



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

KELLY REGINA MELO XAVIER SILVA

SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS. ESTUDO DE CASO: PRÉDIOS 2, 3 E 4 DO CENTRO UNIVERSITÁRIO
LUTERANO DE PALMAS – (CEULP/ULBRA)

PALMAS – TO

2016/02

KELLY REGINA MELO XAVIER SILVA

SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS. ESTUDO DE CASO: PRÉDIOS 2, 3 E 4 DO CENTRO UNIVERSITÁRIO
LUTERANO DE PALMAS – (CEULP/ULBRA)

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Mestre Jacqueline Henrique.

PALMAS – TO

2016/02

KELLY REGINA MELO XAVIER SILVA

SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS. ESTUDO DE CASO: PRÉDIOS 2, 3 E 4 DO CENTRO UNIVERSITÁRIO
LUTERANO DE PALMAS – (CEULP/ULBRA)

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como
requisito parcial para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia
Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Mestre Jacqueline Henrique.

Aprovada em Novembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a vitoriosa e amável Sofia e ao Pedro, sobrinhos queridos, que são meus tesouros, porto seguro e um dos motivos que me fizeram não desistir diante das dificuldades desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todos os dias me dá saúde e coragem para vencer as batalhas da vida e por me presentear com a família acolhedora e maravilhosa que tanto acredita em mim.

Ao meu pai, Paulo Roberto e meus irmãos Ana Karoline e Paulo Júnior, e ainda a toda minha família pela força e apoio incondicional.

Um agradecimento especial para minha irmã Kássia Mariana que desde o primeiro dia que pensei em realizar este sonho pegou em minha mão em meio a tantas dificuldades e me levou para realizar a tão sonhada matrícula. A meu eterno anjo, minha mãe Maria Inêz que sempre me apoiou e esteve vivenciando lado a lado comigo cada passos, dificuldades e vitórias e a meu companheiro, namorado e amigo Kássio Fernando que me ajudou neste estudo de caso e sempre entendeu as minhas falhas e falta para com ele.

A minha querida Professora Mestre Jacqueline Henrique que tanto me orientou, incentivou e apoiou.

Em especial ao Professor Mestre Carlos Spartacus que me deu todo apoio e compartilhou do seu conhecimento espetacular.

Ao Professor Fábio Spindola que me auxiliou enriquecendo meu trabalho.

A equipe M & V Construção e Incorporação pela paciência e compreensão quanto as faltas no trabalho para tentar fazer deste estudo de caso o melhor.

Aos profissionais do CEULP/ULBRA que não mediram esforços para me ajudar. Sirley – Administrativo; Belchior – Chefe de limpeza e irrigação de jardim; Maria – Técnica de laboratório; Ítalo – Técnico de laboratório; e Sérgio – Serviços gerais.

Agradeço também o apoio e ajuda dos meus amigos, parceiros que a faculdade me deu para vida. Elker Rocha; Daniela Aguiar e Wilton Brito.

Agradeço ainda de coração ao Rafael Noletto o qual duvidou da minha capacidade e me fez crescer cada dia em busca do meu objetivo final.

A todos que de alguma forma acrescentaram na realização deste trabalho meu eterno agradecimento.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

SILVA, Kelly Regina Melo Xavier. Trabalho de conclusão de curso, 2016. **Sistema para Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis. Estudo de caso: Prédios 2, 3 e 4 do Centro Universitário Luterano de Palmas – (CEULP/ULBRA).** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO.

A escassez de água no mundo em que vivemos está cada vez mais presente, o que vem preocupando as autoridades e populações mundiais. Pensando nisto, a captação de água de chuva vem sendo uma alternativa preciosa para reaproveitar a água que na maioria das vezes são direcionadas pelos condutores e se juntam ao esgoto tornando-a contaminada. O trabalho proposto tem sua importância na medida em que apresenta uma alternativa para o desenvolvimento de um projeto direcionado para os prédios 2, 3 e 4 da instituição de ensino CEULP / ULBRA, no qual possibilitará o reaproveitamento de água de chuva para fins não potáveis de lavagem de piso e irrigação de jardim. A precipitação média na região de Palmas no que diz respeito a localidade do Centro Universitário Luterano de Palmas, estabelecido pela estação pluviométrica 83033 foi estimada em 1855 milímetros por ano. A área de captação utilizada foram os telhados, possuindo área útil de 1258,45 m², estimando-se ser possível captar anualmente aproximadamente 490 m³ de água pluvial do telhado. A previsão do consumo de água para os dois fins equivale a 5500 l diário, o que ocasionou um dimensionamento de dois reservatórios possuindo volume total de 27500l, pois foi calculado para uso de 5 dias caso não chova. Apesar de ainda não existir no Brasil legislações específicas que regem padrões de qualidade de água pluvial para fins não potáveis, os valores obtidos em amostras, foram comparados a Resolução CONAMA 357, de 2005, no qual evidenciou que as análises deste trabalho se enquadram na classe de nº 2, sendo própria para uso deste estudo e confirmação da possibilidade do uso nos destinos finais.

Palavras Chave: Água de chuva; água pluvial; reaproveitamento; qualidade.

ABSTRACT

SILVA, Kelly Regina Melo Xavier. completion of course work, 2016. System for Rainwater Harvesting for the Purpose Potable not. Case Study: Building 2, 3 and 4 of the Lutheran University Center Palmas - (CEULP / ULBRA). Civil Engineering course. University Center of Lutheran Palmas. Palmas - TO.

The water shortage in the world we live in is increasingly present, which is worrying the authorities and world populations. With this in mind, the rain water harvesting has been a valuable alternative to reuse the water that most often are driven by drivers and join the sewage becoming contaminated. The proposed work has its importance in that it presents an alternative to the development of a targeted project for the buildings 2, 3 and 4 of CEULP / ULBRA educational institution, which will allow the rain water reuse for non-potable purposes floor washing and garden irrigation. The average rainfall in the region of Palmas regarding the location of the Lutheran University Center Palmas, established by rainfall station 83033 was estimated at 1,855 mm per year. The catchment area used were the roofs, having floor area of 1258.45 square meters, estimated to be possible to capture annually approximately 490 cubic meters of rain water from the roof. The forecast of consumption of water to the two ends equivalent to 5500 l daily, which led to a design of two reservoirs having total volume of 27500l, it was calculated for use of 5 days if no rain falls. Although not yet exist in Brazil specific laws governing storm water quality standards for non-potable purposes, the values of samples were compared to CONAMA Resolution 357 of 2005, which showed that the analysis of this work fall into the class of paragraph 2, is suitable for use of the work and confirm the possibility of using the final destinations.

Keywords: Rain water; rainwater; reuse; quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.0: Sistema de Aproveitamento de água de Chuva.

Figura 2.0: Reservatório disponível comercialmente de polietileno.

Figura 2.1: Cisterna utilizada na região Nordeste do Brasil para armazenar água de chuva.

Figura 3.0: Diluição seriada de amostra em água peptonada.

Figura 4.0: Número mais provável (NMP).

Figura 5.0: Prédios estudados.

Figura 6.0: Estação Meteorológica 83033.

Figura 7.0: Precipitações mensais médias na região estudada no período de 1995 a 2014.

Figura 8.0: Precipitações totais anuais.

Figura 9.0: Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre.

Figura 10.0: Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva.

Figura 11.0: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazão em l/min).

Figura 12.0: Recipiente para amostra de água pluvial.

Figura 13.0: Ensaio pH.

Figura 14.0: Ensaio condutividade.

Figura 15.0: Ensaio sólidos dissolvidos.

Figura 16.0: Tubos de ensaio em auto clave para preparação de amostras de coliformes.

Figura 16.1: Preparação da amostra em tubos de caldos.

Figura 16.2: Caldos LST, VB e E. Coli, em capela.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.0: Frequência de manutenção.

Tabela 2.0: Precipitações máximas anuais para o município de Palmas.

Tabela 3.0: Dados Estação Pluviométrica.

Tabela 4.0: Precipitações mensais, mensais médias, totais anuais e média anual observadas na estação meteorológica 83033 (valores em mm).

Tabela 5.0: Volume médios mensais e anual aproveitável.

Tabela 6.0: Vazão na Calha.

Tabela 7.0: Resultado pH.

Tabela 8.0: Resultado condutividade.

Tabela 9.0: Peso dos sólidos dissolvidos.

Tabela 9.1: Resultado dos sólidos dissolvidos.

Tabela 10.0: Presença de bactérias prédio 2.

Tabela 10.1: Presença de bactérias prédio 3.

Tabela 10.2: Presença de bactérias prédio 4.

Tabela 11.0: Resultado dos parâmetros analisados.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.0: Vazão de projeto.

Equação 2.0: Dimensionamento de calha segundo Manning.

Equação 3.0: Volume de água de chuva segundo Pacheco.

Equação 4.0: Volume de água de chuva segundo Azevedo Neto.

Equação 5.0: Quantidade de sólidos dissolvidos.

Equação 6.0: Intensidade, duração e frequência.

Equação 7.0: Potência da bomba.

Equação 8.0: Perda de carga.

Equação 9.0: Tubulação de recalque.

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

CEULP – Centro Universitário Luterano de Palmas.

ULBRA – Universidade Luterana do Brasil.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico.

PDDPA – Plano Diretor de Drenagem Pluvial.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivos Gerais	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1 A Água no Brasil e no Mundo	17
2.2 Definição de Sustentabilidade	18
2.3 Aproveitamento da Água da Chuva	19
2.3.1 Histórico de Uso da Água Pluvial	19
2.4 Tipos de Sistemas para Captação e Aproveitamento das Águas provinda das Chuvas	21
2.4.1 Sistemas Tradicionais	21
2.5 Principais Componentes de um Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva	22
2.5.1 Área para Captação da Água Pluvial	22
2.5.2 Condutores e Calhas para Coleta e Transporte das Águas Pluviais	22
2.5.3 Reservatórios	23
2.5.4 Bombas	26
2.5.5 Qualidade da água de chuva	27
2.5.6 Manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial	28
2.6 Normas específicas técnicas para reuso e aproveitamento de águas pluviais	29
3 METODOLOGIA	30
3.1 Caracterização da área de estudo	30
3.2 Avaliação da qualidade da água pluvial	30
3.2.1 Metodologia de coleta	31
3.2.2 Metodologia das Análises	31
3.3 Previsão do volume de água de chuva	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 Caracterização da Área de Estudo	38
4.2 Caracterização da Estação Pluviométrica	39
4.3 Previsão do Volume de Água Pluvial	40
4.4 Volume de Água de Chuva Aproveitável	43
4.5 Intensidade; Duração e Frequência	44
4.6 Vazão de Projeto e Calha	45
4.7 Dimensionamento dos Reservatórios	46

4.8 Avaliação da Qualidade da Água da Chuva.....	50
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	58
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

Essencial para a nossa sobrevivência, a água é o bem mais precioso para continuidade da vida, pois sem ela é impossível o desenvolvimento e a evolução do ser humano. O Estado do Tocantins é privilegiado por dispor de um grande potencial hídrico, conta com dois grandes rios, o Araguaia e o Tocantins, além de outros importantes como: Rio das Balsas, Rio Paraná e Rio do Sono. Apesar desta abundância, a capital Palmas segundo a Foz / Saneatins em 2013, começou a sofrer com os níveis críticos dos seus mananciais, alternando os horários para o abastecimento na Capital, uma vez que a população já sofria com a falta de água e sua má distribuição.

