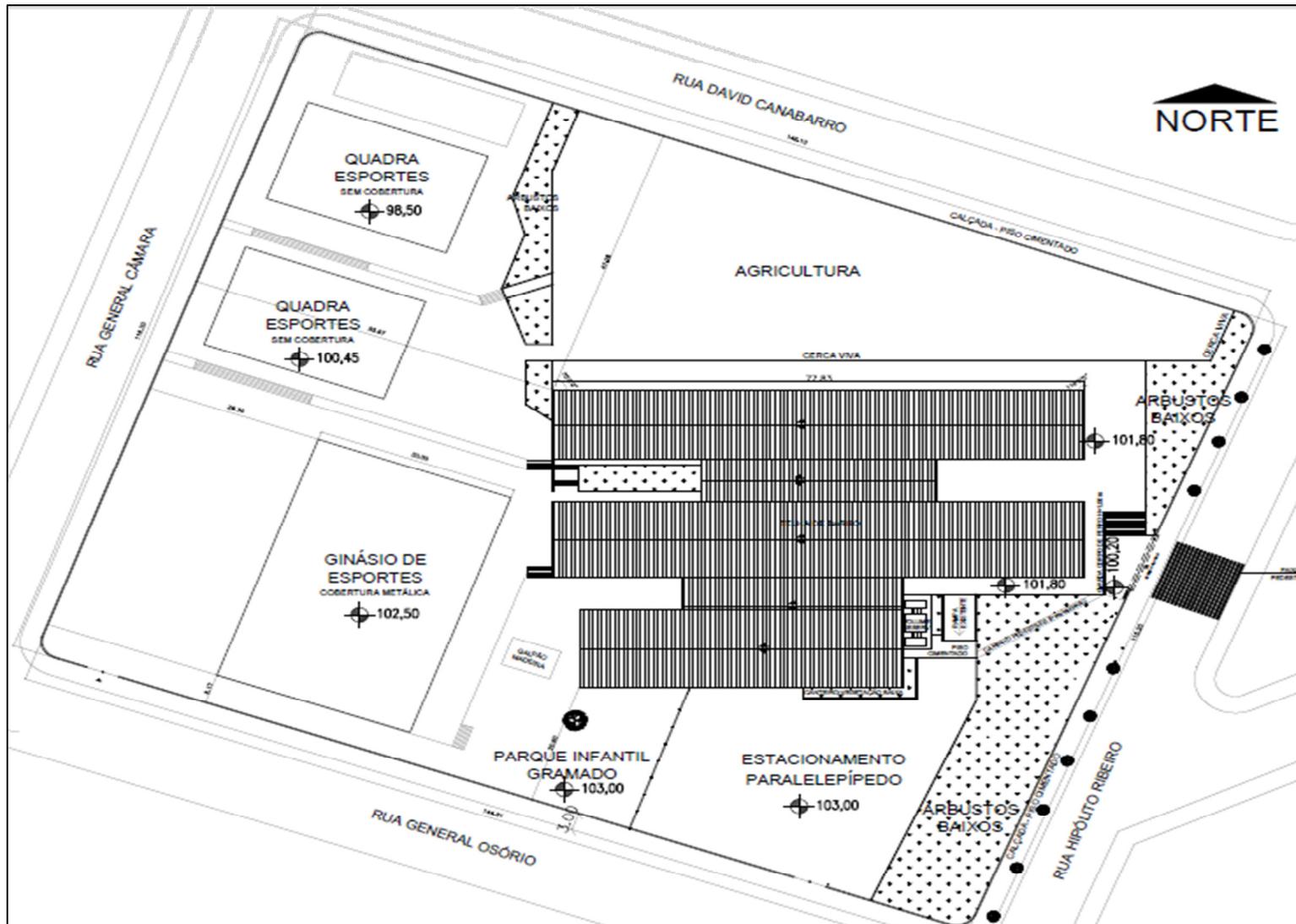
Figura 6 - Vista aérea da área de estudo



Fonte: Google Earth (2014, não paginado)

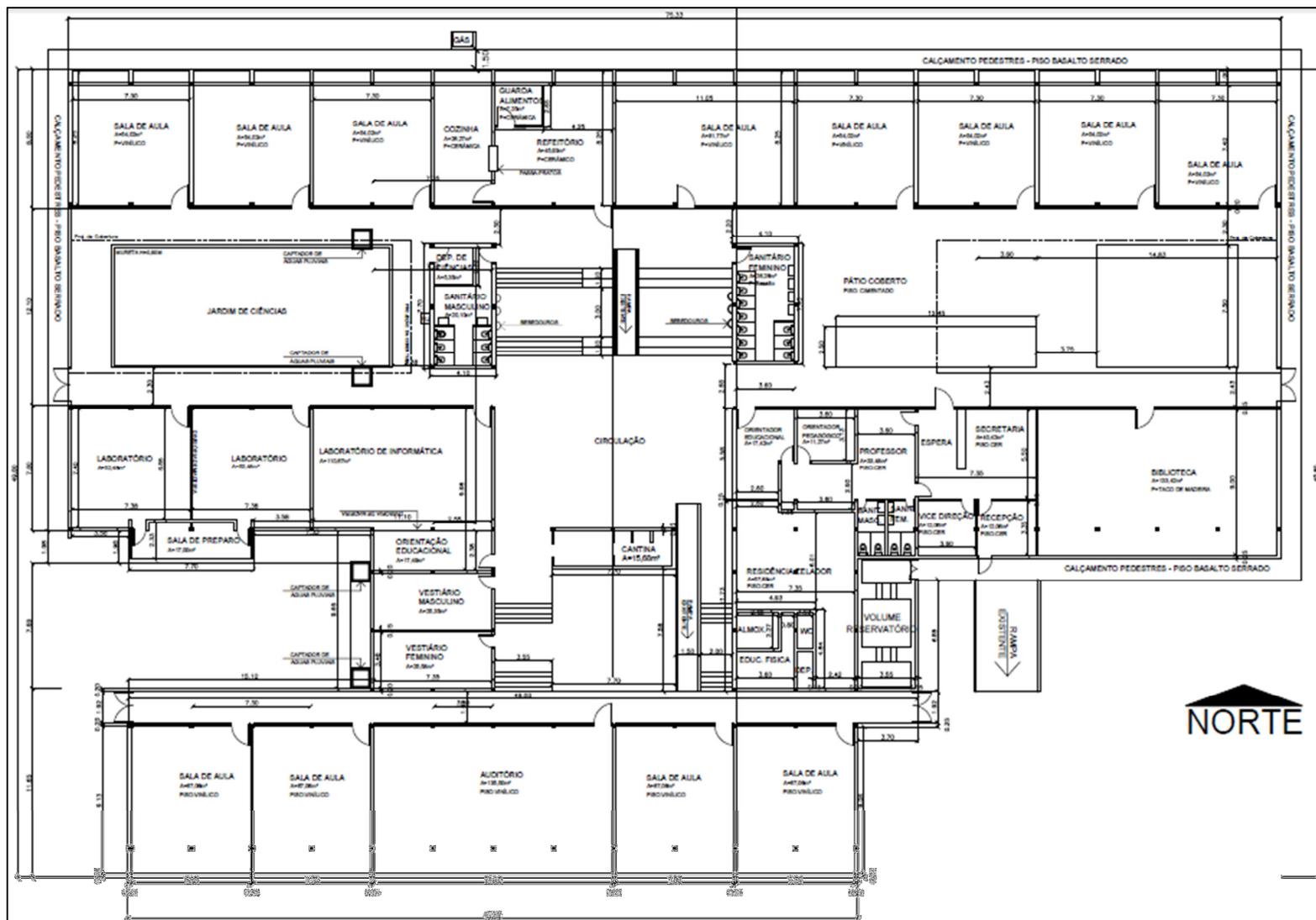
A instituição de ensino ocupa um quarteirão, formado pelas ruas Hipólito Ribeiro, General Osório, General Câmara e rua David Canabarro, com área de 16.916,03 m², sendo 1.482,99 m² de jardinagem, 1.297,72 m² de estacionamento, 2.313,53m² de quadras de esportes, 4.349,89 m² de área construída e 7.471,9 m² dividido entre o parque infantil e área arborizadas. A Figura 7 apresenta a planta de situação e localização da escola e a Figura 8 a planta baixa da instituição.

