

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

Marina Chemim Cabral

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA FINS NÃO
POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO EM GUARAPUAVA-PR**

**Guarapuava
Novembro 2018**

MARINA CHEMIM CABRAL

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA FINS NÃO
POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO EM GUARAPUAVA-PR**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Campus Guarapuava,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.**

Orientador: Mariane Kempka

**Guarapuava
Novembro 2018**

MARINA CHEMIM CABRAL

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA FINS NÃO
POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO EM GUARAPUAVA-PR**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Responsável pela disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Guarapuava, novembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

**Prof^a. Mariane Kempka (UTFPR-GP) - Orientadora
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Prof. Gabriel De Menezes Trevisan (UTFPR-GP)
Msc. pela Universidade Federal de Santa Maria**

**Prof. Rodrigo Scoczynski Ribeiro (UTFPR-GP)
Msc. pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida, e pela oportunidade de cursar em uma universidade pública e federal. Agradeço também meus pais pelo incentivo ao estudo e apoio durante todo a minha graduação.

Agradeço também à minha orientadora Professora Doutora Mariane Kempka, pelo tempo disponível e pela dedicação, correções e auxílio na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

"O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário".

Albert Einstein

RESUMO

A escassez de água é um problema ambiental muito discutido, pois a água vem sendo utilizada de maneira desordenada e sem racionalização. Em virtude dessa preocupação com a limitação dos recursos hídricos, a pauta em voga é a exploração das tecnologias de redução e reaproveitamento de água. Uma alternativa simples que contribui para a economia de água é a captação de água da chuva, que além de não exigir investimentos elevados, contribui para a diminuição do volume de água levado às galerias de drenagem urbana. Dentro desse contexto, o presente trabalho analisou três estudos de caso, duas residências unifamiliares e uma empresa de coletivos urbanos, com instalações preexistentes. A partir das avaliações, verificou-se que todos precisam de melhorias no sistema, mas as verificações dos reservatórios tiveram resultados próximos do que está instalado. O dimensionamento desses reservatórios, com a comparação entre o método Prático Alemão e o método adotado no programa Netuno, sugeriu que para a região e para os três estudos de caso, o método Prático Alemão teve melhores resultados.

Palavras-chave: Redução de consumo. Captação. Sistema.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema de captação e usos indicados	5
Figura 2 - Sistema de Captação Convencional	10
Figura 3- Esquema de captação de água da chuva por telhado verde	11
Figura 4 - Filtro com tela em 45°	12
Figura 5 - Filtro Volumétrico	12
Figura 6 - Dispositivo sugerido por Flesch	14
Figura 7 - Exemplo 01 de dispositivo	14
Figura 8 - Exemplo 02 de dispositivo	15
Figura 9 - Reservatório	24
Figura 10 - Reservatório	31
Figura 11 – Extravasor que direciona o excesso à outro telhado	32
Figura 12 – Torneira com falta de indicação de não potabilidade	32
Figura 13 - Dispositivo para o esvaziamento de reservatório	33
Figura 14 - Reservatórios	34
Figura 15 – Condutores horizontais e verticais	34
Figura 16 - Bomba	35
Figura 17 - Ponto de saída 01, com falta de indicação de não potabilidade	35
Figura 18 - Ponto de saída 02, com falta de indicação de não potabilidade	36
Figura 19 – Tanques para processos de tratamento de água	37
Figura 20 – Tanques para processos de tratamento de água	37
Figura 21 – Depósito dos resíduos retirados no processo de flotação	38
Figura 22 – Aplicação do redutor de pH	39
Figura 23 – Máquina para limpeza dos ônibus	39
Figura 24 – Reservatórios de água tratada para posterior envio para a lavagem	40
Figura 25 – Poço de captação de água do lençol freático (interior)	40
Figura 26 – Poço de captação de água do lençol freático (exterior)	41
Figura 27 – Cisterna 1	41
Figura 28 – Cisterna 2	42
Figura 29 – Cisterna 3	42
Figura 30 – Área de captação e reservatório	53
Figura 31 – Fundo do reservatório	54
Figura 32 – Reservatório danificado	55
Figura 33 – Depósito de itens que atrapalham a circulação	55
Figura 34 – Cisterna com armadura exposta	56
Figura 35 – Vigas internas ao poço com armaduras expostas	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de Engenharia para demanda de água de consumo interno	16
Quadro 2 - Parâmetros de engenharia para demanda de água de consumo externo	17
Quadro 3 - Coeficientes de Runoff médios	18
Quadro 4 - Frequência de manutenção	25
Quadro 5 - Tabela de tarifas Sanepar	30
Quadro 6 – Estimativas de custos e economia do estudo de caso A	43
Quadro 7 – Inserção de dados Estudo de caso A	44
Quadro 8 – Resultados obtidos	45
Quadro 9 – Economia e custos Estudo de caso B	46
Quadro 10 – Inserção de dados Estudo de caso B	47
Quadro 11 – Resultados obtidos	48
Quadro 12 – Economia e custos Estudo de caso C	49
Quadro 13 – Inserção de dados Estudo de caso C	50
Quadro 14 – Resultado obtido	52

SUMÁRIO

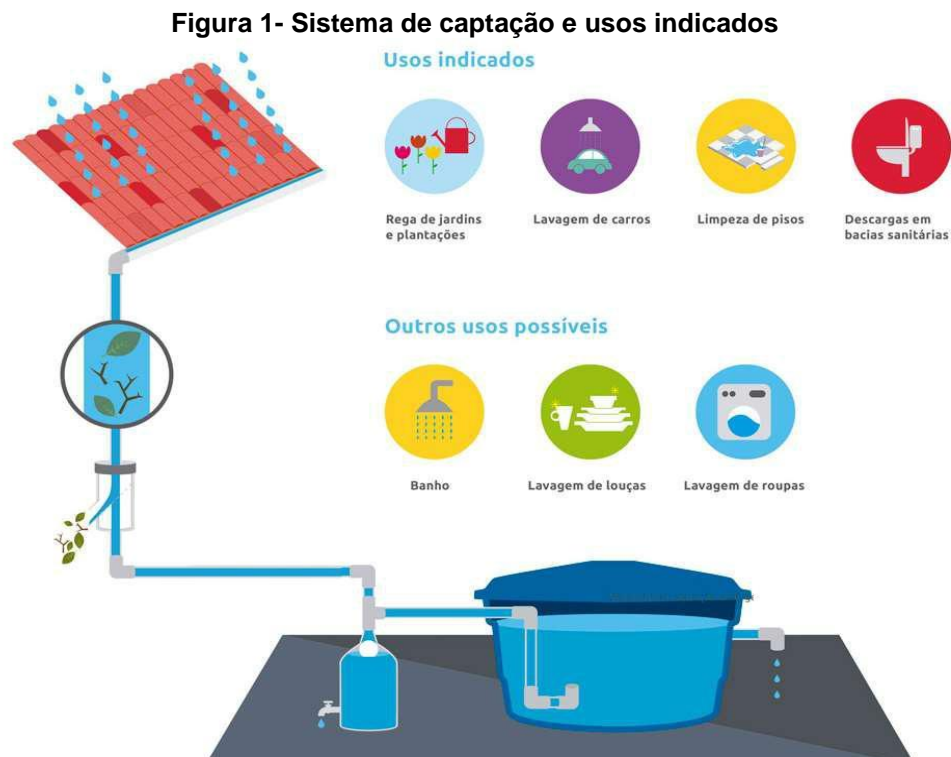
1	INTRODUÇÃO	5
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	6
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	6
1.2.1	Objetivo principal	7
1.2.2	Objetivos secundários	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	8
2.1.1	Legislação	8
2.2	SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	9
2.2.1	Área de captação	10
2.2.2	Calhas e condutores	11
2.2.3	Reservatório	13
2.2.4	Dispositivos de descarte de primeira água (First Flush)	13
2.3	CÁLCULO DE DEMANDA DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO	15
2.4	MÉTODOS PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO	17
2.4.1	Método de Rippl	18
2.4.2	Método da Simulação	19
2.4.3	Método Azevedo Neto	20
2.4.4	Método Prático Alemão	20
2.4.5	Método Prático Inglês	21
2.4.6	Método Prático Australiano	21
2.5	QUALIDADE DA ÁGUA	23
2.5.1	Processos para tratamento de água	23
2.6	MANUTENÇÃO	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	26
3.1.1	Coefficiente de Escoamento Superficial	26
3.1.2	η_{fator} de captação	27
3.1.3	Programa Computacional: Netuno.....	27
3.2	ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS	29
3.3	ESTIMATIVA DE CUSTOS E ECONOMIA	29
3.4	ESTUDO DE CASO A	31
3.5	ESTUDO DE CASO B	33
3.6	ESTUDO DE CASO C	36
4	DISCUSSÕES E RESULTADOS	43
4.1	ESTUDO DE CASO A	43
4.1.1	Cálculo da Demanda	43
4.1.2	Estimativa de Economia	43
4.1.3	Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão	44

4.1.4	Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno	44
4.2	ESTUDO DE CASO B	46
4.2.1	Cálculo da demanda	46
4.2.2	Estimativa de Economia	46
4.2.3	Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão	47
4.2.4	Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno	47
4.3	ESTUDO DE CASO C	49
4.3.1	Cálculo da Demanda	49
4.3.2	Estimativa de Economia	49
4.3.3	Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão	50
4.3.4	Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno	51
4.4	MELHORIAS SUGERIDAS	53
4.4.1	Estudo de caso A	53
4.4.2	Estudo de caso B.....	54
4.4.3	Estudo de caso C.....	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Dentre as questões ambientais, a escassez de água é a mais preocupante e segundo Tomaz (2005), pode faltar água para 1/3 da população mundial no século XXI. No Brasil, há um desequilíbrio entre a demanda de água e sua oferta, por exemplo, a região Norte, menos populosa, é a que possui maior oferta, cerca de 68,5% da disponibilidade do país. Em contrapartida, a região mais populosa e industrializada, o Sudeste, tem sofrido com a falta de água notadamente no ano de 2015. Aliada à crise hídrica, a região sofre também com a poluição dos rios devido à grande concentração de indústrias, despejos urbanos e poluentes. De acordo com Silva (2012) o crescimento populacional é outro fator importante na disponibilidade hídrica.

