



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
GABRIELA DE SOUZA DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: PROJETO
PARA O RESTAURANTE DA UNIFAP**

SANTANA-AP
2014

GABRIELA DE SOUZA DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: PROJETO
PARA O RESTAURANTE DA UNIFAP**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá como requisito para obtenção de título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Me. Jair José dos Santos Gomes

Co-orientadora: Me. Eloane de Jesus Ramos Cantuária.

SANTANA-AP

2014

Dados Internacionais de catalogação-na-publicação (CIP),
Biblioteca/Campus Santana da Universidade Federal do Amapá

720.4

O48a Oliveira, Gabriela de Souza.

Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: projeto para o restaurante da UNIFAP / -- Santana, 2014.

98 p.

Orientador: Prof. Jair José dos Santos Gomes.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

1. Arquitetura sustentável. 2. Arquitetura e uso da água. 3. Restaurante universitário. I. Gomes, Jair José dos Santos, orient. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

*A minha mãe Ana Lúcia e minha irmã
Bárbara, que torceram ininterruptamente
para a realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e amparar em todos os momentos.

À minha mãe Ana Lúcia Rodrigues, que com seu amor, firmeza e cuidado, é totalmente responsável por minha chegada até aqui.

À minha irmã Bárbara Rodrigues que sempre me apoiou e torceu por mim e que, mesmo distante, sempre cultivaremos o amor entre irmãs próximas.

Aos meus familiares, que sem perceber, me deram todo o apoio necessário para que eu desenvolvesse este e os demais trabalhos durante a academia.

Aos meus amigos de turma Ramon Duarte, Lady Lobo, Alane Souza, Darcirene Balieiro, Rita Garcia e Elcione Vales, com os quais sempre pude contar.

Ao meu orientador Jair Gomes, que me ajudou a conduzir este trabalho, respeitando as especificidades do conteúdo do mesmo, ainda que pudesse ter mudado tudo, resolveu simplesmente melhorar o esboço de forma racional.

À minha coorientadora Eloane Cantuária, que se preocupou em aprimorar o trabalho em sua fase inicial.

Ao Jefferson Vilhena, que respondeu todas as dúvidas sobre dados pluviométricos com paciência e gentileza.

Agradeço especialmente ao Renan Santos, que com seu conhecimento na área, me ajudou a sanar todas as minhas dúvidas sobre os métodos, conceitos e soluções projetuais. Muito obrigada mesmo, Renan.

Aos amigos e colegas da AEEA, Helder Sares, Alex Tavares, Silvana Barreto, Antônio Gama, Raimundo Brazão, Jorge Teixeira, Alex Márcio, Daniel Souza, Daniel Romeiro e Rute Guedes que por conviver por perto de cada um de vocês, aprendi a cada dia sobre arquitetura, urbanismo, profissionalismo e sobre a vida.

Ao Steve Araújo de coração enorme e equipe, Gerson Gurjão, Poliana Dias, Erick Paixão, Walter da Silveira e aos demais colegas com os quais pude contar nos últimos dois anos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, a comunidade acadêmica, aos funcionários do restaurante por responderem às minhas perguntas, aos funcionários das repartições públicas em que estive em busca de dados e representantes comerciais por sanarem minhas dúvidas sobre produtos essenciais no projeto.

*"Mais vale amigos na praça do que
dinheiro no bolso."*

(Autor desconhecido)

RESUMO

O tema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, é uma medida de conservação da água, redução de gastos financeiros a longo prazo e uma medida não estrutural para a redução de enchentes através da retirada do volume de água de chuva no esgoto pluvial. Diante desta inserção contextual, encontra-se a elaboração de um projeto de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis para o restaurante da Universidade Federal do Amapá como objetivo principal. O trabalho iniciou-se com o conhecimento dos dados pluviométricos da região, a quantificação da área de captação, definição dos pontos de utilização, a obtenção da demanda de água não potável através de pesquisa objetiva com os usuários e funcionários do restaurante e, posteriormente, todos os dimensionamentos necessários para a elaboração do projeto. Por fim, estimou-se o custo e um período de retorno do investimento que se mostrou relativamente grande. Este resultado somente alimentou a busca pelo aprimoramento em pesquisas sobre o tema, sobretudo com outras tipologias arquitetônicas e ainda com projetos integrando edificações.

Palavras-chave: Arquitetura sustentável, arquitetura e uso da água, restaurante universitário.

RÉSUMÉ

Le thème profit de l'eau de pluie pour fins non potables c'est une mesure de conservation de l'eau, réduction des dépenses financières à long terme et une mesure non structurelle pour la réduction d'inondation au fait du retrait du volume de l'eau de pluie dans un égout pluvial. Face à cet insertion contextuelle, se trouve l'élaboration d'un projet de profit de l'eau pluvial pour fins non potables pour le restaurant de l'Universidade Federal do Amapá comme l'objectif principal. Le travail à débuté avec le connaissance des données pluviométriques de la région, la quantification de la surface de captage, définition des points d'utilisation, l'obtention de la demande de l'eau non potable à travers de la recherche objective avec les utilisateurs et employés du restaurant et ensuite tous les dimensionnements nécessaires pour l'élaboration du projet. Enfin, on a estimé le coût et un période de retour sur investissement qui s'est montré relativement grand. Ce résultat seulement a alimenté la recherche pour l'amélioration sur le thème, surtout avec l'autres typologies architecturales et encore avec les projets intégrant bâtiments.

