

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
SEBASTIÃO CORRÊA DE ABREU**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECÔNOMICA PARA APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS - CEFET - CAMPUS IX**

Varginha – MG

2017

SEBASTIÃO CORRÊA DE ABREU

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS – CEFET – CAMPUS IX**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do prof. Leopoldo Freire Bueno.

**VARGINHA
2017**

SEBASTIÃO CORRÊA DE ABREU

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS – CEFETMG– CAMPUS IX**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do prof. Leopoldo Freire Bueno.

Aprovado em ____/____/____

Prof.

Prof.

Prof.

**VARGINHA
2017**

Dedico este trabalho a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram nessa caminhada.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, á minha família por toda força e incentivo e aos professores pelo ensinamento que levarei por toda vida.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar.” (Chico Xavier).

RESUMO

Este trabalho tem o intuito de relatar um estudo de caso para um projeto de captação de água de chuva proposto ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – Campus IX, Nepomuceno - MG, uma vez que o Instituto busca alternativas para reaproveitar os recursos hídricos usados em toda a sua área construída. O projeto se justifica na busca de tornar o CEFET uma Instituição mais sustentável, reduzindo o consumo de água tratada para atividades que não precisam da mesma como, lavagem dos pátios e irrigação, e por ser economicamente viável quanto aos custos até então já estipulados. As técnicas de aproveitamento de recursos hídricos utilizadas são baseadas em cálculos de engenharia encontrados em literatura específica.

Palavras- chaves: Captação de água de chuva. Reaproveitamento. Cálculos.

ABSTRACT

This paper intends to report a case study for a rainwater harvesting project proposed to the Federal Center of Technological Education of Minas Gerais - CEFET - Campus IX, Nepomuceno - MG, since the Institute seeks alternatives to reuse the water resources used throughout its built area. The project is justified in seeking to make CEFET a more sustainable institution, reducing the consumption of treated water for activities that do not need it, such as laundering and irrigation, and because it is economically viable in terms of the costs already stipulated. The techniques used to use water resources are based on engineering calculations found in specific literature.

Keywords: *Rainwater harvesting. Reuse. Calculations.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 2 - Esquema de captação e aproveitamento da água pluvial.....	21
Figura 3 - Superfície inclinada.....	27
Figura 4 - Parâmetros para cidade de Nepomuceno no programa Plúvio 2.1.....	33
Figura 5 - Fachada da instituição.....	36
Figura 6 - Foto aérea da instituição.....	36
Figura 7 - Desenho com vista superior do telhado.....	37
Figura 8 - Esboço com as dimensões da calha.....	37
Figura 9 - Consumo mensal no ano de 2016.....	38
Figura 10 - Divisão do telhado por áreas.....	40
Figura 11 - Modelo esquemático da perda de carga na tubulação.....	48
Figura 12 - Modelo de bomba centrífuga a ser utilizada.....	49
Figura 13 - Eletro-nível.....	50
Figura 14 - Diagrama elétrico para acionamento da bomba com eletro-nível.....	50
Figura 15 - Válvula de solenoide.....	51
Figura 16 - Modelo de filtro volumétrico.....	51
Figura 17 - Detalhamento interno do filtro volumétrico.....	52
Figura 18 - Sistema <i>ByPass</i>	53

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEFET-MG - Centro Federal de Tecnologia de Minas Gerais

CEPROSUL - Centro de Educação Profissional do Sul de Minas

CPU - Planilha de Custo Unitário

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IPT - Instituto de Pesquisas e Tecnologia

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

PVC - Policloreto de Vinila

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PURA - Programa de Uso Racional de Água

PROSABE - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

SAAE - Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

USP - Universidade de São Paulo

SINAP - Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção de área e disponibilidade de água por regiões no Brasil.....	18
Tabela 2 - Parâmetros para uso não potável de água de chuva.....	22
Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade “n” de Manning.....	29
Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).....	29
Tabela 5 - Relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas para condutores verticais.....	29
Tabela 6 - Volume destinado para vasos sanitários.....	43
Tabela 7 - Dimensionamento através do método de Rippl e analítico.....	45
Tabela 8 - Perdas de carga localizada.....	48
Tabela 9 - Composição de custo unitário.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2.OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 DISPONIBILIDADES DE RECURSOS HÍDRICOS.....	17
3.2 O DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL	19
3.3 PROGRAMAS PARA USO RACIONAL DE ÁGUA NO BRASIL.....	19
3.4 O APROVEITAMENTO E A UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	20
3.5 O USO RACIONAL EM ESCOLAS E UNIVERSIDADES	23
3.6 VIABILIDADES ECONÔMICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E USO DA ÁGUA PLUVIAL.....	23
3.7 QUALIDADE DA ÁGUA DENTRO DO RESERVATÓRIO	24
3.8 COMPONENTES PRINCIPAIS PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	24
3.8.1 Área de captação.....	25
3.8.2 Calhas e condutores	25
3.8.3 Mecanismo de limpeza de água.....	25
3.8.4 Reservatório.....	25
3.8.5 Extravasor.....	25
3.8.6 Sistema de distribuição de água.....	26
3.9 PRECIPITAÇÃO	26
3.10 PARÂMETROS PARA A DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	26
3.11 PARÂMETROS PARA O DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	26
3.12 PARÂMETROS PARA O DIMENSIONAMENTO DA VAZÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	27
3.13 DIMENSIONAMENTOS DE CALHAS E CONDUTORES	28
3.14 PARÂMETROS PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	30
3.14.1 Método de Rippl	30
3.14.2 Método de simulação.....	31
3.14.3 Método de Azevedo Neto	31
4.MATERIAL E MÉTODO	33

4.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE NEPOMUCENO.....	33
4.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	34
4.3 VAZÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	34
4.4 CALHAS E CONDUTORES	34
4.5 RESERVATÓRIO.....	34
4.6 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO.....	35
4.7 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO	35
4.8 SISTEMA ATUAL DO EMPREENDIMENTO	37
4.9 CONSUMO DE ÁGUA NA INSTITUIÇÃO	38
5 RESULTADOS	39
5.1 MEMORIAL DE CÁLCULOS.....	39
5.1.1 Determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno	39
5.1.2 Parâmetros para o dimensionamento da área de contribuição.....	39
5.1.3 Determinação da vazão da área de contribuição	40
5.1.4 Dimensionamentos de calhas e condutores	40
6 APLICAÇÕES.....	42
6.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS DESCARGAS DOS BANHEIROS.....	42
6.2 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA PARA LIMPEZAS E LAVAGENS	43
6.3 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA TOTAL	44
7 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA	45
7.1 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	45
7.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO INFERIOR PARA O RESERVATÓRIO SUPERIOR.....	46
7.2.1 Dimensionamento do diâmetro do tubo de recalque	47
7.2.2 Cálculo de perda de carga.....	48
7.3 BOMBA	49
7.3.1 Componentes para acionamento da bomba	50
7.3.2 Dimensionamento do modelo do filtro volumétrico e seu acessório de acordo com a vazão	51
8. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO.....	54
8.1 CALCULANDO O RETORNO DE INVESTIMENTO <i>PAYBACK</i>	55

9.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	60

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural esgotável devido à má distribuição populacional em função das reservas hídricas, sem ela em quantidade e qualidade adequadas o desenvolvimento econômico-social e a nossa rotina ficam comprometidos, interferindo diretamente na sobrevivência na Terra (BARBOSA JR, 2008).

A crescente urbanização e a consequente impermeabilização dos solos vêm exigindo cada vez mais soluções inovadoras para o aproveitamento e reutilização das águas, que se justificam tanto do ponto de vista econômico quanto ao sustentável (MAZER, 2010).

O Brasil detém uma parcela significativa de água doce, portanto deve haver uma preocupação igual aos outros países com relação a escassez mundial de água, problema este que está relacionado ao consumo excessivo para fins potáveis e não potáveis. Pensando nisso, a busca por meios que tornem a água não potável viável para que a população possa utilizar, vem ganhando destaque no cenário sócio-ambiental mundial (MAZER, 2010).

Nesse contexto se destacam os projetos de aproveitamento de água de chuva, além de atuar no controle e gerenciamento de enchentes, também pode oferecer água de boa qualidade para substituir água potável em fins menos nobres como: limpeza doméstica, irrigação, drenagem sanitária, processos industriais, lavagem de automóveis e outros (MAY, 2004).

Conhecer a qualidade e a quantidade das águas é uma ferramenta básica para definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e direcionando as atividades econômicas (BARBOSA JR, 2008).

Em locais públicos onde os usuários não são responsáveis pelo pagamento direto do uso da água, existe uma tendência maior para o desperdício do que nas próprias residências. Por esse e outros motivos as escolas e universidades vêm desenvolvendo estudos e programas com objetivo de reduzir o consumo de água com práticas eficientes (MAY, 2004).

O aproveitamento de recursos pluviais é uma forma de economizar água e recursos financeiros, visto que a água é o tema relacionado as principais questões socioambientais atuais do mundo (IGAM, 1997).

A introdução de novos conceitos de uso e conscientização, principalmente em meios públicos, é fundamental. Mesmo o Brasil que possui entre 12 e 16% de toda água doce do planeta sofre com o desperdício, distribuição irregular e poluição (IGAM, 1997).

Fazer o aproveitamento integral, otimizar seus usos múltiplos incluindo a reutilização e o tratamento adequado são fatores influenciadores para evitar uma escassez antecipada e catastrófica (MAZER, 2010).

Pensando nisso esse trabalho será desenvolvido para um aproveitamento de águas pluviais para o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – Campus IX, situado na cidade de Nepomuceno- MG, baseado na NBR 10844:1989 e NBR 15527:2007.

Na elaboração da primeira parte do TCC, foi possível demonstrar que através da determinação da vazão de água de chuva na área de contribuição do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – Campus IX, possui um cenário propício à instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva. O dimensionamento de um reservatório apresenta como uma possível solução para que seja realizado seu aproveitamento de água de chuva.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor o aproveitamento de água da chuva e sua viabilidade econômica no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Campus IV – Nepomuceno - MG, visando à redução de consumo de água tratada fornecida pelo Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE).

2.2 Objetivos específicos

- Verificar se as instalações existentes estão compatíveis para implantar o projeto;
- Realizar um estudo hidrológico da região onde se passa o estudo de caso;
- Dimensionar um reservatório para armazenamento;
- Apresentar o melhor tratamento para reuso da água;
- Fazer um estudo da viabilidade econômica e financeira do projeto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Disponibilidades de recursos hídricos

A disponibilidade hídrica presente na natureza encontra-se de diversas formas como as águas subterrâneas, os rios, os oceanos, as geleiras e as águas pluviais. Aproximadamente 97,5% do planeta terra é constituído por água salgada, 2,5% de água doce e destes 0,3% encontram-se como águas superficiais, o restante se encontram no subsolo e em geleiras, sendo muito difícil ao acesso humano (GIACCHINI, 2009).

Do percentual de água doce, a agricultura utiliza 88%, a indústria 7% e os outros 5% estão distribuídos entre o consumo individual e o comércio. Se comparado, o uso humano individual é pequeno com relação ao uso das demais finalidades; uma pessoa necessita em média de 50 a 200 litros de água por dia, que representa uma fração mínima quando comparado a irrigação de uma plantação de arroz, por exemplo (BARBOSA JR, 2008).

De acordo com Giacchini (2009) a quantidade de água existente no planeta é uma reserva limitada e estudos indicam que o volume não altera a três bilhões de anos. Em contrapartida o consumo de água vem aumentando devido ao crescimento populacional e ao uso irracional por parte dos seres humanos.