A implantação dos sistemas de aproveitamento da água da chuva busca a redução do consumo de água potável para usos menos nobres, tais como a lavagem de calçadas, veículos, a rega de jardins e o uso nas bacias sanitárias, conforme figura 1. Além disso, a instalação desse sistema, permite a detenção/retenção da água que iria para as galerias públicas de drenagem, diminuindo, também, os picos de vazão que causam enchentes e inundações.



(fonte: adaptado de ZANELLA, 2015)

O sistema de aproveitamento de água é composto por uma grelha que tem a função de evitar a entrada, no sistema, de partículas maiores que venham a obstruir a passagem de água nos condutores. Também deve-se planejar o First Flush, que é um dispositivo para o descarte da primeira água, a qual pode vir com mau odor e coloração indesejada. Vale ressaltar que o cuidado com a manutenção e limpeza do telhado é de extrema importância. (Tomaz, 2005)

Neste trabalho será analisado o sistema de captação da água da chuva pela cobertura de duas edificações residenciais, uma de 12,5 m² e outra de 58,85 m², além de uma empresa de coletivos urbanos, a qual utiliza a água da chuva para limpeza dos ônibus, com área de captação de 6.715 m², todos no município de Guarapuava, Paraná. Toda a água coletada será direcionada às calhas, que através dos condutores verticais e horizontais, será transportada para um reservatório ou cisterna para o uso em lavagem de calçadas, rega de jardins, lavagem de veículos, entre outros.

Portanto, este trabalho justifica-se pela atual necessidade da racionalização da água, devido a mesma ser um recurso natural finito que vem sendo desperdiçado, usado desordenadamente e com sua demanda crescente. Pela representação tecnológica da universidade, aliam-se questões ambientais que visam a correta gestão dos recursos hídricos, à tecnologia de implantação de um sistema de captação da água da chuva.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A avaliação dos três estudos de caso se dará por meio de dois métodos, o método Prático Alemão e o método prático proposto pelo software Netuno, apresentado pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina em 2014.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e serão apresentados nos próximos itens.

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é determinar o volume ideal do reservatório de armazenamento da água da chuva, utilizando três sistemas distintos de aproveitamento de água da chuva empregados nos estudos de caso.

1.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

Identificar o método de cálculo mais adequado para a região de Guarapuava proposto pela norma;

Propor melhorias nos sistemas de aproveitamento de água da chuva estudados;

Fazer uma comparação entre os resultados obtidos, com o método apresentado pela norma e pelo programa Netuno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Queiroz (2018), a falta de água, é um dos maiores riscos globais para economia, desenvolvimento sustentável e combate à pobreza. Diante disso, 11 líderes mundiais se reuniram e criaram uma nova agenda: “Faça cada gota contar: uma agenda de ação pela água” que inclui recomendações para melhor gestão da água para tentar conter o problema de carência da mesma.

“Em todo o planeta, 40% das pessoas são afetadas por falta de água e mais de 2 bilhões de pessoas bebem água insegura para consumo e 4,5 bilhões não têm acesso a serviços sanitários. [...] Em todo o mundo, 80% da água usada é devolvida ao meio ambiente sem ser tratada. Cerca de 90% dos piores desastres naturais humanitários desde os anos 90 estiveram relacionados com a água, como cheias e secas.” (QUEIROZ, 2018)

Então é essencial que a sociedade tenha uso consciente e que sejam implantadas maneiras de racionalização da água. Segundo Flesch (2011), uma boa alternativa é o aproveitamento das águas pluviais, tanto por captação pela área do telhado, quanto por calçamentos permeáveis, as quais não geram investimentos muito elevados e podem ser instalados em quase todos os tipos de edificações.

Com essas informações, poderia existir incentivo do governo para implantação desses sistemas, já que as galerias públicas não teriam tanta demanda, o que reduziria custos.

No Brasil, existe o Programa Cisternas do governo que oferece à população do Semiárido o acesso a tecnologias de captação de água da chuva, destinados a famílias de baixa renda da zona rural, que não disponham de fonte de água ou de meio adequado para armazená-la. Segundo Boehm (2017), o sistema permite o acúmulo de até 16 mil litros de água, que pode atender, durante até oito meses de seca, uma família de cinco pessoas.

2.1.1 Legislação

No município de Guarapuava existe a lei nº 2452 de 2015, a qual dispõe sobre a utilização de águas pluviais e outras não tratadas em residências, comércios, indústrias e na construção civil. Fica estabelecido que as residências com mais de 100 m² devem instalar um sistema de

coleta, filtragem primária, armazenamento e distribuição de águas pluviais para uso no imóvel, com capacidade mínima de 500 litros. Já as construtoras que tenham obras com mais de 300 m², também devem instalar uma cisterna para fornecer água para no mínimo 2 dias de trabalho. Essa água deve ser utilizada na limpeza geral e no concreto onde não haja a necessidade de potabilidade da água. E por fim, no artigo 7º obriga os “lava rápidos” e postos de combustíveis, terem sistemas de captação ou de água pluvial ou de outras fontes.

Já no Paraná, existe a lei 18.730 de 28 de março de 2016, que obriga a instalação de cisternas para a captação de água da chuva na lavagem de veículos nos estabelecimentos comerciais especificados. Comparando essa lei estadual, com a lei municipal nº 2452, percebe-se que as duas se contradizem, enquanto uma obriga a captação de água da chuva, a outra abre brechas para utilização de outras formas e não obriga a captação pluvial.

Em âmbito nacional, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), por meio da NBR 15527, aborda as questões à captação de água da chuva em coberturas em zonas urbanas para fins não potáveis. E também por meio da NBR 10844, fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais.

A resolução ANA nº 317, de 26 de agosto de 2003, institui o registro obrigatório no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH) de pessoas físicas e jurídicas, de direito público ou privadas, usuárias de recursos hídricos no Brasil, que realizam a captação de água ou lançamento de efluentes em corpos de água de domínio federal ou estadual.

2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O sistema de captação de água da chuva é constituído por sistemas de tecnologia simples e que não geram um custo elevado, e segundo Amorim e Pereira (2008) na maioria dos casos, o reservatório é o investimento mais significativo, mas pode existir casos onde um conjunto de motobomba, pode exigir um custo mais elevado. Um sistema convencional é apresentado na figura 3, e é composto por:

área de captação;

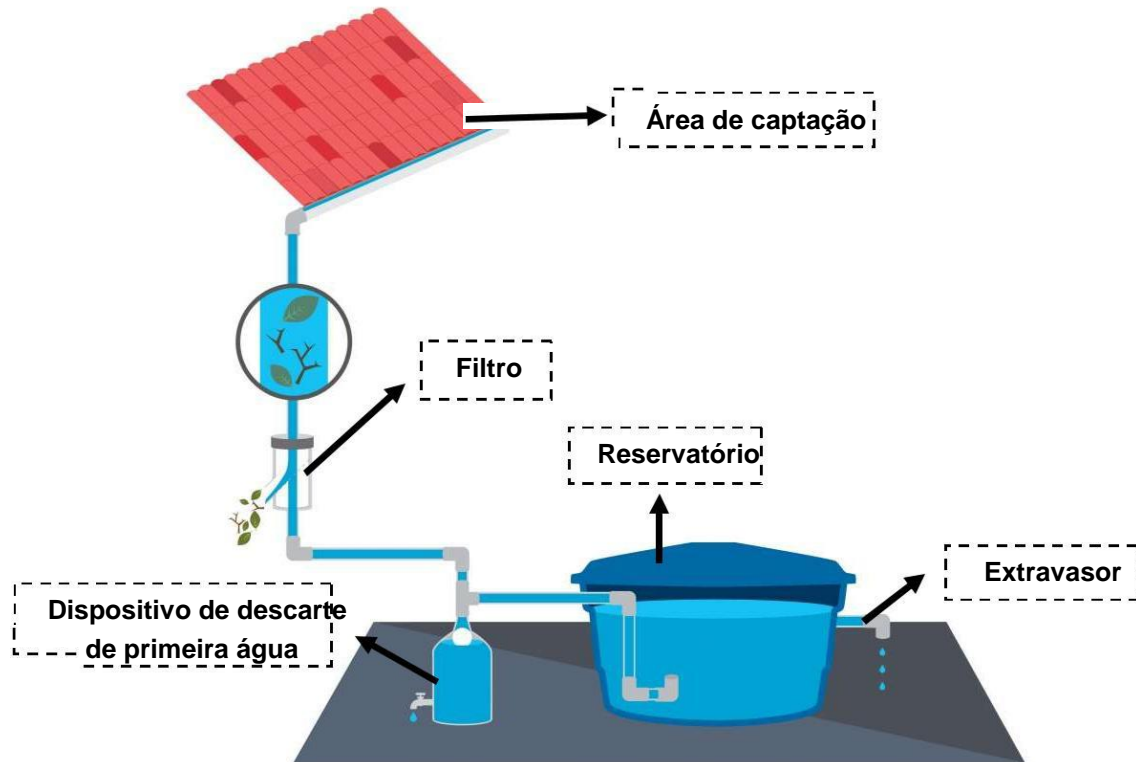
calhas e

condutores; filtro;

dispositivos de descarte de primeira água da chuva;

reservatório;
torneira;
bombeamento, quando necessário.

Figura 2 - Sistema de Captação Convencional



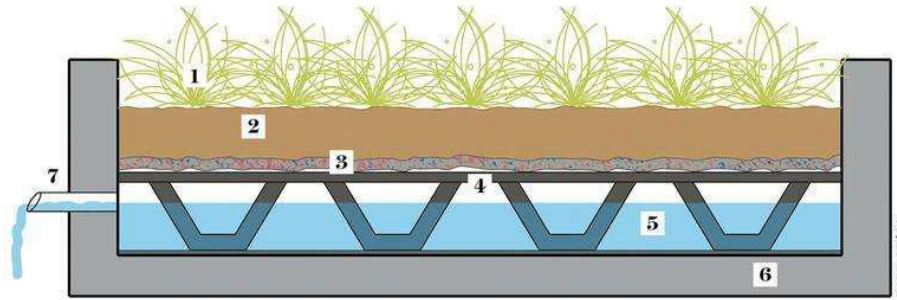
(fonte: adaptado de ZANELLA, 2015)

2.2.1 Área de captação

Entende-se por área de captação, a região que intercepta a chuva e permite fazer o recolhimento da água interceptada. Segundo Tomaz (2005), captação pode ser feita através de telhados, calçadas, terraços, e coberturas verdes, onde as próprias plantas, substrato e areia fazem o papel de filtrar partículas (biofiltro), sendo dispensável a grelha e o First Flush.