Figura 7 - Planta de situação e localização



Fonte: Escritório Regional de Obras Públicas do Rio Grande do Sul – Unidade Santo Ângelo

Figura 8 - Planta Baixa da escola em estudo



Fonte: Escritório Regional de Obras Públicas do Rio Grande do Sul – Unidade Santo Ângelo

3.2 Levantamento dos dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados para a realização deste trabalho foram obtidos no endereço eletrônico www.hidroweb.ana.gov.br, da Agência Nacional das Águas (ANA), onde estão disponíveis os dados da Estação Pluviométrica localizada no município em questão, sob código 2854011, conforme apresentado na Figura 9.

Para a determinação da precipitação média mensal e anual da localidade, verificou-se o período com registro contínuo de dados de precipitação, sendo selecionada uma série histórica de 7 (sete) anos, referente ao período de 1992 a 1998.

Figura 9 - Dados da estação pluviométrica de São Luiz Gonzaga

SÃO LUIZ GONZAGA (02854011)	
Dados da Estação	
Código	02854011
Nome	SÃO LUIZ GONZAGA
Código Adicional	83907
Bacia	RIO URUGUAI (7)
Sub-bacia	RIOS URUGUAI, IJUÍ E OUTROS (75)
Rio	-
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	SÃO LUIZ GONZAGA
Responsável	INMET
Operadora	INMET
Latitude	-28:24:0
Longitude	-54:58:0
Altitude (m)	245
Área de Drenagem (km2)	-
Consultar série de:	Chuvras (mm) ▼

Fonte: www.ana.gov.br

Após a definição da série histórica a ser utilizada no estudo, procedeu-se ao preenchimento de falhas, utilizando-se o Método da Ponderação Regional.

O Método da Ponderação Regional é utilizado para o preenchimento de falhas de séries mensais ou anuais de precipitação, visando à homogeneização do período de informações (TUCCI, 2002).

Este método foi realizado por meio de dados de três postos pluviométricos vizinhos, localizados o mais próximo possível do local de estudo, ele parte da

premissa de que a precipitação faltante (P_x) no posto X, seja proporcional através das precipitações das estações vizinhas A, B e C num mesmo período, denominadas de P_a , P_b e P_c .

A Equação 14 apresenta o cálculo para obtenção da precipitação do posto a ser estimado, levando em consideração os dados dos postos vizinhos.

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x \cdot P_a}{M_a} + \frac{M_x \cdot P_b}{M_b} + \frac{M_x \cdot P_c}{M_c} \right) \quad \dots (10)$$

Em que:

P_x = precipitação faltante;

P_a = precipitação, do município A, no instante em que posto X falhou;

P_b = precipitação, do município B, no instante em que posto X falhou;

P_c = precipitação, do município C, no instante em que posto X falhou;

M_x = precipitação média anual do posto X;

M_a = precipitação média anual do posto A;

M_b = precipitação média anual do posto B;

M_c = precipitação média anual do posto C.

3.3. Demanda hídrica da edificação

A demanda hídrica da edificação é composta pelos usos destinados a: torneira, bebedouro, bacia sanitária, mictório, refeitório, rega de jardins e limpeza da edificação.

Para quantificar a demanda total da edificação foram levantadas as seguintes informações: número de ocupantes (alunos, alunas, funcionários, funcionárias, professores e professoras), número de refeições servidas diariamente, área de jardins e área da edificação passível de limpeza. Posteriormente, foram utilizados dados de consumo diário para os aparelhos e/ou atividades, baseados na literatura.

O consumo de água determinado para a instituição foi comparado com o consumo registrado pela CORSAN, sendo que estes foram disponibilizados pelo Setor de Finanças da escola. Os dados referem-se a um período de 14 meses, entre junho/2011 a julho/2012.

A demanda total da edificação foi determinada pela equação 15, com base em dados de consumo de água referenciados por Marinoski (2006) e Ferreira (2014).

$$D_{hid} = (N1xQ1) + (N2xQ2) + (N3xQ3) + (N4xQ4) + (N5xQ5) + (N6xQ6) \quad \dots (11) \\ + (ASxQ7) + (ACxQ8) + (AJxQ9) + (RxQ10)$$

Em que:

D_{hid} : demanda hídrica (litros/dia);

N1: número de alunos do sexo masculino;

Q1=10,4 litros/dia (consumo de água dos alunos do sexo masculino);

N2: número de alunos do sexo feminino;

Q2=30,52 litro/dia (consumo de água dos alunos do sexo feminino);

N3: número de funcionários do sexo masculino;

Q3= 13,95 litros/dia (consumo de água dos funcionários do sexo masculino);

N4: número de funcionários do sexo feminino;

Q4= 50,58 litros/dia (Consumo de água dos funcionários do sexo feminino);

N5: número de professores do sexo masculino;

Q5: 11,82 litros/dia (consumo de água dos professores do sexo masculino);

N6: número de professoras;

Q6= 31,63 litros/dia (consumo de água dos professores do sexo feminino);

AS: área das salas em m²;

Q7= 0,4 litros/m² (consumo para limpeza das salas);

AC: área de circulação em m²;

Q8= 5 litros/m² (consumo para limpeza da circulação);

AJ: área de jardins em m²;

Q9= 1,5 litros/m² (consumo para rega de jardins);

R: número de refeições servidas diariamente;

Q10= 11 litros/refeição (consumo para preparo de cada refeição).

Com o objetivo de estimar o potencial de economia proveniente da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foi verificado o percentual de água potável utilizado em fins não potáveis.

Neste estudo considerou-se a utilização de água para fins não potáveis em descargas de vasos sanitários, mictórios, irrigação de jardins e limpeza do prédio.

3.4 Definição das superfícies de captação de água da chuva na edificação

Tendo em vista que a instituição de ensino possui calhas para captação da água da chuva em diversas águas do telhado, no presente estudo optou-se por utilizar apenas as existentes na elaboração do projeto de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, visando à redução de custos na implantação do sistema.

A quantificação das áreas de cobertura (telhado) foi efetuada com base no projeto arquitetônico da edificação (planta baixa, planta de cobertura e planta de localização), sendo consideradas apenas as águas do telhado que possuem captação.

3.5 Dimensionamento dos reservatórios

Com base nas variáveis quantificadas para a edificação em estudo - disponibilidade, demanda e área de captação - o dimensionamento dos reservatórios para armazenamento da água da chuva foi realizado de acordo com os métodos descritos na NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007).

3.6 Definição dos locais de implantação dos reservatórios

O local de implantação dos reservatórios para armazenamento da água para fins não potáveis da edificação em estudo foi definido considerando a disponibilidade de espaço físico, bem como distância dos locais de captação da água da chuva e pontos de consumo.

3.7 Localização e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais

Com base na localização dos reservatórios definidos na edificação no projeto arquitetônico, foi projetado o sistema de condução das águas, composto por: filtros, condutores horizontais e verticais. O dimensionamento dos dispositivos de condução da água da chuva até os reservatórios foi realizado considerando a NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais (ABNT, 1989).

Tendo em vista que na instituição em estudo existe um sistema de coleta da água da chuva, composto por calhas e condutores horizontais e verticais, para a tubulação de desvio, no trecho compreendido entre a caixa de distribuição e o sistema de acumulação (reservatórios), adotou-se o mesmo diâmetro da existente.

A água coletada será conduzida até os reservatórios inferiores e destes, através de um conjunto motobomba, para um reservatório superior.

3.8 Estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema

A realização do estudo de viabilidade econômica para implantação do sistema foi realizado considerando os custos de implantação, bem como o potencial de economia de água potável e análise pelo Payback.

Nos custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento da água da chuva foram consideradas basicamente, (a) despesas com materiais; (b) equipamentos; (c) mão-de-obra; e (d) fornecimento de energia elétrica, devido ao bombeamento de água para o reservatório superior.

Para a realização da estimativa dos custos de implantação do sistema, efetuou-se uma pesquisa de preços, obtendo-se uma média de valores, para compor assim o orçamento final. Os materiais orçados foram reservatórios de fibra de vidro reforçada, conjunto moto-bomba, escavação, torre metálica e tubulações/conexões energia.

Os custos referentes a tubulações e conexões foram estimados em função de um percentual de 15% do custo total da implantação do sistema, conforme recomendado por Ferreira (2005), com base em estudos realizados.