Com a evaporação dos rios e oceanos formam-se as nuvens, este sistema é chamado de ciclo hidrológico onde a água passa por três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso). Essa mudança de um estado para o outro ocorre em elevadas altitudes sendo entre a hidrosfera e a atmosfera (MAY, 2004), pode ser representado na Figura 1 por uma ilustração esquemática do ciclo hidrológico.

Figura 1: Ciclo Hidrológico



Fonte: (<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos>.)

Detentor de aproximadamente 12% de toda a água doce do planeta, o Brasil encontra-se em uma posição privilegiada, mas esse montante está mal distribuído nas diversas regiões do país, sendo que 80% deste volume estão localizados na região norte onde habita apenas 5% da população nacional; sobrando apenas 20% para as outras regiões onde concentram cerca de 95% da população (GIACCHINI, 2009).

Segundo Ghisi (2006) no Brasil as áreas mais populosas são as mesmas que contêm menores disponibilidades hídricas, já onde se encontra uma parcela menor da população é onde estão localizadas as maiores bacias hidrográficas como na região norte.

A disponibilidade de água no Brasil com relação ao número de pessoas por região pode ser entendida na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Proporção de área e disponibilidade de água por regiões no 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).

3.2 O desperdício de água potável

Para Ghisi (2006) a água doce é um recurso natural fundamental para a vida em nosso planeta, contudo as crescentes agressões ao meio ambiente, o seu uso indiscriminado com desperdícios em diferentes formas e locais do mundo, sobretudo nos grandes centros urbanos, nos remete a uma preocupação mundial que considera a água um bem finito cada vez mais escasso.

O desperdício de água está presente desde dentro das residências até nas tubulações do sistema público de abastecimento nacional, podendo este ser responsável por cerca de 40% de perda na rede, por falta de conhecimento e orientação da população (COGERH, 2007).

Para a SABESP (2007) existem dois tipos de perdas, sendo elas físicas e não físicas. As físicas são aquelas ocasionadas devido aos vazamentos na rede de distribuição, nas ligações residenciais e ramais prediais. Já as perdas não físicas são ocasionadas devido a erro na leitura ou na medição dos hidrômetros, ligações clandestinas ou erro no cadastro do usuário.

De acordo com Gonçalves (2000) existem diversas formas simples de identificar vazamentos residenciais, principalmente em vasos sanitários que são os grandes vilões no que diz respeito ao desperdício localizado de água, logo a seguir cita-se três formas para identificar esse tipo de vazamento:

- Utilizando-se cinza de cigarro dentro do vaso sanitário, ela deverá sedimentar no fundo do mesmo, caso contrário está havendo vazamento da caixa ou válvula de descarga.
- Fechar todas as torneiras, manter a boia de caixa d'água suspensa para interromper o fluxo de água, fazendo isso o hidrômetro deverá ficar parado, caso ele girar o mesmo está mostrando que há vazamento na rede da residência.
- Teste para ver se há vazamento entre a caixa e as instalações internas da casa: feche todas as torneiras, mantenha a boia da caixa d'água suspensa para interromper o fluxo de água, marcar na lateral interna o nível da água, fazendo isso o nível deverá permanecer inalterado, caso contrário há vazamento na tubulação ou junções.

3.3 Programas para o uso racional de água no Brasil

Atualmente está sendo desenvolvido no mundo e inclusive no Brasil muitos programas voltados ao uso racional da água, um deles diz respeito ao Programa Nacional de Combate e Desperdício de Água – PNCDA, coordenado pelo Governo Federal, com intuito de promover a racionalização da água em benefícios a saúde pública, melhorias na distribuição e no bem estar social (PNCDA, 2006).

Existem também alguns programas espalhados pelo país, a exemplo o Programa de Uso Racional da Água – PURA, implantado pelo Governo do Estado de São Paulo, criado em 1995 em parcerias com a Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), tendo como objetivo combater o desperdício de água e consequentemente garantir a qualidade de vida para a população (PURA, 2006).

Em Minas Gerais o monitoramento da qualidade e quantidade das águas é desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, o qual é responsável pelas reservas superficiais e subterrâneas do estado desde 1997 e se tornou indispensável para o gerenciamento dos recursos hídricos (IGAM, 1997).

Ywashima (2005) sugere que cerca de 90% da produção de água nas cidades são destinados a setores residenciais, comerciais e públicos, mostrando que uma redução no consumo nesses locais geraria um papel importante para a conservação das bacias hídricas e consequentemente acarretaria uma economia financeira.

Os estudos no Brasil voltados para o uso racional de água em edificações, consistem no diagnóstico envolvendo um levantamento de documentos tais como: projetos hidráulicos, consumo de água e valores pagos por ela, levantamento de consumo per capita e o perfil do usuário (YWASHIMA, 2005).

Feito isso são elaboradas propostas de planos de intervenção, com avaliação do impacto para a redução no consumo de água obtido ou estimado com a sua implementação.

3.4 O aproveitamento e a utilização das águas pluviais

Segundo Tomaz (2003) um dos registros mais antigos de captação e utilização de água pluvial data no ano de 850 a.C., e refere-se às inscrições em pedras encontradas no Oriente Médio onde o rei Mesha instruiu a população local a construir reservatórios de água de chuva em suas casas. O aproveitamento das águas pluviais é um sistema milenar adotado por várias civilizações no planeta.

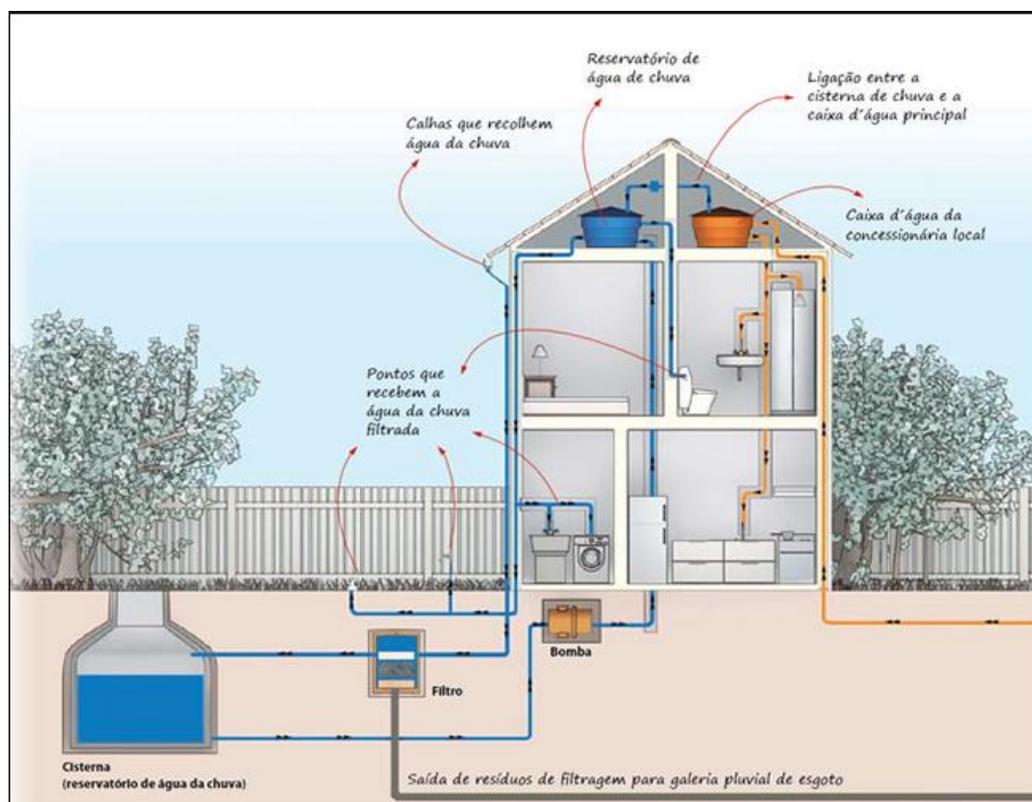
De acordo com Fendrich (2009), para se utilizar da água da chuva devem ser seguidas as seguintes técnicas:

- Coletar a água que cai no telhado;
- eliminar a água do início da chuva como descarte inicial;
- utilizar-se de sistemas de sedimentação, filtragem e tratamento, visando a melhorar a qualidade da água;
- armazenar o volume de água em reservatórios;
- abastecer os locais onde deverá receber esta água.

A captação de água depende das chuvas que caem, durante certo período de tempo, sobre os telhados ou lajes das edificações. A água captada através de calhas é conduzida passando por sistemas de descarte de impurezas por equipamento de filtragem, seguindo diretamente para o reservatório podendo ser bombeado para um segundo reservatório elevado, a partir do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável (MAZER, 2010).

A Figura 2 apresenta um exemplo típico de como funciona o sistema de aproveitamento de água de chuva em edificações.

Figura 2: Esquema de captação e aproveitamento da água pluvial.



Fonte: (<http://www.sheilamartis.arq.br>).

A qualidade da água depende muito do material utilizado no telhado devido a sua composição (amianto, tintas e outros materiais tóxicos) e também dos materiais presentes na superfície do telhado como fezes de animais, animais mortos em decomposição, galhos e folhas de árvores podendo ocasionar contaminação química ou por agentes patogênicos; outro fator importante é a higienização e a manutenção dos equipamentos utilizados no procedimento (REBBELLO, 2004).

Segundo May e Prado, (2014) *apud* Ywashima (2005), um estudo verificou a qualidade da água captada pelos telhados, no mesmo recomendou-se a descartar a água proveniente dos primeiros 20 minutos de precipitação, contudo utilizá-la para realizar a auto-lavagem dos telhados devido aos sedimentos ali presentes.

A água da chuva para ser aproveitada depende de vários fatores como: localização geográfica, condições meteorológicas, presença ou não de vegetação e possibilidade de cargas poluidoras (TOMAZ, 2003).

Dessa maneira a utilização de águas pluviais fica regulamentada pela NBR 15.227 – 2007, e garante o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis em que as águas das chuvas podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (ABNT, 2007).

A Tabela 2 mostra alguns critérios adotados pela norma NBR 15527/2007 sobre a qualidade da água para fins não potáveis.

Tabela 2: Parâmetros para o uso não potável de água de chuva.

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

Fonte: (NBR 15527/2007).

Nas últimas duas décadas muitos países vem aumentando a utilização do recurso pluviométrico em suas aplicações, onde a água é captada diretamente dos telhados, retida temporariamente e reaproveitada (BARBOSA JR, 2008).

A captação e o aproveitamento de água de chuva devem ser realizados visando dois objetivos: conter o excesso e escoamento superficial de água e suprir a demanda da mesma para diferentes fins (BARBOSA JR, 2008).

No que tange ao projeto do sistema de coleta da água de chuva, este deve atender às NBR 5.626 e NBR 10.844 e deve constar o alcance do projeto, a população a ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região (ABNT, 2007).

3.5 O uso racional em escolas e universidades

Em locais públicos onde os usuários não são responsáveis pelo pagamento direto do uso da água, existe uma tendência para o desperdício maior que nas próprias residências. Por esse e outros motivos às escolas e universidades vêm desenvolvendo estudos e programas com objetivo de reduzir o consumo de água com práticas eficientes (PURA, 2006).

Na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, Campus da Universidade de São Paulo (USP), iniciou-se em 1997 um programa para redução do uso de água potável devido aos altos valores pagos mensalmente, que variam em média 1 milhão de reais por mês (BARBOSA JR, 2008).

Para Ywashima (2005) a educação relacionada à conservação de água deve ser enfatizada no currículo escolar, focando principalmente na educação infantil, atuando diretamente na formação do aluno fazendo com que essas conscientizem também as pessoas que as cercam.