Mots clés: Architecture soutenable, architecture et l'utilisation de l'eau, restaurant universitaire.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Medidas convencionais para conservação de água.....	20
Figura 2: Distribuição da água no mundo em valores percentuais.....	20
Figura 3: Distribuição da água doce no mundo em valores percentuais	21
Figura 4: Esquema básico de um sistema de aproveitamento de água pluvial	27
Figura 5: Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais	31
Figura 6: Diagrama de Rippl.....	36
Figura 7: Ralo separador de folhas flexível	44
Figura 8: Filtro Vortex WWF e esquema de instalação	44
Figura 9: Filtro VF6 da 3PTechnik e corte esquemático.....	45
Figura 10: Filtro moldado <i>in loco</i>	46
Figura 11: Freio d'água	46
Figura 12: Sifão ladrão	47
Figura 13: Filtro flutuante e esquema de instalação.....	47
Figura 14: Localização do restaurante da UNIFAP	49
Figura 15: Restaurante da UNIFAP.....	50
Figura 16: Localização das árvores mais próximas do restaurante da UNIFAP	51
Figura 17: Precipitação média mensal em milímetros de 1984 a 2013	52
Figura 18: Setorização do uso da água no restaurante da UNIFAP	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente de <i>Runoff</i> médios	28
Tabela 2: Períodos de retorno.....	29
Tabela 3: Coeficientes multiplicativos de projeto.....	29
Tabela 4: Coeficientes de rugosidade do material da calha	30
Tabela 5: Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n=0,011	30
Tabela 6: Capacidade de condutores horizontais de seção semicircular	32
Tabela 7: Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para demanda constante da Universidade de Guarulhos	34
Tabela 8: Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para demanda variável da Universidade de Guarulhos.....	36
Tabela 9: Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método da Análise de Simulação para demanda constante da Universidade de Guarulhos	38
Tabela 10: Parâmetros de qualidade de água pluvial para usos não potáveis	43
Tabela 11: Método da análise da simulação para o restaurante da UNIFAP com dados pluviométricos da estação de coleta do distrito de Fazendinha, no município de Macapá.....	56
Tabela 12: Frequência de manutenção.....	57
Tabela 13: Simulação da economia de água com base nas taxas da CAESA	58

LISTA DE SIGLAS E ABEVIATURAS

AEEA - Assessoria Especial de Engenharia e Arquitetura da UNIFAP

ANA - Agência Nacional das Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CAESA - Companhia de Água e Esgoto do Amapá

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

GEA - Governo do Estado do Amapá

PMM - Prefeitura Municipal de Macapá

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UNIFAP - Universidade Federal do Amapá

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contexto	14
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo geral	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Metodologia	15
2. SUSTENTABILIDADE DA ÁGUA.....	17
2.1. O ciclo hidrológico	18
2.2. Consumo de água.....	18
2.3. Escassez da água.....	19
2.4. Conservação da água.....	21
3. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	23
3.1. Aproveitamento de água pluvial na história	24
3.2. Aproveitamento de água pluvial na atualidade	24
3.3. Características de um sistema de aproveitamento de água pluvial	26
3.4. Dimensionamento de condutores	28
3.5. Dimensionamento do reservatório de auto limpeza.....	32
3.6. Dimensionamento do reservatório de armazenamento	33
3.6.1. Método de Rippl	33
3.6.2. Método da Simulação.....	38
3.6.3. Método de Azevedo Neto	40
3.6.4. Método de Prático Alemão	41
3.6.5. Método Prático Inglês.....	41
3.6.6. Método Prático Australiano	41
3.7. Qualidade da água.....	43

3.8. Dispositivos do sistema de aproveitamento de água pluvial	44
4. RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	49
4.1. Viabilidade do projeto	51
4.2. Projeto de aproveitamento de água pluvial	53
4.3. Custo e tempo de retorno do investimento estimado do projeto	57
CONSIDERAÇÕES	59
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE A - Questionário aplicado aos funcionários do Restaurante Universitário respondido	64
APÊNDICE B - Questionário aplicado aos usuários do Restaurante Universitário ...	65
APÊNDICE C - Resultados do questionário aplicado aos usuários do Restaurante Universitário	66
APÊNDICE D - Memorial justificativo de projeto	67
APÊNDICE E - Memória de cálculo	70
APÊNDICE F - Volumetria do projeto	80
APÊNDICE G - Orçamento estimativo	86
ANEXO I - Chuvas intensas no Brasil: duração de 5 min	93
ANEXO II - Indicações para cálculo de área de contribuição	95
ANEXO III - Dados pluviométricos da estação de Fazendinha, Macapá	96
ANEXO IV - Estrutura tarifária da CAESA	98

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

A existência de água é imprescindível para a sobrevivência humana, é impossível para muitos imaginar um dia sem água, uma vez que ela está presente em todo o nosso cotidiano diretamente através da ingestão da mesma, da higiene pessoal, da limpeza de roupas e ambientes e indiretamente através da produção de alimentos, da produção de produtos de diversos gêneros e no consumo de energia elétrica no caso do Brasil, uma vez que em nosso país a responsabilidade pelo consumo da água é maior em função das hidrelétricas serem responsáveis pela geração de 75,68% da energia elétrica (ANEEL, 2008, p.) 54, sendo necessário dedicar maior atenção com relação ao equilíbrio dos rios e as modalidades de captação de água que influenciam os mesmos.