Levando em conta este critério, a má distribuição é algo que preocupa a humanidade, já que, essa vem se tornando escassa em diversas áreas habitacionais, tornando assim, uma situação extremamente grave. A escassez da água deve-se ao desperdício e mau uso oriundo da má educação do ser humano, onde se leva ao pensamento que a água jamais irá acabar, toda via, de acordo com as pesquisas, isto se contradiz, pois apesar dos grandes rios existentes em nossas regiões, além da diminuição dos níveis dos mananciais é possível notar o aumento populacional e o não acompanhamento da distribuição deste bem na mesma proporção.

Pensando nisto, vem se desenvolvendo já alguns anos em várias partes do mundo a educação para a sustentabilidade dos recursos hídricos, isto inclui o reuso ou reaproveitamento da água, através de sistemas alternativos, podendo ser reutilizada para fins potáveis ou não. Um meio alternativo e interessante, é o aproveitamento da água pluvial, sendo considerado pela sua importância atualmente, um novo tipo de recurso hídrico, onde o reuso pode se dar; em residências, prédios, condomínios, instituições de ensino, indústrias, entre outros lugares. Sua utilização se daria em locais em que não há necessidade de água potável, como por exemplo, irrigação de jardins, campo de futebol, bacias sanitárias, lavagem de pisos e usos industriais.

Para tal objetivo se faz necessário um estudo prévio para captação desta água da chuva, que será absorvida por telhados, sendo conduzida através de calhas e tubos condutores, para então passar por um processo de limpeza e remoção de impurezas,

e em seguida ser armazenada em um reservatório, este por sinal de suma importância nesta etapa de reeducação quanto ao reuso da água, pois ele deve ser dimensionado de forma adequada ao volume captado e também a demanda exigida para os fins utilizados.

Os benefícios encontrados na reutilização da água da chuva ultrapassam quaisquer expectativas, podendo ajudar até mesmo na restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas, uma vez que recorrendo a este processo nota-se um controle no escoamento da água; economia financeira; ameniza problemas ambientais e sociais, além da diminuição de geração de esgoto. Por tanto, quanto maior a conscientização do uso e reuso da água, maior sua economia e benefícios que dela decorrem naturalmente.

Assim, tem se como intuito no desenvolvimento desde trabalho a abordagem e estudo do sistema para aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, nos prédios 2, 3 e 4 da instituição de ensino CEULP-ULBRA, visando a sustentabilidade do nosso maior recurso natural e não desperdício da água de chuva.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Utilizar técnica de reuso de água pluvial, para fins não potáveis, tendo como estudo os prédios 2; 3 e 4 do Centro Universitário Luterano de Palmas – (CEULP/ULBRA), visando à economia e sustentabilidade da água, bem fundamental para nossa sobrevivência.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Dimensionar um reservatório para armazenamento da água;
- ✓ Definir o local para o reservatório proposto no trabalho;
- ✓ Verificar a destinação final da água não potável;

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 A Água no Brasil e no Mundo

Essencial para a nossa sobrevivência, a água é o bem mais precioso que nos permite viver, pois sem ela é impossível o desenvolvimento e a evolução do ser humano. No mundo a água está presente em todos os lugares, porém apenas 0,007% é doce e está disponível para o consumo, através de lagos, rios e da atmosfera. O Brasil é um país rico em água, contamos com cerca de 14% deste benefício em nossos rios e bacias, porém a sua distribuição não é igualitária, por exemplo, a região Amazônica, onde se encontra o maior rio do mundo, conta com 80% da água brasileira, mas, abastece apenas 5% da população do nosso país (World Resources Institute, ONU).

De acordo com o Manual de Uso de Água (2006), a água doce na qual tanto necessitamos está presente em nosso planeta com cerca de 68,9% encontradas nas calotas polares, regiões montanhosas ou nas geleiras, 0,9% se distribui entre águas paradas e pouco profundas (pântanos) e a umidade existente no solo, e apenas 0,3% da água doce é representada por rios e lagos que existem no nosso planeta.

No século XX observou-se uma escala desproporcional ao aumento populacional notório de três vezes e ao consumo de água em nove vezes, estudiosos afirmam que mais de um bilhão de pessoas absurdamente não tem alcance a água potável assim como saneamento básico, podendo esta situação se agravar ainda mais, pois avalia-se que em vinte e cinco anos até dois terços da população mundial passaram por momentos muito difícil por não terem mais acesso a água doce, agravando ainda a situação da saúde humana, pois faltando água e seu tratamento, abre-se portas para doenças (Brito; Silva; Porto, 2007).

Ainda segundo o Manual de Uso de Água os países do Oriente Médio, Kuwait; Emirados Árabes; Ilha Bahamas e Faixa de Gaza estão em situação de alerta constante pois o acesso a água torna-se nestes países algo cada vez mais difícil, sua disponibilidade hídrica varia de 10 e 66 l/hab.ano. A situação em outros países também é similar, 24% de toda população do continente africano, assim como parte do Peru, China, Índia e Tailândia sofrem pela escassez de água. Por outro lado a o exemplo de países como Canadá, Rússia, Gabão e Guianas tendo média de 100.000 l/hab.ano. Enquanto o ser humano precisa fazer sua higiene pessoal, obter sua

alimentação e beber que é o mais importante, com cerca de 20 a 50 litros de água por dia, dando em média 1000 litros/hab.ano, observa-se a triste realidade dos países em situações preocupante quanto ao acesso a água.

Observa-se nos relatos as notáveis e preocupantes situações pela falta de água. Apesar do Brasil já ter relatos de cidades com a falta deste bem maior, não está entre os países com situações mais agravantes, devendo-se lembrar que nenhum recurso hídrico é inesgotável.

2.2 Definição de Sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável teve início a partir do instante em que se foi constatado que os recursos naturais necessários para a existência do ser humano não são inesgotáveis (FILIPINO, 2011).

No ano de 1972 em Estocolmo, Suécia, foi reconhecido internacionalmente o conceito de desenvolvimento sustentável, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, deixando evidente que o desenvolvimento socioeconômico e o meio ambiente podem ser conduzidos de forma mutuamente benéfica. Em 1983, foi estabelecida a Comissão Mundial das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), esta responsável por analisar os impactos das atividades humanas sobre o planeta (OECD, 2014).

Segundo OECD (2014) "Satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades " citação que foi o fundamento da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992, onde foi reconhecido o desenvolvimento sustentável como um grande desafio no mundo e também ficou evidenciado a primeira tentativa internacional de elaboração de planos de ação e estratégias para o desenvolvimento sustentável.

A definição para o desenvolvimento sustentável mais aceita é o desenvolvimento capaz de preencher as necessidades da geração atual, não comprometendo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, isto é, desenvolver sem que se esgote os recursos para o futuro. Definição esta que surgiu na Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, com o intuito de

discutir e propor meios para um desenvolvimento econômico e a conservação ambiental (FERREIRA, 2012).

O desenvolvimento sustentável pode ser dividido em três componentes: A sustentabilidade ambiental, sustentabilidade econômica e sustentabilidade sociopolítica (GUEDES, 2015).

Segundo a INFAP (Instituto de Formação e Ação em Políticas Sociais), a sustentabilidade ambiental consiste na manutenção das funções e componentes do ecossistema, de modo sustentável, assegurando que o ambiente natural seja capaz de se reproduzir e também se adaptar a alterações, mantendo-se as condições de vida para as pessoas e os demais seres vivos, tendo em conta a habitabilidade, a beleza do ambiente e a sua função como fonte de energias renováveis.

A sustentabilidade econômica é um conjunto de medidas e políticas, que tem por objetivo visar a incorporação de preocupações e conceitos ambientais e sociais. Cria-se um vínculo através de vários setores dos parâmetros ambientais e sócio econômico, sendo assim o lucro é igualmente medido na vertente ambiental e social, obtendo um uso mais correto da matéria prima e dos recursos humanos (GUEDES, 2015).

Ainda segundo Guedes (2015), a definição da sustentabilidade sócio-política está voltada para o equilíbrio social, sendo um veículo de humanização da economia e tecido social nos seus componentes humanos e culturais. Com base nisto, foi desenvolvido dois grandes planos: A Agenda 21, no qual é um plano global de ações a serem tomadas nas diversas áreas onde é verificado impactos significativos no ambiente. E As Metas de Desenvolvimento do Milênio (MDM), sua criação surgiu por meio da Declaração do Milênio das Nações Unidas, para realizar acordos internacionais relacionados ao meio ambiente e desenvolvimento, direito das mulheres, desenvolvimento social, racismo, entre outros.

2.3 Aproveitamento da Água da Chuva

2.3.1 Histórico de Uso da Água Pluvial

O aproveitamento da água pluvial não é algo novo no mundo em que vivemos, tendo em vista, que com a escassez da água as civilizações tiveram que procurar medidas alternativas para que não ficassem sem o nosso bem maior, vindo a

praticarem o reuso desta água e como uma alternativa o aproveitamento da água da chuva.

A colheita da água de chuva é algo que acontece em diversas partes do mundo e a milhões de anos atrás já se notava a sua prática, esta por sua vez independente em cada lugar do mundo, tendo destaque nas regiões semiáridas onde as chuvas ocorrem por pouco tempo e em poucos meses. Nas regiões Norte e Nordeste da China a experiência com coleta de água de chuva está se abrangendo cada vez mais, uma vez que foi um dos primeiros países a estudar as áreas mais propícias para colheita da água pluvial, pois as precipitações destes locais são baixas e as águas subterrâneas escassa (GNADLINGER, 2000).