Tomaz (2001), também sugere elaborações de campanhas com panfletagens e palestras, induzindo os alunos a economizarem água nos banheiros das escolas e também no seu dia a dia em sua residência junto com sua família.

3.6 Viabilidades econômicas para a implantação de sistema de captação e uso da água pluvial

De acordo com Contador (2000), para tomar uma decisão quanto à viabilidade econômica de um projeto é necessário ter regras e critérios para que sejam aceitos e ordenados por preferência.

Para Ywashima (2005) o modelo de retorno de investimento mais simples e mais comum é conhecido por *Payback*, ele indica o período de retorno em dia, meses ou anos, que são necessários para recuperação do investimento; é muito utilizado no meio empresarial e também acadêmico, pois não exige informações externas ao projeto.

Este modelo possui como vantagens, a simplicidade e o cálculo imediato, possibilitando a classificação dos projetos com o menor tempo de retorno do investimento inicial, ou seja, quanto menor for o *payback* melhor será o projeto para ser executado; também muito utilizado devido ao fator segurança e a ideia de liquidez que será passado aos investidores envolvidos (CONTADOR, 2000).

De acordo com Ywashima (2005) existe também o VLP (valor presente líquido), um indicador bem rigoroso e isento de falhas que corresponde a soma dos valores gastos com um projeto, atualizados com as taxas adequadas de desconto. O VLP é um indicador monetário, se ele der sinal positivo o projeto será considerado tecnicamente viável.

Segundo André e Pelin (1998), esse método é considerado pelo meio acadêmico, como sendo o mais rigoroso entre todos, entretanto devido a sua complexidade ele é o menos utilizado por vários fatores regionais e econômicos.

3.7 Qualidade da água dentro do reservatório

O reservatório deve ter cuidados especiais, tais como: não expor a água ao sol em longo prazo para que não ocorra o crescimento de algas, a tampa de inspeção deve ficar hermeticamente fechada, a saída do extravasor deve conter grades para que não entre animais de pequeno porte, ao menos uma vez ao ano o reservatório deve passar por uma limpeza e realizar um tratamento com água sanitária de acordo com o volume de água (TOMAZ, 2003).

Ainda segundo o mesmo autor em hipótese alguma essa água poderá ser usada para fins potáveis, sendo aproveitada somente para o uso como descargas em vasos sanitários, irrigação, lavagem de calçadas e áreas internas.

3.8 Componentes principais para a captação de água de chuva

3.8.1 Área de captação

A área de captação geralmente é referente aos telhados de casas ou indústrias, sendo que os telhados podem ser inclinados ou planos. As telhas são feitas por vários tipos de materiais como, por exemplo: cerâmicas, fibrocimento, zinco entre outros meios (TOMAZ, 2003).

3.8.2 Calhas e condutores

Para realizar a captação de água é necessária a utilização de calhas e condutores com a função de transportar as águas pluviais até o reservatório. As calhas podem ser de PVC ou metálicas; geralmente podem ser acopladas peneiras com a função de evitar o carregamento de materiais sólidos que às vezes vem acompanhando-as (MAY, 2004).

3.8.3 Mecanismo de limpeza de água

A água pluvial que chega aos telhados e pisos na sua composição apresenta vários tipos de impurezas que podem ser dissolvidas, suspensas ou arrastadas mecanicamente; devido a esta condição ela necessita passar por um mecanismo de limpeza antes de chegar ao reservatório, os sistemas mais utilizados são os filtros e os mecanismos separadores das primeiras águas da chuva (YWASHIMA, 2005).

3.8.4 Reservatório

Armazenar a água captada para sua posterior utilização é a sua função. Podem ser feitos de vários materiais como concreto armado, plásticos, poliéster. Podem estar apoiados, enterrado ou elevado (TOMAZ, 2003).

3.8.5 Extravasor

O extravasor é um dispositivo mais conhecido como ladrão e a sua função é evitar a entrada de pequenos animais (TOMAZ, 2003).

3.8.6 Sistema de distribuição de água

Realiza o fornecimento e o abastecimento da água para vários tipos de aproveitamento. Os principais componentes são: bomba, cano, válvula entre outros (MAY, 2004).

3.9 Precipitação

É a água proveniente do vapor d'água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma. A precipitação média anual do Brasil é de 500 mm a 3500 mm (TOMAZ, 2003).

3.10 Parâmetros para a determinação da intensidade pluviométrica

Para a determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno será necessário utilizar da Equação de Intensidade (1), no que se refere à duração e a frequência da precipitação (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

$$I = \frac{KxT^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Onde:

I = - intensidade média da precipitação intensa, mm/h.

T = período de retorno (5 anos), NBR 10844:1989.

t = duração da precipitação (5 min.), NBR 10844:1989.

K, a, b, c = parâmetros relativos à localidade.

Os parâmetros relativos à localidade que são K, a, b e c, podem ser obtidos pelo Plúvio 2.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

3.11 Parâmetros para o dimensionamento da área de contribuição

A área de contribuição será estipulada pela soma das áreas dos telhados que interceptam as águas de chuva conduzindo-as.

De acordo com a NBR 10844/1989, considerando ser o telhado inclinado, deve-se utilizar a equação (2) abaixo.

$$A_{\text{telhado}} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (2)$$

Onde:

A_{telhado} = área de contribuição do telhado (m²).

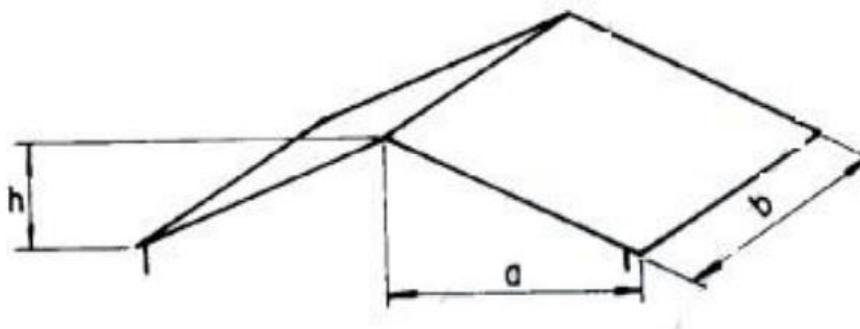
a = menor dimensão do telhado (m).

b = maior dimensão do telhado (m).

h = altura do telhado (m).

Como exemplo, a figura 3 apresenta uma superfície inclinada demonstrando as variáveis utilizadas na fórmula para o cálculo da área de concentração NBR 10844:1989.

Figura 3: Superfície inclinada.



Fonte: (NBR 10844/1989).

3.12 Parâmetros para o dimensionamento da vazão da área de contribuição

Para o cálculo da vazão no telhado pelo método racional poderá ser utilizada a equação (3) abaixo, NBR 10844:1989.

$$Q_{\text{área de contribuição}} = \frac{I \times a}{60} \quad (3)$$

Onde:

$Q_{\text{área de contribuição}}$ = vazão do projeto (L/min).

I = intensidade pluviométrica (mm/h).

A = área de contribuição (m²).

3.13 Dimensionamentos de calhas e condutores

Com o valor mínimo de inclinação de 0,5%, as calhas de beiral e platibandas horizontais sempre que possível devem ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura e ou o mais próximo dela.

Para o dimensionamento da vazão da calha deverá ser utilizada a equação (4) de Manning-Strickler, NBR 10844:1989. E para definir os valores das outras incógnitas o profissional pode-se utilizar das equações 5, 6 e 7.

$$Q_{\text{calha}} = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times i^{1/2} \quad (4)$$

$$S = l \times h \quad (5)$$

$$P = 2 \times h + l \quad (6)$$

$$R_H = \frac{S}{P} \quad (7)$$

Onde:

Q_{calha} = vazão de calha (L/min).

S = área da seção molhada (m²).

n = coeficiente de rugosidade (figura 5).

R_H = raio hidráulico (m).

P = perímetro molhado (m).

l = largura da calha (m).

h = altura da calha (m).

$K = 60.000$.

i = declividade da calha (m/m).

A tabela 3 demonstra o valor do coeficiente de rugosidade (n) para cada tipo de material utilizado na fórmula de Manning-Strickler, NBR 10844:1989.

Tabela 3: Coeficientes de rugosidade “n” de Manning.

Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida.	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: (NBR 10844/1989).

Para as diferentes vazões existem respectivos diâmetros de acordo com o coeficiente de rugosidade para dimensionar os condutores horizontais, apresentados na tabela 4, NBR 10844:1989.

Tabela 4: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).

Diâmetro Interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: (NBR 10844/1989).

Segundo Botelho & Ribeiro (1998, apud Tomaz, 2003), para dimensionar os condutores verticais deve-se fornecer o diâmetro do tubo para as chuvas críticas de 120 mm/h e 150 mm/h. A tabela 5 corresponde à relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas.

Tabela 5: Relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas para condutores verticais.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do telhado	
		Chuva de 150 mm/h	Chuva de 120 mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Fonte: (BOTELHO & RIBEIRO, 1998 apud TOMAZ, 2003).

3.14 Parâmetros para o dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório, devem ser considerados no projeto: o extravasor, o dispositivo de esgotamento, a cobertura, a inspeção, a ventilação e a segurança. Sendo que o volume de água aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, calculado através da equação (8), NBR 15527:2007.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (8)$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável.

P = precipitação média anual, mensal ou diária.

A = área de coleta.

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura 0,80 (TOMAZ, 2003).

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado (0,5 a 0,9) (TOMAZ, 2003).

3.14.1 Método de Rippl

Nesse método pode-se utilizar das séries históricas mensais ou diárias para obter o volume de chuva no reservatório, usando das equações (9), (10) e (11), NBR 15527/2007.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (9)$$

$$Q(t) = C \times P_{(t)} \times A \quad (10)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (11)$$

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

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

$Q_{(t)}$ = volume de chuva aproveitável (t).

$D_{(t)}$ = demanda ou consumo (t).

V = volume no reservatório (L).

C = coeficiente de escoamento superficial.

$P_{(t)}$ = precipitação de chuva (mm).

3.14.2 Método de simulação

Para um determinado mês, aplicam-se as equações da continuidade (12) e (13) a um reservatório finito; nesse método a evaporação da água não deve ser levada em conta, NBR 15527/2007.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (12)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad (13)$$

Sendo que: $0 << S(t) << V$

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).

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

V = volume do reservatório fixado.

C = coeficiente de escoamento superficial.

3.14.3 Método de Azevedo Neto

Para obter o volume de chuva no reservatório utiliza-se da equação (14), NBR 15527:2007.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (14)$$

Onde:

P = precipitação média anual (mm).

V = volume de água no reservatório (l).

T = número de meses de pouca chuva ou seca.

A = área de coleta (m^2).

4 MATERIAL E MÉTODO

O desenvolvimento deste projeto acontece em uma Instituição de ensino Técnico e de Graduação, na cidade de Nepomuceno-MG, onde será realizado um estudo que visa conhecer a viabilidade para implantar um projeto de captação de água de chuva.

A captação de água de chuva será realizada pelo telhado onde irá ser direcionada para as calhas horizontais e para os condutores verticais. A primeira água ao cair, terá como objetivo de lavar o telhado e não será reaproveitada. Toda essa água coletada passará por um filtro para que os resíduos ali acumulados possam ser retirados e só então, a água captada possa ser armazenada temporariamente no reservatório, de onde será distribuída para os locais que a irão reaproveitarem.