A água doce é um recurso que está em escassez em diversas partes do mundo. Sua disponibilidade em relação a todo o volume de água do planeta é 2,5% e além disso, de todo o percentual do volume de água doce, apenas 0,266% encontram-se em rios e lagos, e 29,9% em fontes subterrâneas (TOMAZ, 2005, p. 19 e 20). Frente a reduzida disponibilidade de água doce, considera-se um desperdício deste bem utilizar água limpa em atividades que não necessitam de água de boa qualidade para tal, como em descargas sanitárias, rega de plantas, combate à incêndios e lavagens de veículos, calçadas, entre outros.

O aproveitamento de água pluvial surge como uma medida para conservar a água, reduzir gastos na conta de água e uma medida não estrutural para retirar parte do volume de água da chuva das galerias pluviais da cidade e evitar enchentes (CAMPOS, 2004, p.05).

Diante destes fatos, buscou-se através da arquitetura uma alternativa de conservar a água no prédio do restaurante da UNIFAP em vista da edificação receber atualmente o maior fluxo de usuários da universidade e do caráter público da instituição facilitar o acesso à maiores informações sobre o projeto a qualquer interessado no assunto e na elaboração do projeto, de forma a incentivar a difusão desta medida de conservação da água na cidade, podendo então retirar um volume considerável de água das galerias pluviais da cidade.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral apresentar um projeto de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis para o restaurante da UNIFAP.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar os sistemas existentes de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis;
- Estimar o custo e período de retorno do investimento através dos resultados obtidos.

1.3. Metodologia

Para a elaboração do projeto de aproveitamento de água pluvial para o prédio do restaurante da UNIFAP foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis voltados para a viabilidade de implantação. Após esta pesquisa inicial, fez-se a quantificação da área de telhado, conheceu-se a precipitação média local dos últimos 30 anos e delimitaram-se os pontos de uso de água não potável.

Para estimar a demanda de água potável, recorreu-se à aplicação de questionários objetivos aos usuários do restaurante e questionários subjetivos aos funcionários do prédio. Foram distribuídos 500 questionários para o universo de usuários que totalizam 1372 refeições ao dia, sendo que destes questionários 100 foram distribuídos durante o café da manhã, 300 durante o almoço e 100 durante o jantar. Dos 500 questionários aplicados, 80% foram respondidos.

Estudaram-se os métodos de dimensionamento de reservatório de armazenamento presentes na ABNT NBR 15527 de 2007 e escolheu-se aquele que revelou com mais informações o comportamento do reservatório durante 12 meses. Os estudos dos métodos, os demais cálculos utilizados no projeto e os gráficos apresentados no trabalho foram feitos com o auxílio do programa Excel na versão de 2007.

A elaboração do projeto de aproveitamento de água pluvial foi feita através de estudos de sobreposição de plantas dos projetos de drenagem, esgoto sanitário, esgoto pluvial, urbanização e o projeto hidráulico originais.

Também foi feito um levantamento da localização atual dos condutores e castelo do reservatório e a partir desta configuração desenvolveu-se o projeto de aproveitamento de água pluvial de modo a não interferir em nenhum dos projetos complementares e na arquitetura do prédio. A sobreposição e o desenho da proposta foram desenvolvidos com o auxílio do programa AutoCAD na versão 2007 e o desenho em 3D do prédio com a proposta de intervenção no projeto hidráulico foi elaborada com o auxílio do Google SketchUp Pro versão 8.0.4811.

2. SUSTENTABILIDADE DA ÁGUA

Nos últimos anos a sustentabilidade como conceito geral aplicado aos diversos segmentos vem sendo mais associada à remediação dos impactos ambientais do que à redução dos mesmos, como por exemplo, reciclar ao invés de dar prioridade à diminuição do consumo. Sousa (2006, p.33) utiliza a definição de sustentabilidade criada em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD - para explicá-la como aquilo *“que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.”*

Entretanto esta realidade começa a mudar, pois, visando a preservação de recursos e do meio ambiente, a sociedade têm utilizado algumas alternativas para a redução do consumo de produtos e serviços como a preferência por aparelhos eletrônicos de baixo consumo de energia elétrica, a compra de materiais com baixo impacto em sua produção e transporte, a aquisição de produtos regionais, a diminuição do ato de comprar e adquirir o costume de economizar água. Porém, infelizmente esta mudança ainda tem como motivação principal a economia financeira para a maioria dos consumidores.

Estes novos hábitos devem se perpetuar. Ainda que não seja pensando no meio ambiente, adquirir produtos apenas pensando na redução do consumo de energia é uma atitude que pode representar bons resultados no Brasil onde a água também é fonte de energia, pois o país é detentor de um grande potencial hídrico, o que possibilita a geração de energia através das hidrelétricas que são responsáveis pela geração de 75,68% da potência total de energia no país (ANEEL, 2008, p.54).

Diante dessas informações, é perceptível a inclinação para o tema da preservação da água, uma vez que a responsabilidade dos brasileiros é maior, pois *“o Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global”* (MAY, 2004, p.04). Além deste fator, a água é item essencial para a sobrevivência humana, porém ela depende fundamentalmente do equilíbrio da natureza para que não aumente sua escassez.