Um dos registros mais antigos que se tem do uso da água de chuva é encontrado na Pedra Moabita, no Oriente Médio, próximo a Israel, na antiga região de Moab, datada de 850 a.C. Nesta Pedra está escrito pelo Rei Mesha dos Moabitas que em cada casa seja feita uma cisterna, para aproveitamento de água de chuva. Localizada na cidade de Tomar, Portugal em 1160 d.C., a Fortaleza dos Templários, era abastecida pela água de chuva, existindo dois reservatórios para o aproveitamento desta água, um com 215 m³ e outro com 145 m³ (TOMAZ, 2003).

No México às tradicionais formas de colheita de água de chuva, sendo rico em antigas tecnologias. As realizações Mayas são destaques, em meados do século X já havia ali uma agricultura baseada na colheita de água de chuva. A população daquela região viviam em encostas onde através de cisternas (chamadas de Chultuns) com capacidade de 20 mil a 45 mil litros obtinham água potável, estas cisternas mediam aproximadamente 5 metros de diâmetro e área de 150 m², sua abertura era coberta por uma pedra no meio que encaixava-se um pino de madeira que se retraía ao chover. Outros sistemas de captação de água de chuva também se destacavam naquela região como Aguadas que tinham capacidade de 10 a 150 milhões de litros e Aquaditas (pequenos reservatórios artificiais) capacidade de 100 a 50.000 litros, os mesmos usados para irrigar árvores frutíferas e plantios, o que já se tornava muito para aquela época onde a população conseguia viver usando os poucos recursos que tinham e garantindo água armazenada para tempos de seca (GNADLINGER, 2000).

O Brasil apesar de ser um país rico em água já existem vários exemplos de captação de água de chuva, com esta técnica se obtém a redução de gastos com o

consumo de água e para algumas empresas destaques frente às políticas ambientais e sociais, como a Ford do Brasil e Keko (empresa gaúcha) na qual fazem utilização da água pluvial em alguns processos internos (Morés, 2006).

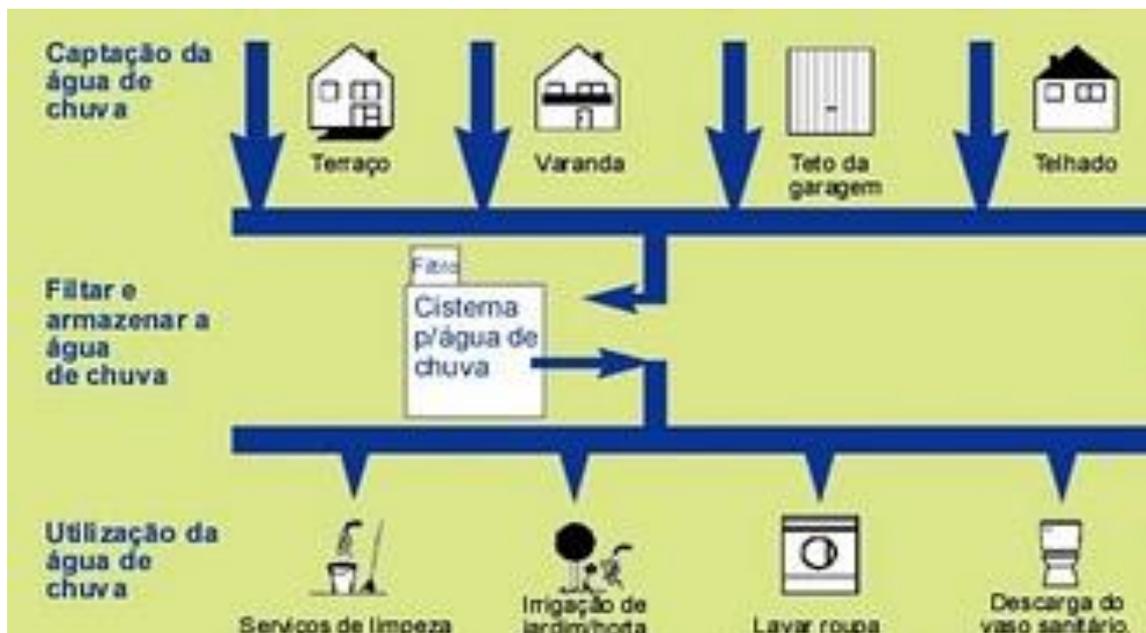
2.4 Tipos de Sistemas para Captação e Aproveitamento das Águas provinda das Chuvas

2.4.1 Sistemas Tradicionais

Constituídos basicamente por uma área de captação da água de chuva, os sistemas tradicionais de captação e aproveitamento da água pluvial, são direcionadas a um reservatório por meio de calhas e tubos condutores, para posteriormente serem direcionadas ao sistema de distribuição. Porém antes da chegada ao reservatório, a água de chuva deve ser tratada, passando por uma limpeza para que seja retirada todas as impurezas existentes na mesma. A utilização desta água captada e armazenada pode empregar-se em vários fins, como utilização em residências, irrigação, entre outros (OLIVEIRA, 2008).

Na Figura 1.0 é possível observar o esquema de aproveitamento de água de chuva em área urbana e seus respectivos fins.

Figura 1.0 – Sistema de Aproveitamento de água de Chuva



Fonte: www.meumundosustentavel.com

2.5 Principais Componentes de um Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva

2.5.1 Área para Captação da Água Pluvial

Segundo TOMAZ (2009), a área para captação da água da chuva pode ser extraída através de telhados de casas, prédios ou indústrias, podendo ser telha cerâmica, telha de fibrocimento, telha zinco, telha de ferro galvanizado, telhas em concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, etc. O telhado pode está inclinado, pouco inclinado ou plano. Considera-se ainda outros tipos de captação, podendo ser ruas, calçadas e até mesmo pátios.

2.5.2 Condutores e Calhas para Coleta e Transporte das Águas Pluviais

Condutores e calhas são elementos que conduzem a água captada ao reservatório, podendo ser de PVC ou metálicos (alumínio e aço galvanizado). Estes itens devem atender à ABNT NBR 10844/89 que deixa claro que os dimensionamentos são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido. Conforme TOMAZ (2009) alguns critérios devem ser seguidos:

- Devem ser observados o período de retorno escolhido (T_r), a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.
- Nos condutores verticais ou nos condutores horizontais podem ser instalados dispositivos fabricados ou construídos em local para o descarte da primeira água ou para eliminação de folhas e resíduos, estes poderão ter operação manual ou automática como recomentado.
- O dispositivo de descarte de água do first flush (primeira descarga) deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados recomenda-se no mínimo 2 mm, ou seja, 2 litros/m² de telhado.
- Se necessário poderão ser instaladas telas ou grades para remoção de detritos.

Conforme NBR 10844/89 a vazão de projeto é dada pela equação:

$$Q = I \times A / 60$$

Equação 1.0

Onde:

Q = Vazão de pico (litros/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m²)

Dimensionamento da Calha:

É usado para dimensionamento da calha a fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

Equação 2.0

Onde:

Q = Vazão de pico (L/min);

A = Área da seção molhada (m²)

N = Coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto n = 0,013 e para plástico n = 0,011.

R = Raio hidráulico = A/P

P = Perímetro molhado (m)

S = Declividade da calha (m/m)

Tomaz (2009) ainda afirma que os condutores horizontais de seção circular que geralmente são assentados no piso podem ser dimensionados usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura 0,66D ou usar a tabela da ABNT e declividade mínima de 0,5% (0,005m/m).

2.5.3 Reservatórios

Conhecidos também como cisternas, os reservatórios podem ser construídos com vários materiais como plástico, alvenaria, concreto armado, etc., podendo ser

enterrados elevados ou até mesmo apoiados e tem como propósito armazenar a água captada para posteriormente ser utilizada (OLIVEIRA, 2008).

Segundo a ABNT NBR 12217:1994 que tem como tema: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento, os reservatórios quanto a posição relativa ao terreno podem ser: Reservatório de distribuição; reservatório elevado; reservatório de montante; reservatório de jusante ou sobra. Estes devem estar devidamente condizente com a norma e o projeto, que deve conter: extravasor, descarga de fundo, cobertura, inspeção, ventilação e segurança referentes ao reservatório.

Ainda segunda a Norma 12217, no reservatório deve conter um dispositivo para indicar o nível de água, visto que áreas com profundidade superior a 1,00 m devem ser protegidas por grades que suportam coesão.

Extravasor: Deve ser dimensionado para vazão máxima possuindo dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais. Esta água é coletada através de um tubo vertical sendo encaminhada para um corpo receptor, prevendo um limitador de nível máximo para evitar a perda de água pelo extravasor.

Descarga de fundo: A descarga de fundo deve ser situada abaixo do nível mínimo e deve possuir diâmetro mínimo de 0,15 m.

Cobertura: Os reservatórios devem estar cobertos, impedindo a entrada de água, animais como dito acima ou qualquer tipo de elemento indesejado, protegendo assim a água da chuva. A cobertura dos reservatórios podem ser utilizadas para outros meios, logo que não comprometa nem a estrutura muito menos a qualidade da água.

Inspeção: Se faz necessário pelo menos uma abertura para inspeção no reservatório, com dimensão mínima de 0,60 m, e bordas pelo menos a 0,10 m acima da cobertura, cujo sua abertura deve ficar de preferência no mesmo local da área dos equipamentos internos na vertical.

Ventilação: A ventilação dos reservatórios são feitas por dutos protegidos com tela e com cobertura impedindo a entrada de água de chuva e poeira, possuindo ventilação para entrada e saída de ar. O dimensionamento da vazão de ar deve ser igual a máxima vazão de saída de água do reservatório.

Segurança: Deve-se tomar cuidado com os pisos, saliências ou depressões que possam causar algum tipo de acidente. As escadas devem ser no máximo a cada

lance de 3,00 m, superiores a 6,00 m devem ter guarda-corpo, seus espaçamentos de degraus máximo é de 0,30 m, sendo que os reservatórios elevados devem ser providenciados para-raios e luz de sinalização de obstáculos.

Para se calcular o volume da água de chuva aproveitável, Pacheco (2009), afirma que resulta do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, esta já citada acima, bem como a eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, calculado pela equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad \text{Equação 3.0}$$

Onde:

V = É o volume anual, mensal ou diário provinda de água de chuva aproveitável;

P = Precipitação média anual, mensal ou diária;

A = Refere-se a área de coleta;

C = É o coeficiente de escoamento superficial da cobertura.