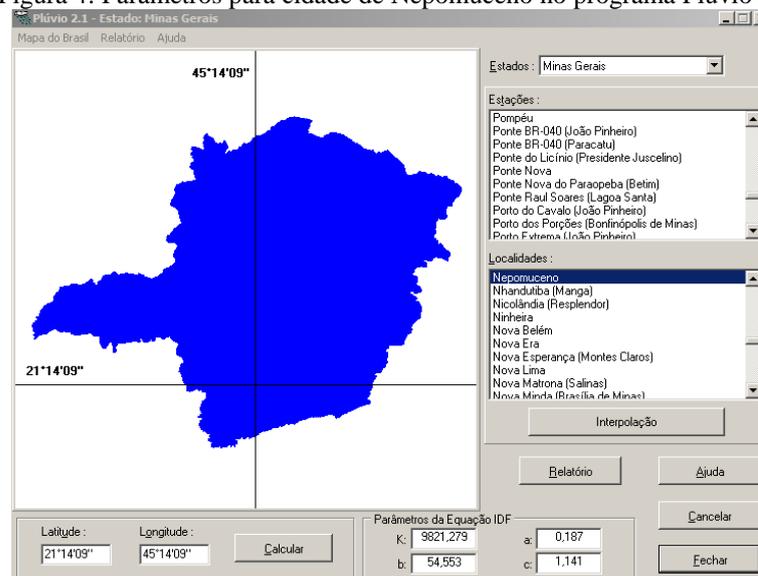
A reutilização dessa água na Instituição poderá ser destinada para fins de irrigação e lavagem de pátios.

De acordo com a revisão literária deste trabalho, o método para analisar os fatores necessários para captação e uso da água, será baseado nas seguintes etapas:

4.1 Intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno

Para iniciar foi necessário obter a intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno, esse dado será obtido através da equação (1) em que os parâmetros serão extraídos do programa Plúvio 2.1 conforme a figura 4.

Figura 4: Parâmetros para cidade de Nepomuceno no programa Plúvio 2.1.



Fonte: (O autor, 2017).

4.2 Área de contribuição

Para obter a área total de contribuição foi necessário o projeto arquitetônico da Instituição para que pudesse retirar as dimensões do mesmo, para então poder utilizar - se da equação (2) que será usada para calcular a área do telhado; com esse resultado será possível encontrar a área de contribuição.

4.3 Vazão da área de contribuição

Através dos resultados encontrados nas equações (1) e (2) para obtenção da área total de contribuição, determina-se a vazão da área de contribuição calculada através da equação (3).

4.4 Calhas e condutores

Através da equação (4) de Manning-Strickler calcula-se a vazão para determinar a calha. O coeficiente de rugosidade será extraído da tabela (3), e os demais dados que são utilizados na equação (4) são calculados através das equações (5), (6) e (7) de acordo com a NBR 10844:1989.

Para a determinação do diâmetro dos condutores horizontais os dados serão extraídos da tabela (4). Já para determinar o diâmetro dos condutores verticais iremos utilizar do resultado da tabela (5).

4.5 Reservatório

Os dados da precipitação média mensal de Nepomuceno correspondente ao período de 1974 até 2016, serão obtidos através do boletim de aviso da Fundação Procafé cuja estação está localizada em latitude 21° 34' 00" em Varginha, a mais próxima do local estudado, com as coordenadas longitude 45°24'22" e altitude 940 m.

A área total de contribuição será calculada através da equação (2). O coeficiente de escoamento superficial é de 0,80 (TOMAZ, 2003). O η fator de captação é de 0,50 a 0,90. A determinação do volume de água aproveitável é calculada através da equação (8) em que se

utilizam os dados citados anteriormente. A partir do resultado apresentado na equação (9), será determinado o volume de água no reservatório que é dimensionado através dos métodos citados na NBR 15527/2007.

4.6 Caracterização do local em estudo

O CEFET, Unidade de Nepomuceno-MG, foi implantado a partir de Convênio entre o CEFET-MG, MEC/FNDE e a Fundação Monsenhor Luiz de Gonzaga; esta última mantenedora do CEPROSUL – Centro de Educação Profissional do Sul de Minas, escola criada em 2002 através do PROEP. O CEFET-MG nos termos do convênio absorveu a gestão do CEPROSUL, com 05 (cinco) turmas em funcionamento; um prédio com aproximados 2.400m², constituído de auditório, laboratórios e oficinas montadas, e salas de aula com mobiliário.

A Unidade conta com 43 professores, 23 técnicos administrativos, 497 alunos presenciais matriculados nos seguintes cursos, de acordo com as informações contidas no site da instituição.

Curso de Graduação:

- Engenharia Elétrica: Noturno.

Cursos Técnicos:

- Eletrotécnica: Integrado, Subsequente e Concomitância Externa;
- Mecatrônica: Integrado, Subsequente e Concomitância Externa;
- Redes De Computadores: Integrado.

Modalidades:

- Integrado (diurno): atendendo aos alunos que já concluíram o Ensino Fundamental (duração de 3 anos mais estágio);
- Subsequente (noturno): atendendo aos alunos que já concluíram o Ensino Médio (duração de 2 anos mais estágio);
- Concomitância Externa (noturno): atendendo aos alunos que estão cursando a 2^a ou 3^a série do Ensino Médio (duração de 2 anos mais estágio).

Cursos a Distância (EAD):

- Eletrônica;
- Meio Ambiente;
- Informática para Internet (antigo PGTI).

Na figura 5 pode-se observar a fachada da instituição de frente para uma das avenidas da cidade.

Figura 5: Fachada da instituição.



Fonte: (<http://www.nepomuceno.cefetmg.br.>)

Na figura 6 uma foto aérea da instituição mostrando o telhado e uma parte de sua estrutura física.

Figura 6: Foto aérea da instituição.

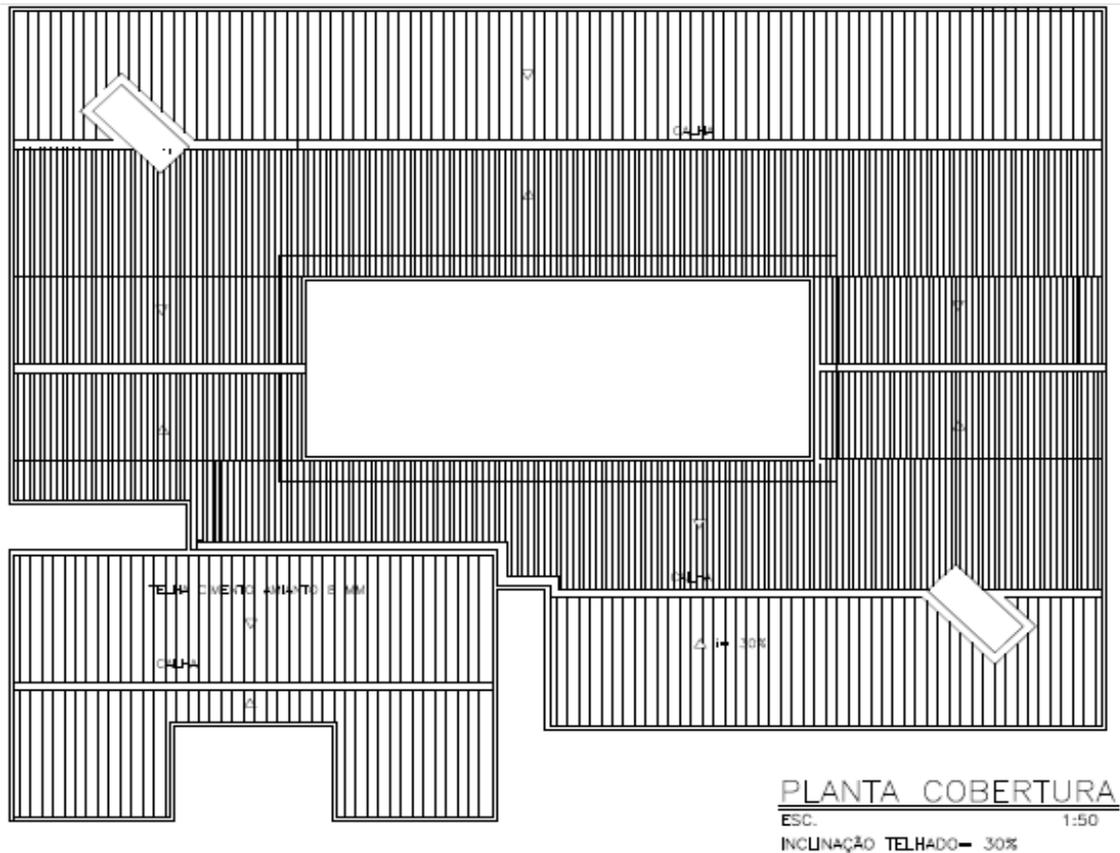


Fonte: (<http://www.nepomuceno.cefetmg.br.>)

4.7 Sistema atual do empreendimento

De acordo com a figura 7 o local conta com duas edificações, com telhados divididos, entretanto o direcionamento da água dos dois é para o centro onde situa a calha, somando uma área total de contribuição de 1740,85m², com pé direito variando entre 3.25m à 4,25m.

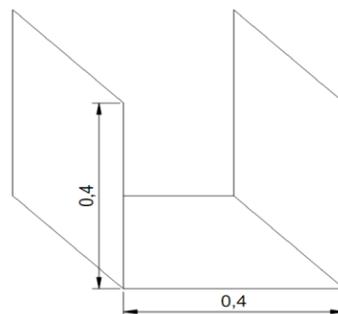
Figura 7: Desenho com vista superior do telhado.



Fonte: (O autor, 2017).

O telhado conta com diversas calhas, seu formato contém dimensões de (0,40 x 0,40) de acordo com a figura 8, em formato retangular e com uma declividade de 1%.

Figura 8: Esboço com as dimensões da calha



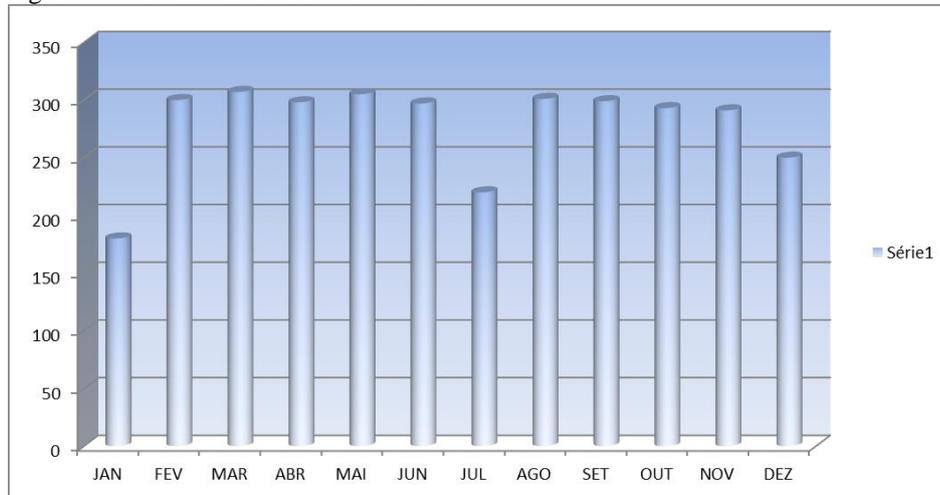
Fonte: (o autor, 2017).

Interligado as calhas estão os 12 condutores verticais com diâmetro de 150 mm, os mesmos deságuam em caixas de passagem descarregando no sistema de drenagem municipal.

4.8 Consumo de água na instituição

No ano de 2016 a instituição teve um consumo médio de 278,4m³ de água de acordo com figura 9, havendo uma redução brusca do consumo nos meses referente as férias escolares.