2.1. O ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico consiste numa relação de água e calor onde a água da chuva que cai no solo, infiltra no mesmo e flui para lagos, rios ou mares, lembrando que os rios deságuam no mar, e posteriormente parte da água do solo e do mar evapora formando uma nova precipitação. De acordo com May

O sistema hidrológico funciona somente porque mais água evapora dos oceanos do que retorna a ele. Esta diferença cai na terra sob a forma de chuva ou neve tornando nossa vida possível, pois quando ela cai, o faz em forma de água doce (MAY, 2004, p.11 e 12).

A autora também revela que as águas da superfície, juntamente com as águas subterrâneas cada vez mais encontram seu caminho para o mar. Portanto, é possível que as águas dos lençóis freáticos diminuam de volume e fiquem escassas também. Villiers revela que

10% a 20% da água de chuva encontra um caminho para os sistemas de água subterrânea, o que favorece a recarga de aquíferos. Continua o autor descrevendo que o processo de retirar mais água de um aquífero do que quantidade que retorna a ele naturalmente, é chamado de super-exploração [*sic.*] dos lençóis freáticos e artesianos. (VILLIERS, 2002 *apud* MAY, 2004, p.13)

Um exemplo de alteração nas águas subterrâneas está na costa do Estado do Amapá, na Vila do Sucuriju, no município de Amapá, onde os habitantes recorrem ao aproveitamento de água da chuva e dessalinização de água do rio como alternativas de obtenção de água devido ao fato de a água subterrânea e fluvial, naquela região, possuir um alto teor de sal. Durante o inverno utiliza-se a água pluvial armazenada em duas grandes cisternas comunitárias capazes de armazenar juntas 700 mil litros de água e no verão, recorre-se à dessalinização da água dos rios, porém em 2011, com a estiagem, a dessalinização não foi suficiente para atender a demanda e a Defesa Civil interveio transportando água para as famílias que vivem naquela região (GEA, 2011).

2.2. Consumo de água

Com o passar dos anos o aumento populacional e o surgimento da indústria contribuíram significativamente para o consumo da água. Acredita-se que o consumo de água muda ao longo do tempo com o crescimento populacional e varia também de acordo com as condições de vida de cada consumidor. O surgimento de doenças ocasionadas pela superpopulação deu

origem às recomendações de higiene pessoal, sendo necessário que se faça uma adequação nos hábitos da sociedade moderna. Campos constata que

[...] a população tem se tornado mais consciente com relação a questões voltadas à higiene, por exemplo, a necessidade de banhos constantes, escovação dos dentes, etc. Desta forma, hábitos atuais, que talvez não existissem em um passado recente, fizeram aumentar o consumo de água (CAMPOS, 2004, p.04).

O autor ainda afirma que o surgimento de alguns produtos visando o conforto do homem, como máquina de lavar roupa e louça, chuveiros, piscinas, entre outros tendem a aumentar o consumo de água. Até meados do século passado estes produtos eram restritos à minoria de consumidores de alto poder aquisitivo, deste modo, era comum que a maioria das pessoas tomassem banho, lavassem louças e roupas com o auxílio de baldes. Não eram atividades confortáveis, mas eram econômicas. Lavar roupas, por exemplo, consistia em deixar as peças de molho em água e sabão, depois a sujeira que restava era retirada manualmente e, por último, eram enxaguadas, sendo que geralmente a água do último enxágue, com mínimo resíduo de sabão, era aproveitada para a próxima lavagem. A economia estava na proporcionalidade entre a água e o volume de roupas, diferentemente das máquinas utilizadas hoje que possuem três ou quatro níveis de água, o aproveitamento da água de uma lavagem para outra, a despesa do uso de eletricidade.

É importante ressaltar que algumas empresas do ramo de eletrodomésticos já demonstram preocupação com o meio ambiente, como por exemplo, a Electrolux que recentemente lançou um modelo de lava-roupas que antes do processo de drenagem faz uma pausa para que se possa fazer o aproveitamento da água (ELECTROLUX, 2013). No entanto, é necessário que haja conscientização por parte de seus usuários para que se faça bom uso do produto, como por exemplo, deixar para lavar a calçada após a lavagem de roupas.

2.3. Escassez da água

A água é um recurso abundante no planeta Terra, no entanto ainda não se dispõe de todo este volume tão facilmente. Apenas uma pequena parte de toda a água existente no mundo é própria para o consumo humano. Tomaz

(2005, p.19) relata que de toda a água disponível no mundo, 97,5% da água é salgada, apenas 2,5% é água doce (ver figura 1).

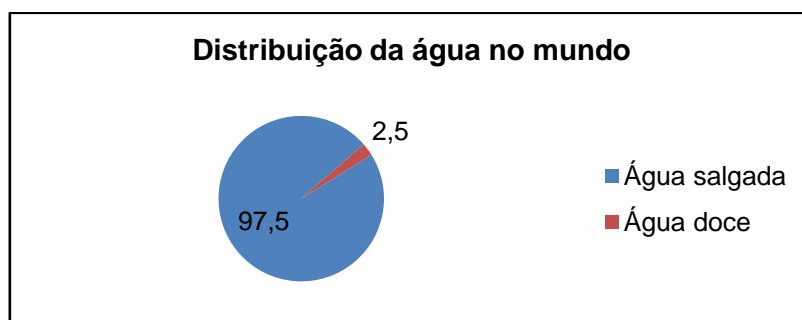


Figura 1 - Distribuição de água no mundo em valores percentuais
Fonte: Adaptado pela autora de Tomaz, 2005, p.19.