Para o sistema de elevação da água ao reservatório superior, preveu-se a instalação de dois conjuntos motobomba independentes, mantendo assim um

equipamento como reserva, atendendo as recomendações constantes na NBR 5626 (ABNT, 1989).

4 RESULTADOS

4.1. Considerações Iniciais

Os resultados de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na Instituição de ensino, Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente estão apresentados neste capítulo.

Para o estudo fez-se uma verificação do potencial de economia de água potável que poderia ser gerada. Por meio um levantamento de usos finais de água na edificação, pode-se estimar o volume de água necessária para suprir os consumos de água para fins não potáveis. Após, fez-se a definição das superfícies de captação, o dimensionamento e locais de implantação dos reservatórios, o dimensionamento e a localização dos dispositivos de condução, e então foi realizada a análise econômica para a determinação da viabilidade de implantação do sistema.

Este capítulo segue essencialmente a mesma sequência de itens apresentados na metodologia, facilitando o entendimento do presente estudo.

4.2. Caracterização da área de estudo

Para a caracterização dos usuários na área de estudo foram realizados diversos levantamentos de dados, tais como: número de alunos, alunas, professores, professoras, funcionários, funcionárias por turno, área de rega, área de limpeza, número de refeições servidas por dia e consumo de água medida pela CORSAN. A Tabela 5 mostra o número de usuários da escola por turno.

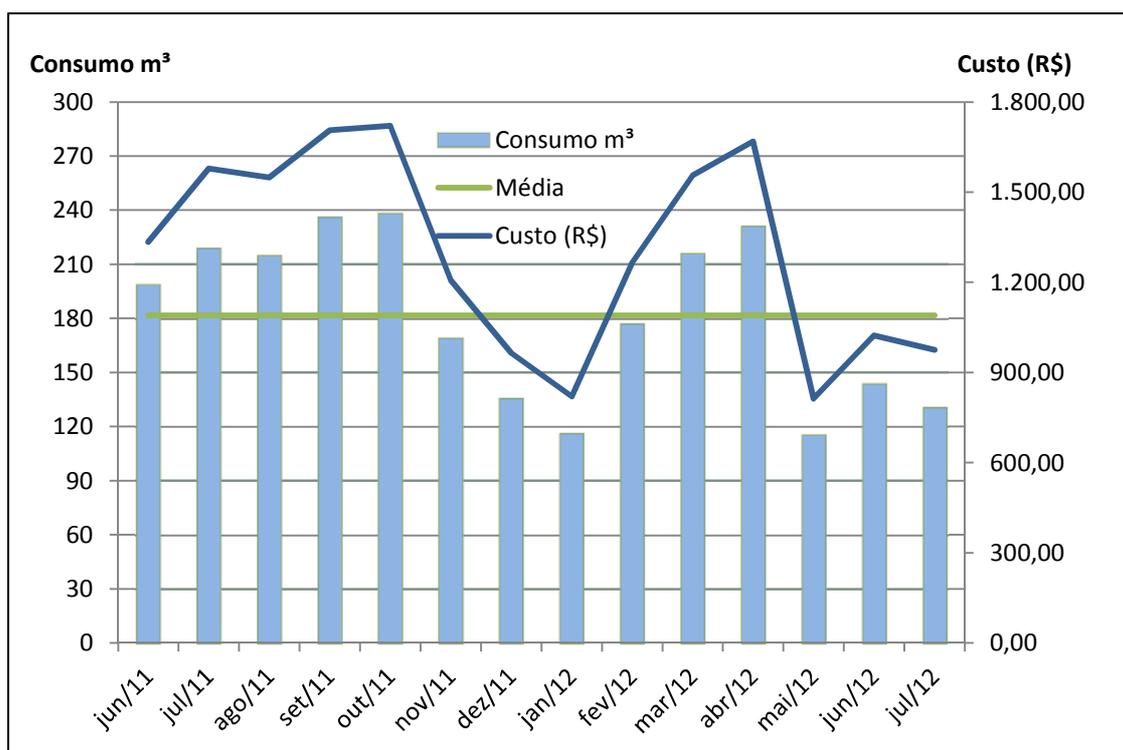
Tabela 5: Quantificação de usuários na área de estudo

Turno	Manhã	Tarde	Noite
Alunos	159	118	73
Alunas	139	85	59
Funcionários	4	2	3
Funcionárias	14	11	3
Professores	4	3	3
Professoras	26	30	21

Fonte: Administração da instituição em estudo

A Figura 10 apresenta os consumos e os custos das faturas de água, disponibilizados pelo Setor financeiro da instituição, para o período de junho de 2011 a julho de 2012. Os resumos das faturas para este período estão apresentados no Apêndice 1.

Figura 10 - Consumo de água, custo das faturas de água de jun/2011 a jul/2012 e média de consumo para o período na Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente



Fonte: Setor financeiro da Escola Estadual de Ensino médio Gustavo Langsch - Polivalente

Analisando a Figura 10, verifica-se que a média de consumo de água para este período é de 181,57 m³/ mês. Desta forma, os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Maio, Junho e Julho estão com o seu consumo abaixo da média mensal. Diante disto, buscou-se investigar o motivo do consumo de água nos meses indicados serem menor que a média calculada.

Segunda a instituição as férias começam em Dezembro e as aulas iniciam-se em Março, justificando a redução no consumo para o período referido. As férias de inverno ocorrem normalmente no mês de julho, também justificando a redução de consumo para este mês.

Os demais dados necessários para a caracterização da instituição encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6: Dados para caracterização da instituição em estudo

Atividade	Quantidade
Área de rega	1.483,99 m ²
Área de Limpeza	2.738 m ²
Refeições servidas por dia	220 refeições/dia

Fonte: Escola Estadual de Ensino médio Gustavo Langsch - Polivalente

4.3 Levantamento e análise de dados pluviométricos

O levantamento dos dados pluviométricos foi realizado no endereço eletrônico www.hidroweb.ana.gov.br da Agência Nacional das Águas (ANA), sendo a Estação Pluviométrica localizada no município de São Luiz Gonzaga.

A série histórica da estação contém registros no período de 1912 a 1998. Entretanto, verificou-se a existência de inúmeros meses com falhas. Desta forma, foi selecionado o período de Janeiro de 1992 a Dezembro de 1998, o que engloba 7 anos de registros, para a realização do estudo. Este período apresentou falha em um único mês, sendo então efetuado o preenchimento desta falha pelo método da ponderação regional, no qual considera registros de estações vizinhas.

A Tabela 7 apresenta os dados obtidos no site da ANA, no período escolhido para a realização da análise de precipitação.

Tabela 7: Precipitação mensal na estação pluviométrica de São Luiz Gonzaga - período 1992 - 1998