Já o η fator de captação refere-se a eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e escoamento inicial, caso seja utilizado, podendo variar de 0,50 a 0,90. Um valor prático quando não se têm dados é adotar: $C \times \eta = 0,80$.

Outro método utilizado para determinação do volume da água de chuva é o do professor Azevedo Neto, dado através da fórmula:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 4.0}$$

Onde:

P = Precipitação média anual, em milímetros;

T = Número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta, em metros quadrados;

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

Para tal dimensionamento será utilizado o método descrito acima.

As figuras 2.0 e 2.1 mostram dois tipos de reservatórios: um disponível no mercado comercialmente e outro de forma mais simples que é utilizado na região Nordeste do Brasil.

Figura 2.0 – Reservatório disponível comercialmente de polietileno.



Fonte: www.recifolinda.com.br

Figura 2.1 – Cisterna utilizada na região Nordeste do Brasil para armazenar água de chuva.



Fonte: www.brasil.gov.br

2.5.4 Bombas

O bombeamento quando necessário deve atender a ABNT NBR 12214, devendo ser observada as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba. O dosador

automático pode ser instalado junto à bomba centrífuga, necessitando ser enviado a um reservatório intermediário para que haja um contato mínimo de 30 min.

2.5.5 Qualidade da água de chuva

Segundo Hagemann (2009), a qualidade da água é determinada em função do tipo e quantidade de impurezas presente na mesma, suas características indicam os usos mais adequados que dela podem ser retiradas em parâmetro de qualidade de água, parâmetros estes divididos em três classes: físicos, químicos e biológicos.

Características físicas: Associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos.

Características químicas: Que indicam a presença de alguns elementos químicos ou compostos químicos, como: pH; alcalinidade; dureza; nitrogênio; sódio; entre outros.

Características biológicas: Associados aos micro-organismos, são os seres vivos ou mortos presentes na água, como: coliformes totais e coliformes termo tolerantes estes denominados bactérias.

Tomaz (2003) afirma que a qualidade da água da chuva pode ser definida em quatro etapas:

- Antes de atingir o solo;
- Após escorrer ou atingir o telhado ou outra fonte de captação;
- Dentro do reservatório;
- No ponto de uso.

Os principais elementos que podem estar presentes na água de chuva antes de atingir o solo são gases presentes na atmosfera, tais como dióxido de enxofre (SO₂) e óxido de nitrogênio (NO_x), que são provenientes de fontes de poluição atmosférica, e elementos tais como sódio, potássio e cloro, estes nas proximidades dos oceanos e elementos de origem terrestre.

Segundo Oliveira (2008), a água provinda da chuva após ser escoada pelo solo ou pela superfície coletora, ainda pode ser contaminada com matéria orgânica, sólidos e microrganismos como citado nas características biológicas, conseqüentemente afetando a sua qualidade.

Outro fator que deve ser estudado que influencia na qualidade da água é o material em que é feito o telhado, grandes estudiosos como Tomaz e Oliveira,

destacam que do ponto de vista microbiológicos o melhor material para telhado seria o metal, aproveitamento melhor suas características e qualidades, pois com o seu aquecimento quando muito exposto ao sol, os patógenos não sobrevivem. Destacam também telhados como: fibrocimento; plástico; telhas cerâmicas e metálico.

Recomenda-se que deve ser descartado um volume inicial de chuva de 1 ou 2 milímetros, pois nestes a uma concentração maior de microrganismos e poluentes. Em reservatórios muito grandes a primeira chuva não representa perigo, porém em de pequenos portes deve ser descartada a primeira porção de chuva, caso contrário pode ser colocado em risco aqueles que usarem a água da chuva para fins potáveis, pois com substâncias solidas e microrganismos pode se formar no fundo do reservatório uma camada de lama, que irá conseqüentemente influenciar na qualidade da água (OLIVEIRA, 2008).

Para que a água seja utilizada, ela não deve conter risco algum de contaminação, para tal fim exige-se um bom planejamento para utilização de água de chuva devendo ser feito minuciosamente, observando a quantidade que poderá ser coletada e armazenada e verificando a obrigação de responsabilidade quanto ao tratamento desta água, devendo ser limpa e designada ao seu destino final.

2.5.6 Manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial

Se faz necessário manutenção em todo sistema de aproveitamento de água de água pluvial conforme estabelecido pela ABNT NBR 15527 demonstrada na Tabela 1.0.

Tabela 1.0: Frequência de manutenção.

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Norma técnica 15527.

2.6 Normas específicas técnicas para reuso e aproveitamento de águas pluviais

- ABNT NBR 15527:2007, Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos;
- ABNT NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- ABNT NBR 12214:1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento;
- ABNT NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento.

3 METODOLOGIA

O estudo do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis no CEULP/ULBRA foi realizado mediante normas técnicas municipais e ABNT. O sistema de aproveitamento de água pluvial, será utilizado para limpeza de pisos e irrigação de jardins, proporcionando um sistema de sustentabilidade e equilíbrio.

Tendo em vista os objetivos acima se faz necessário conhecimento amplo na área de atuação desejada, por tanto, para tal estudo foi designado pontos de apoio descritos abaixo:

3.1 Caracterização da área de estudo

A área estudada inclui os prédios 2; 3 e 4 da instituição de ensino, pois, através de seus telhados e calhas serão obtidos o volume de água a ser transferido para o reservatório, e posteriormente serem utilizados nos destinos finais.

Em anexo consta os projetos de distribuição de torneira e calha ao reservatório, assim como os diâmetros de tubulação e área de jardim da instituição de ensino, os mesmos foram determinados através do Google Earth e AutoCad.

3.2 Avaliação da qualidade da água pluvial

A análise de água da chuva foi realizada através de amostras colhidas para verificação de impurezas, pois as águas pluviais ao atingir e escoar pela superfície junta-se a elementos contaminantes e diversos resíduos, porém, bem menor esta contaminação do que as que vem diretamente do uso de afazeres humanos, contudo, para evitar as substâncias indesejadas serão alocadas peneiras nas calhas evitando que ultrapassem para o reservatório substâncias de maior porte.

Para confirmação de uso de água de chuva a Resolução Nº 357 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelece classes onde frisa condições padrões para qualidade de água atuais e futuras. Dividem-se em quatro classes, cada uma com sua destinação final. O estudo de caso proposto se enquadra na classe dois onde a água é destinada para jardins, abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, atividade de pesca, entre outros. Os parâmetros de ensaios de pH, sólidos e coliformes se enquadram na classe 1 de água doces, onde pH pode variar de 6,0 a 9,0; sólidos dissolvidos até 500 mg/L e número de coliformes = 1000.

3.2.1 Metodologia de coleta

As amostras de água pluvial serão coletadas dos telhados dos prédios 2; 3 e 4 do Centro Universitário Luterano de Palmas entre os meses de Setembro de 2016 a Outubro de 2016, tendo o objetivo de coletar amostras representativas e de evitar contaminações. Para tanto, serão realizados ensaios laboratoriais de coliformes, sólidos, pH e condutividade, no Centro Universitário Luterano de Palmas, sendo prevista as medidas propostas acima no quesito qualidade de água de chuva.

3.2.2 Metodologia das Análises

Para evitar a contaminação das amostras foram adotados os seguintes procedimentos:

- Cada amostra coletada tinha em torno de 500 ml;
- O recipiente para coleta do material foi limpo e esterilizado com álcool;
- Para as amostras de análises de coliformes a esterilização deu-se por uso de autoclave.

Os parâmetros analisados foram os seguintes:

Potencial hidrogeniônico (pH): Este ensaio é realizado com o equipamento pHmetro portátil no qual é possível identificar acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, submetendo o aparelho a uma quantidade x da amostra, no qual fique submerso para leitura. Seu resultado pode variar de 0 a 14, em que pH de 0 a 7 resulta em acidez, em torno de 7 neutras e acima de 8 básicas ou alcalinas.

Condutividade: Está relacionado à capacidade de condução de corrente elétrica existente na água e íons dissolvidos, ou seja, determina o potencial elétrico de uma amostra, quanto maior os íons maior a condutividade. O ensaio é realizado com o equipamento condutímetro que é colocado em contato com uma quantidade de amostra x até que se consiga realizar a leitura sem nenhuma mudança de taxa.

Segundo a EMBRAPA água de baixas e médias condutividades que indicam baixas de sais dissolvidos, possuindo eletricidade na amostra que variam de 250 a

750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem ser utilizadas para quase todos os tipos de solos inclusive irrigações.

Sólidos dissolvidos totais: Este ensaio avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água podendo ser micro poluentes orgânicos ou metais pesados. O ensaio é realizado pesando-se o papel filtro (P1) e em seguida filtrando a amostra de água (100mL), e sendo levada para estufa no qual passará 1h a 105°. Posteriormente deixa-se a amostra resfriar e pesa-se novamente (P2). O cálculo de sólidos é dado conforme disposto na Norma Técnica Interna da SABESP 013 pela seguinte fórmula:

$$\frac{P2-P1}{vol\ am} \times 1.000.000 \qquad \text{Equação 5.0}$$

Onde:

P1 = Peso da amostra inicial (g)

P2 = Peso da amostra final (g)

Vol. Am. = Volume da amostra em (mL)

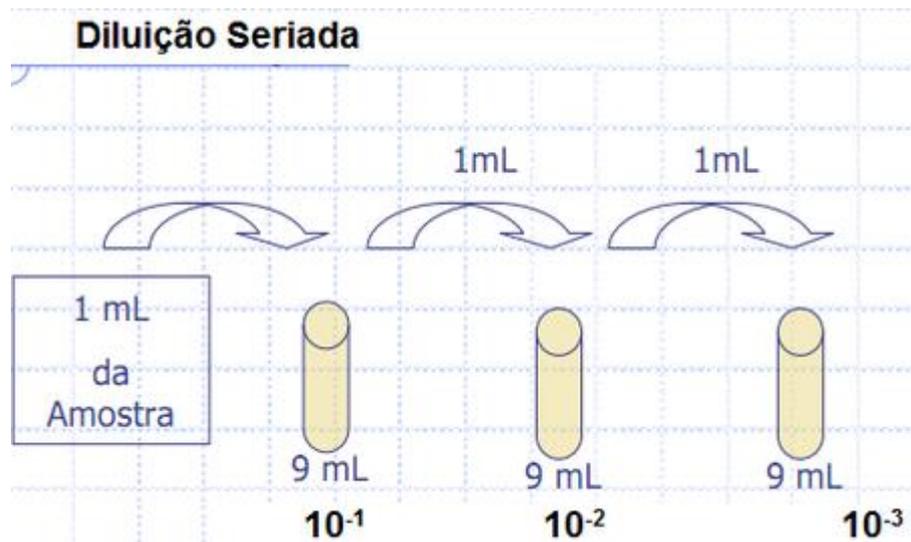
O resultado é dado em mg/L.