O autor ainda afirma que deste percentual de água doce, 68,9% encontra-se congelada nas calotas polares e regiões montanhosas, 29,9% em lençóis freáticos e aquíferos e apenas 0,266% nos rios e lagos (ver figura 2).

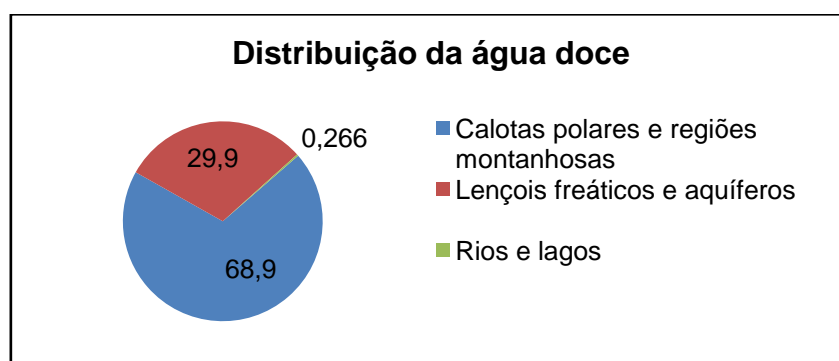


Figura 2 - Distribuição de água doce no mundo em valores percentuais
Fonte: Adaptado pela autora de Tomaz, 2005, p. 19 e 20

Não se pode ignorar o fato de que nos dias de hoje há tecnologia capaz de tornar a água do mar potável. Conhecido como dessalinização, trata-se de um processo físico-químico de retirada de sais da água através de osmose reversa, destilação multiestágios, dessalinização térmica e congelamento (SABESP, 2013), estes processos custam caro e por esta razão é utilizado apenas em lugares onde a água doce é escassa, como no caso da Vila do Sucuriçu, mencionado anteriormente, onde é possível captar água da chuva, porém não é o bastante para suprir a demanda anual.

Atualmente ouve-se falar com frequência sobre a escassez de água em outras partes do mundo, principalmente onde há desertos, como no continente africano, ou até mesmo no aumento de tarifas na Europa devido à dificuldade

de se conseguir água. Tomaz (2005, p.22) relata que *"é previsto para o século XXI, a falta de água para 1/3 da população mundial."*

Até mesmo no Brasil, país possuidor de um grande volume de água doce, é possível se deparar com a má distribuição de água, onde há um grande volume hídrico na região amazônica e a falta parcial nas demais regiões, e até mesmo total, sobretudo na região nordeste. Além da distribuição desproporcional da água, nem todos os municípios brasileiros recebem água potável, uma consequência disso é mostrado que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, *"72% das internações hospitalares no Brasil são decorrentes de problemas relacionados à água."* (TOMAZ, 2005, p.22)

2.4. Conservação da água

O conceito de conservação da água, segundo Tomaz (2001, *apud* MAY, 2004, p.29) *"é um conjunto de atividades com o objetivo de reduzir a demanda de água; melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma e implantar práticas para economizar água."*

Apesar de o consumo de água ter aumentado em função da mudança de hábitos das pessoas, o foco da conservação da água não está voltado para o uso residencial. Tomaz (2001, *apud* MAY, 2004, p.30) demonstra as medidas convencionais para conservação de água na cidade de Providence, nos Estados Unidos, previstas para o ano de 2010 (ver figura 3):

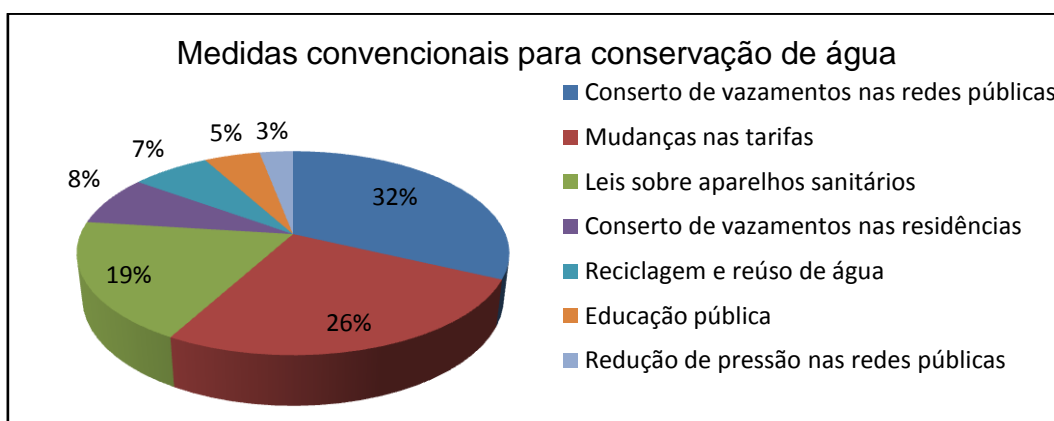


Figura 3 - Medidas convencionais para conservação de água
Fonte: Adaptado pela autora de TOMAZ, 2001, *apud* MAY, 2004 p.30

O autor ainda lista as medidas não convencionais para a conservação da água:

- Reuso de águas cinzas (águas servidas);

- Utilização de excretas de vasos sanitários em compostagem;
- Aproveitamento de água de chuva;
- Dessalinização de água do mar ou salobra;
- Aproveitamento de água de drenagem do subsolo de edifícios.