Segundo Ferreira e Moruzzi (2007), o telhado verde apesar de requerer maior investimento, devido a necessidade de impermeabilização da região, tem uma durabilidade maior (cerca de 15 anos a mais) que o sistema de captação convencional pelo telhado, serve como bom isolante térmico e amortecede ruídos, além de dar a possibilidade de cultivar uma horta na própria casa. Um reservatório sob a vegetação faz a captação da água da chuva, o qual direciona a captação para um dreno, conforme figura 3.

Figura 3- Esquema de captação de água da chuva por telhado verde



1. Vegetação 2. Substrato 3. Membrana de absorção 4. Módulo laminar
5. Reservatório de captação de chuva 6. Impermeabilização 7. Dreno

(fonte: BIANCHI, 2017)

2.2.2 Calhas e condutores

Segundo a ABNT (1989), por meio da NBR 10844, as calhas e os condutores são assim definidos:

Calhas: Canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz, geralmente ao condutor vertical;

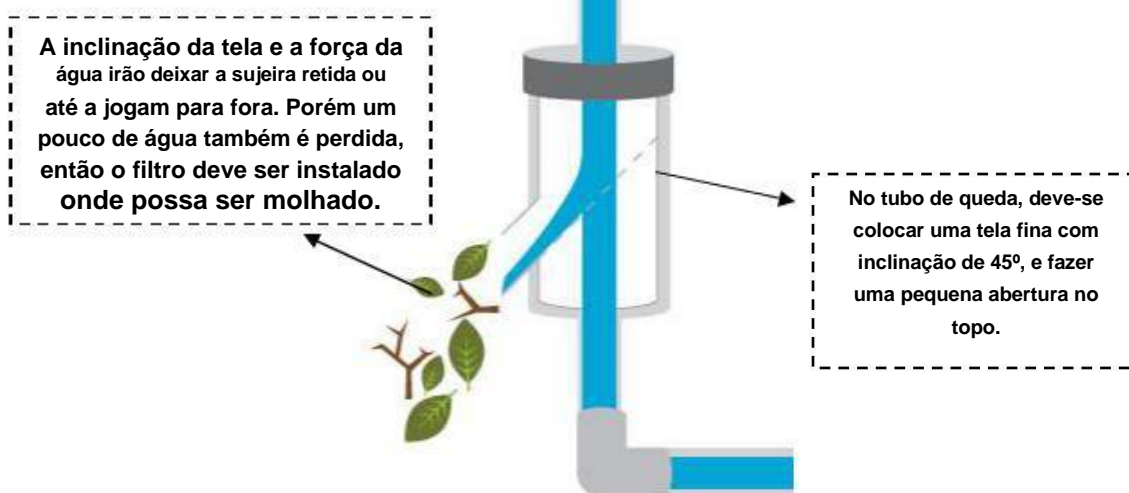
Condutor vertical: tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, e conduzi-las até a parte inferior do edifício.

Condutor horizontal: tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

Entre as calhas e os condutores devem ser previstas grelhas e telas que impeçam a passagem de sujeiras maiores, devendo a manutenção das mesmas serem constantes. As peneiras que irão reter as sujeiras maiores, devem ter entre 0,2mm a 1mm segundo Tomaz (2005).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, traz um manual para uso doméstico de água de chuva, onde Zanella (2015) propõe como filtro inserir uma tela fina com inclinação de 45° no tubo de queda, para que a força da água ajude a reter a sujeira inicial, como folhas, galhos e insetos, conforme a figura 4. Não há dados de percentual de perda gerado por esse filtro.

Figura 4 - Filtro com tela em 45°



(fonte: adaptado de ZANELLA, 2015)

Em contrapartida, Tomaz (2005) recomenda o uso do filtro volumétrico, na figura 5, que é altamente eficiente, independente do volume que passa. É composto por várias peneiras que promovem uma autolimpeza, porém apresentam entre 20% a 55% de perdas.

Figura 5 - Filtro Volumétrico



(fonte: 3P Technik, 2017)

A água de chuva é represada e distribuída uniformemente para descida nas cascatas, princípio do transbordamento (1). Posterior é feita uma separação preliminar pelo princípio da cascata, onde a sujeira mais grossa desliza diretamente para a galeria (2). A água de chuva passa então pela tela de 0,65 mm (3). A água de chuva processada passa então para a cisterna de água de chuva (4). Por fim é despejada para a galeria pluvial (5).

Vale a pena destacar que as tubulações que direcionam a água pluvial, devem ser dimensionadas da mesma forma que uma instalação de água predial, e calculadas para a vazão de pico, conforme ABNT (1989) na NBR 10844.

2.2.3 Reservatório

As cisternas ou reservatórios serão dimensionadas de acordo com a demanda da região e da demanda na residência e é o item mais importante em todo o sistema. Os reservatórios devem atender tanto a ABNT (2007) de número 15527, quanto à ABNT (1994) de número 12217, que prevê a instalação de extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Para evitar arraste de materiais flutuantes, deve ser minimizado o turbilhonamento. E ainda, deve-se impedir a conexão cruzada da água potável da distribuição pública com a água de chuva.

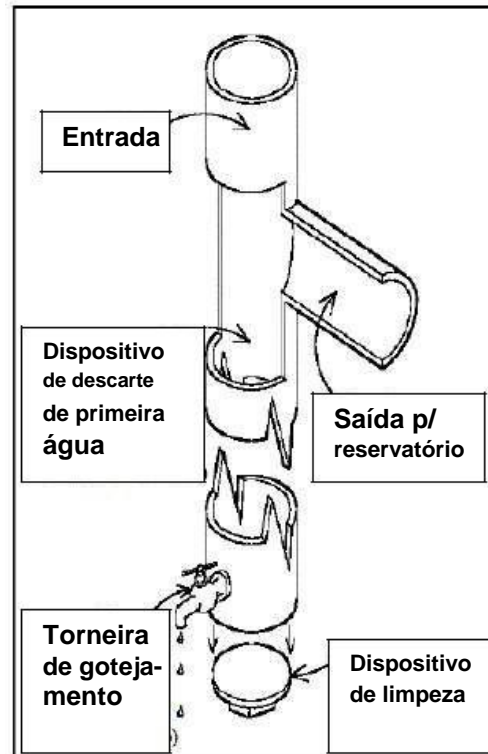
O reservatório da água da chuva não deverá ser junto com o de água potável, para que não haja contaminação, e para isso, faz-se necessário também, que a torneira que provir do aproveitamento de água da chuva, seja devidamente identificada como água não potável.

Tomaz (2005) traz algumas recomendações, onde o extravasor deverá ter ao menos 200 mm de comprimento e o tubo da descarga ter ao menos 100 mm de comprimento. Recomenda-se também que as bombas, caso existam, estejam 100 mm abaixo da superfície da água.

2.2.4 Dispositivos de descarte de primeira água (First Flush)

O dispositivo de descarte de primeira água, também chamado de First Flush, é destinado a fazer a filtragem do sistema, para evitar obstrução do sistema ou contaminação, porém ainda é necessário um dispositivo que descarte a água inicial, a qual contem impurezas menores devido ao acúmulo de sujeira no telhado no período sem chuva. A ABNT (2007), na NBR 15527 recomenda ainda que o dispositivo de descarte de primeira água de chuva seja automático. Segundo Flesch (2011) um dispositivo simples e funcional pode ser produzido com um cano de PVC na vertical, apresentado na figura 6. O escoamento do telhado é direcionado pela tubulação e enche o cano de PVC com a primeira água. Quando cheio, a água posterior passa a escoar para o reservatório de armazenagem. O descarte dessa água inicial pode ser feito por uma torneira ou orifício. A ABNT (2007), pela norma NBR 15527 sugere um descarte inicial de 2 mm quando não se dispõe de pesquisas.

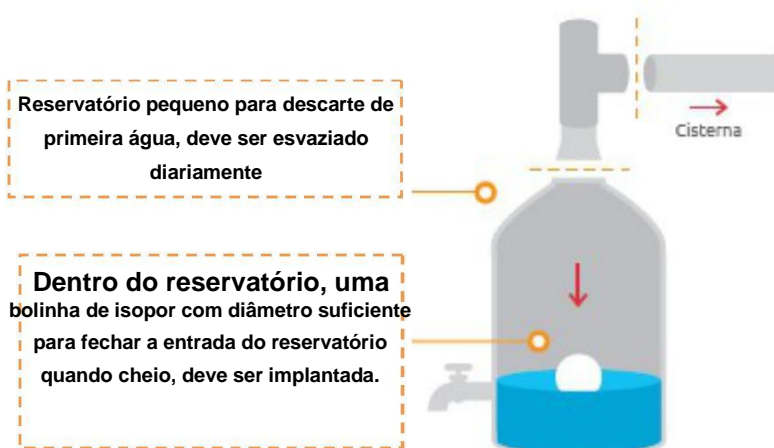
Figura 6 - Dispositivo sugerido por Flesch



(fonte: FLESCHE, 2011)

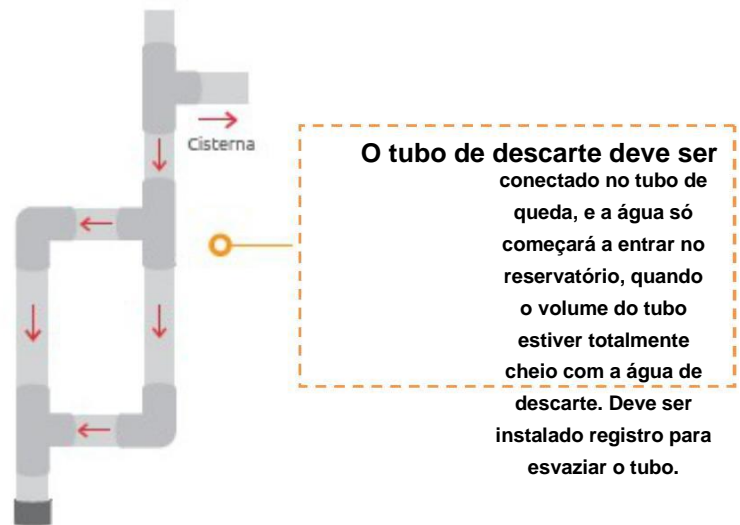
As figuras 7 e 8, são exemplos de dispositivos para descarte de primeira água da chuva, com dois sistemas diferentes, porém com a mesma finalidade.