Coliformes: São grupos de bactérias que vivem normalmente no organismo humano, sua presença na água indica que ela recebeu material fecal contendo microrganismos patogênicos. Para comprovação de bactérias é feita a inoculação da água pluvial em meios seletivos separando os tubos com os caldos LST; VB e E. coli, seguindo a sequência abaixo:

- Deve-se esterilizar todo o material que será utilizado chamados meio de culturas em autoclave.
- O cálculo para saber quanto de meio será utilizando está demonstrado em cada embalagem e deve ser dimensionado para a quantidade de água desejada.
- Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST): 35,6g do caldo para cada 1000mL de amostra, como a amostra é 100mL distribuídas em 9 tubos será necessário 3,56g deste caldo.
- Tubos de Caldo Verde Brilhante: 40,0g do caldo necessita-se de 1000mL como será preciso apenas 100mL pois serão 9 tubos de amostra resultou-se em 4g deste caldo.

- Caldo EC (E. coli): 37g do caldo para cada 1000mL resultando em 3,7g de meio para 100mL de amostra.
- Preparação de amostras e diluições seriadas de água peptonada (conforme figura abaixo), determinadas em três tubos de 9 ml desta água, recebe 1mL com auxílio de pipeta, de água pluvial, no qual irá acelerar o desenvolvimento de bactérias.

Figura 3.0 – Diluição seriada de amostra em água peptonada.



Fonte: www.ebah.com.br/coliformes

- Tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST): O mesmo possui lactose e a observação da amostra pode ter crescimento de bactéria com produção de gás, observadas no intervalo de tempo de 24 e 48 h a 35 °C.
- Tubos de Caldo Verde Brillante e Caldo EC (E. coli): Estes por sua vez são utilizados quando confirmada a presença de bactérias no LST, em que uma alçada dos tubos suspeitos é transferida para caldo verde brilhante durante 24 e 48 h, já no caldo E. coli a mesma alçada de tubos suspeitos de LST são transferidas para o caldo EC e observada confirmação de coliformes com incubação a 45,5 °C.

Para confirmação de positividade nas análises de água de chuva foram observadas a formação de bolhas de gás nos processos citados acima e turvação nos tubos de amostra após incubação. Para finalizar os resultados utiliza-se uma tabela de número mais provável (NMP) expressa como imagem abaixo, a mesma indicará a quantidade de bactérias presentes nos tubos dos prédios positivados. A possibilidade o uso desta água pluvial para os fins indicativos será determinada pela Resolução N° 357 do CONAMA que trata da classificação dos corpos de água.

Figura 4.0: Número mais provável (NMP).

TABELAS DE NMP

Tabela NMP-1. Número Mais Provável (NMP) e intervalo de confiança a nível de 95% de probabilidade, para diversas combinações de tubos positivos em série de três tubos. Quantidade inoculada da amostra: 0,1 - 0,01 e 0,001g ou ml.

Combinação de tubos +	NMP/g ou ml	Intervalo de confiança (95%)		Combinação de tubos +	NMP/g ou ml	Intervalo de confiança (95%)	
		Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo
0-0-0	<3,0	-	9,5	2-2-0	21	4,5	42
0-0-1	3,0	0,15	9,6	2-2-1	28	8,7	94
0-1-0	3,0	0,15	11	2-2-2	35	8,7	94
0-1-1	6,1	1,2	18	2-3-0	29	8,7	94
0-2-0	6,2	1,2	18	2-3-1	36	8,7	94
0-3-0	9,4	3,6	38	3-0-0	23	4,6	94
1-0-0	3,6	0,17	18	3-0-1	38	8,7	110
1-0-1	7,2	1,3	18	3-0-2	64	17	180
1-0-2	11	3,6	38	3-1-0	43	9	180
1-1-0	7,4	1,3	20	3-1-1	75	17	200
1-1-1	11	3,6	38	3-1-2	120	37	420
1-2-0	11	3,6	42	3-1-3	160	40	420
1-2-1	15	4,5	42	3-2-0	93	18	420
1-3-0	16	4,5	42	3-2-1	150	37	420
2-0-0	9,2	1,4	38	3-2-2	210	40	430
2-0-1	14	3,6	42	3-2-3	290	90	1.000
2-0-2	20	4,5	42	3-3-0	240	42	1.000
2-1-0	15	3,7	42	3-3-1	460	90	2.000
2-1-1	20	4,5	42	3-3-2	1.100	180	4.100
2-1-2	27	8,7	94	3-3-3	>1.100	420	-

Fonte: *Bacteriological Analytical Manual* (Blodgett, 2006).

Fonte: Manual de métodos de análises microbiológica de alimentos e água (São Paulo, 2010)

3.3 Previsão do volume de água de chuva

A previsão do volume de água de chuva será realizada com base na relação entre a área de captação, neste caso os telhados, e as precipitações observadas na região. Conforme o PMSB de Palmas o regime de chuvas na região é caracterizado com estações bem marcantes, estação chuvosa ou úmida e estação seca ou de estiagem. No período de outubro a abril as precipitações são intensas normalmente chegam a 80 mm/24 h, e tem uma média de 1600 mm/ano.

Foi utilizada a equação de idf obtida para Palmas nos estudos do PDDPA, onde é evidenciado, intensidade, duração e frequência através da fórmula:

$$i = \frac{749,97 \cdot Tr^{0,104}}{(t_d + 9)^{0,702}}$$

Equação 6.0

Onde:

i = intensidade de precipitação (mm/h);

Tr = Tempo de Retorno adotado (recomenda-se Tr de 25 anos);

td = tempo de duração da chuva de projeto.

Foram determinadas as precipitações mensais com base nos dados pluviométricos anuais registrados no município de Palmas, que compreende o período de 1995 a 2014.

A tabela 2.0 mostra as precipitações atingidas no decorrer destes anos.

Tabela 2.0: Precipitações máximas anuais para o município de Palmas.

Ano	P. máx. (mm)	Ano	P. máx. (mm)
1995	357,80	2005	336,70
1996	319,80	2006	403,80
1997	431,10	2007	583,20
1998	305,10	2008	298,00
1999	602,70	2009	353,80
2000	526,70	2010	462,50
2001	420,40	2011	354,20
2002	431,70	2012	378,80
2003	487,10	2013	433,00
2004	420,70	2014	363,60

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

O reservatório para captação de água pluvial dos telhados, como já descrito, foi calculado pelo método do professor Azevedo Neto através da fórmula:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 4.0}$$

Onde:

P = Precipitação média anual, em milímetros;

T = Número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta, em metros quadrados;

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

Dimensionado o reservatório a água será diretamente distribuída para os pontos desejados com auxílio de uma bomba e através de tubulações específicas podendo atingir seu objetivo, limpeza de pisos e irrigação de jardins.

A potência da bomba será calculada através da formula:

$$\text{Pot} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot n} \quad \text{Equação 7.0}$$

Onde:

Pot = Potência do motor;

γ = Peso específico da água = 1000 kgf/m³;

Q = Vazão ou descarga, em m³/s;

H_m = Altura manométrica, em m;

n = É o coeficiente de rendimento global da bomba. (Adotar 70% do motor e 75% da bomba).

Para se obter a altura manométrica faz-se necessário conhecer as perdas de carga, sucção e recalque.

Obtém-se a perda de carga pela fórmula Universal expressa abaixo:

$$h_f = 0,0827 \times \frac{f \times L \times Q^2}{D^5} \quad \text{Equação 8.0}$$

Onde:

h_f = Perda de carga;

f = Fator de atrito;

L = Comprimento da tubulação;

Q = Vazão de escoamento;

D = Diâmetro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de reaproveitamento de água pluvial nos prédios 2; 3 e 4 do Centro Universitário Luterano de Palmas está sendo realizado seguindo as seguintes etapas:

- Caracterização da área de estudo;
- Caracterização da estação pluviométrica;
- Previsão do volume de água pluvial;
- Volume de água de chuva aproveitável;
- Intensidade; duração e frequência;
- Vazão de Projeto e Calha;
- Dimensionamento dos reservatórios;
- Avaliação da qualidade da água pluvial.

4.1 Caracterização da Área de Estudo

Figura 5.0 – Prédios estudados.



Fonte: Google Earth

A área de captação de água é muito importante, tendo em vista que a área do telhado trata-se de uma variável para o dimensionamento do reservatório de água pluvial.

O levantamento da área de captação do telhado de cada prédio foi realizado por meio da disponibilização de plantas de cobertura dos blocos cedidas pela própria instituição, podendo-se observar que cada telhado conta com uma inclinação de 17% e uma área de 1258,45 m², conforme anexo 1.

4.2 Caracterização da Estação Pluviométrica

A estação pluviométrica na qual foi coletado os dados está localizada na cidade de Palmas – TO e apresenta um código no banco de dados do INMET de 83033, a mesma foi escolhida por ser dentro da cidade de Palmas e por ser automática sendo capaz de fornecer dados correspondentes com a realidade. Abaixo alguns dados referente a estação 83033.

Tabela 3.0 – Dados Estação Pluviométrica.

Dados da Estação	
Código	83033
Nome	Palmas
Estado	Tocantins
Município	Palmas
Responsável	INMET
Operadora	INMET
Latitude	-10,18°
Longitude	-48,3°
Altitude (m)	280 m

Fonte: PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico)

Figura 6.0 – Estação Meteorológica 83033.



Fonte: O autor

4.3 Previsão do Volume de Água Pluvial

Os dados pluviométricos estudados, foram disponibilizados pela Secretaria de Agropecuária e Pesca juntamente com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Para determinação dos índices pluviométricos foram analisadas séries de 20 anos estes entre 1995 a 2014.

A previsão do volume de água pluvial foi realizado com base na relação entre as áreas captadas (telhados e as precipitações observadas na região).

Precipitações mensais médias, totais anuais e total anual médio com base na série histórica de 1995 a 2014 foram analisadas detalhadamente em busca de um resultado estimado preciso.

A tabela 4.0 mostra os dados obtidos no decorrer destes 20 anos.