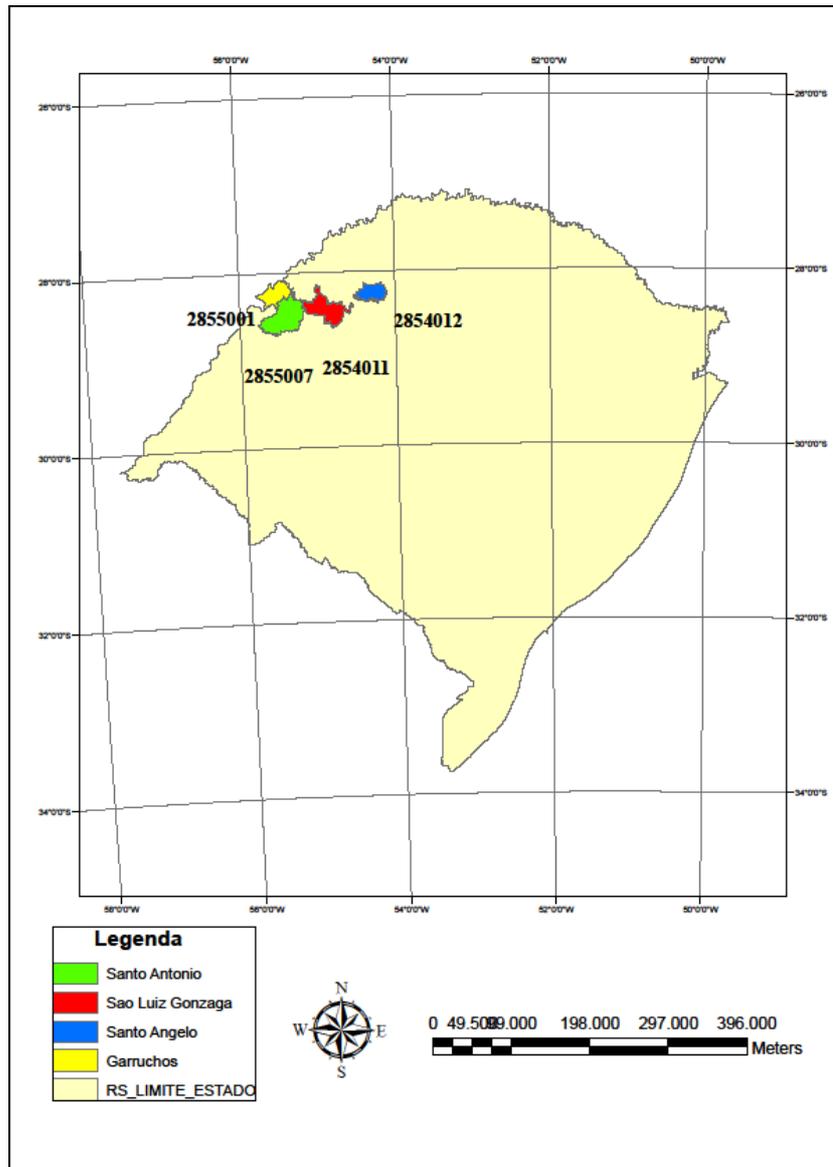
ANO	PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1992	57,5	338,3	124,7	132,5	318,3	87,8	81,8	57,5	204,6	260,9	121,7	46,2
1993	306,3	63,9	295,5	161,9	219,6	130,2	122	21,4	82,4	186,3	258,6	269,8
1994	78,7	378,5	91,7	221	220,3	127	215,1	78,3	137,4	239	213,7	123,6
1995	118,9	100,7	176,5	52,2	74	101,9	204,7	120,6	67,1	174,8	16	76,3
1996	270,7	318,5	113	229,6	40,4	100	47,5	132,7	76,3	216,8	104,8	152,4
1997	91,8	216,1	127,9	138	141,6	150,5	94,3	135,5	99,3		104,8	279,6
1998	278,3	385,7	244,8	375,9	143,6	109,9	104,8	247,8	236,9	278,8	68,6	143,6

Fonte: ANA

Como é possível observar, no mês de Outubro de 1997, não foi registrada a precipitação no mês, devido a problemas com aparelhos de registros e/ou com o operador do posto, desta forma, esta falha deve ser preenchida. Segundo TUCCI, o método mais comum para preenchimento de falhas é por meio da ponderação Regional.

Os postos vizinhos utilizados no preenchimento da falha estão localizados nos municípios de Garruchos, Santo Ângelo e Santo Antônio, conforme especializado na Figura 11.

Figura 11 - Localização das estações pluviométricas vizinhas de São Luiz Gonzaga



Fonte: Elaboração própria

Para o preenchimento da precipitação faltante do mês de Outubro na Estação Pluviométrica de São Luiz Gonzaga, utilizou-se dos dados do mesmo mês e do mesmo intervalo de tempo das Estações vizinhas escolhidas. A Tabela 8 apresenta os dados obtidos na ANA para cada Estação Pluviométrica, no período de tempo referido, na qual encontra-se preenchida a falha na Estação de São Luiz Gonzaga, que foi realizada com auxílio da equação 16.

Tabela 8: Dados das estações pluviométricas vizinhas de São Luiz Gonzaga

ANO	SLG	Santo Ângelo	Garruchos	Santo Antônio
	OUT	OUT	OUT	OUT
1992	260,9	239,2	172,7	209,8
1993	186,3	176,8	185,8	177,8
1994	239	239,4	224	202
1995	174,8	115,2	132,4	115,6
1996	216,8	161,2	278	275
1997	529,65	676,4	530,3	617,6
1998	278,8	203,8	268,9	247,2
Média	269,46	258,86	256,01	263,57

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 9 apresenta os valores de média mensal, desvio padrão e média anual, para o intervalo de tempo em estudo, após o preenchimento da precipitação faltante no mês de Outubro de 1997. Estes dados serão utilizados para o desenvolvimento dos cálculos de dimensionamento dos reservatórios.

Tabela 9: Dados das estações pluviométricas de São Luiz Gonzaga com a correção da falha realizada pelo método da Ponderação Regional

ANO	PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)												PREC. ANUAL (mm)
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1992	57,5	338,3	124,7	132,5	318,3	87,8	81,8	57,5	204,6	260,9	121,7	46,2	1832
1993	306,3	63,9	295,5	161,9	219,6	130,2	122	21,4	82,4	186,3	258,6	269,8	2118
1994	78,7	378,5	91,7	221	220,3	127	215,1	78,3	137,4	239	213,7	123,6	2124
1995	118,9	100,7	176,5	52,2	74	101,9	204,7	120,6	67,1	174,8	16	76,3	1284
1996	270,7	318,5	113	229,6	40,4	100	47,5	132,7	76,3	216,8	104,8	152,4	1803
1997	91,8	216,1	127,9	138	141,6	150,5	94,3	135,5	99,3	529,65	104,8	279,6	2109
1998	278,3	385,7	244,8	375,9	143,6	109,9	104,8	247,8	236,9	278,8	68,6	143,6	2619
MÉDIA													
MENSAL	172	257	168	187	165	115	124	113	129	269	127	156	1984
DESVIO													
PADRÃO	100	123	70	95	88	20	58	67	62	112	77	83	378

Fonte: Elaboração própria

4.4 Determinação da demanda hídrica da edificação

Para determinar a eficiência do aproveitamento da água da chuva foi necessário quantificar a demanda hídrica total da edificação e posteriormente extrair a demanda não potável da escola.

Segundo a literatura, em instituições de ensino ocorre uma variação no consumo de água para diferentes tipos de usuários. Desta forma, foi necessário quantificar o número de ocupantes considerando sua função e sexo dentro da edificação. Entretanto, a literatura apresenta dados de consumo em litros/dia/pessoa, e os dados adquiridos dos ocupantes da instituição são por turno. Assim, para quantificar o consumo em litros/dia, dividiu-se o valor de consumo da literatura por 3, sendo que esta realizou o estudo em instituição com atividades nos três turnos.

Tabela 10: Número de usuários da Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente com seus respectivos consumo

Ocupantes	Manhã	Tarde	Noite	Consumo (litros/turno/pessoa)	Consumo (litros/dia)
Alunos	159	118	73	3,46	1213,33
Alunas	139	85	59	10,17	2879,05
Professores	4	3	3	3,94	39,4
Professoras	28	30	19	10,543	811,81
Funcionários	4	2	3	4,65	41,85
Funcionárias	14	12	2	16,86	472,08

Fonte: Elaboração própria

A instituição possui mais duas atividades que consomem água: limpeza do prédio e preparo das refeições para os estudantes. Segundo informações dos funcionários responsáveis pela cozinha na escola, diariamente são feitas em média 220 refeições.

Para a limpeza, os funcionários informaram que utilizam baldes de 20 litros e como no interior das salas o piso é do tipo *parquet*, é necessário, em média, um balde para cada 50 m². Para a área de circulação, foi informado que realizam essa atividade uma vez por mês. Como a limpeza é feita com mangueira, utilizou-se dados da literatura para estimar o consumo por m². As medições efetuadas, relativas ao número de refeições diárias e áreas que são limpas, constam na Tabela 11, com o respectivo consumo.