No Brasil, as medidas de conservação de água são em pequenas quantidades e ainda não ocorrem em todo o país. Neves (2007, p.21) sintetiza a legislação para o Rio de Janeiro, onde a coleta de água é obrigatória para construções com área de cobertura superior a 500 m² desde 2005.

O Governo brasileiro lançou através da Portaria Interministerial nº 244 de 06 de junho de 2012 o Projeto Esplanada Sustentável, que incentiva os órgãos e instituições federais a adotar um modelo de gestão voltado para o uso racional dos recursos naturais. Dentre os incentivos estão o reconhecimento financeiro através da devolução de 50% do resultado alcançado para ser destinado ao aprimoramento das medidas de economia de gastos, reconhecimento não financeiro às instituições e permuta de boas práticas entre os ministérios participantes do projeto. Esta é uma medida tardiamente apresentada em atendimento à Agenda 21, lançada em 1992, ao propor dentre seus compromissos o desenvolvimento de políticas e estratégias nacionais para estimular mudanças nos padrões insustentáveis de consumo, no entanto o projeto contempla apenas parte do serviço público (BRASIL, 2012).

3. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento de água pluvial é uma técnica antiga de abastecimento de água, mas atualmente aparece como uma alternativa de obtenção de água não potável onde o abastecimento público é de difícil acesso ou ainda em locais onde a captação de água subterrânea é insuficiente. O aproveitamento de água pluvial pode ser entendido como o "*uso da água de chuva para finalidades específicas, como lavagem de áreas externas, alimentação de bacias sanitárias, lavagem de veículos, entre outros*" (ANA et al, 2005, p.12).

Em grandes cidades, a captação de água da chuva é vista primeiramente como uma maneira de reduzir o valor da conta da concessionária de água, tendo como consequência a retirada do volume de água da chuva das áreas impermeabilizadas. Campos relata que

O aproveitamento de água pluvial para fins não-potáveis [sic] começa a aparecer como uma solução para a redução do consumo de água potável, além de servir como uma medida não-estrutural [sic] de drenagem urbana. (CAMPOS, 2004, p.05)

Ainda que seja uma medida benéfica de interesse coletivo, a captação de água da chuva para fins não potáveis não é uma característica comum no Brasil pelo fato de a divulgação da importância de adotar um projeto de aproveitamento de água pluvial e das técnicas utilizadas na sua elaboração encontrar-se limitada à meios específicos.

Acredita-se que o aproveitamento de água é vantajoso em todos os casos, sobretudo do ponto de vista ambiental, uma vez que a água encontra-se em escassez, porém a viabilidade econômica depende da área de contribuição, precipitação das chuvas e do consumo de água (SILVA, 2012, p.145) e para Iwanami

A viabilidade da construção de um sistema está submetida a pelo menos uma das seguintes situações: 1. Alta precipitação anual. 2. Problemas no abastecimento de água potável. 3. Altos preços da água potável. 4. Restrições impostas pelo poder público devido à impermeabilização. (IWANAMI *apud* CAMPOS, 2004, p.13)

O aproveitamento de água da chuva apresenta mais vantagens do que a economia na fatura de água, como por exemplo, a redução do volume de água da chuva nas ruas, contribuindo com a prevenção de enchentes. (CAMPOS, 2004, p.06)

3.1. Aproveitamento de água pluvial na história

Embora o aproveitamento de água pluvial não seja um projeto muito difundido atualmente, este tipo de captação de água já era utilizado há muito tempo atrás, pelo fato de o sistema de distribuição de água canalizada que se conhece hoje não existir na época. Tomaz relata que

Uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a.C. Nela o rei Meshá dos Moabitas, sugere que seja feita uma [sic] reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva. (TOMAZ, 2005, p.25)

O autor continua a discorrer sobre a fortaleza e convento dos Templários, na cidade de Tomar, Portugal, com a construção iniciada em 1160, onde há dois reservatórios de água de chuva, um com capacidade para armazenar 215m³ e o outro 145m³. (TOMAZ, 2005, p.26)

No século X, em Oxkutzcab, no México, a captação de água em cisternas camadas de Chultuns eram usadas pelo povo Maya para abastecer a agricultura. Estes reservatórios eram escavados no subsolo calcário e rebocados com material impermeável, possuíam uma área de coleta de 100 a 200 m² e tinham capacidade para armazenar de 20.000 a 45.000 litros (GNADLINGER *apud* MAY, 2004, p.18)

3.2. Aproveitamento de água pluvial na atualidade

Na antiguidade a captação de água da chuva era uma solução comum para suprir as necessidades humanas, no entanto, com o aparecimento de outras formas de captação e distribuição de água capazes de abastecer várias unidades habitacionais o aproveitamento da água da chuva mostrou-se dispendioso em relação aos sistemas de captação mais recentes. Porém, recentemente, com o aumento populacional nos centros urbanos, o conhecimento sobre a disponibilidade da água no mundo e a escassez da mesma, o aproveitamento de água pluvial volta a aparecer como forma de reduzir o consumo de água e para suprir áreas em que a água é de difícil acesso.