Figura 7 - Exemplo 01 de dispositivo



(fonte: adaptado de ZANELLA, 2015)

Figura 8 - Exemplo 02 de dispositivo



(fonte: adaptado de ZANELLA, 2015)

2.3 CÁLCULO DE DEMANDA DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO

Tomas (2011) apresenta os parâmetros para estimativa de demanda residencial de água usados no Estados Unidos nos quadros 1 e 2. Destaca-se que no Brasil, para este tipo de informação, não existem pesquisas.

**Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em
Guarapuava - PR**

Quadro 1 - Parâmetros de Engenharia para demanda de água de consumo interno

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na Bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/Banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

(fonte: TOMAZ, 2011)

Quadro 2 - Parâmetros de engenharia para demanda de água de consumo externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim 1/2"x20m	Litro/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

(fonte: TOMAZ, 2011)

Tomaz (2011) também sugere que a taxa de limpeza de pátios comuns usualmente é de 2 litros/m² por dia, e a frequência é de 1 ou 2 vezes na semana ou ainda 1 vez cada 15 dias.

2.4 MÉTODOS PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Serão apresentados os métodos de dimensionamento de reservatório de água da chuva, os mesmos são apresentados pela ABNT, normatizados pela NBR 15527 de 2007, e a utilização de cada um depende do objetivo do trabalho.

Faz-se necessário definir o cálculo do volume de água de chuva aproveitável (L), conforme equação 1.

$$L = \dots \dots \dots \text{çã} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P é a precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A é a área de coleta (m²);

η fator de captação é a eficiência do sistema, considerando o dispositivo de descarte de sólidos

C_s é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, ou runoff, que é a relação entre o volume total de escoamento superficial e o total precipitado;

Segundo Tomaz (2011) pode-se considerar os coeficientes de escoamento superficial de acordo com o quadro 3.

Quadro 3 - Coeficientes de Runoff médios

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

(fonte: TOMAZ, 2011)

2.4.1 Método de Rippl

Neste método podem-se utilizar os dados pluviométricos históricos mensais ou diários. Segundo Amorim e Pereira (2008), o método de Rippl é um método eficiente, que leva em conta o fator econômico, porém geralmente é superdimensionado. O volume pode ser calculado conforme equação 2.

$$V(t) = V_0 - D(t) + C(t) \quad \text{Equação 2}$$

Onde $V(t)$ é o volume de água no reservatório em um tempo t , $D(t)$ é a demanda ou consumo nesse instante e $C(t)$ é o volume de chuva aproveitável, e é dado pela equação 3:

$$V(t) = \sum_{i=1}^n C_s \cdot h_i(t) \cdot A_i \quad \text{Equação 3}$$

C_s é o coeficiente de escoamento superficial. Por fim, o volume do reservatório se dará pela somatória dos volumes de água nos instantes t (equação 4):

$$V(t) = \sum_{i=1}^n V_i(t) > 0 \quad \text{Equação 4}$$

A somatória do consumo no tempo t ($\sum_{i=1}^n D_i(t)$) deve ser estritamente menor que a somatória do volume de chuva aproveitável ($\sum_{i=1}^n Q_i(t)$).

2.4.2 Método da Simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Segundo Amorim e Pereira (2008) o método de Análise de Simulação, dá a oportunidade de gerar várias possibilidades de volumes de reservatórios e suas eficiências. A equação 5 aplica-se com dados de um determinado mês a um reservatório finito:

$$S(t) = S(t-1) - D(t) + Q(t) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado.

O volume de chuva é dado por:

$$S(t) = \frac{C_s \cdot h \cdot A \cdot \left(\frac{C_s \cdot h \cdot A}{V} \right)^t}{1 + \left(\frac{C_s \cdot h \cdot A}{V} \right)^t} \quad \text{Equação 6}$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$ e C_s é o coeficiente de escoamento superficial.

NOTA: Deve ser considerada a hipótese que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, e também considerar que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

2.4.3 Método Azevedo Neto

Esse é um método empírico que dimensiona o reservatório considerando o volume que é captado e o período de estiagem mensal, sem levar em conta a demanda (COHIM et al., 2008). O volume de chuva é obtido pela equação 7:

$$V = 0,042 \cdot P \cdot T \cdot A \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

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

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

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

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório, expresso em litros (L).

2.4.4 Método Prático Alemão

Este método é empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume de consumo ou 6% do volume de precipitação aproveitável (equação 8). Segundo Amorim e Pereira (2008), o método Prático Alemão reduz custo de implantação, porque diminui o volume do reservatório e tem maior facilidade de aplicação.

$$= \dot{V} (;) \cdot 0,06 \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

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

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

Vadotado é o valor numérico do volume de água no reservatório, expresso em litros (L).

2.4.5 Método Prático Inglês

Segundo Amorim e Pereira (2008), método prático Inglês é indicado para regiões que exigem maior volume de água reservada, devido à escassez de água em determinados períodos. O volume de chuva é obtido pela equação 9:

$$= 0,05 \cdot \quad \cdot \quad \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

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

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

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

2.4.6 Método Prático Australiano

Segundo Amorim e Pereira (2008), o método Prático Australiano, assim como o alemão, reduz custos de implantação, recomendado para regiões de alto índice pluviométrico. O volume de chuva é obtido pela equação 10:

$$= \cdot \cdot (-) \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

C_s é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80; **P** é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$= + - \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês **t**;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês **t**;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês **t**; **D_t** é a demanda mensal;

No primeiro mês, o reservatório deve ser considerado vazio. Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ então $V_t = 0$. O volume do tanque escolhido será denominado **T**.

Posteriormente, precisa-se fazer o cálculo da confiança, que deve estar entre 90% e 99%, de acordo com a equação 12:

$$= / \quad \text{Equação 12}$$

Onde

Pr é a falha;

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12;

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água proveniente da chuva pode variar, segundo Tomaz (2011), de acordo com a sua localização, tipo de chuva, presença de vegetação, presença de carga poluidora, proximidade ao oceano, centros urbanos e regiões com grande emissão de poluentes. A água que escorre pelo telhado pode vir com muitos contaminantes, tanto pelo material das telhas quanto pelas sujeiras que podem conter. Alguns exemplos de contaminação: fezes de animais, animais mortos, folhas, amianto nas telhas, tintas, entre outros. Fossas sépticas também devem ser mantidas longes das cisternas de água da chuva para evitar contaminação.

Tomaz (2005) afirma que a chuva poderá levar materiais pesados que estão no ar os quais formarão uma camada de lama no fundo do reservatório. “Os microrganismos que vieram do telhado e dos encanamentos, se desenvolverão no reservatório, colocando em perigo aqueles que usarem a água de chuva para fins potáveis, podendo causar diarreias”. Caso suspeite-se de contaminação, uma solução simples pode ser feita, com o uso de água sanitária, a chamada cloração. Zanella (2015) recomenda a utilização de 10 ml de água sanitária para cada 100 litros de água do reservatório.

Para lavagem de roupa e piscina, Tomaz (2011) recomenda a utilização de um filtro lento de areia ou por um filtro de piscina, devido à água pluvial ter a possibilidade de conter o protozoário *Cryptosporidium*.

2.5.1 Processos para tratamento de água

Apesar da utilização para fins não potáveis, a água captada pode vir com uma série de resíduos, havendo a necessidade de passar por processos para remoção dos mesmos, e também para evitar a contaminação dos usuários que entrem em contato com a mesma.

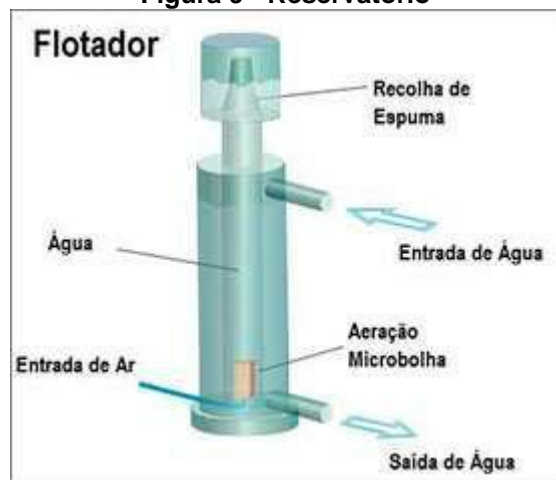
Uma estação de tratamento de água passa por vários processos, sendo eles: coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração, desinfecção, e neutralização, e são definidos segundo a Companhia do Espírito Santanense de Saneamento – CESAN (2013):

A coagulação é um produto químico que entra em contato com a água, e seu objetivo é aglomerar as partículas dos resíduos presentes, formando flocos.

Já a floculação é um processo auxiliar, o qual tem função de aumentar o tamanho desses flocos, para ganharem peso.

A decantação ocorre em um próximo tanque, posterior a coagulação e floculação, onde os flocos pesados sedimentam para o fundo do tanque, para posterior remoção; ou ainda é utilizado a flotação, onde os flocos flutuam para cima do tanque devido a adição de microbolhas de ar, para posterior remoção, conforme figura 9.

Figura 9 - Reservatório



(fonte: NaturalTec, 2018)

A filtração ocorre devido ao tanque ter camada de pedras, areias e carvão antracito, onde os resíduos não removidos serão retirados.

Posteriormente é feita a desinfecção, onde remove os microrganismos patogênicos que podem estar presentes na água.

Por fim, é corrigido o pH (potencial hidrogeniônico) da água para evitar problemas nas tubulações.

2.6 MANUTENÇÃO

A ABNT (2007), por meio da NBR 15527, apresenta diversas recomendações para a conservação e bom uso do sistema:

“Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano. [...]”

O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático. [...]

A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.”

A proteção da luz solar e calor evita, ainda, o crescimento de algas e outros microrganismos. Nos dispositivos extravasores (ladrão) devem existir grades para evitar que animais pequenos, como passarinhos, entrem no reservatório.