Tabela 11: Consumo das atividades consumidoras de água na escola

Uso/ Atividade	Quantidade	Consumo
Refeições	220 refeições/dia	11 litros/refeição
Limpeza das Salas	1738 m ²	20 litros a cada 50m ²
Limpeza circulação	1000 m ²	5 litros/m ²
Rega de Jardins	1483,99 m ²	1,5 litros/m ²

Fonte: Elaboração própria

A demanda total de água foi determinada pelo somatório dos usos das atividades realizadas na instituição. A Tabela 12 apresenta o consumo total da edificação, com base em dados constantes nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 12: Consumo diário por atividade da Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch - Polivalente

Consumidor	Quantidade	Unidade	Consumo Diário (litros)
Alunos	350	pessoa	1.213,33
Alunas	283	pessoa	2.879,05
Professores	10	pessoa	39,04
Professoras	77	pessoa	811,81
Funcionários	9	pessoa	41,85
Funcionárias	28	pessoa	472,08
Limpeza Salas	1738	m ²	695,2
Limpeza Circulação	45,45	m ²	227,25
Refeições	220	refeições	2420
Rega de Jardins	1483,99	m ²	0
Consumo Total (litros/dia)		litros/dia	8.800
Consumo Total (m³/mês)		m³/mês	193,60

Fonte: Elaboração própria

Com base nos dados constantes na Tabela 12, que apresenta o consumo total de água na edificação com diversos fins, procedeu-se a estratificação do consumo para fins não potáveis, conforme apresentado na Tabela 13, quantificando a demanda diária e mensal - considerando o número de dias em que a instituição exerce suas atividades - 22 (vinte e dois) dias.

Tabela 13: Consumo diário de água não potável para cada atividade / consumidor

Consumidor	Consumo não potável (m ³ /dia)
Alunos/Alunas	3,57
Professores/Professoras	0,78
Funcionários/ Funcionárias	0,45
Limpeza Salas	0,70
Limpeza Circulação	0,23
Refeições	0
Rega de jardim	2,23
Consumo Total (m³/dia)	7,955
Consumo Total (m³/mês)	134,94

Fonte: Elaboração própria

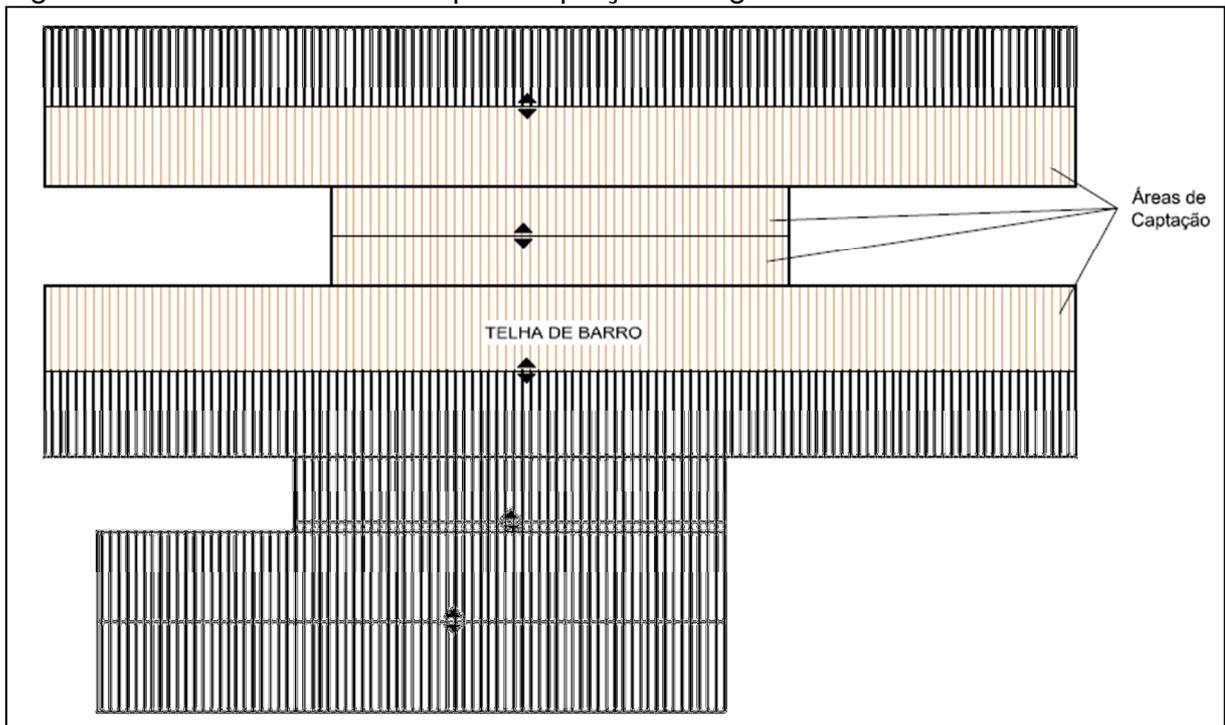
Atualmente a instituição não realiza a rega de jardim, por questões de economia. Desta forma, para inserir a rega nas atividades da escola, optou-se por considerar essa parcela de consumo como não potável, para que a captação da água da chuva possa também suprir essa atividade.

4.5 Definição das superfícies de captação de água da chuva na edificação

Neste estudo, foi considerado como área de captação somente os telhados, por serem áreas mais limpas e não necessitarem de tratamento sendo o uso final da água para fins não potáveis. Como a instituição de ensino já possui coleta da água da chuva em alguns telhados optou-se por utilizar o sistema de coleta existente levando em consideração a relação custo x benefício.

Com auxílio do projeto arquitetônico foi possível determinar a área de captação da água da chuva e, após, verificar se essa área atenderia a demanda de água não potável que a instituição necessita. Segundo o projeto a instituição possui uma área de telhado total de 3.051,67 m² sendo que 1.240,13 m² possuem calhas para coleta da água. A Figura 12 apresenta a identificação dos telhados utilizados para a captação.

Figura 12 - Telhados utilizados para captação da água da chuva



Fonte: Elaboração própria

4.6 Dimensionamento dos reservatórios

O dimensionamento dos reservatórios foi realizado por meio dos métodos apresentado na NBR 15527. Como coeficiente de escoamento superficial utilizou-se o valor 0,9, pois este corresponde à telha cerâmica, existente na edificação.

4.6.1 Método de Rippl

O primeiro método citado na NBR 15527 é o Método de Rippl. Este método considera a precipitação média mensal, a demanda a ser atendida, a área de captação, o volume de chuva mensal e, por fim, a diferença entre os volumes de demanda e de chuva.

Tabela 14: Dimensionamento pelo Método de Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Método de Rippl			Diferença entre os Volumes da Demanda e de chuva (m ³)
		Demanda Mensal (m ³) $D_{(t)}$	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³) $Q_{(t)}$	
Janeiro	172	134,94	1.240,13	191,68	-56,74
Fevereiro	257	134,94	1.240,13	287,27	-152,33
Março	168	134,94	1.240,13	187,20	-52,26
Abril	187	134,94	1.240,13	209,04	-74,10
Mai	165	134,94	1.240,13	184,60	-49,66
Junho	115	134,94	1.240,13	128,72	6,21
Junho	124	134,94	1.240,13	138,74	-3,80
Agosto	113	134,94	1.240,13	126,56	8,37
Setembro	129	134,94	1.240,13	144,13	-9,19
Outubro	269	134,94	1.240,13	300,75	-165,81
Novembro	127	134,94	1.240,13	141,61	-6,67
Dezembro	156	134,94	1.240,13	174,03	-39,09
TOTAL	1984	1619,28		2214,40	-595,12

Fonte: Elaboração própria.

Com base na equação 3 e nos valores obtidos na coluna “Diferença entre os volumes da demanda e de chuva” da Tabela 14, o volume do reservatório deve ser de 14,58 m³, ou seja, equivalente ao somatório dos valores positivos (Junho e Setembro). Desta forma, o volume a armazenar, segundo o método de Rippl, atenderia a demanda de aproximadamente 2 dias de consumo de água. Entretanto, observando os dados de precipitação diárias, ao longo da série histórica, verifica-se

que as precipitações não são bem distribuídas ao longo dos meses, sendo necessário ocorrer precipitação a cada 2 dias, com volume compatível com a demanda.

4.6.2 Método da Simulação

Já o método da simulação, baseia-se na determinação do percentual de consumo que será atendido em função do volume do reservatório previamente definido.