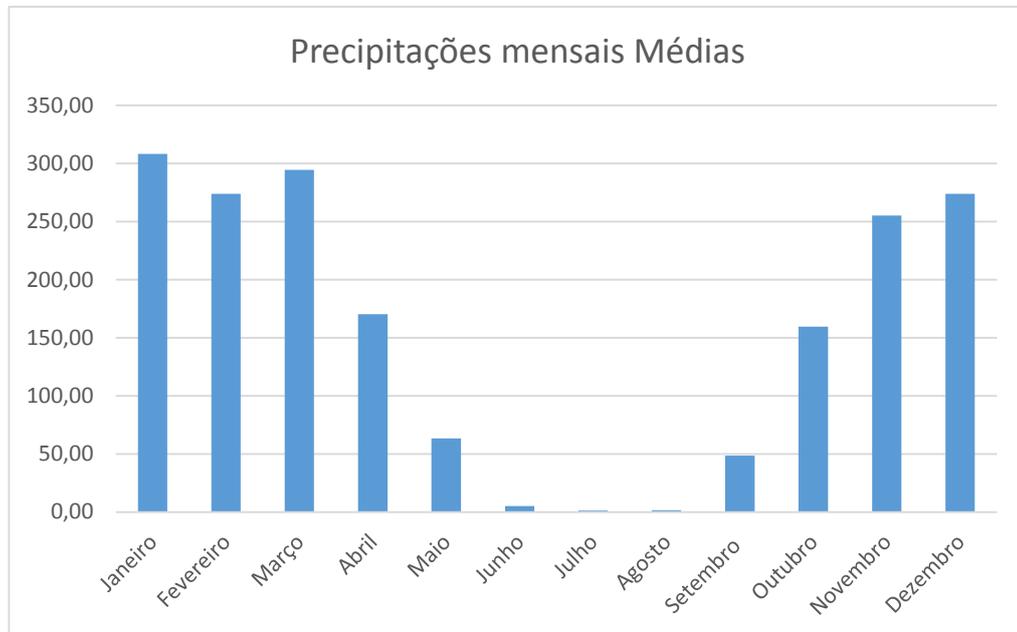
Tabela 4.0 – Precipitações mensais, mensais médias, totais anuais e média anual observadas na estação meteorológica 83033 (valores em mm).

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun	Jul.	Ago	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1995	100,2	99,45	154,0	43,70	14,70	0,00	0,00	0,00	1,70	200,3	357,8	192,7	1.164,55
1996	233,2	247,2	319,8	231,4	112,4	0,00	0,00	8,00	14,20	226,4	236,6	110,2	1.739,4
1997	305,1	295,8	431,1	331,9	44,90	0,00	0,00	0,00	81,10	158,3	129,5	329,5	2.107,2
1998	197,8	239,5	282,3	84,00	45,90	0,00	0,00	0,00	15,70	69,80	305,1	241,1	1.481,2
1999	391,7	243,1	242,0	159,7	64,80	0,00	0,00	0,00	0,00	142,9	441,7	602,7	2.288,6
2000	288,3	526,7	286,9	134,0	42,20	0,00	21,1	3,70	46,3	142,4	284,1	430,3	2.206,0
2001	234,4	147,3	387,5	117,4	22,20	1,20	0,00	0,00	129,1	373,4	420,4	338,6	2.171,5
2002	431,7	195,1	233,0	107,8	55,00	0,00	0,00	0,00	76,1	145,0	214,5	238,6	1.696,8
2003	487,1	241,4	236,8	231,6	129,9	0,00	0,00	18,6	22,6	179,6	303,1	193,0	2.043,7
2004	490,7	204,5	299,4	246,9	2,30	27,4	0,00	0,00	41,8	160,2	172,1	249,9	1.895,2
2005	263,2	257,9	273,4	179,3	46,10	0,00	0,00	0,00	82,9	110,2	242,0	336,7	1.791,7
2006	174,5	313,8	402,9	403,8	156,3	0,00	0,00	1,70	198,3	140,4	131,6	226,0	2.149,3
2007	365,1	583,2	209,1	84,20	34,30	0,00	0,00	0,00	55,1	80,90	201,7	130,1	1.743,7
2008	292,7	272,7	294,7	238,2	34,00	0,00	0,00	0,00	12,1	98,90	298,0	169,0	1.710,3
2009	160,1	353,8	168,7	130,4	285,1	40,1	0,00	0,40	80,7	213,7	172,0	316,3	1.921,3
2010	436,9	206,1	462,5	82,80	25,60	0,20	0,00	0,00	18,0	222,1	189,4	162,0	1.805,6
2011	354,2	327,3	352,4	218,8	9,80	0,00	2,20	0,00	0,00	226,7	208,5	302,4	2.002,3
2012	378,8	247,8	121,0	92,80	63,30	8,80	0,00	0,00	0,00	31,30	326,2	227,9	1.497,9
2013	289,1	197,2	369,4	105,3	24,90	24,2	0,00	0,20	10,5	114,5	281,0	433,0	1.849,3
2014	291,4	281,1	363,6	179,8	52,30	0,00	0,00	0,00	82,0	155,4	191,1	247,2	1.843,9
MÉD.	308,31	274,05	294,53	170,19	63,30	5,10	1,17	1,63	48,41	159,62	255,32	273,86	1855,47

Fonte: O autor

De forma gráfica, a figura 7.0 mostra as precipitações mensais médias na região estudada, no período de 1995 a 2014.

Figura 7.0 – Precipitações mensais médias na região estudada no período de 1995 a 2014.



Fonte: O autor

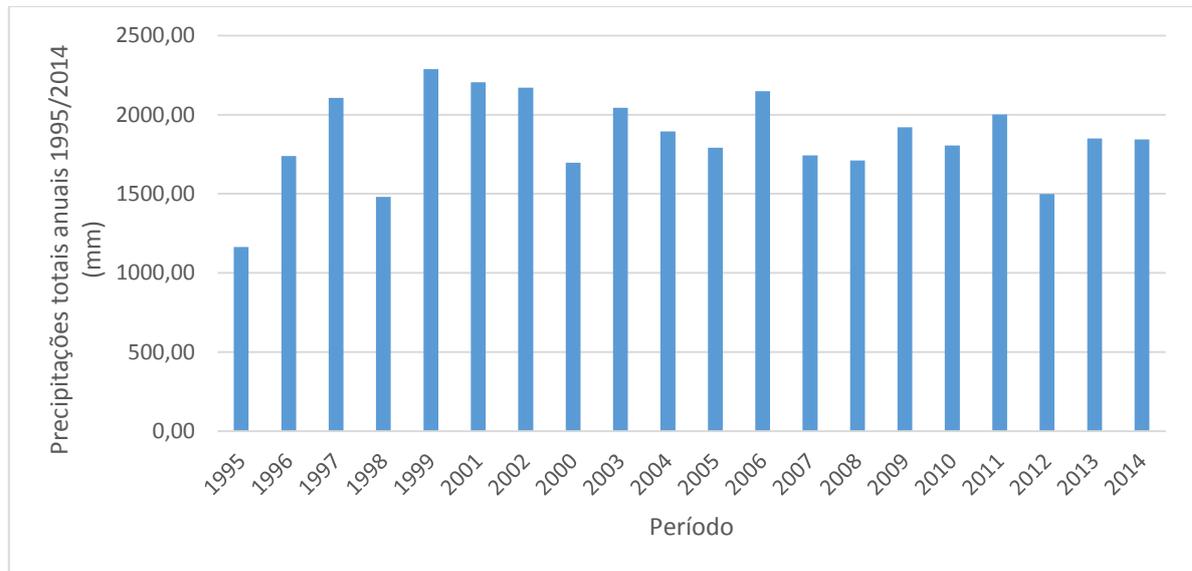
Considerando – se a média mensal das precipitações em torno de 154 mm/mês, observa-se que os meses de Maio a Setembro apresentam alturas pluviométricas abaixo da média, comprovando a má distribuição da chuva na região.

No estudo foi considerado um T (número de meses com pouca chuva) igual a cinco que equivale ao período de Maio a Setembro, visivelmente demonstrado no gráfico acima, onde estes meses apresentam dados de chuva não significativos.

Durante estes meses de estiagem será utilizado a água de poço como já é feito na Instituição de Ensino, ou até mesmo a água fornecida pela empresa responsável por saneamento, hoje Odebrecht Ambiental.

Abaixo a forma gráfica que se comporta as precipitações totais anuais.

Figura 8.0 – Precipitações totais anuais.



Fonte: O autor

Nota-se que o ano de 1999 foi o mais chuvoso, cerca de 2200 mm de precipitação total, já o ano de 1995 pouco menos de 1200 mm.

4.4 Volume de Água de Chuva Aproveitável

É fato que o volume de água pluvial aproveitável não é o mesmo que o precipitado, para se obter tal dado foi utilizado a formula de Azevedo Neto em que:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 4.0}$$

Onde:

P = Precipitação média anual, em milímetros;

T = Número de meses de pouca chuva ou seca (5 meses);

A = Área de coleta, em metros quadrados;

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

De acordo com esta formula e tendo em vista que a área de captação dos 3 prédios da instituição de ensino é igual a 1258,45 m², os volumes médios mensais e anual aproveitáveis de água de chuva está expresso na tabela abaixo:

Tabela 5.0 – Volume médios mensais e anual aproveitável.

Volume Aproveitável – NA – Reservatório (1995 a 2014) – em Litros				
Coeficiente	Área	Mês	Precipitação Média	Volume aproveitável
0,042	1258,45	Janeiro	308,31	81478,47
0,042	1258,45	Fevereiro	274,05	72423,77
0,042	1258,45	Março	294,53	77835,45
0,042	1258,45	Abril	170,19	44976,88
0,042	1258,45	Mai	63,30	16728,58
0,042	1258,45	Junho	5,10	1346,48
0,042	1258,45	Julho	1,17	307,88
0,042	1258,45	Agosto	1,63	430,77
0,042	1258,45	Setembro	48,41	12793,53
0,042	1258,45	Outubro	159,62	42183,50
0,042	1258,45	Novembro	255,32	67474,57
0,042	1258,45	Dezembro	273,86	72374,21
TOTAL			1855,47	490354,07

Fonte: O autor

Por tanto conforme tabela acima, o volume das precipitações da região de estudo permite que seja captado dos telhados cerca de 490 m³ de água por ano.