No quadro 4, são apresentados os componentes do sistema e a frequência com que as manutenções devem ser feitas.

Quadro 4 - 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: ABNT pela norma NBR 15527, 2007)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho delimita-se à análise de três sistemas de aproveitamento de água da chuva localizados na cidade de Guarapuava, centro sul paranaense. Dois sistemas estão instalados em residências unifamiliares e o terceiro sistema está instalado em um empreendimento com lavagem de ônibus.

O estudo de caso (A) é uma edificação mista de médio padrão, com 176 m² de área construída, onde habitam duas pessoas. O sistema foi implantado no ano de 2008 e faz a captação em uma área pequena de 12,5 m².

A segunda edificação, estudo de caso (B), é de alto padrão, possui 280 m² de área construída onde habitam 3 pessoas. O sistema foi implantado há 8 anos, pelo próprio dono da edificação.

O estudo de caso (C) está instalado em uma empresa de ônibus de Guarapuava, cujo nome é sigiloso, com uma área de captação de 6715 m², sendo área de captação, o telhado e o pátio de calçamento.

3.1 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO

O volume do reservatório foi calculado de acordo com o método Prático Alemão e pelo método do programa computacional Netuno. O método Prático Alemão foi adotado devido a facilidade e praticidade do mesmo, e segundo Amorim e Pereira (2008) resulta em um volume menor, o que gera redução de custo de implantação do reservatório, já que é para cidades com altas precipitações, porém o método não faz o balanço de massas. De Heberon, Marcório e Ribeiro (2009), também sugerem para regiões de alto índice pluviométrico, que é o caso de Guarapuava, métodos mais conservadores, como o Prático Alemão, que não resulta em valores de reservatórios superdimensionados.

3.1.1 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial (Cs) foi adotado de acordo com o tipo de material utilizado na área de captação, de acordo com o quadro 3 apresentado por Tomaz (2011). Nos três estudos de casos, na captação de água de chuva pelo telhado, foi utilizado telha de fibrocimento com Cs = 0,80. No estudo de caso C, soma-se ao telhado, a captação por

calçamento permeável. Carvalho e Teixeira (2012) apresenta um intervalo entre 0,75 a 0,85 para o coeficiente de escoamento superficial para as calçadas. Portanto, adotou-se $C_s = 0,80$ para os três estudos de casos.

3.1.2 η_{fator} de captação

O fator η_{fator} é a eficiência do sistema, considerando o dispositivo de descarte de sólidos (peneiras, telas e o First Flush). Por se tratar de uma primeira avaliação dos sistemas, e não existem dados de eficiência ou por não existir dispositivo de descarte de sólidos, Tomaz (2007) sugere um valor prático de $C \times \eta_{\text{fator}} = 0,80$, portanto como C foi adotado 0,80 então $\eta_{\text{fator}} = 1,0$.

3.1.3 Programa Computacional: Netuno

O Netuno é um programa utilizado para a simulação de sistemas de captação de água da chuva. Este recurso foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e permite realizar a modelagem do sistema de captação de águas pluviais que resulta na relação de capacidade do reservatório com potencial de economia de água potável.

As variáveis de entrada do programa são a precipitação (mm), em planilha do formato “.csv”, data de início dos dados de precipitações, descarte inicial de água (mm), área de captação (m^2), demanda total de água (litros per capita/dia), nº de moradores, percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial, coeficiente de escoamento superficial, e dados referentes aos reservatórios já implantados.

Esse método também permitirá analisar vários volumes e suas eficiências em cada caso, conseguindo analisar o volume ideal entre todas as possibilidades, e comparado com o volume ideal dado pelo método Prático Alemão. O programa também permite calcular a economia para o sistema simulado, com os dados de entrada das taxas cobradas pela empresa de saneamento.

O Labeee (2014) traz, no manual do programa Netuno, o cálculo do volume de água pluvial que escoar pela superfície de captação, em um dado dia, obtido pela equação 13:

$$= \dots \quad \text{Equação 13}$$

Onde

P_i é a precipitação pluviométrica no dia i ,

em mm; A é a área de captação, em m^2 ;

C_s é o coeficiente de escoamento superficial;

O volume disponível no reservatório após a captação de água pluvial, e antes do consumo, é obtido pela equação 14:

$$= \dots + \dots \quad \text{Equação 14}$$

Onde

V_e é o volume de água que escoo pela superfície de captação em um dado dia i , em litros;

V é o volume do reservatório, em litros;

V_f é o volume disponível no reservatório no final do dia anterior, em litros;

V_c é o volume de água que escoo pela superfície de captação em um dado dia i , em litros.

A equação 15 é o volume de água pluvial consumido em um dia:

$$= \dots \quad \text{Equação 15}$$

Onde

V_c é o volume de água pluvial consumido no dia i , em litros;

D é a demanda de água pluvial no dia *i*, em litros;

V é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros;

Após o consumo, o volume disponível no reservatório é dado pela equação 16:

$$V_i = V - D_i \quad \text{Equação 16}$$

Onde

V é o volume de água pluvial disponível no reservatório no fim do dia, em litros;

V é o volume do reservatório, em litros;

V é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros; **V** é o volume de água consumido no dia *i*, em litros.

3.2 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

Para calcular a precipitação média diária da cidade de Guarapuava, foi utilizada a estação meteorológica do IAPAR (Instituto de Águas do Paraná), de código 2551000 localizada no bairro Industrial na cidade de Guarapuava, com latitude S 25° 21' 0.00" e longitude W 51° 29' 0.00", a mesma estação que contém dados no site da Agência Nacional das Águas, no portal Hidroweb. Essa estação apresenta uma série histórica de chuvas mensais de 1953 a 2017, no entanto, utilizou-se apenas o período de 01/01/2007 a 30/12/2017 para a criação da planilha.

No site do Instituto de Águas do Paraná, essa mesma estação consegue fornecer dados de precipitações diárias, necessárias para dar entrada no programa Netuno. No período analisado, a precipitação média mensal foi de 159,15 mm.

3.3 ESTIMATIVA DE CUSTOS E ECONOMIA

Os casos estudados, não possuem nenhum orçamento arquivado, sendo assim, estimou-se o custo da implantação dos sistemas, de acordo com o recomendado por Tomaz (2011), e de acordo com a equação 17. O mesmo autor ainda afirma que alguns custos indiretos ou

imprevistos devem ser acrescidos de 30% no custo, e a manutenção e operação anual é em torno de 6% do custo do projeto:

$$C_{\text{ã}} = 336 \cdot V$$

Equação 17

Onde V é o volume do reservatório em m^3 e o Custo de Implantação é dado em reais.

Além de ser uma alternativa sustentável, a implantação do sistema traz economia ao longo dos anos. Para estimar a economia na taxa de água, multiplica-se o valor do metro cúbico, fornecido pela Sanepar, empresa a qual atende a cidade de Guarapuava, pelo volume captado. Obtendo assim o valor de economia. A Sanepar, conforme o quadro 5, oferece os valores por metro cúbico de tarifas no Paraná. O quadro traz os valores para contratação só de água para todas as localidades, e também traz valores só de esgoto, ou com água e esgoto juntos, tanto para Curitiba quanto para as demais localidades do Paraná.

Quadro 5 - Tabela de tarifas Sanepar

TARIFA NORMAL [R\$/m ³]							
ÁGUA Todas as Localidades Operadas		Até 5m ³	6 a 10 m ³	11 a 15 m ³	16 a 20 m ³	21 a 30 m ³	> 30 m ³
			34,58	1,07	5,96	5,99	6,04
Curitiba	ESGOTO - 85%	29,39	0,9	5,07	5,09	5,13	8,69
	ÁGUA E ESGOTO	63,97	1,98	11,03	11,08	11,17	18,91
Demais Localidades	ESGOTO - 80%	27,66	0,86	4,77	4,79	4,79	8,18
	ÁGUA E ESGOTO	62,24	1,93	10,73	10,78	10,78	18,40

(fonte: AGEPAR, 2018)

Para calcular o retorno do investimento, Pereira (2017) sugere dividir o valor investido pela economia anual com a implantação do sistema. Ainda afirma que “a economia gerada é significativa, e que consegue retornar em pouco tempo o valor investido na implantação do sistema.”

3.4 ESTUDO DE CASO A

Este sistema está instalado em uma residência mista, de médio padrão, há aproximadamente 10 anos. A água de coleta é destinada apenas à rega de jardim e à lavagem de calçadas. A residência possui 170 m² de área construída e uma área de captação de 12,5 m². O sistema possui os seguintes componentes:

Um reservatório de 1000L, figura 10;

Extravasador que direciona o fluxo para outro telhado, figura 11;

Torneira de jardim abastecida exclusivamente pelo reservatório de água da chuva, figura 12;

Dispositivo para esvaziamento do reservatório, figura 13; Área de captação com telha de fibrocimento;

Calhas, condutores horizontais e verticais;

Figura 10 - Reservatório



(fonte: autor, 2018)

Figura 11 – Extravasor que direciona o excesso à outro telhado



(fonte: autor, 2018)

Figura 12 – Torneira com falta de indicação de não potabilidade



(fonte: autor, 2018)

Figura 13 - Dispositivo para o esvaziamento de reservatório



(fonte: autor, 2018)

3.5 ESTUDO DE CASO B

Esse sistema está instalado em uma residência de alto padrão, com 280 m² de área construída. A captação de água da chuva é realizada pela área do telhado do salão de festas, com cerca de 58,85 m² de área de captação. O sistema possui os seguintes componentes:

Quatro reservatórios enterrados de 1000L, conforme

figura 14; Condutores horizontais e verticais, figura 15;

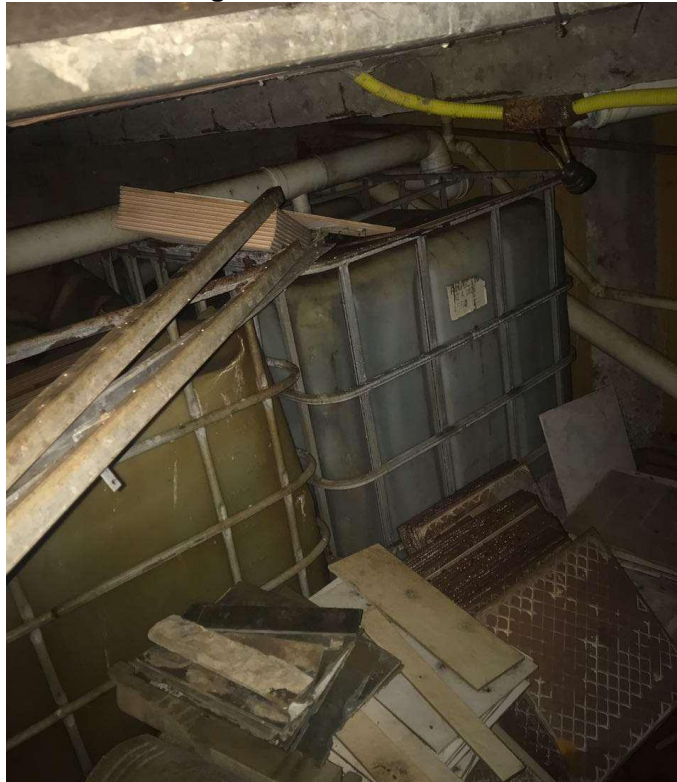
Uma bomba com capacidade de 60 Hz, com 3400 rpm e potência de 1/3 cv, apresentada na figura 16;

Duas torneiras de jardim abastecidas exclusivamente pelo reservatório de água da chuva para uso final, conforme figuras 16 e 17.