Tabela 15: Dimensionamento pelo Método da Simulação

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m^3) $D_{(t)}$	Área de Captação (m^2)	Volume de Chuva Mensal (m^3)	Volume do reserv. fixado (m^3)	$S_{(t-1)}$ (m^3)	$S_{(t)}$ (m^3)	Overflow (m^3)	Suprimento de água externo (m^3)
J	172	134,94	1240,13	191,69	50	0,0	56,7	0,0	0
FEV	257	134,94	1240,13	287,27	50	56,7	50,0	159,1	0
MAR	168	134,94	1240,13	187,20	50	50,0	50,0	52,3	0
ABR	187	134,94	1240,13	209,05	50	50,0	50,0	74,1	0
MAI	165	134,94	1240,13	184,61	50	50,0	50,0	49,7	0
JUN	115	134,94	1240,13	128,72	50	50,0	43,8	0,0	0
JUL	124	134,94	1240,13	138,75	50	43,8	47,6	0,0	0
AGO	113	134,94	1240,13	126,57	50	47,6	39,2	0,0	0
SET	129	134,94	1240,13	144,14	50	39,2	48,4	0,0	0
OUT	269	134,94	1240,13	300,75	50	48,4	50,0	164,2	0
NOV	127	134,94	1240,13	141,62	50	50,0	50,0	6,7	0
DEZ	156	134,94	1240,13	174,03	50	50,0	50,0	39,1	0

Fonte: Elaboração própria.

Considerando que a metodologia estabelece que o armazenamento deverá ser superior ao volume no reservatório no tempo t " $S(t)$ ", verifica-se que o volume mínimo a ser armazenado equivale a $56,7 m^3$. Para a edificação ser suprida com a água da chuva continuamente, seria necessária a ocorrência de $53,75 mm$ de precipitação a cada $7,5$ dias.

4.6.3 Método de Azevedo Neto

Para o cálculo do reservatório pelo método de Azevedo Neto necessita-se somente da precipitação média anual, da área de captação de água da chuva e do número de meses de pouca chuva. A norma não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva e como nenhum ano utilizado para o estudo esteve com a precipitação inferior a 35% da média, utilizou-se o valor de 1 (um) para os meses de pouca chuvas. A Tabela16 apresenta os dados utilizados para o cálculo e os resultados obtidos por meio deste método.

Tabela 16: Dimensionamento pelo Método de Azevedo Neto

Ano	Método de Azevedo Neto						
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Precipitação Anual (mm)	1832	2118	2124	1284	1803	2109	2619
Média da Precipitação: 1992 - 1998 (mm)							1984,02
Área de captação (m ²)							1240,13
Nº meses de pouca chuva							1
Volume reservatório (m ³)							103,34

Fonte: Elaboração própria.

Pelo método de Azevedo Neto, verifica-se a necessidade de reserva de 103,34 m³, atendendo assim a demanda requerida pela instituição.

4.6.4 Método Prático Alemão

O cálculo do volume do reservatório pelo método Prático Alemão é realizado simplesmente utilizando o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água potável. Esses valores estão apresentados na Tabela 17, obtendo-se um volume de reservatório de 97,15 m³.

Tabela 17: Dimensionamento pelo Método Prático Alemão

Método Prático Alemão		
-	m ³	Volume do Reservatório (m ³)
Demanda anual	1619,28	97,15
Disponibilidade anual	2214,40	132,86

Fonte: Elaboração própria.

4.6.5 Método Prático Inglês

Utilizando o método Prático Inglês para o cálculo do reservatório, obteve-se um valor de 123,02 m³ de reserva. Esse método considera apenas o valor da precipitação média anual e o valor da área de captação. Os dados utilizados para o cálculo estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Dimensionamento pelo Método Prático Inglês

Método Prático Inglês	
Precipitação Média Anual (mm)	1984,02
Área de Captação (m ²)	1240,13
Volume do reservatório (m ³)	123,02

Fonte: Elaboração própria.

4.7 Análise das metodologias

Em análise aos dados obtidos no dimensionamento de reservatórios para acumulação da água da chuva para fins não potáveis, através dos métodos definidos pela NBR 15527 (ABNT, 2007), observa-se que os resultados apresentaram discrepância nos volumes, impossibilitando a determinação do método mais adequado. Verifica-se, a necessidade da realização de estudos mais detalhados em relação às condições pluviométricas na região, para assim, então definir o método mais adequado. A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos, pelos diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios previstos na NBR 15527 (ABNT, 2007).

Tabela 19: Resumo dos valores dos reservatórios para cada método apresentado na NR 15527

Métodos	Volume do Reservatório (m³)
Método de Rippl	14,58
Método da Simulação	56,7
Método de Azevedo Neto	103,34
Método Prático Alemão	132,86
Método Prático Inglês	123,02

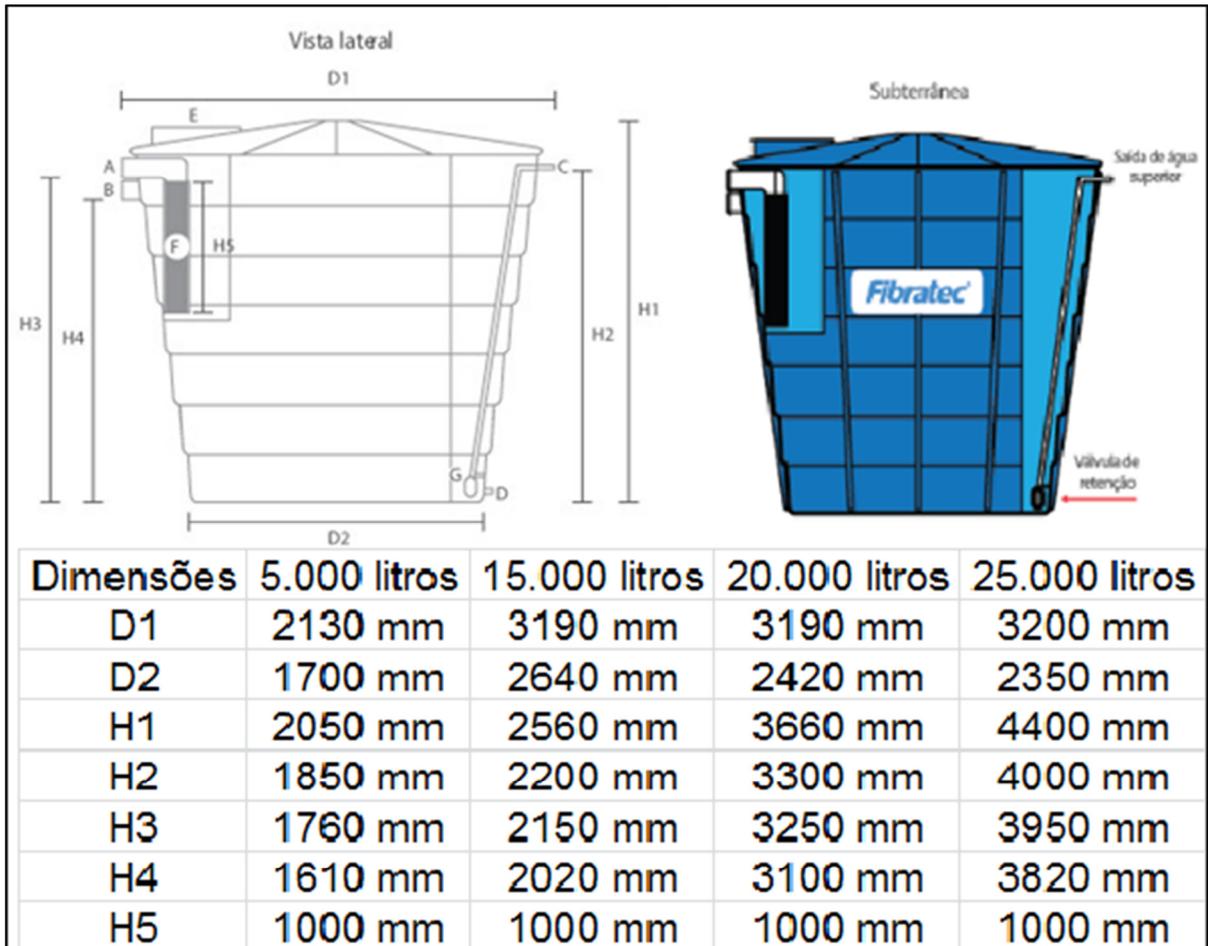
Fonte: Elaboração própria.

4.8 Definição dos reservatórios

Considerando o volume de água a ser armazenado em cada método, foi definido os reservatórios, reserva inferior e superior, para abastecimento de água para fins não potáveis, optando como reserva superior, o volume equivalente a demanda diária.