4.5 Intensidade; Duração e Frequência

$$i = \frac{749,97 \cdot Tr^{0,104}}{(t_d + 9)^{0,702}}$$

Equação 6.0

Onde:

i = intensidade de precipitação (mm/h);

Tr = Tempo de Retorno adotado (recomenda-se Tr de 25 anos);

td = tempo de duração da chuva de projeto.

Esta formula é especialmente para Palmas, tendo em vista as séries pluviométricas desta região. O Tr utilizado foi o de estudo 20 anos (1995 a 2014) e o td foi determinado conforme NBR 15527, 5 minutos. Por tanto, conforme dados descritos obteve-se uma intensidade no decorrer dessa quantidade de anos e minutos no valor de 161 mm/h.

4.6 Vazão de Projeto e Calha

A vazão de projeto conforme NBR 10844 foi determinada pela seguinte equação:

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad \text{Equação 1.0}$$

Em que:

Q = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade Pluviométrica (mm/h) e

A = Área de Contribuição (m²).

De acordo com a fórmula expressa a vazão de projeto calculada é: 3369,0 l/min.

A calha dos três prédios é em zinco, desta forma adotou-se um valor de 0,5% por determinação da NBR 10844. Contudo, ao calcular observou-se que a vazão que estava chegando na calha era menor que a de projeto, ou seja transbordaria. Isso se deve possivelmente em virtude de ocorrência de danos, o que gerou uma mudança significativa nesta inclinação. Tendo em vista os fatos abordados a inclinação da calha foi obtida por tentativa conforme demonstração abaixo.

É usado para dimensionamento da calha a fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5} \quad \text{Equação 2.0}$$

Tabela 6.0 – Vazão na Calha.

	VAZÃO 1	VAZÃO 2	VAZÃO 3	VAZÃO 4	VAZÃO 5
Q =	1773,3685	2444,419781	2747,2907	3172,298	3374,0637
K =	60000	60000	60000	60000	60000
S =	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
n =	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
RH =	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
I =	0,005	0,0095	0,012	0,016	0,0181

Fonte: O autor

A inclinação que se adequa ao projeto seria com inclinação na calha de 1,81%, a mesma recebendo uma vazão com cerca de 3375 L/min.

4.7 Dimensionamento dos Reservatórios

O destino final da água reaproveitável é lavagem de piso e irrigação de jardim. Conforme entrevista com o encarregado por esta área na instituição, o piso é lavado 2 x durante o dia. A primeira vez ocorre das 06:30h estendendo-se até as 10:00h e no período vespertino começa às 12:00h e termina as 14:00h. Pela manhã é gasto um volume de 1200l e na parte da tarde 800l, tendo em vista que são duas lavagem de piso é gasto mais ou menos 4000l diário com o lavagem do piso. Já a irrigação do jardim ocorre apenas 1 x e gera um gasto de 400l.

Com base nos dados obtidos na entrevista foi definido que o valor diário gasto em litros no CEULP é 5500l. Por tanto, o reservatório será dimensionado para uso de cinco dias caso não ocorra chuva, possuindo um volume total de 27500l.

Serão utilizados dois reservatórios, um inferior que contará com 2/3 do volume total do reservatório, e um cilíndrico com 1/3 do volume total. O reservatório inferior com capacidade de 18000l e o cilíndrico 10000l, adotando-se um inferior de 20000l e o cilíndrico de 10000l.

O reservatório inferior tem um diâmetro de 2,42 m e uma altura de 3,66 m, já o reservatório cilíndrico possui diâmetro de 1,30 m e uma altura de 8,0 m. Estão presentes nos anexos 4, 5 e 6 a localização dos reservatórios.

O diâmetro da tubulação de recalque foi determinada pela fórmula de Forchheimer onde:

$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{Q_{rec}} \times \sqrt[4]{X} \quad \text{Equação 9.0}$$

Em que:

Q_{rec} = Vazão de recalque;

$Q_{rec} = CP/NF$

X = Relação entre o número de horas de funcionamento da bomba (adotei 2,5h) e o número de horas no dia.

$X = NF/24$

Por tanto, por dia gasta-se 5,5 m³ de água (CP) e foi adotado um tempo de funcionamento da bomba de 2,5h.

$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{0,0006} \times \sqrt[4]{0,1}$$

$$D_{rec} = 0,018 \text{ m}$$

Adota-se diâmetro mínimo de 25 mm para recalque e de 32 mm para sucção da bomba.

Para recalque foi utilizado 3 joelhos de 90, um registro de gaveta e uma válvula de retenção e para sucção 1 joelho de 90, assim como uma válvula pé de crivo; com isso foi possível determinar o L sucção total = 21,96 m e o L recalque = 18,6 m, totalizando 40,56 m.

Perda de carga = Formula Universal

Em que adotou-se f como 0,019.

$$hf = 0,0827 \times \frac{0,019 \times 40,56 \times (0,0006)^2}{(0,032)^5} = 0,68 \text{ m} \quad \text{Equação 8.0}$$

A altura monométrica é dado pela soma $h_s + h_r + h_f = 0,5 + 8,30 + 0,68 = 9,48$ m.

Por tanto a bomba necessária para que o sistema funcione é obtida através da formula:

$$P = \frac{1000 \times 0,0006 \times 9,48}{75 \times (0,70 \times 0,75)} = 0,14 \quad \text{Equação 7.0}$$

Conforme cálculo acima será utilizado uma bomba mínima de 0,5 cv.

Para obter a altura de sucção, recalque e perda de carga, utilizou-se os dados da tabela abaixo demonstrada por meio de uma figura, em que através do diâmetro calculado pode-se obter o valor dos materiais utilizados.

Figura 9.0 – Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre.

DIÂMETRO NOMINAL		JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 180°	CURVA 45°	TÊ 90° PASS. DIRETA	TÊ 90° SAÍDA DE LADO	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZ.	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VÁLVULA TIPO LEVE	RETENÇÃO TIPO PESADO	REG. GLOBO ABERTO	REG. GAVETA ABERTO	REG. ÂNGULO ABERTO
DN	(Feft)																
mm	(pol.)																
15	(1/2)	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	0,1	5,9
20	(3/4)	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	0,2	6,1
25	(1)	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	0,3	8,4
32	(1 1/4)	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	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,0	0,8	18,5
60	(2 1/2)	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	0,9	19,0
75	(3)	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	0,9	20,0
100	(4)	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	1,0	22,1
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	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Manual de Hidráulica Azevedo Neto

A tubulação dos condutores verticais que liga a calha que neste caso é de aresta viva, ao reservatório inferior foi dimensionada observando – se a vazão de projeto, a altura da lâmina na calha e o comprimento do condutor vertical.

Dados:

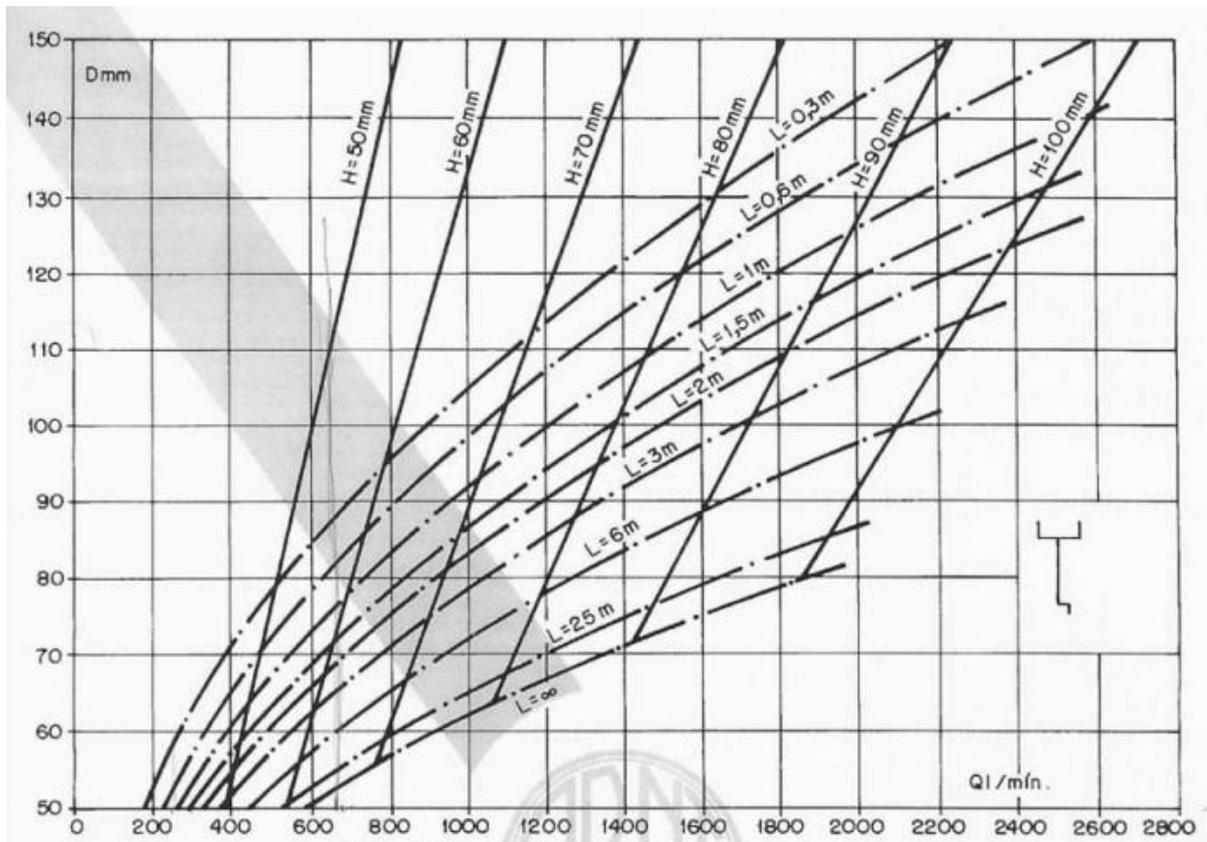
A altura da lâmina na calha = 10 cm.

Vazão na calha = 3.375 L/min que foi dividido em 4 saídas de calha.

Comprimento do condutor vertical = 8,0 m conforme projeto em anexo.

Para tal dimensionamento utilizou-se a tabela expressa em figura abaixo:

Figura 10.0 – Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva.