Área de captação (58,85 m²) com telha de cimento;

Calhas, condutores horizontais e verticais;

Figura 14 - Reservatórios



(fonte: autor, 2018)

Figura 15 – Condutores horizontais e verticais



(fonte: autor, 2018)

Figura 16 - Bomba



(fonte: autor, 2018)

Figura 17 - Ponto de saída 01, com falta de indicação de não potabilidade



(fonte: autor, 2018)

Figura 18 - Ponto de saída 02, com falta de indicação de não potabilidade



(fonte: autor, 2018)

A água do reservatório é utilizada para limpeza das calçadas do salão de festa e, eventualmente, utiliza-se para preencher o volume de água da piscina, de 20.000 L.

3.6 ESTUDO DE CASO C

O terceiro sistema está instalado em uma garagem de ônibus, de uma empresa de transporte da região de Guarapuava, e é utilizada para a lavagem dos veículos. A captação da água de chuva é realizada tanto pelo telhado (1.275 m²), quanto pelo calçamento do pátio (5.440 m²). Também há captação no lençol freático por meio de um poço de 20 m de profundidade e 3 m de diâmetro. Nesse caso, há tratamento da água, sendo reutilizada duas vezes para posterior descarte. O tratamento consiste nas seguintes etapas: decantação, flotação, floculação, redução de pH e desinfecção com cloro. Primeiramente, a água chega no primeiro tanque enterrado e passa por um processo de decantação de três níveis, e recebe o agente químico redutor de pH. A segunda etapa ocorre no tanque dois, elevado, onde ocorre o processo de flotação, e adição do floculante poli cloreto de alumínio. A última etapa do tratamento de água ocorre no tanque três. Nesse estágio insere-se o hipoclorito de sódio, popularmente denominado de água sanitária. Findado o processo de tratamento, a água é armazenada em

três reservatórios de 2.000 L e enviada para a máquina de limpeza dos ônibus. Os tanques são apresentados na figura 19:

Figura 19 – Tanques para processos de tratamento de água



(fonte: autor, 2018)

Na figura 20, foram identificados visualmente os pontos estudados dentro do empreendimento do estudo de caso C.

Figura 20 – Tanques para processos de tratamento de água



(fonte: adaptado de Google Maps, 2018)

Compõem o sistema:

- Tratamento de água e depósito de resíduos, figuras 19, 21 e 22;
- Máquina para limpeza automatizada dos ônibus, figura 23;
- Três reservatórios de 2.000 L para depósito de água tratada, figura 24;
- Poço de captação do lençol freático, figuras 25 e 26;

Três cisternas enterradas de 20 m³ cada, figuras 27, 28 e 29; Área de captação do telhado com telha de zinco; Área de captação de calçamento;

Conjuntos motobombas;

Calhas, condutores horizontais e verticais;

Figura 21 – Depósito dos resíduos retirados no processo de flotação



(fonte: autor, 2018)

Figura 22 – Aplicação do redutor de pH



(fonte: autor, 2018)

Figura 23 – Máquina para limpeza dos ônibus



(fonte: autor, 2018)

Figura 24 – Reservatórios de água tratada para posterior envio para a lavagem



(fonte: autor, 2018)

Figura 25 – Poço de captação de água do lençol freático (interior)



(fonte: autor, 2018)

Figura 26 – Poço de captação de água do lençol freático (exterior)



(fonte: autor, 2018)

Figura 27 – Cisterna 1



(fonte: autor, 2018)

Figura 28 – Cisterna 2



(fonte: autor, 2018)

Figura 29 – Cisterna 3



(fonte: autor, 2018)

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

4.1 ESTUDO DE CASO A

4.1.1 Cálculo da Demanda

A demanda do estudo de caso A foi definida com base em entrevista com os moradores, e também com base no quadro dois, referente à utilização para rega de jardins. Realiza-se a rega de um jardim de aproximadamente 25 m², e Tomaz (2011) estima um gasto de 2 L/m²/dia, totalizando 1.500 L mensais para este fim. Há também a utilização para lavagem de calçadas, onde a água retirada do reservatório é disposta em baldes de 20 L. São utilizados 4 baldes por semanas, portanto considerando 4 semanas no mês, totalizou-se mais 320 litros de água. Resultando assim, em uma demanda mensal de 1.820 litros.

4.1.2 Estimativa de Economia

No quadro 6 são apresentadas as estimativas de economia com a utilização do sistema, comparadas com o valor que seria gasto, caso fosse utilizado a água potável fornecida pela rede de abastecimento. Verifica-se uma economia estimada em R\$ 1.360,00 por ano. Já acrescido o custo de manutenção anual.

Quadro 6 – Estimativas de custos e economia do estudo de caso A

ECONOMIA:	113,28 R\$/mês
	1359,32 R\$/ano
CUSTO IMPLANTAÇÃO*	R\$ 436,80
CUSTO MANUTENÇÃO	R\$ 26,21 /ano

*(fonte: Tomaz, 2011)

(fonte: autor, 2018)

Em relação aos custos, apesar de serem estimados, possivelmente com a economia gerada em quatro meses, o custo de implantação do sistema já estaria pago.

4.1.3 Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão

No quadro 7, estão resumidas as informações utilizadas. Vale destacar que a precipitação utilizada foi de 159,15 mm por mês, a área de coleta foi realizada com medição in loco (12,5 m²), coeficiente de escoamento superficial $C_s = 0,80$ e $\eta_{\text{fator}} = 1$.

Quadro 7 – Inserção de dados Estudo de caso A

PRECIPITAÇÃO MENSAL	159,15	mm	(L/m ²)
ÁREA DE COLETA	12,5	m ²	
COEF. DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	0,80		
η_{fator}	1,0		
DEMANDA MENSAL	1.820	L	
	Vaproveitável	1592	L
	Vsugerido	955	L
	Vimplantado	1000	L

(fonte: autor, 2018)

Portanto, existe um volume aproveitável (volume capaz de ser captado) de 1.592 litros, e o método Prático Alemão sugere a implantação de um reservatório de 955 litros, sendo que o implantado foi 1.000 litros.

Em relação ao cálculo do volume do reservatório, pode-se verificar que o volume implantado de 1.000 litros está coerente com o volume sugerido através do método Prático Alemão, também de 955 litros.

4.1.4 Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno

Os dados de demanda foram inseridos no programa como variáveis, para ser possível inserir o valor per capita mensal de 910 litros, devido aos 2 moradores residentes.

Todos os dados discutidos foram inseridos devidamente na interface do programa. Os resultados, quadro 8, mostram que o potencial de utilização de água pluvial é de 67,52%. A demanda é atendida totalmente em 65,76% dos dias do mês, 3,63% é atendida parcialmente e 30,61% dos dias haverá necessidade de consumir a água da rede pública.

Quadro 8 – Resultados obtidos

Mês	Potencial de utilização (%)	Volume consumido água pluvial (L)	Volume consumido água potável (L)	Volume Extravasado (L)	Atendimento Completo (%)	Atendimento Parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	68,49	40,90	18,59	28,75	67,16	3,52	29,33
Fevereiro	63,27	40,90	23,74	34,80	61,74	3,54	34,73
Março	53,34	31,37	27,44	12,81	51,32	4,11	44,57
Abril	72,53	43,92	16,64	36,60	70,30	3,94	25,76
Março	76,81	45,18	13,64	21,7	74,78	4,40	20,82
Junho	75,92	45,98	14,58	30,42	73,03	4,55	22,42
Julho	72,25	42,42	16,29	36,88	70,97	2,64	26,39
Agosto	73,91	43,46	15,34	28,81	73,01	2,45	24,54
Setembro	75,06	45,46	15,11	27,04	72,67	4,67	22,67
Outubro	68,47	40,27	18,54	26,48	66,45	3,23	30,32
Novembro	60,37	36,57	24,00	14,88	58,67	3,33	38,00
Dezembro	49,79	29,23	29,48	32,90	47,74	3,23	49,03
Média	67,52	40,40	19,43	27,62	65,76	3,63	30,61

(fonte: adaptado de Netuno, 2018)

A partir desses dados, observou-se que os meses de fevereiro, março, novembro e dezembro ficaram abaixo da média de potencial de utilização de água da chuva. Em novembro justifica-se por ser um mês com baixa precipitação pluviométrica. Os outros meses tem um bom índice, porém o resultado obtido justifica-se pelo intervalo de dias sem chuvas.

Em todos os meses houve extravasamento, isso se deu devido ao volume captado acrescido do que restava do dia anterior serem maiores do que a capacidade do reservatório.

O reservatório instalado tem 1.000 litros, utilizando o método Prático Alemão, o volume ideal seria 955 litros, portanto 95,50% do valor implantado. Já pelo método do programa Netuno, a implantação do atual reservatório implicaria em 30,61% dos dias sem água. No entanto, de acordo com os usuários do sistema, não são registrados dias de falta de água. Isso quer dizer que, embora o programa Netuno utilize o balanço de massas, ainda assim é conservador.