Na definição dos volumes dos reservatórios, foi considerado as dimensões comerciais disponíveis no mercado. Desta forma, a Tabela 20 apresenta os reservatórios escolhidos para cada método e a Figura 13 as dimensões dos mesmos.

Figura 13 - Dimensões dos reservatórios utilizados para reserva da água da chuva coletada



Fonte: Elaboração própria

Sendo:

- A - Entrada de água – PVC 100 mm;
- B - Saída de água excedente – PVC 100 mm;
- C - Saída de água para uso – PVC 40 mm – Cisterna subterrânea;
- D - Saída de água para uso – PVC 40 mm – Cisterna de superfície;
- E - Tampa de Inspeção;
- F - Filtro de água;
- G - Válvula de retenção.

Tabela 20: Reservatórios escolhidos para cada método de dimensionamento de reservatórios

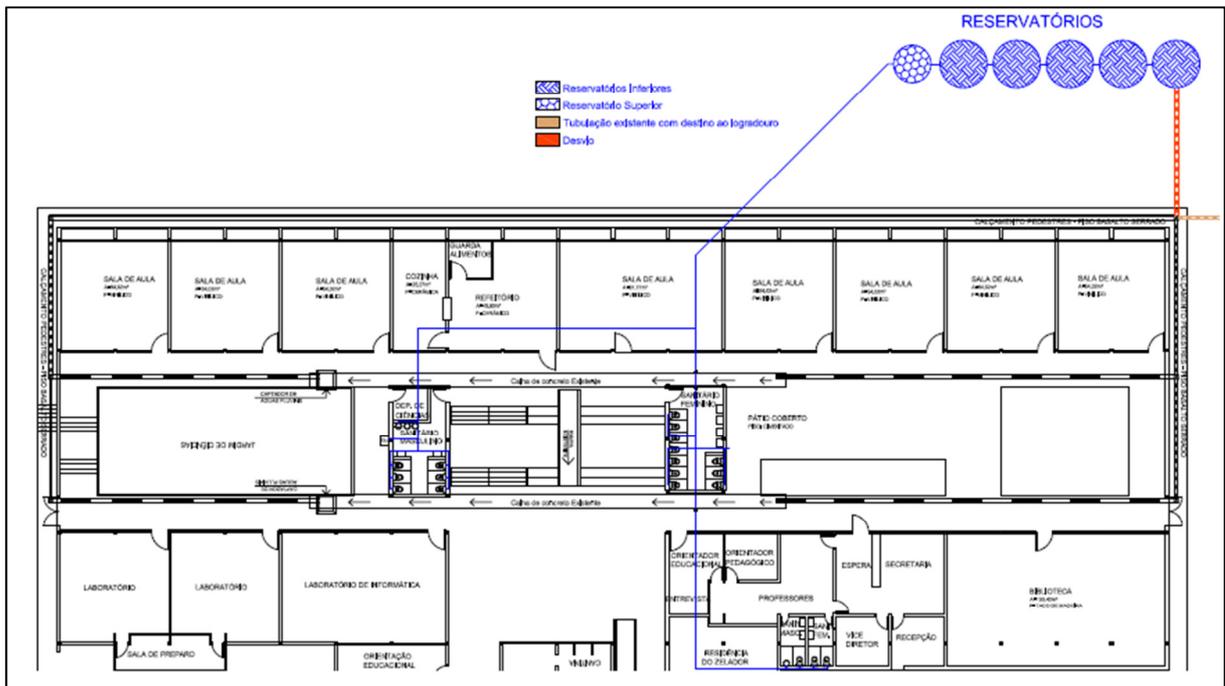
Métodos	Reserva Total	Reservatório Superior		Reservatórios Inferiores	
		Quantidade	Volume (litros)	Quantidade	Volume (litros)
Rippl	14,58 m ³	1	10.000	1	5.000
Simulação	56,7 m ³	1	10.000	2	25.000
Azevedo	103,34 m ³	1	10.000	1 3	20.000 25.000
Alemão	132,86 m ³	1	10.000	5	25.000
Inglês	123,02 m ³	1	10.000	1 4	15.000 25.000

Fonte: Elaboração própria

4.9 Definição dos locais de implantação dos reservatórios

Para a definição do local de implantação dos reservatórios foi considerada a proximidade dos pontos de coleta e de consumo, bem como a disponibilidade de espaço, de modo a não interferir na circulação. Na Figura 14 é apresentado a disposição dos reservatórios para o Método Prático Alemão. Para os outros métodos a instalação dos reservatórios é realizada no mesmo local.

Figura 14 - Localização dos reservatórios na escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, para o Método Prático Alemão



Fonte: Elaboração própria.

4.10 Localização e dimensionamento dos dispositivos de condução de águas pluviais

Como toda a parte de captação e condução da coleta da água da chuva já é construída na instituição fez-se necessário apenas realizar um desvio. Antes a água da chuva coletada era direcionada para o logradouro público. Desta forma, para utilizá-la fez-se um desvio com o mesmo diâmetro já utilizado, em direção aos reservatórios. Esse desvio terá um comprimento de 8,75 metros com diâmetros de 25 mm.

4.11 Estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema

Para o estudo de viabilidade econômica, fez-se necessário a determinação dos custos relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, que são custos com materiais, equipamentos, além da economia de água gerada com a implantação do sistema.

Considerando que a instituição possui tubulação de direcionamento da água da chuva coleta, optou-se por instalar os reservatórios enterrados com o intuito de aproveitar a tubulação existente.

Para a determinação da potência adequada do par de motobombas, buscou-se informações apresentadas em catálogos de fabricantes, considerando os seguintes dados:

- Altura de Sucção: 4,4 metros;
- Altura de recalque: 8,6 metros;
- Vazão desejada: 10m³/dia;
- Material da tubulação: PVC.

Desta forma, verificou-se que a potência indicada no catálogo para a motobomba foi de 1/3 cv, e a sua respectiva vazão foi de 4.600 litros/hora. Baseado nesta vazão, calculou-se que a motobomba deverá funcionar 2,17 hora (2 horas e 10 minutos) por dia para suprir a demanda diária de água pluvial que a instituição necessita.

A Tabela 21 apresenta o resumo dos custos dos materiais/equipamentos necessários para a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva.

Tabela 21: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método de Rippl

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório de 10.000 litros	1	Unid	3.599,00	3.599,00
Reservatório de 5.000 litros	1	Unid	1.900,00	1.900,00
Motobomba de 1/3 CV	2	Unid	428,47	856,94
Torre metálica h=13 m	1	Unid	9.750,00	9.750,00
Escavação	5	m ³	28,78	143,9
Tubulação/ conexões	-	-	15% total	2.437,47
TOTAL	-	-	-	18.687,31

Tabela 22: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método da Simulação

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório de 10.000 litros	1	Unid	3.599,00	3.599,00
Reservatório de 25.000 litros	2	Unid	10.758,60	21.517,20
Motobomba de 1/3 CV	2	Unid	428,47	856,94
Torre metálica h=13 m	1	Unid	9.750,00	9.750,00
Escavação	50	m ³	28,78	1.439,00
Tubulação/ conexões	-	-	15% total	5574,32
TOTAL	-	-	-	42.736,46

Tabela 23: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método de Azevedo Neto

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório de 10.000 litros	1	Unid	3.599,00	3.599,00
Reservatório de 20.000 litros	1	Unid	6.000,000	6.000,00
Reservatório de 25.000 litros	3	Unid	10.758,60	32.275,80
Motobomba de 1/3 CV	2	Unid	428,47	856,94
Torre metálica h=13 m	1	Unid	9.750,00	9.750,00
Escavação	95	m ³	28,78	2.734,10
Tubulação/ conexões	-	-	15% total	8.282,38
TOTAL	-	-	-	63.498,22

Tabela 24: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método Prático Alemão

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório de 10.000 litros	1	Unid	3.599,00	3.599,00
Reservatório de 25.000 litros	5	Unid	10.758,60	53.793,00
Motobomba de 1/3 CV	2	Unid	428,47	856,94
Torre metálica h=13 m	1	Unid	9.750,00	9.750,00
Escavação	125	m ³	28,78	3.597,5
Tubulação/ conexões	-	-	15% total	10.739,00
TOTAL	-	-	-	82.335,91

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 25: Resumo dos custos dos equipamentos para o Método Prático Inglês

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório de 10.000 litros	1	Unid	3.599,00	3.599,00
Reservatório de 15.000 litros	1	Unid	5.200,00	5.220,00
Reservatório de 25.000 litros	4	Unid	10.758,60	43.034,40
Motobomba de 1/3 CV	2	Unid	428,47	856,94
Torre metálica h=13 m	1	Unid	9.750,00	9.750,00
Escavação	115	m ³	28,78	2.964,70
Tubulação/ conexões	-	-	15% total	9.813,75
TOTAL	-	-	-	75.238,80

Os cálculos do tempo necessário para ocorrer o pagamento do sistema com a economia de água potável considerando os métodos, estão apresentado nas Tabelas 21, 22, 23, 24 e 25.