Em alguns países o aproveitamento de água é incentivado por meio financeiro. Tomaz (2005, p. 26 e 28) relata que em Hamburgo, na Alemanha, há pagamento de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 à quem aproveita água pluvial, contribuindo para a retirada deste volume de água das ruas, ajudando a

controlar enchentes. O autor continua a discorrer sobre a redução em 30% do consumo de água potável no Japão através do uso de águas de chuva e águas servidas.

Em Berlim ocorre o oposto do incentivo aplicado em Hamburgo: "*desde 2000 uma taxa é cobrada pela introdução de água de chuva no sistema público de esgoto*" (SCHIMIDT *apud* MAY, 2004, p. 19 e 20) o que favorece a implantação do aproveitamento de água da chuva. May relata um caso diferente que acontece na Holanda, pois a preocupação maior é com o transbordamento dos canais da cidade.

Na Holanda, por exemplo, a água é coletada com para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. (MAY, 2004, p.19)

O edifício-sede da Coca-Cola do Rio de Janeiro utiliza desde 2005 o sistema de captação de água da chuva para alimentar torres de refrigeração de ar e torneiras de fechamento automático nos banheiros. Tais medidas foram adotadas para atender ao Programa Água Limpa, que busca reduzir o consumo, a conservação, reutilização e fontes alternativas de água dentro das sedes da empresa. Algumas fábricas do Sistema Coca-Cola Brasil consomem 1,4 litro de água para cada litro de bebida, sendo que em 2004 o índice brasileiro foi 20% menor que a média mundial da empresa, 2,70 litros/litro de bebida. (COCA-COLA BRASIL, 2006)

Em São Paulo o espaço que deu lugar à Villa Daslu, atualmente é ocupado pela construção do empreendimento JK Bloco B, com previsão do término das obras em junho de 2014. A construtora WTorre foi escolhida para executar o projeto por garantir ao prédio todos os requisitos para obtenção da certificação sustentável.

Na construção será feito o aproveitamento da estrutura existente, o uso de aço com maior índice de derivados de sucatas, a regionalidade da construção devido a metade dos materiais serem extraídos e processados no Estado, reciclagem de 75% dos resíduos da construção, entre outras medidas. Uma das principais características sustentáveis do edifício é a redução do consumo de água durante a obra através do uso de equipamentos capazes de reduzi-lo em 20%, o uso de plantas com baixa necessidade de irrigação e aproveitamento de água pluvial capaz de reduzir o consumo de água potável para descargas em cerca de 40%. (PADOVAN, 2013)

No Rio de Janeiro o Museu de Arte do Rio - MAR -, um projeto de retrofit que uniu o antigo Palacete Dom João VI e o antigo Hospital da Polícia Civil, ambos com outros usos, se destaca pelas características sustentáveis como a reutilização das fôrmas da cobertura nas alegorias das escolas de samba e na fabricação de pufes, uso de madeira certificada, uso de carpetes, pisos e forros com material reciclado na composição. Dentre as diversas características sustentáveis do edifício, destaca-se a captação de água da chuva capaz de atender 100% da demanda das bacias sanitárias, gerando aproximadamente 70% de economia no consumo de água potável. (SANTANA, 2013)

No Estado do Amazonas o Prochuva, realizado entre 2007 e 2011, disponibilizou água de qualidade aos moradores de comunidades rurais que sofriam com as vazantes dos rios. Motivado pela ocorrência de uma seca em 2005, o programa foi idealizado após um diagnóstico técnico nas calhas de cinco rios do estado que identificou as condições de vida da população, como por exemplo, que 94% das moradias não possuíam banheiros e pias, 3% tinham filtros e apenas 8% faziam uso de reservatório de água. (ACRÍTICA, 2011)

3.3. Características de um sistema de aproveitamento de água pluvial

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis funciona basicamente da seguinte forma (ver figura 4): a água da chuva é coletada da área de captação, em seguida é conduzida para o reservatório onde serão previamente descartados os primeiros milímetros de chuva para um reservatório de descarte e o restante será filtrado antes de entrar no reservatório de armazenamento. Após este processo a água está apta para atender aos pontos de consumo da edificação.