Figura 9: Consumo mensal no ano de 2016



Fonte: (CEFET Campus IX, 2016).

5 RESULTADOS

5.1 Memorial de cálculos

5.1.1 Determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno

Para a determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Nepomuceno será necessário utilizar da Equação de Intensidade (1) descrita acima no decorrer do trabalho, no que se refere à duração e a frequência da precipitação (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

$$I = \frac{KxT^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Os parâmetros relativos à localidade que são o K, a, b e c, podem ser obtidos pelo Plúvio 2.1 como já citado no capítulo 4.1 na figura 4, onde estão apresentados os dados com os parâmetros de localidade para cidade de Nepomuceno, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

Através da identificação dos parâmetros de localidade, calcula-se agora a intensidade pluviométrica com a equação (1) abaixo:

$$I = \frac{9821,279X5^{0,187}}{(5+54,553)^{1,141}} = 125,23\text{mm/h} \quad (1)$$

5.1.2 Parâmetros para o dimensionamento da área de contribuição

A área de contribuição será estipulada pela soma das áreas dos telhados que interceptam as águas de chuva conduzindo-as.

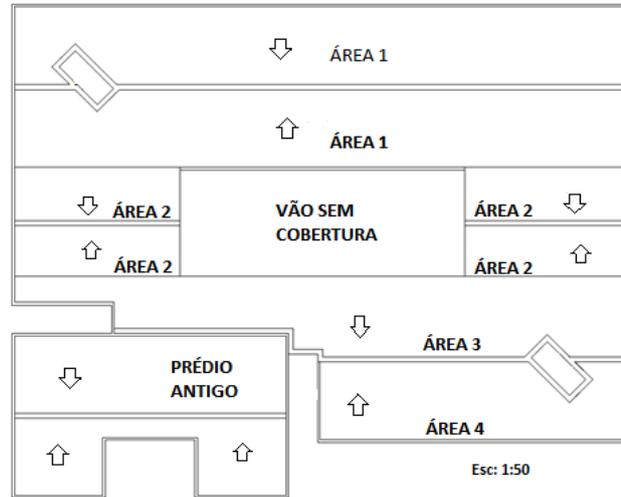
De acordo com a NBR 10844/1989, considerando ser o telhado inclinado, deve-se utilizar a equação (2), citada no capítulo 3.11, abaixo:

$$A_{\text{telhado}} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (2)$$

Para determinar a área de contribuição do telhado, deverá utilizar a equação (2) e devido ao formato do telhado foi feita uma divisão por áreas no mesmo, como mostra a figura

10 abaixo, posteriormente faz-se o uso da equação (3) para quantificá-las para enfim somar todas elas.

Figura 10: Divisão do telhado por áreas.



Fonte: (o autor, 2017).

Dimensionando a área de contribuição, os cálculos são descritos a seguir:

$$A_{\text{Prédio antigo}} = (6,12 + 2,0/2) \times 21,73 \times 2 = 310,0\text{m}^2 \quad (2)$$

$$A_1 = (6,37 + 2,0/2) \times 48,50 \times 2 = 715,00\text{m}^2 \quad (2)$$

$$A_2 = (4,17 + 2,0/2) \times 13,10 \times 4 = 271,00\text{m}^2 \quad (2)$$

$$A_3 = (6,37 + 2,0/2) \times 48,5 = 357,5\text{m} \quad (2)$$

$$A_4 = (6,37 + 2,0/2) \times 24,9 = 184,00\text{m}^2 \quad (2)$$

$$A_{\text{TOTAL}} = A_{\text{TOTAL}} - A_{\text{VÃOS}} = 1837,5 - 96,65 = 1740,85\text{m}^2$$

5.1.3 Determinação da vazão da área de contribuição

Para o cálculo da vazão no telhado pelo método racional poderá ser utilizada a equação (4) abaixo, NBR 10844:1989.

$$Q_{\text{área de contribuição}} = \frac{I \times a}{60} \quad (4)$$

$$Q_{\text{área de contribuição}} = \frac{125,23 \times 1740,85}{60} = 3633,44\text{L/min} \quad (4)$$

5.1.4 Dimensionamentos de calhas e condutores

A seção molhada da calha é obtida através da equação (5), NBR 10844:1989.

$$S = l \times h \quad (5)$$

Substituindo os valores na equação temos:

$$S = 0,40 \times 0,40 = 0,16\text{m}^2 \quad (5)$$

O perímetro da seção molhada é calculado através da equação (6), NBR 10844:1989.

$$P = 2 \times h + l \quad (6)$$

Logo obtém-se:

$$P = 2 \times 0,40 + 0,40 = 1,2\text{m} \quad (6)$$

O cálculo para a determinação do raio hidráulico é através da equação (7), NBR 10844:1989.

$$R_H = \frac{S}{P} \quad (7)$$

Onde teremos:

$$R_H = \frac{0,16}{1,2} = 0,133\text{m} \quad (7)$$

A vazão da calha por sua vez é obtida através da equação (8), NBR 10844:1989.

$$Q_{\text{calha}} = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times i^{1/2} \quad (8)$$

Logo obtém-se:

$$Q_{\text{calha}} = 60000 \times \frac{0,16}{0,011} \times 0,133^{2/3} \times 0,01^{1/2} = 22739,43 \text{ L/min} \quad (8)$$

De acordo com o resultado obtido na equação (8), a calha especificada no estudo suportar uma vazão de 22739,43 L/min, sendo assim as calhas irão atender à vazão de água da área de contribuição com um total de 3633,44 L/min.

Os condutores verticais, com diâmetro de 150mm extraído da tabela 5, suportarão a vazão de 3633,44 L/min da área de contribuição. Tendo em vista que esta área de contribuição contém 12 condutores verticais logo cada condutor receberá uma vazão de 302,78 L/min ou 5,04 L/s.

6 APLICAÇÕES

Sabe-se que o reuso de águas pluviais tem objetivos ambientais e financeiros e se tratando de uma instituição de ensino também se faz útil por servir de exemplo a funcionários e alunos, visando à conscientização e desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, May (2004) através de um estudo para implantação de um projeto com reuso de efluentes, pode constatar que ao construir outra instalação hidráulica paralela transportando água não potável, acarreta em um aumento considerável no custo inicial, porém existe uma possibilidade de reduzir o consumo de água potável para até 30% do consumo total, podendo haver também uma redução nos gastos financeiros e claramente um retorno ambiental.

Portanto com os dados pluviais e de captação levantados, será possível equacionar o consumo de água não potáveis na instituição, tendo como exemplo o uso da água a ser captada nas descargas dos banheiros e nas lavagens dos pátios internos assim como nas salas de aulas entre outros departamentos em geral.

6.1 Determinação do consumo de água nas descargas dos banheiros

Existem pesquisas sendo feitas com relação ao consumo de água nas descargas nos vasos sanitários, no sentido de obter dados mais precisos e confiáveis suprimindo a necessidade de informações a respeito do real consumo.

Aguiar (2008) cita um método utilizado em duas escolas na Inglaterra, onde foram utilizados hidrômetros de medição nos aparelhos de descargas para medir o real consumo dos usuários; esta técnica vem se aperfeiçoando para identificação mais precisas dos aparelhos existentes.

Para chegar em um real consumo por aparelho sanitário seria algo muito complexo de se quantificar, devido à vários fatores como oferta, variação na pressão hidráulica, hábitos dos usuários, modelos de aparelhos dentre outros. O que se tem feito são levantamentos com estimativas mais próximas do real consumo, pois o ideal seria parametrizar o monitoramento dos aparelhos por usuários e frequência de uso (AGUIAR, 2008).

Sendo assim, havendo uma impossibilidade de uso destes parâmetros pode-se utilizar de valores médios adotados em outros estudos já concluídos (AGUIAR, 2008).

Ywashima (2006) através de estudos e observações em campo em algumas instituições de ensino público, desenvolveu um modelo possível de levantar o consumo médio estimado entre valores mínimos e máximos mais prováveis das seguintes variáveis:

- Duração de uso de água para cada atividade;
- Número de uso per capita para cada aparelho;
- E vazão aproximada para cada descarga.

O estudo mostrou que em média 90% dos alunos, professores e funcionários distribuídos nos três turnos utilizavam a descarga dos banheiros duas vezes ao dia. (YWASHIMA, 2006).

Para a edificação (CEFET- MG- XI) em estudo, observou se que todos os vasos sanitários utilizam de descargas à válvula, este tipo de equipamento de acordo com seu fabricante gasta em média 6 litros de água por descarga; sendo assim foi possível elaborar a Tabela 6 a qual demonstra o volume destinado para vasos sanitários, e adotar um consumo médio, sugerido pela autora do estudo acima.

Tabela 6: Volume destinado para vasos sanitários

Usuários	Nº de usuários	Volume/descarga lts	Frequências de idas ao banheiro		
			1 vez/dia (m³)	2 vezes/dia (m³)	3 vezes/dia (m³)
100%	563	6	3378	6756	10134
90%	563	6	3040	6080	9121
80%	563	6	2702	5405	8107
70%	563	6	2365	4729	7094
60%	563	6	2027	4054	6080

Fonte: (o autor, 2017).

Considerando que 90% dos usuários utilizam a descarga sanitária em média 2 vezes ao dia no período em que permanecem na instituição, o consumo seria de 6869 litros/dia de água, e através da equação (15) obter o consumo durante os 22 dias de aula letivos em um mês.

$$\text{Demanda}_{\text{descarga nos sanitários}} = 6080_1 \times 22_{\text{dias letivos}} = 133760 \text{ l/mês} \quad (15)$$

Onde:

$\text{Demanda}_{\text{descarga nos sanitários}} = \text{Demanda de água gasta com descargas em vasos sanitários.}$

6.2 Determinação da demanda de água para limpezas e lavagens

Estimando-se oito lavagens de pátio por mês, para uma área de pátio de 2400 m² (média do consumo: 1,5 l/m²/dia), (PROSAB, 2006). A determinação da demanda de água para lavagem de pátio é calculado através da equação (16).

$$\text{Demanda}_{\text{lavagem de pátios e salas}} = 1,5_{\text{lts}} \times 2400_{\text{m}^2} \times 8_{\text{lavagens}} = 28800_{\text{lts/mês}} \quad (16)$$

Onde:

$\text{Demanda}_{\text{lavagem de pátios e salas}} = \text{Demanda de água gasta para lavagem dos pátios e salas de aula.}$

6.3 Determinação da demanda total

De acordo com os resultados das demandas apresentadas nos capítulos anteriores a demanda total será o resultado da soma entre as duas demandas. A determinação da demanda do volume total é calculada através da equação (17).

$$\text{Demanda}_{\text{total}} = 133760 + 28800 = 162560 \text{ l/mês} \quad (17)$$

Onde:

$\text{Demanda}_{\text{total}} = \text{demanda de água total (l/mês).}$

7 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA

Almeja estimar números reais para que se torne possível concluir a viabilidade do trabalho, para isso faremos as dimensões do reservatório, da bomba e do sistema de elevação da água do reservatório inferior para o reservatório superior.

7.1 Dimensionamento de reservatório

O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima. Em regiões quando não há variação muito grande entre as precipitações médias mensais o volume do método de Rippl torna-se zero (TOMAZ, 2003).

O método utilizado para realizar o dimensionamento do reservatório com volume que atenda a necessidade proposta no capítulo 4.3.3 será o método de Rippl em conjunto com o método analítico (TOMAZ, 2003).

Com esse modelo será possível quantificar o volume para um reservatório inferior, levando em conta não somente o volume de captação como também uma parte fornecida pela concessionária de água do município em meses com menor volume de coleta.