4.2 ESTUDO DE CASO B

4.2.1 Cálculo da demanda

A demanda do estudo de caso B foi definida com base em entrevista com os moradores, e também com base nos dados apresentados por Tomaz (2005), referente à utilização de água pluvial na limpeza de pátios. Realiza-se a limpeza de calçadas do salão de festa e da garagem de aproximadamente 194,85 m², e estima-se um gasto de 2 L/m²/dia para a frequência de 2 vezes por semana, totalizando 3.117,6 L mensais para este fim. Porém, também há a utilização para enchimento da piscina, então acrescentou-se mais 10% na demanda total. Resultando assim, em uma demanda mensal total de água pluvial de 3.429,36 litros.

4.2.2 Estimativa de Economia

No quadro 9, são apresentadas as estimativas de economia com a utilização do sistema, comparadas com o valor que seria gasto, caso fosse utilizado a água potável fornecida pela rede de abastecimento. Verifica-se uma economia estimada em R\$ 2.562,00 por ano. Já acrescido o custo de manutenção anual.

Quadro 9 – Economia e custos Estudo de caso B

ECONOMIA:	213,44 R\$/mês
CUSTO	2561,32 R\$/ano
IMPLANTAÇÃO*	R\$1.419,17
CUSTO MANUTENÇÃO	R\$ 85,15 /ano

*(fonte: Tomaz, 2011)

(fonte: autor, 2018)

Em relação aos custos do estudo de caso B, com a economia gerada, possivelmente em sete meses, o custo de implantação do sistema já estaria pago.

4.2.3 Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão

No quadro 10, estão resumidas as informações utilizadas. Vale destacar que a precipitação utilizada foi de 159,15 mm por mês, a área de coleta foi realizada com medição in loco (58,85 m²), coeficiente de escoamento superficial $C_s = 0,80$ e $\eta_{\text{fator}} = 1$.

Quadro 10 – Inserção de dados Estudo de caso B

Precipitação mensal	159,15	mm	(L/m ²)
Área de coleta	58,85	m ²	
Coef. de escoamento superficial	0,80		
Eficiência	1,0		
Demanda mensal	3.429,36	L	
$V_{\text{aproveitável}}$	7.493	L	
V_{sugerido}	2.058	L	
$V_{\text{instalado}}$	4.000	L	

(fonte: autor, 2018)

Portanto, existe um volume aproveitável (volume capaz de ser captado) de água de chuva de 7.493 litros, e o método Prático Alemão sugere a implantação de um reservatório de 2058 litros, sendo que o implantado foi de 4.000 litros.

Em relação ao cálculo do volume do reservatório, pode-se verificar que o volume implantado (4.000 L) está abaixo do volume sugerido através do método Prático Alemão (2.058 litros), então um reservatório menor já atenderia.

4.2.4 Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno

Os dados de demanda foram inseridos no programa como variáveis, para ser possível inserir o valor de 1.143,12 litros per capita mensal, com 3 moradores residentes.

Todos os dados discutidos foram inseridos devidamente na interface do programa. Os resultados do quadro 11, permitem concluir que o potencial de utilização de água pluvial é de 88,82%. A demanda é atendida totalmente em 88,56% dos dias do mês, 0,52% é atendida parcialmente e 10,93% dos dias haverá necessidade de consumir a água da rede pública.

Quadro 11 – Resultados obtidos

Mês	Potencial de utilização (%)	Volume consumido água pluvial (L)	Volume consumido água potável (L)	Volume Extravasado (L)	Atendimento Completo (%)	Atendimento Parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	78,83	87,61	23,53	218,08	78,89	0,00	21,11
Fevereiro	87,07	106,05	15,73	226,36	86,82	0,32	12,86
Março	86,52	95,88	14,93	124,91	86,22	0,59	13,20
Abril	96,75	110,39	3,71	267,76	96,06	0,91	3,03
Março	96,78	107,24	3,57	172,69	96,77	0,00	3,23
Junho	92,75	105,83	8,27	253,30	92,42	0,61	6,97
Julho	85,83	94,94	15,67	264,69	85,63	0,29	14,08
Agosto	92,98	103,01	7,77	199,53	92,94	0,31	6,75
Setembro	92,62	105,70	8,42	233,66	9,33	0,67	7,00
Outubro	92,95	102,98	7,81	186,09	92,26	0,97	6,77
Novembro	87,85	100,25	13,87	136,56	87,67	0,33	12,00
Dezembro	74,94	82,89	27,72	213,85	74,52	1,29	24,19
Média	88,82	100,12	12,6	207,81	88,56	0,52	10,93

(fonte: adaptado de Netuno, 2018)

A partir desses dados, observou-se que houve mais períodos que ficaram abaixo da média de potencial de utilização de água da chuva, sendo os meses de janeiro, fevereiro, março, julho, novembro e dezembro. Em julho e novembro justifica-se devido a serem meses com menor precipitação pluviométrica, já os outros meses tem um índice, principalmente janeiro, porém o resultado obtido pode-se justificar devido ao intervalo de dias sem chuva. Em todos os meses houve extravasamento, isso se dá devido ao volume total ser maior do que a capacidade do reservatório, sendo que o volume total é o volume captado mais o que restava do dia anterior. Isso ainda apoia a teoria de que o volume do reservatório é grande para a demanda da residência.

O reservatório instalado tem 4.000 litros, utilizando o método Prático Alemão, o volume ideal seria 2.058 litros, portanto 51,45% do valor implantado. Já pelo método do programa Netuno,

a implantação do atual reservatório implicaria em 10,93% dos dias sem água. No entanto, de acordo com os usuários do sistema, não são registrados dias de falta de água. Isso quer dizer que, embora o programa Netuno utilize o balanço de massas, ainda assim é conservador.

4.3 ESTUDO DE CASO C

4.3.1 Cálculo da Demanda

A demanda do estudo de caso C foi definida com base em dados fornecidos pela empresa. Segundo o gerente da manutenção, são lavados cerca de 422 ônibus por semana, de segunda a sexta são 70 ônibus por dia, 47 no sábado e 25 no domingo. Utilizam-se 20 m³ para dias com tempo sem chuva, e cerca de 25 m³ para dias com chuva, onde a frota suja mais. A fim de cálculo, foi considerado um volume diário de 25 m³. Partindo deste critério, estimou-se 175 m³ por semana, resultando em uma média de 414,7 litros por lavagem de ônibus. Foram consideradas 4 semanas por mês, totalizando 1.688 ônibus mensais, resultando em 233.333 litros mensais. Como a água é reutilizada duas vezes, então a demanda reduz em 3 vezes, totalizando 77.778 litros mensais de demanda.

4.3.2 Estimativa de Economia

No quadro 12, são apresentadas as estimativas de economia com a utilização do sistema, comparadas com o valor que seria gasto caso fosse utilizado a água potável fornecida pela rede de abastecimento. Verifica-se uma economia estimada em R\$ 17.173,33 por ano. Já acrescido o custo de manutenção anual.

Quadro 12 – Economia e custos Estudo de caso C

ECONOMIA:	1431,11 R\$/mês
CUSTO	17173,33 R\$/ano
IMPLANTAÇÃO*	R\$14.181,14
CUSTO	
MANUTENÇÃO	R\$850,87 /ano

*(fonte: Tomaz, 2011)

(fonte: autor, 2018)

Em relação aos custos, com a economia gerada, possivelmente em dez meses, o custo de implantação do sistema já estaria pago. Ao utilizar-se da água captada em vez da água potável, em um período de 12 meses, a economia seria de aproximadamente R\$ 13.248,00.

4.3.3 Verificação do volume do reservatório pelo método Prático Alemão

No quadro 13, estão resumidas as informações utilizadas. Vale destacar que a precipitação utilizada foi de 159,15 mm por mês, a área de coleta foi realizada com medição in loco (6.751,56 m²), coeficiente de escoamento superficial $C_s = 0,80$ e $\eta_{\text{fator}} = 1$.

Quadro 13 – Inserção de dados Estudo de caso C

Precipitação mensal	159,15	mm	(L/m ²)
Área de coleta	6.715,56	m ²	
Coef. de escoamento superficial	0,80		
Eficiência	0,9		
Demanda mensal	77.778	L	
$V_{\text{aproveitável}}$	855.025	L	
V_{sugerido}	46.667	L	
$V_{\text{instalado}}$	60.000	L	

(fonte: autor, 2018)

Portanto, existe um volume aproveitável de água de chuva de 855.025 litros. O método Prático Alemão sugere a implantação de um reservatório de 46.667 litros, sendo que o implantado foi de 60.000 litros.

Em relação ao cálculo do volume do reservatório, pode-se verificar que o volume implantado é maior que o calculado pelo método Prático Alemão. Vale destacar que está coerente, pois existe ainda a captação de água pelo lençol freático de um poço de 56 m³ que equivale a 6% do volume total aproveitável de água pluvial. Somando 6% aos 46.667 litros, obteve-se 49.751 litros, que é relativamente próximo ao que já está implantado.

4.3.4 Verificação do volume do reservatório pelo programa Netuno

Os dados de demanda foram inseridos no programa como fixo mensal de 77.778 litros, visando adequar o software à situação. O número de moradores foi considerado 1 porque não existem moradores e a demanda já está considerando a quantidade de ônibus, que são as variáveis nesse estudo de caso. A existência da captação do lençol freático auxilia no abastecimento das cisternas e deve ser descontada. Portanto, o poço representa 6,61% do volume total aproveitável de água da chuva, então como entrada no programa Netuno, será considerado apenas 90% o percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial, porque não é possível inserir 93,39% ao programa.

Todos os dados discutidos foram inseridos devidamente na interface do programa. Os resultados do quadro 14, permitem concluir que o potencial de utilização de água pluvial é de 78,90%. A demanda é atendida totalmente em 87,37% dos dias do mês, 0,39% é atendida parcialmente e 12,24% dos dias haverá necessidade de consumir a água da rede pública.