Tabela 26: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método de Rippl

Consumo de água por mês (m ³)	134,94
Valor do m ³ (R\$)	7,06
Valor por mês de economia (R\$)	952,67
Valor do Investimento da implantação (R\$)	18.687,31
Período de retorno do investimento (meses)	19,62

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 27: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método da Simulação

Consumo de água por mês (m ³)	134,94
Valor do m ³ (R\$)	7,06
Valor por mês de economia (R\$)	952,67
Valor do Investimento da implantação (R\$)	42.736,46
Período de retorno do investimento (meses)	44,86

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 28: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método de Azevedo Neto

Consumo de água por mês (m ³)	134,94
Valor do m ³ (R\$)	7,06
Valor por mês de economia (R\$)	952,67
Valor do Investimento da implantação (R\$)	63.498,22
Período de retorno do investimento (meses)	66,65

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 29: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método Prático Alemão

Consumo de água por mês (m ³)	134,94
Valor do m ³ (R\$)	7,06
Valor por mês de economia (R\$)	952,67
Valor do Investimento da implantação (R\$)	82.335,91
Período de retorno do investimento (meses)	86,43

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 30: Dados para estimativa do período de retorno do investimento para o Método Prático Inglês

Consumo de água por mês (m ³)	134,94
Valor do m ³ (R\$)	7,06
Valor por mês de economia (R\$)	952,67
Valor do Investimento da implantação (R\$)	75.238,80
Período de retorno do investimento (meses)	78,98

Fonte: Elaboração própria.

Da análise dos valores da Tabela 21, 22, 23, 24 e 24 verifica-se que a economia gerada através da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para a instituição em estudo, foi estimada em R\$ 952,67 por mês. Além disso, o período de retorno do investimento varia de 19,62 meses a 86,43 meses.

4 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos no presente estudo e os resultados obtidos, conclui-se que foi possível estimar o potencial de economia de água potável obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na Escola Estadual de Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente.

Para a realização dos usos finais de água foi necessário realizar um levantamento de dados acerca da população que ocupa a escola, faturas de consumo de água e determinação de áreas de limpeza e áreas referentes a jardinagem. Por meio deste levantamento e de um estudo realizado por Marinowski (2007), estudo este que quantifica o consumo de água para cada usuário de uma instituição de ensino, foi possível quantificar a demanda total da edificação e compará-la com a fatura de água disponibilizada pela CORSAN.

Constatou-se na pesquisa que a demanda quantificada nos dados levantados na edificação foi de 193,6 m³/mês. Já a média de consumo disponibilizada pela CORSAN, com base nas faturas mensais, aponta um volume de 181,57 m³/mês. Observa-se uma diferença de 6,21% entre a demanda estimada e a medida.

Avaliando os dados de consumo de água potável e não potável na instituição, pode-se perceber que cerca de 70% do consumo total da instituição é para fins não potáveis (vasos sanitários, mictórios, limpeza, irrigação de jardins), dado este muito próximo do estudo realizado por Marinowski (2007), que estimou em 65% o consumo de água não potável consumida por uma instituição de ensino no município de Florianópolis.

Desta forma, é possível enfatizar ainda mais o benefício da utilização da água pluvial para estes fins, sendo um volume de 134,94 m³/mês economizado de água potável pela instituição.

Quanto ao estudo de viabilidade econômica para implantação do sistema de coleta da água da chuva, verificou-se que os custos necessários variam de R\$ 18.687,71 a R\$ 82.335,91. Por meio destes dados foi possível observar que para o método de menor investimento, o tempo de retorno é de 1 ano e 6 meses, e de 7 anos e 2 meses para o método de maior investimento.

Desta forma, o presente estudo constatou que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na Instituição de Ensino, Escola Estadual de

Ensino Médio Gustavo Langsch – Polivalente, mostrou-se economicamente viável, independe do método utilizado, pois pode trazer benefícios financeiros em médio prazo e, principalmente, benefícios ambientais, como a preservação dos recursos hídricos regionais, além de conscientizar os alunos e demais envolvidos, acerca da importância da água para a nossa existência, promovendo desta forma também uma ação de educação ambiental.

REFERÊNCIAS

3P Technik do Brasil Ltda. Aproveitamento da água de chuva. Disponível em: <<http://www.bellacalha.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2014

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro. 1989.

_____. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro. 1998.

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

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)- Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos no Nordeste, v.1., 2008, São Paulo. **Anais...** Salvador- BA, 2008. p. 5-5.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. **Habitação autossuficiente interligação e integração de sistemas alternativos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FLESCH, Vinicius da Costa. **Aproveitamento de águas pluviais: Análise do projeto de um edifício vertical**. 2011. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 jul. 2014

MACHADO, Rafael Pinheiro. **Análise da Viabilidade Ambiental e Econômica da Implantação de Dispositivos de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2013. 62f. Monografia, Universidade Federal do ABC, São Paulo, 2013.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** 2007. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso- Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, S.M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça-SC.** 2005. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, Y.M. **Uso do balanço hídrico seriado para dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos.** 2004. 73f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PEREIRA JÚNIOR, José de Sena Pereira. **Recursos Hídricos – Conceituação, disponibilidade e usos.** [S.l.]: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1625/recursos_hidricos_jose_pereira.pdf?sequence=4>. Acesso em: 19 jun. 2014.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 4 v.: il. Color; 28 cm.

PROSAB. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Uso Racional da Água em Edificações** / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.).Rio de Janeiro : ABES, 2006.

SABESP. **Uso racional da água.** 2014. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db&docid=DAE20C6250A162698325711B00508A40>. Acesso em: 05 ago. 2014.

SILVA, Carlos Henrique R. Tomé. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** [S.l.]: Senado Federal, 2012?. Disponível em:<<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de->

estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/recursos-hidricos-e-desenvolvimento-sustentavel-no-brasil/view>. Acesso em: 22 jun. [2014].

SOUZA, D.P.; SANTOS, R.K.; SANTOS, R.F. Estimativa do consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel – PR. In: Acta Iguazu, v.1., 2012, Cascavel. **Anais...** Cascavel- PR, 2012. p. 1-1.

STEFANELLI, A.; OLIVEIRA, M. **Estudo sobre o uso racional de água no centro universitário da fundação educacional de Barretos**. 2009. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)- Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da Água**. São Paulo: Ed. Digihouse, 1998.

_____. **Economia de água**. São Paulo: Navegar, 2001.

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

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ABRH, 2002

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada – RS**. 2008. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Resumo das faturas de água da CORSAN

Fatura de Água				
Data Referência	Mês Comparado	Quantidade m ³	Valor	Variação %
06/2011	-	199	1.333,90	0
07/2011	06/11 com 07/11	219	1.578,56	18,34
08/2011	07/11 com 08/11	215	1.548,65	-1,89
09/2011	08/11 com 09/11	236	1.705,95	10,16
10/2011	09/11 com 10/11	238	1.720,96	0,88
11/2011	10/11 com 11/11	169	1.206,60	-29,89
12/2011	11/11 com 12/11	136	964,45	-20,07
01/2012	12/11 com 01/12	116	819,63	-15,02
02/2012	01/12 com 02/12	177	1.265,77	54,43
03/2012	02/12 com 03/12	216	1.556,12	22,94
04/2012	03/12 com 04/12	231	1.668,45	7,22
05/2012	04/12 com 05/12	115	812,43	-51,31
06/2012	05/12 com 06/12	144	1.022,83	26,9
07/2012	06/12 com 07/12	131	975,73	-4,6