Sendo assim foi utilizado a planilha da Alto QI (Software para Engenharia) com os dados extraídos neste trabalho, para elaborar a tabela 7.

Tabela 7: Dimensionamento através do método de Rippl e analítico.

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m³) =		30							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	349,8	14,40	1740,85	487	30	0	30	442,6	0
Fevereiro	168,9	162,56	1740,85	235	30	30	30	72,44	0
Março	176,2	162,56	1740,85	245	30	30	30	82,44	0
Abril	26,3	162,56	1740,85	37	30	30	-95,56	0	95,56
Maiο	40,2	162,56	1740,85	56	30	0	-106,56	0	106,56
Junho	50,1	162,56	1740,85	70	30	0	-92,56	0	92,56
Julho	10,5	14,40	1740,85	15	30	0	0,6	0	0
Agosto	51,4	162,56	1740,85	72	30	0,6	-89,96	0	89,96
Setembro	18,6	162,56	1740,85	26	30	0	-136,56	0	136,56
Outubro	150,2	162,56	1740,85	209	30	0	30	16,44	0
Novembro	170,3	162,56	1740,85	237	30	30	30	74,44	0
Dezembro	152,3	81,28	1740,85	212	30	30	30	130,72	0
Total	1364,8	1573,12		1901				819,08	521,2

Fonte: (Alto QI , adaptado pelo autor, 2017).

Com base na tabela 7 temos as seguintes informações:

Coluna 1: é o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2: estão os dados da precipitação média mensal de Varginha de 1977 até 2016, obtidos através do boletim de aviso da Fundação Procafé cuja estação está localizada em latitude 21° 34' 00", longitude 45°24'22" e altitude 940m (PROCAFÉ, 2017).

Coluna 3: demanda mensal que foi imposta de acordo com as considerações citadas nos capítulos 4.3.2 (TOMAZ,2003).

Coluna 4: a área de captação é a de projeção dos telhados em m² sobre o terreno (TOMAZ, 2003).

Coluna 5: nesta coluna, estão disponíveis os volumes mensais de água de chuva. Este dado é obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runoff de 0,8 para poder dividir por 1000, com isso o resultado do volume será fornecido em metros cúbicos (TOMAZ, 2003).

Coluna 6: corresponde ao volume definido para o reservatório.

Coluna 7: é o volume do reservatório no tempo (t -1) em m³.

Coluna 8: é o volume do reservatório no tempo (t) em m³.

Coluna 9: indica que terá água transbordando pelo extravasor.

Coluna 10: indica que haverá necessidade de fornecimento externo por parte do sistema público.

Analisando a tabela 7 com o uso da planilha do Excel, foi possível conseguir após algumas tentativas com diferentes volumes (anexos 4, 5, 6 e 7), chegar a um volume economicamente satisfatório para um reservatório com menos de 30000l, podendo suprir a demanda total em estudo por 7 meses do ano, e nos outros meses onde não há volume total captado a água será fornecida pela concessionária para garantir 100% desta demanda.

O volume a ser armazenado no reservatório superior foi obtido através do consumo diário, neste caso adotou-se 2 reservatórios interligados de 3000lts devido ao local a serem instalados chegando a um total de 6000l.

7.2 Dimensionamento do sistema de elevação da água do reservatório inferior para o reservatório superior

Para a determinação do consumo diário de água será utilizada a equação (18) com a bomba funcionando em média 22 vezes por mês para encher os reservatórios superior em dia

letivos.

$$V = \text{Demanda}_{\text{total}} / 22 \quad (18)$$

Onde:

V = volume de água por dia trabalhado (l/dia)

Demanda_{total} = demanda total da água por mês utilizado (162560 l/mês).

Para determinar a vazão do recalque da bomba será utilizado a equação (19).

$$Q_{\text{bomba}} = \frac{V}{T} \quad (19)$$

Onde:

Q_{bomba} = vazão de serviço (l/h).

V = volume de água por dia trabalhado (l/dia).

T = número de horas de funcionamento da bomba por dia (4 horas).

$$Q_{\text{bomba}} = \frac{7389}{4} = 1847 \text{ l/h} = 0,000513 \text{ m}^3/\text{seg} \quad (19)$$

7.2.1 Dimensionamento do diâmetro do tubo de recalque

Para a determinação do diâmetro na tubulação de recalque será utilizada a equação (20) que é representada pela fórmula Forschheimer, NBR 5626:1998.

$$D_r = 1,3 X \sqrt{Q_{\text{bomba}}} x \sqrt[4]{\frac{T}{24}} \quad (20)$$

Onde:

D_r = Diâmetro do recalque (mm).

Q_{bomba} = vazão de serviço (0,000513m³/seg).

T = número de horas que a bomba irá trabalhar por dias (4horas).

$$D_r = 1,3 X \sqrt{0,000513} x \sqrt[4]{\frac{4}{24}} = 0,018 \text{ m} \quad (20)$$

O diâmetro da tubulação de recalque será de 15 mm; o diâmetro próximo disponível comercialmente será o de 20 mm, entretanto devido às características da bomba será utilizado 25 mm, pois é o diâmetro da sua saída.

7.2.2 Cálculo de perda de carga

As perdas de carga localizada são demonstradas através da Tabela 8, nos seus diferentes trechos.

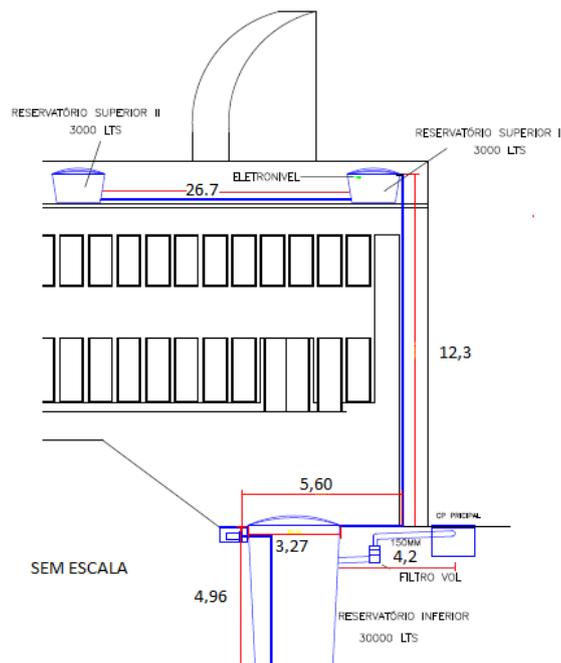
Tabela 8: Perdas de carga localizada.

Trecho	Diâmetro (mm)	L _{tubo} (m)	Peças de PVC	Quant	L _{peças} (m)	L _{total} (m)
1-2	25	4,4	Válvula de Pé com Crivo	1	9,5	16,3
	25		Válvula de Retenção Vertical	1	2,4	
2-3	25	4,9	Joelho 90°	1	1,2	6,1
3-4	25	6,7	Joelho 90°	1	1,2	7,9
4-5	25	11	Joelho 90°	1	1,2	13,1
	25		Saída de Canalização	1	0,9	
5-6	25	27,7	Saída de Canalização	2	0,9	29,5
Comprimento equivalente total (altura manométrica)						72,60

Fonte: (O autor, 2017).

A figura 11 demonstra o modelo esquemático da perda de carga na tubulação que interliga o reservatório inferior ao reservatório superior.

Figura 11: Modelo esquemático da perda de carga na tubulação



Fonte: (O autor, 2017).

7.3 Bomba

O sistema elevatório deve ser dimensionado de acordo com o consumo diário, mas não apenas em função de seu volume, pelo fato dos reservatórios superiores serem reguladores de vazão, a alimentação da mesma deverá atender às demandas variáveis de distribuição com os picos de consumo na hora de seu uso.

Sendo assim foi utilizada a equação (21) para determinar a potência da bomba.

$$P_{\text{bomba}} = \frac{Y_{H_2O} \times Q_{\text{bomba}} \times H_{\text{man}}}{75 \times \eta_{\text{bomba}}} \quad (21)$$

Onde:

P_{bomba} = potência da bomba (CV).

Y_{H_2O} = peso específico da água (1000kgf/m³).

Q_{bomba} = vazão de água no recalque (0,000513 m³/seg).

H_{man} = altura manométrica (72,6 m).

η_{bomba} = rendimento da bomba (0,5).

$$P_{\text{bomba}} = \frac{1000 \times 0,000513 \times 72,6}{75 \times 0,5} = 1,0 \text{ CV} \quad (21)$$

De acordo com o resultado da equação (21), a potência da bomba será à partir de 1,0 CV que corresponde a 750 watts, sendo assim foi adotado uma bomba tipo centrífuga com elevação máxima de 76 metros, parecido com a figura 12, atendendo a necessidade da elevação do reservatório inferior para os reservatórios superiores.

Figura 12- Modelo de bomba centrífuga a ser utilizada.



Fonte: (<http://www.schneider.ind.br>).

7.3.1 Componentes para acionamento da bomba

Para o acionamento da bomba será preciso utilizar um sistema de comando automático de boia. Na caixa superior é instalado um eletro-nível como o da figura 13 com a função de dar a partida na bomba submersa do reservatório inferior toda vez que o mesmo chegar a um nível baixo d'água, e desligar a mesma bomba quando o nível superior chegar a um volume máximo d'água.

Figura 13- Eletro-nível

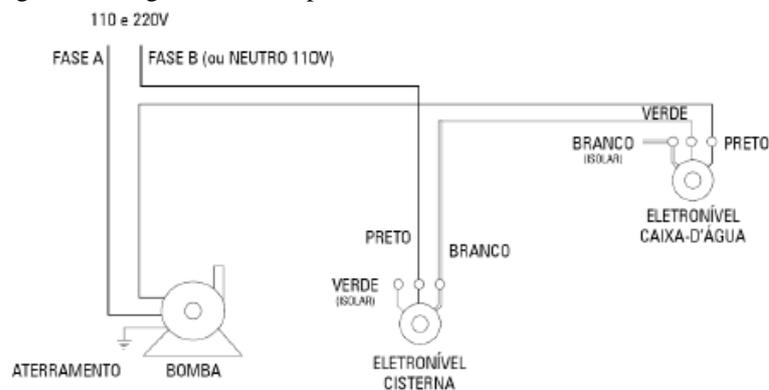


Fonte: (Technik, 2017).

Dentro do reservatório inferior será também necessária a instalação de um eletro-nível para desligamento automático da bomba quando o nível do reservatório chegar ao mínimo para operação da mesma.

Na figura 14 mostra um exemplo de um diagrama elétrico de acionamento automático da bomba através de eletro-nível.

Figura 14- diagrama elétrico para acionamento da bomba com eletro-nível.



Fonte: (Manual de instalação de reservatórios acqualimp, 2008).

Quando não houver água no reservatório inferior por falta de chuva, necessitará utilizar de uma válvula de solenoide, como pode-se observar na figura 15, no reservatório superior permitindo automaticamente a entrada de água do fornecimento público para que esta fica sempre disponível para utilização (MAZER, 2010).

Figura 15 - Válvula de solenoide



Fonte: (www.static.usinainfo.com.br)

7.3.2 Dimensionamento do modelo do filtro volumétrico e seu acessório de acordo com a vazão

A filtragem da água a ser captada é um processo necessário por conter elementos em suspensão que são arrastados pela força da água ao escoar pelo telhado e tubulações (Technik, 2010).

Para determinar qual será o filtro volumétrico a ser utilizado como o da figura 16 abaixo, deverá ser levado em conta o volume de água a ser captada.

Figura 16: Modelo de filtro volumétrico.



Fonte: (<http://www.agua-de-chuva.com>).