Quadro 14 – Resultado obtido

Mês	Potencial de utilização (%)	Volume consumido água pluvial (L)	Volume consumido água potável (L)	Volume Extravasado (L)	Atendimento Completo (%)	Atendimento Parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	70,95	1788,39	732,40	27645,27	78,89	0,00	21,11
Fevereiro	77,36	2136,97	625,25	28990,23	85,53	0,64	13,83
Março	74,19	1864,73	648,65	20337,02	82,40	0,00	17,60
Abril	89,11	2306,23	281,81	34063,36	98,79	0,30	0,91
Março	87,07	2188,41	324,97	23759,88	96,19	0,88	2,93
Junho	78,53	2032,30	55,74	31920,28	86,97	0,30	12,73
Julho	74,72	1874,69	634,27	34509,18	82,99	0,29	16,72
Agosto	81,04	2036,45	476,36	26093,38	89,88	0,31	9,82
Setembro	85,45	2211,82	376,59	21140,56	94,33	0,67	5,00
Outubro	86,62	2176,77	336,25	25625,96	96,13	0,32	3,55
Novembro	77,00	1993,19	595,22	18407,03	85,00	0,67	14,33
Dezembro	64,73	1624,15	884,82	28903,86	71,61	0,32	28,06
Média	78,90	2017,27	539,61	27591,16	87,37	0,39	12,24

(fonte: adaptado de Netuno, 2018)

Da análise dos resultados, observou-se que houve períodos que ficaram abaixo da média de potencial de utilização de água da chuva, sendo os meses de janeiro, fevereiro, março, junho julho, novembro e dezembro. Em julho e novembro justifica-se devido a serem meses com menor precipitação pluviométrica. Já os outros meses tem um índice maior, principalmente junho e janeiro, porém o resultado obtido pode-se justificar devido ao intervalo de dias que ficaram sem chuvas. Em todos os meses houve extravasamento, isso se deu devido ao volume total ser maior do que a capacidade do reservatório, sendo que é o volume total o volume captado mais o que restava do dia anterior.

O reservatório instalado tem 60 m³. Utilizando o método Prático Alemão, o volume ideal seria 49,571 m³, portanto 82,92% do valor implantado. Já pelo método do programa Netuno, a implantação do atual reservatório implicaria em 12,24% dos dias sem água. No entanto, de

acordo com o gerente da manutenção da empresa, não são registrados dias de falta de água. Isso quer dizer que, embora o programa Netuno utilize o balanço de massas, ainda assim é conservador.

4.4 MELHORIAS SUGERIDAS

4.4.1 Estudo de caso A

O sistema não possui nenhum dispositivo de retirada de resíduos, e o telhado fica ao lado de árvores, as quais depositam muita sujeira, galhos e folhas, conforme figura 30. Esses resíduos podem ir para o reservatório ou até entupir os tubos de passagem da água pluvial. Para isso, faz-se necessária a implantação de uma tela ou grelha no tubo de queda para reter as partículas maiores, e também é importante instalar um dispositivo de descarte da primeira água de chuva.

Figura 30 – Área de captação e reservatório



(fonte: autor, 2018)

Nos pontos de saída, existe a obrigatoriedade de identificação como água não potável, e isso não existe, portanto deve ser inserida a placa de identificação.

E por fim, a manutenção do reservatório deve ser realizada com maior frequência, como mencionado no quadro 4, que sugere limpeza e desinfecção anual, e que não é realizada anualmente pelos usuários. Na figura 31 pode-se observar que existe grande acúmulo de sujeira no fundo do reservatório.

Figura 31 – Fundo do reservatório



(fonte: autor, 2018)

Ao abrir a tampa do reservatório, percebeu-se mau odor devido à falta de limpeza e desinfecção.

4.4.2 Estudo de caso B

Os pontos de saída necessitam de identificação de água não potável. Sugere-se a implantação de sistema de contenção de resíduos, como telas e grelhas e dispositivos de descarte da primeira água da chuva. O sistema não tem extravasor, e é de difícil acesso, sem impermeabilização do local e sem iluminação. E ainda, observou-se nas imagens 32 e 33 que o local é também um depósito de itens, que atrapalham a manutenção e acesso ao local, que deveria ter melhores condições de acesso. Na figura 32 observa-se um dos reservatórios danificados, devido à falta de cuidado e pelo apoio de peças de revestimentos que causaram peso além do suportado.

Figura 32 – Reservatório danificado



(fonte: autor, 2018)

Figura 33 – Depósito de itens que atrapalham a circulação



(fonte: autor, 2018)

A escada de acesso à cisterna, não estava firme nem estável para o acesso ao local. Com isso, sugere-se retirada dos itens, para manter a integridade dos reservatórios e não virar local para insetos e bichos que possam, de alguma forma, afetar a qualidade da água.

4.4.3 Estudo de caso C

Uma melhoria sugerida, seria a manutenção das estruturas das cisternas e reservatórios de concreto armado, que devido à idade da estrutura, apresenta algumas patologias de armaduras expostas (figura 34 e 35), que se não corrigidas, futuramente poderão causar problemas.

Figura 34 – Cisterna com armadura exposta



(fonte: autor, 2018)

Figura 35 – Vigas internas ao poço com armaduras expostas



(fonte: autor, 2018)

Por fim, sugere-se também instalação de um sistema para extravasar o volume das cisternas caso haja necessidade. O responsável pela manutenção informou que não há extravasor e que quando a cisterna está cheia, a retirada deve ser feita manualmente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O escopo deste trabalho propunha a avaliação de três sistemas de aproveitamento de água de chuva de acordo com o método Prático Alemão e com o método proposto pelo programa Netuno. Concluiu-se que o método Alemão foi mais viável, apesar de não fazer o balanço de massas, obteve-se que os três reservatórios foram instalados com volumes próximos do sugerido pelo método trazido pela norma. Já o método proposto pelo Netuno, ressalta que nos três estudos de caso, há falta de água e que é necessário utilizar água potável, porém os relatos dos usuários não trazem o problema da falta de água, o que implica que o método do Netuno é mais conservador.

No estudo de caso A, o reservatório instalado foi dimensionado e previsto corretamente de acordo com os dois métodos aplicados nesse trabalho, porém algumas melhorias podem ser implantadas.

O reservatório implantado do estudo de caso B está 51,45 % acima do calculado pelos dois métodos, um reservatório inferior já atenderia a demanda, porém como já está implantado o volume de 4 caixas de 1.000 L, caso haja rompimento de uma das caixas d'água, provavelmente a demanda não será afetada.

Por fim, o estudo de caso C está coerente com a metodologia aplicada, apesar dos cálculos exigirem um volume maior (17,08% maior), ele atende à atual demanda, já que não existem relatos frequentes de falta de água pelos funcionários. A separação de resíduos e tratamento de água é bem complexa.

6 REFERÊNCIAS

3P TECHNIK FILTERSYSTEME. Filtro Volumétrico 3P. Disponível em: <<https://www.3ptechnik.de/58-2-Filtro-Volumetrico.html>> Acesso em: 20 de agosto de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH). Resolução n. 317, de 26 de agosto de 2003.

AGEPAR. Agencia reguladora do Paraná. Resolução homologatória nº 005, de 2018. Homologa o Reajuste Tarifário Anual dos serviços Públicos de Saneamento Básico prestados pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Curitiba, PR, 28 mar. 2018. p. 2.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D.J.A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, jun. 2008.

ANA. Agência Nacional de Águas. Portal HidroWeb, 2018. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

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

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

BIANCHI, Renato. Telhado verde: como montar o seu usando sistemas prontos. Arquitetura e Construção, 01 jun. 2017. Disponível em: <<https://arquiteturaeconstrucao.abril.com.br/sustentabilidade/como-montar-o-seu-telhado-verde-usando-sistemas-prontos/>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

BOEHM, Camila. Construção de cisternas leva desenvolvimento à região do semiárido Agência Brasil, São Paulo, 23 fev. 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-02/construcao-de-cisternas-leva-desenvolvimento-regiao-do-semiarido>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

BRASIL. Lei nº 18.730, de 28 de março de 2016. Diário Oficial [do] Paraná, Poder Executivo Estadual, Curitiba, PR. 29 mar. 2016. p. 3.

CESAN. Apostila de Tratamento de Água. 2013. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf>. Acesso em: 06 out. 2018.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e Aproveitamento de Água de Chuvas: Dimensionamento de Reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9., 2008, Salvador. Anais... Salvador, 2008.

DE HEBERSON, A. S.; MARCÓRIO, I. A.; RIBEIRO, R. Z. Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva. 2009. 48f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Goiânia.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações Sobre a Aplicação do Telhado Verde Para Captação de Água de Chuva em Sistemas de Aproveitamento Para Fins Não Potáveis. In: Encontro Nacional, 4.; Encontro latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2., São Paulo, 2007.

FLESCHE, V. C. Aproveitamento de Águas Pluviais: análise do projeto de um edifício vertical. 2011. 60f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GOOGLE MAPS. Localização empreendimento estudado. 2018. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

GUARAPUAVA. Prefeitura Municipal. Lei n° 2452, de 02 de outubro de 2015. Dispõe sobre a utilização de águas pluviais e outras não tratadas em residências, comércios, indústrias e na construção civil. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/g/guarapuava/lei-ordinaria/2015/245/2452/lei-ordinaria-n-2452-2015-dispoe-sobre-a-utilizacao-de-aguas-pluviais-e-outras-nao-tratadas-em-residencias-comercios-industrias-e-na-construcao-civil>>. Acesso em: 24 set. 2018.

IAPAR. Instituto de águas do Paraná. Sistema de Informações Hidrológicas, 2018. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioTotaisMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfacelncial>>. Acesso em: 15 out. 2018.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética Em Edificações. Netuno. Versão 4. Florianópolis, SC: Departamento de Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf>. Acesso em: 24 set. 2018.

NATURALTEC. Flotação e Flotadores – Tratamento Preliminar da Água. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/flotadores/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

PEREIRA, L. R. Viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura. 2017. 25f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

QUEIROZ, Augusto. Líderes mundiais lançam nova agenda sobre a água e alertam para a escassez. Agência Brasil, Nova York, 14 mar. 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2018-03/lideres-mundiais-lancam-nova-agenda-sobre-agua-e-alertam-para-escassez>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

SILVA, L. F. S. Aproveitamento de águas pluviais: ferramentas para tomadas de decisões em projetos. 2012. 123f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. 2007. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/wp-content/uploads/2014/01/Capitulo-06-Agua-de-chuva.pdf>>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. 2ª edição. Local de publicação: São Paulo. Editora Navegar, 2005.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, Capítulo 3 – Previsão de consumo de água não potável, 2011. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003 .pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

ZANELLA, Luciano. Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.