Fonte: ABNT 10844 – Instalações prediais de águas pluviais

A tubulação vertical utilizada foi diâmetro de 100mm conforme dados acima citados e uso de ábaco.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais adotou-se $n = 0,011$ que é material em PVC, e a vazão existente nos 4 tubos de queda de cada prédio, resultando na inclinação e diâmetro necessário. Neste estudo de caso utilizou-se diâmetros horizontais de 150mm e 200mm. Na tabela expressa como figura abaixo dispõe dos valores possíveis para utilização.

Figura 11.0 – Capacidade dos 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%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Manual de Hidráulica Azevedo Neto

4.8 Avaliação da Qualidade da Água da Chuva

A avaliação da qualidade da água da chuva foi realizada conforme metodologia, amostras foram captadas dos três prédios da instituição de ensino e levadas para o laboratório de Microbiologia onde foram realizados os ensaios de pH, condutividade, sólidos e coliformes. Apenas uma coleta foi realizada, pois choveu apenas uma única vez dentro o prazo de entrega do trabalho. De acordo com a metodologia empregada na coleta de amostras a parcela inicial da chuva foi desprezada, pois nela concentra-se a maior parte de contaminação presente nos telhados e calhas. Os ensaios foram regidos pelo CONAMA evidenciando a possibilidade de utilização desta água de chuva para os fins desejados.

Figuras e tabelas abaixo mostram o procedimento realizado e os resultados obtidos para cada ensaio em cada prédio na seguinte sequência:

- Ensaio e resultados pH;
- Ensaio e resultados condutividade;
- Ensaio e resultados sólidos dissolvidos;
- Ensaio e resultados coliformes.

A primeira figura representa o suporte composto por uma garrafa pet, um funil e uma torneira, no qual depois de coletada a água passou-se para um recipiente de vidro, e encaminhados ao laboratório. O recipiente dos três blocos são idênticos.

Figura 12.0 – Recipiente para amostra de água pluvial.



Fonte: O autor

Figura 13.0 – Ensaio pH.



Fonte: O autor

A figura 13.0 demonstra como foi realizado o ensaio de pH nos três prédios estudados. A tabela abaixo mostra o resultado encontrado para cada amostra.

Tabela 7.0 – Resultado pH.

Prédio	Resultado pH
2	7,8
3	7,6
4	6,7

Fonte: O autor

Conforme tabela acima pode-se concluir que o prédio dois e três possui um pH considerado neutro e o prédio quatro resulta em acidez. Conforme legislação do CONAMA os resultados acima se enquadram para utilização nos fins desejados.

Figura 14.0 – Ensaio condutividade.



Fonte: O autor

Acima está representado como se executa o ensaio de condutividade, o mesmo foi realizado para amostras dos três prédios e os resultados estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 8.0 – Resultado condutividade.

Prédio	Resultado Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
2	43,5
3	13,5
4	15,5

Fonte: O autor

O prédio dois apresenta uma alta concentração de íons na amostra conforme resultado expresso acima, diferente dos prédios três e quatro que praticamente se igualaram, toda via isto não indica que a água não pode ser reaproveitada, tendo em vista que condutividade menores que $250 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicam que podem ser potáveis pela baixa salinidade.

Figura 15.0 – Ensaio sólidos dissolvidos.



Fonte: O autor

A tabela abaixo mostra o peso de cada papel filtro em cada prédio estudado.

Tabela 9.0 – Peso dos sólidos dissolvidos.

Sólidos Dissolvidos	Amostra de peso 1	Amostra de peso 2
Prédio 2	0,4846g	0,4898g
Prédio 3	0,4875g	0,4904g
Prédio 4	0,4748g	0,4783g

Fonte: O autor

A partir dos pesos e filtragem foi possível determinar os sólidos dissolvidos em cada amostra. Os resultados serão expressos na tabela seguinte.

Tabela 9.1 – Resultado dos sólidos dissolvidos.

Prédio	Sólidos dissolvidos (mg/L)
2	52,0
3	29,0
4	35,0

Fonte: O autor

Os sólidos dissolvidos dos três prédios estudados se enquadram para utilização de reuso da água pluvial, tendo em vista que o valor regido pelo CONAMA é de 500 mg/l.

Figura 16.0 – Tubos de ensaio em auto clave para preparação de amostras de coliformes.



Fonte: O autor

Os tubos acima foram esterilizados para o recebimento das amostras evitando possíveis contaminações.

Figura 16.1 – Preparação da amostra em tubos de caldos.



Fonte: O autor

Figura 16.2 – Caldos LST, VB e E. Coli, em capela.



Fonte: O autor

Abaixo a tabela expressa o resultado de coliformes por prédio:

Tabela 10.0 – Presença de bactérias prédio 2.

Prédio	2		
Tubos - meios de cultura	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
LST (Lauril Sulfato Triptose) 24/48h a 35 °C	+	-	-
VB (Caldo Verde Brilhante) 24/48h a 35 °C	+	-	-
EC (E. coli) 24h a 45,5 °C	+	-	-

Fonte: O autor

Tabela 10.1 – Presença de bactérias prédio 3.

Prédio	3		
Tubos - meios de cultura	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
LST (Lauril Sulfato Triptose) 24/48h a 35 °C	-	-	-
VB (Caldo Verde Brilhante) 24/48h a 35 °C	-	-	-
EC (E. coli) 24h a 45,5 °C	-	-	-

Fonte: O autor

Tabela 10.2 – Presença de bactérias prédio 4.

Prédio	4		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
Tubos - meios de cultura	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
LST (Lauril Sulfato Tryptose) 24/48h a 35 °C	+	+	+
VB (Caldo Verde Brilhante) 24/48h a 35 °C	+	+	+
EC (E. coli) 24h a 45,5 °C	+	+	+

Fonte: O autor

Ao analisar as tabelas acima referente aos coliformes utilizou-se o método de números mais prováveis nomeada como figura 4.0, para evidenciar a quantidade de bactéria presente nas amostras.

A tabela abaixo representa os resultados obtidos para os prédios 2, 3 e 4, no qual foram comparados com a Resolução Nº 357 do CONAMA.

Tabela 11.0 – Resultado dos parâmetros analisados.

Análises	Prédio		
	2	3	4
pH	7,8	7,6	6,7
Condutividade (µS/cm)	43,5	13,5	15,1
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	52	29	35
Coliformes (NMP/100ml)	3,6	< 3,0	11

Fonte: O autor

Todos os ensaios possuíram valores satisfatórios comprovando a possibilidade do uso de água pluvial para fins não potáveis de irrigação de jardim e lavagem de piso na instituição de ensino CEULP/ULBRA.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo de caso procurou mostrar e implementar uma cultura de reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis nos prédios 2, 3 e 4 do Centro Universitário Luterano de Palmas, sugerindo aplicação desta técnica e comprovando a sua eficiência em termos qualitativos de amostras de água de chuva, restando analisar a questão financeira que envolve tal aplicação e a tubulação que sai do reservatório até as torneiras.

As amostras analisadas no que se refere à qualidade da água pluvial mostraram a compatibilidade com os devidos fins de aplicação proposto neste trabalho, podendo também ser utilizada em diversos outros empregos, caso solicitado.

As precipitações observadas ao longo dos vinte anos analisados dispõem de um valor total médio anual de aproximadamente 1855 milímetros, por tanto evidencia a captação de grandes volumes de água de chuva. O Centro Universitário Luterano de Palmas possui telhados com área relevante que permitem a coleta de volumes de água pluvial até mesmo superiores ao que podemos gastar para os fins estudados que foram lavagem de piso e irrigação de jardim, ambos com destinação de água não potável.

Os reservatórios dimensionados, sendo eles um inferior de 18000 litros e um cilíndrico de 10000 litros totalizou 28000 litros de reserva, o que poderia abastecer até 5 dias sem chuva levando em consideração que nem todos os dias dos meses chuvosos chove, e em nossa região as chuvas são intensas e ocorrem em pouco tempo. Para os meses sem chuva recomenda-se o uso normal de poço artesiano como já é feito e se caso necessário também pode ser utilizado a água fornecida pela Odebrecht Ambiental.

Como sugestão e recomendação sugiro para futuros trabalhos estudos relacionados ao custo para implementação da metodologia aplicada no estudo de caso, pois este comprovou a viabilidade em termos de qualidade de água de chuva, sendo possível seu reaproveitamento, contudo sua aplicação fica dependente de estudos financeiros.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Água: Manual de uso. Disponível em:

<<http://www.comiteibicui.com.br/artigos/Manual%20de%20Uso%20da%20Agua.pdf>>

Acesso em 28 de fevereiro de 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Qualidade da água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticos). Petrolina, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

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

CONAMA (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

BRITO, Luíza; SILVA, Aderaldo; PORTO, Everaldo. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 1, p. 15-32.

Definição de desenvolvimento sustentável. Disponível em:

<http://desenvolvimentosustentavelnobrasil.blogspot.com.br/2011/09/definicao-do-desenvolvimento_19.html> Acesso em 28 de fevereiro de 2016.

GUEDES, Maria. **Sustentabilidade**. 1º Edição. Joinville: Editora Clube de Autores, 2015.

GNADLINGER, João. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. Haia. 2000. Disponível em < <http://www.abcmac.org.br>> Acesso em 3 de março de 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 2º Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

HAGEMANN, Sabrina. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Mestrado em Engenharia Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

Material de apoio do Professor Carlos Spartacus – Ulbra 2014.

Material de apoio do Professor Fabio Moreira Spinola – Ulbra 2015.

MORÉS, Fábio. **Reaproveitamento da água de chuva em condomínios residenciais e comerciais na cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre. 2006. Disponível em < <https://www.lume.ufrgs.br>> Acesso em 4 de março de 2016.

Norma Técnica Interna SABESP – NST 013 de junho de 1999.

OLIVEIRA, Frederico. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Mestrado em Engenharia Ambiental, Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.

Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas - TO. ANEXO III AO DECRETO Nº 700, DE 15 DE JANEIRO DE 2014.

Porcentagem existente no planeta. Disponível em:

<<http://meioambienteagua.pbworks.com/w/page/20725600/Porcentagem>> Acesso em 25 de fevereiro de 2016.

O que é desenvolvimento sustentável. Disponível em:

<<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>> Acesso em 1 de março de 2016.

O que é desenvolvimento sustentável. Disponível em:

<<http://www.infap.org.br/page1.php>> Acesso em 1 de março de 2016.

Silva, Nausely. Manual de métodos de análises Microbiológicas de Alimentos e água. 4^o Edição. São Paulo: Editora Varela, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis.** São Paulo. 2009. Disponível em <<http://www.pliniotomaz.com.br/>> Acesso em 7 de Março de 2016.