Utilizando-se dos dados da tabela 3 do método de Rippl, foi possível analisar que o maior volume mensal captado pelo telhado foi no mês de janeiro com 487,16m³, levando em conta que o mês tem 30 dias, logo o volume médio diário será de 16,239m³ de água. Para a escolha do modelo deverá ser calculado a vazão através da equação (22).

$$Q_{\text{filtro volumétrico}} = \frac{16,239 \times 1000}{24 \times 3600} \quad (22)$$

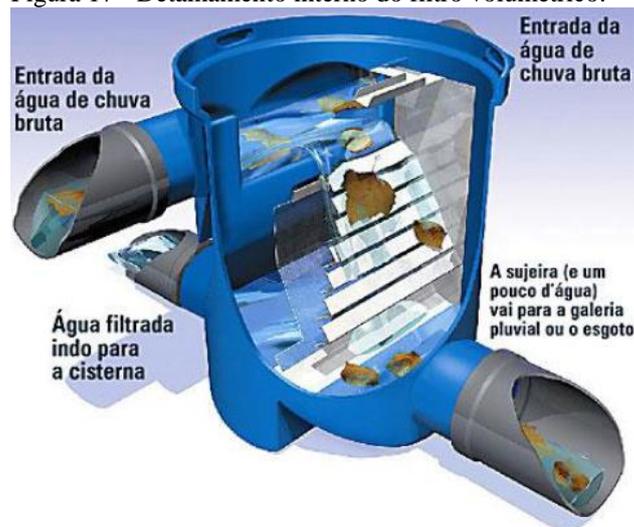
$$Q_{\text{filtro volumétrico}} = 0,188 \text{ l/seg.} \quad (22)$$

Onde:

$Q_{\text{filtro volumétrico}}$ = vazão no filtro volumétrico (l/seg.).

Na figura 17 é o mesmo modelo de filtro da figura 16, porém com a sua parte interna exposta mostrando detalhes do seu funcionamento.

Figura 17 - Detalhamento interno do filtro volumétrico.



Fonte: (<http://www.agua-de-chuva.com/66-2-Filtro-Volumetrico-Twin.html>).

Para evitar um possível colapso do sistema de captação, é indicado o uso de um *By Pass* como na figura 18, ligando a canalização de água de chuva à canalização pluvial municipal, pois caso haja um excesso de água essa será desviada para galeria pluvial (TECHNIK, 2010).

Figura 18: Sistema *ByPass*



Fonte: (<http://www.agua-de-chuva.com/66-2-bypass-Twin.html>).

8 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Através de uma CPU (planilha de custo unitário) fornecida pela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil), foi possível elaborar uma planilha de composição de custo unitário que demonstrada na tabela 9.

Tabela 9: Composição de custo unitário

PLANILHA CUSTO UNITÁRIO					
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
1	ESCAVAÇÕES E BOTA FORA				
1.1	Escavação mecanizada	m³	30	2,12	63,60
1.2	Transporte de material escavado bota fora até 5 Km	m³	30	9,75	292,50
	Valor geral da escavção				356,10
2	PEÇAS HIDRÁULICAS E INSTALAÇÕES	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
2.1	Tubeo PVC soldável 100 mm	m	14	11,66	163,24
2.2	Joelho PVC soldável 100mm x 90°	pç	3	5,20	15,60
2.3	Joelho PVC soldável 100 x 45°	pç	3	4,90	14,70
2.4	Cap PVC soldável 100 mm	pç	1	8,90	8,90
2.5	Tubeo PVC soldável 25 mm	m	54,7	3,26	178,32
2.6	Joelho LR 25mm Azul-Fio Metálico	pç	3	2,89	8,67
2.7	Adaptador curto 25 mm PVC soldável/rosqueavel	pç	5	1,09	5,45
2.8	Reservatório d'água fibra de vidro 30m³	pç	1	9.300,00	9.300,00
2.9	Caixa d'água fibra de vidro 5m³	pç	2	827,20	1.654,40
2.10	Filtro volumétrico 3P Twin	pç	1	3.980,00	3.980,00
2.11	Válvula de pé PVC com crivo de 25mm	pç	1	9,80	9,80
2.12	Válvula de retenção vertical 25mm	pç	1	52,30	52,30
2.13	Adesivo para tubo pvc 850g	tb	1	38,89	38,89
2.14	Fita Veda-Rosca 18mm x 20m	rolo	1	5,56	5,56
2.15	Oficial	h	40	12,50	500,00
2.16	Ajudante	h	40	6,25	250,00
	Valor geral das peças e instalações hidráulicas				16.185,83
3	PEÇAS ELÉTRICAS E INSTALAÇÕES	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
3.1	Fio 2,5 mm2	m	66,00	1,30	85,80
3.2	Fio 4 mm2	m	32,00	2,50	80,00
3.4	Mangueira eletroduto liso 3/4"	m	15,00	1,95	29,25
3.5	Fita Isolante 20,00 m	pç	3,00	2,50	7,50
3.6	Disjuntor bipolar 40A	pç	1,00	12,00	12,00
3.7	Bóia de nível Anauger Sensor Control	pç	2,00	32,90	65,80
3.8	Bomba submersa Rayama - 220v	pç	1,00	133,87	133,87
3.9	Válvula de solenóide	pç	1,00	39,80	39,80
3.10	Eletricista	h	12,00	12,50	150,00
3.11	Ajudante	h	12,00	6,25	75,00
	Valor geral das peças elétricas e instalações				679,02
CUSTO TOTAL					R\$ 17.220,95

Fonte: (O autor, 2017).

De posse desses dados, se torna possível fazer uma análise do retorno de investimento através do *payback*, um método de engenharia econômica simples que indica o período de retorno necessário para recuperar o investimento financeiro, pois quanto menor o período de *payback*, mais rentável será o investimento e, portanto menos arriscado (CONTADOR, 2000).

8.1 Calculando o retorno de investimento *payback*

Através da equação (23) será possível saber o volume para demanda com lavagens e descargas em sanitários.

$$V_{\text{pluvial}} = V_{\text{demanda}} - V_{\text{potável}} \quad (23)$$

$$V_{\text{pluvial}} = 1573,12 - 521,20 = 1051,90 \text{m}^3 \quad (23)$$

Onde:

V_{demanda} = volume gasto com a demanda para descargas e lavagens m^3/ano .

$V_{\text{potável}}$ = volume fornecido pela concessionária para demanda com descargas e lavagens m^3/ano .

V_{pluvial} = volume fornecido pelo sistema de captação para demanda com descargas e lavagens m^3/ano .

Através da equação (24) e (25) será possível fazer uma análise do projeto para saber o período de retorno do investimento *payback*, sabendo que o valor cobrado pela concessionária é de R\$7,04/ m^3 (anexo 1).

$$E = V_{\text{pluvial}} \times P_{\text{cobrado}} \quad (24)$$

$$E = 1051,90 \times 7,04 = \text{R\$ } 7405,30 \quad (24)$$

Onde:

E = Economia R\$/ano.

V_{pluvial} = Volume fornecido pelo sistema de captação para demanda com descargas e lavagens m^3/ano .

P_{cobrado} = Preço cobrado pela concessionária do município R\$/ m^3 .

$$P_{\text{retorno}} = \frac{C_{\text{total}}}{E} \quad (25)$$

$$P_{\text{retorno}} = \frac{17220,95}{7405,30} = 2,32 \text{ anos} \quad (25)$$

Onde:

P_{retorno} = Período de retorno em anos.

C_{total} = Custo total do investimento R\$.

E = Economia R\$/ano.

Feito os cálculos verificou-se que a economia gerada através de um sistema de aproveitamento de água pluvial para o projeto em estudo seria em média de R\$7405,30 por ano e um retorno financeiro de aproximadamente a 2 anos e 4 meses, não levando em consideração a energia gasta com bombeamento devido a variação do valor cobrado pela concessionária de energia e a parte de depreciação.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a realização desse trabalho, conclui-se que através do projeto a vazão captada pelo telhado da instituição em estudo apresenta um cenário propício à instalação de um sistema para a captação e aproveitamento de água de chuva.

Através deste estudo foi estimado o potencial de economia de água potável obtido por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, MG – Campus IX localizado na cidade de Nepomuceno – MG.

O uso de água potável utilizado em descargas sanitárias e com lavagens de salas, banheiros, corredores e demais dependências de uma instituição de ensino, gera um desperdício irreparável, sendo que este tipo de uso poderia ser substituído pela própria água pluvial aproveitada pelo telhado.

O consumo de água em ambientes públicos se torna maior porque as pessoas não se sentem responsáveis por pagar os gastos, e acabam se esquecendo que a água é um recurso natural não renovável e devido a essa falta de conscientização o prejuízo pode ser irreparável.

Foi pensando nisso, que a realização deste projeto apresentou um cenário propício para implantação do sistema de captação e aproveitamento da água pluvial. Devido a economia anual em torno de 67,4% do volume utilizados em descargas sanitárias e lavagens das dependências dos edifícios de 52% do consumo total.

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

Este trabalho pode mostrar que há uma viabilidade econômica real com a implantação deste sistema de aproveitamento, proporcionando uma economia nos recursos financeiros à médio prazo, e propositalmente um benefício ao meio ambiente de imediato por preservar os recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

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

Auto QI mais Engenharia, soluções em planilhas para Engenharia. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/material/planilhas-para-o-dimensionamento-dos-reservatorios-de-agua-pluvial-em-edificacoes/acessado>> Acesso em 15 de novembro 2017.

BARBOSA JR, A. Rodrigues. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

Boia de nível, 2015. Disponível em: <<http://www.ordeleite.com.br/produto/boia-de-nivelanauger-sensor-control/29417>>. Acesso em: 27 de outubro de 2017.

Bombas centrífugas Shneider catálogo. Disponível em: <http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas-2017.pdf>> Acesso em 15 de novembro 2017.

BOTELHO, M. H. C., RIBEIRO JR, G. A. **Instalações hidráulicas prediais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed, 2006.

Caixa d'água 3m³. Disponível em: www.breithaupt.com.br/caixa-agua-fibra-3000l-comtampabakof.html. Acesso em 16 de novembro de 2017.

Caixa d'água 30m³. Disponível em: <<https://loja-virtual-caixafibra.blogspot.com.br>>. Acesso em 16 de novembro de 2017.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. **Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância**. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n. 3, set./dez. 2003.

CEFET – CAMPUS IX NEPOMUCENO Disponível em: <<http://www.nepomuceno.cefetmg.br/cefet-mg-nepomuceno>> Acesso em: 19 de maio de 2017.

Ciclo hidrológico, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos>> Acesso em 05 de outubro de 2017.

Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **COGERH**. Disponível em:<<http://www.cogerh.com.br>>. Acesso em 08 de abril de 2017.

Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. **SABESP**. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em 22 de outubro de 2017.

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

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais** (100 maneiras práticas). 1ª Ed. – Curitiba: Livraria do Chain Editora. 2009.

Fundação **PROCAFÉ**. Disponível em: < <http://www.fundacaoprocafe.com.br>>. Acesso em: 01 de junho de 2017.

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

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Aproveitamento de Águas Pluviais no Setor Residencial**. Programa computacional, 2006. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>.. Acesso em: 13 de outubro de 2017.

GONÇALVES, O. M. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais**. Editora PINI. São Paulo, 2000.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **IGAM**, 1997.

MAZER, G. **Aproveitamento de águas pluviais em escola da rede estadual de ensino no município de Curitiba um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba, 2010.

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

Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **PNCDA**. Disponível em: <http://www.pncda.gov.br>. Acesso em 16 de outubro 2017.

Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **PROSAB**. Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Programa de Uso Racional da Água. **PURA**. Disponível em: <http://www.pura.poli.usp.br/resultados.htm>. Acesso em 2 de abril de 2017.

Projetos Sheila Martins. Disponível em: <www.sheilamartis.arq.br/images/paginasdetexto/images/POSTS/2014/03/Cisterna/14.jp>. Acesso em 13 de maio de 2017.

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

SCHERER, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes Para Secretarias de Educação**. Dissertação de Mestrado, Pós- Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Technik do Brasil. **Soluções para o manejo sustentável das águas pluviais**. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com>. Acesso em 23 de outubro 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2.ed., 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, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, São Paulo. Campinas, 2005.

ANEXOS

Anexo 1 – Tarifa de saneamento fornecido pela Instituição

 SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO CNPJ : 02.230.481/0001-57 NEPOMUCENO - MG		2ª VIA DA CONTA 04616102017 - 0 02/10/2017		CONTA DE ÁGUA E ESGOTO	
CEFET - MOCAMPUS IX AV - MONS. LUIZ DE OZENAGA, 103 -- SETOR 02 COOJLI: 04636-9 ... MAPA CAD: 01 - 02 - 2580 ID. ELETRÔNICO: 9024616201				MÊS/ANO 10/2017 Categoria/Quantidade RESID. COM. IND. PUB. 0 0 0 1	
DESCRIÇÃO				VALOR (R\$)	
TARIFA DE ÁGUA				1,525,11	
TARIFA DE ESGOTO				457,53	
TBO				15,90	
TAXA DE EXPEDIENTE				4,54	
MULTA POR ATRASO				33,61	
DATA DE LEITURA 02/10/2017		VENCIMENTO 10/11/2017		VALOR A PAGAR 2.036,69	
L.ANTERIOR 1	L.ATUAL 2157	CONS.REAL 289m³	CONS.FATURADO 289m³	MÉDIA 235m³	OCORRÊNCIA 0
Nº do HIDRÔMETRO A13G114115		VAZÃO 3 m³	DIÂMETRO	DATA DE INSTALAÇÃO 30/12/1899	
DADOS DAS TRÊS ÚLTIMAS LEITURAS			MENSAGEM		
CONSUMO	MÊS	ATENÇÃO, CONSTA DEBITO ANTERIOR NARCÓTIICOS ANÔNIMOS - Pça. Padre José, 133 "GRUPO VIDA LIMPA" 998444907			
0	00				
0	00				
10000	00				
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO		2ª VIA DA CONTA		CONTA DE ÁGUA E ESGOTO	
 CNPJ : 02.230.481/0001-57 NEPOMUCENO - MG		04616102017 - 0 02/10/2017			
CEFET - MOCAMPUS IX AV - MONS. LUIZ DE OZENAGA, 103 -- SETOR 02 COOJLI: 04636-9 ... MAPA CAD: 01 - 02 - 2580 ID. ELETRÔNICO: 9024616201				MÊS/ANO 10/2017 Categoria/Quantidade RESID. COM. IND. PUB. 0 0 0 1	
VENCIMENTO 10/11/2017				VALOR A PAGAR 2.036,69	
82630000020-3 36690364000-6 00000000000 - 0 46161020170 - 3					
					

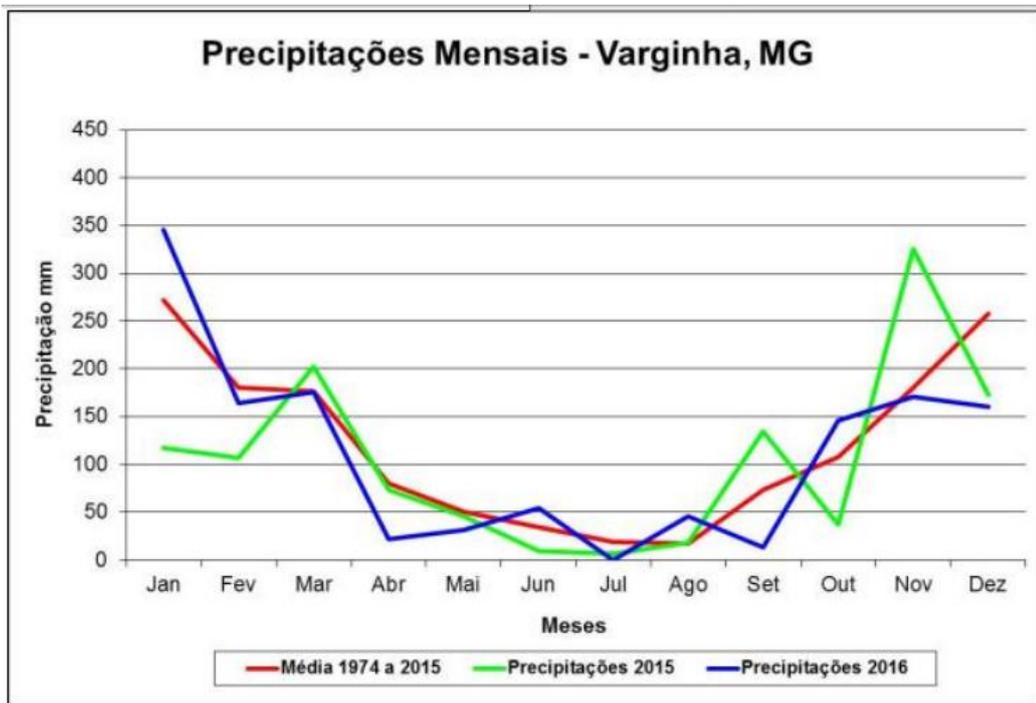
Fonte: (CEFET-MG Campus IX Nepomuceno-MG, 2017).

Anexo 2- Perdas de cargas localizadas

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

Fonte: (NBR5626/98).

Anexo 3 – Precipitação meteorológica de Varginha MG



Fonte: (Procafé, 2016).

Anexo 4- Simulação com reservatório para 40 m³

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m ³) =		40							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	349,8	14,40	1740,85	487	40	0	40	432,6	0
Fevereiro	168,9	162,56	1740,85	235	40	40	40	72,44	0
Março	176,2	162,56	1740,85	245	40	40	40	82,44	0
Abril	26,3	162,56	1740,85	37	40	40	-85,56	0	85,56
Maiο	40,2	162,56	1740,85	56	40	0	-106,56	0	106,56
Junho	50,1	162,56	1740,85	70	40	0	-92,56	0	92,56
Julho	10,5	14,40	1740,85	15	40	0	0,6	0	0
Agosto	51,4	162,56	1740,85	72	40	0,6	-89,96	0	89,96
Setembro	18,6	162,56	1740,85	26	40	0	-136,56	0	136,56
Outubro	150,2	162,56	1740,85	209	40	0	40	6,44	0
Novembro	170,3	162,56	1740,85	237	40	40	40	74,44	0
Dezembro	152,3	81,28	1740,85	212	40	40	40	130,72	0
Total	1364,8	1573,12		1901				799,08	511,2

Fonte: (o autor, 2017).

Anexo 5- Simulação com reservatório para 50 m³

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m ³) =		50							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	349,8	14,40	1740,85	487	50	0	50	422,6	0
Fevereiro	168,9	162,56	1740,85	235	50	50	50	72,44	0
Março	176,2	162,56	1740,85	245	50	50	50	82,44	0
Abril	26,3	162,56	1740,85	37	50	50	-75,56	0	75,56
Maiο	40,2	162,56	1740,85	56	50	0	-106,56	0	106,56
Junho	50,1	162,56	1740,85	70	50	0	-92,56	0	92,56
Julho	10,5	14,40	1740,85	15	50	0	0,6	0	0
Agosto	51,4	162,56	1740,85	72	50	0,6	-89,96	0	89,96
Setembro	18,6	162,56	1740,85	26	50	0	-136,56	0	136,56
Outubro	150,2	162,56	1740,85	209	50	0	46,44	0	0
Novembro	170,3	162,56	1740,85	237	50	46,44	50	70,88	0
Dezembro	152,3	81,28	1740,85	212	50	50	50	130,72	0
Total	1364,8	1573,12		1901				779,08	501,2

Fonte: (o autor, 2017).

Anexo 6- Simulação com reservatório para 80 m³

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m ³) =		80							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	349,8	14,40	1740,85	487	80	0	80	392,6	0
Fevereiro	168,9	162,56	1740,85	235	80	80	80	72,44	0
Março	176,2	162,56	1740,85	245	80	80	80	82,44	0
Abril	26,3	162,56	1740,85	37	80	80	-45,56	0	45,56
Maiο	40,2	162,56	1740,85	56	80	0	-106,56	0	106,56
Junho	50,1	162,56	1740,85	70	80	0	-92,56	0	92,56
Julho	10,5	14,40	1740,85	15	80	0	0,6	0	0
Agosto	51,4	162,56	1740,85	72	80	0,6	-89,96	0	89,96
Setembro	18,6	162,56	1740,85	26	80	0	-136,56	0	136,56
Outubro	150,2	162,56	1740,85	209	80	0	46,44	0	0
Novembro	170,3	162,56	1740,85	237	80	46,44	80	40,88	0
Dezembro	152,3	81,28	1740,85	212	80	80	80	130,72	0
Total	1364,8	1573,12		1901				719,08	471,2

Fonte: (autor, 2017).

Anexo 7- Simulação com reservatório para 150 m³

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m ³) =		150							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	349,8	14,40	1740,85	487	150	0	150	322,6	0
Fevereiro	168,9	162,56	1740,85	235	150	150	150	72,44	0
Março	176,2	162,56	1740,85	245	150	150	150	82,44	0
Abril	26,3	162,56	1740,85	37	150	150	24,44	0	0
Maiο	40,2	162,56	1740,85	56	150	24,44	-82,12	0	82,12
Junho	50,1	162,56	1740,85	70	150	0	-92,56	0	92,56
Julho	10,5	14,40	1740,85	15	150	0	0,6	0	0
Agosto	51,4	162,56	1740,85	72	150	0,6	-89,96	0	89,96
Setembro	18,6	162,56	1740,85	26	150	0	-136,56	0	136,56
Outubro	150,2	162,56	1740,85	209	150	0	46,44	0	0
Novembro	170,3	162,56	1740,85	237	150	46,44	120,88	0	0
Dezembro	152,3	81,28	1740,85	212	150	120,88	150	101,6	0
Total	1364,8	1573,12		1901				579,08	401,2

Fonte: (o autor, 2017).

Anexo 8- Descrição da constituição da planilha.

Descrição da planilha:	
Coluna 1	= Meses.
Coluna 2	= Intensidade pluviométrica mensal.
Coluna 3	= Demanda mensal de água pluvial da edificação.
Coluna 4	= Área de captação da edificação.
Coluna 5	= (Coluna 2) x (Coluna 4) x (Coeficiente de runoff) / (100).
Coluna 6	= Corresponde ao volume definido para o reservatório.
Coluna 7	= Se (Coluna 8 mês anterior) for menor que zero, adotar zero. Se (Coluna 8 mês anterior) for maior ou igual a zero, adotar o valor. Valor de janeiro igual a zero.
Coluna 8	= Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for maior que (Coluna 6) adotar o valor da (Coluna 6). Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for igual ou menor que (Coluna 6) adotar (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3). Valor de janeiro igual o volume do reservatório.
Coluna 9	= Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for maior que (Coluna 6), adotar (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) - (Coluna 6) Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for igual ou menor que (Coluna 6), adotar zero.
Coluna 10	= Se (Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3) for menor que zero, adotar -((Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3)) Se (Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3) for igual ou maior que zero, adotar zero.

Fonte: (o autor, 2017).