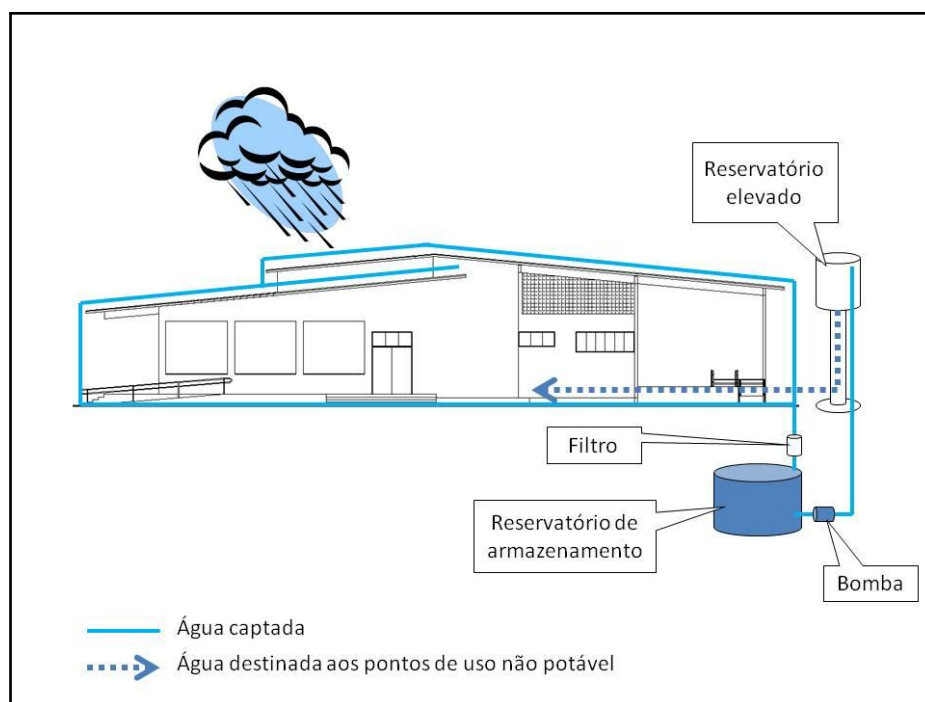


Figura 4 - Esquema básico de um sistema de aproveitamento de água pluvial
Fonte: Autora

Os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis são os seguintes:

Área de captação: É a dimensão da superfície que receberá a água da chuva. Essa superfície pode ser a cobertura da edificação e, dependendo do uso final da água, pode ser o piso externo.

Condutores: Sistema de canalização horizontal e vertical responsáveis por conduzir a água da área de captação até o reservatório de armazenamento. O material do condutor horizontal dependerá da vazão que passará por ele em função do regime de chuvas da região.

Tratamento: O tratamento pode variar de acordo com o uso final da água. Quando a água da chuva em contato com a área de coleta existem parâmetros de qualidade aceitáveis, há possibilidade de utilizar o tratamento simples, que consiste na sedimentação natural, filtração simples e cloração e quando a qualidade da água está comprometida, é necessário realizar o tratamento complexo que pode ser a desinfecção por ultravioleta ou por osmose reversa. A osmose reversa normalmente é utilizada para dessalinizar a água do mar.

Reservatório de autolimpeza: Também conhecido como *Bay Pass*, trata-se de um recipiente destinado a captar um volume de água correspondente aos primeiros milímetros de chuva, considerados o suficiente para lavagem do telhado e devem ser descartados devido ao grau de contaminação produzido ao entrar em contato com o telhado ainda sujo.

Reservatório de armazenamento: É o recipiente capaz de armazenar adequadamente a água da chuva coletada e tratada. Ele deve ser dimensionado de acordo com a demanda de água não potável do edifício.

Coefficiente de *Runoff* ou escoamento superficial: Cada tipo de área de captação possui uma quantidade de água absorvida dada pelo coeficiente de *Runoff*, que também pode ser definido pelo quociente entre a água que escoou superficialmente e o total de água precipitada. (CARVALHO, 2007, p. 20)

O coeficiente de *Runoff* é representado pela letra C e varia de 0,90 a 0,67. O autor prossegue revelando que na Flórida utiliza-se $C=0,67$ e na Austrália, $C=0,80$, porém o mesmo indica que o valor ideal a ser adotado como coeficiente de escoamento é $C=0,80$. Os coeficientes de *Runoff* de Hofkes e Fraiser (ver tabela 1) são coeficientes médios. (TOMAZ, 2005, p. 79 e 80)

Telhado de captação	Coefficiente de <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff médios

Fonte: Adaptado pela autora de Hofkes e Fraiser, 1996 *apud* Tomaz, 2005, p. 79

3.4. Dimensionamento de condutores

O dimensionamento de condutores horizontais e verticais deve obedecer a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 03). A norma recomenda que a intensidade pluviométrica deva ser determinada de acordo com a duração de precipitação e o período de retorno, baseando-se por dados pluviométricos da região (ver anexo I), mas apresenta um exceção para as áreas de cobertura com até 100m² de área de projeção, onde poderá ser adotada a intensidade de chuva de 150mm/h. A duração de precipitação deve ser fixada em $T=5$ min.

A referida NBR estabelece os seguinte períodos de retorno que devem ser escolhidos de acordo com as características de área de drenagem (ver tabela 2).

Tempo de retorno	Características da área de drenagem
1 ano	Áreas pavimentadas onde o empoçamento possa ser tolerado.
5 anos	Para coberturas e/ou terraços.
25 anos	Áreas de coberturas e áreas onde o empoçamento não possa ser tolerado.

Tabela 2 - Períodos de retorno
Fonte: Adaptado pela autora de ABNT NBR 10844, 1989, p. 3

Para o dimensionamento de condutores horizontais é necessário utilizar a seguinte equação dada pela NBR 10844 de 1989 para obter a vazão de projeto:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto expressa em litros por minuto (l/min)

I é a intensidade pluviométrica expressa em milímetros por hora (mm/h)

A é a área de captação expressa em metros quadrados (m²)

A NBR 10844 prossegue recomendando o valor mínimo da declividade dos condutores horizontais em 0,5%. A norma aponta coeficientes que devem ser multiplicados pela vazão de projeto quando a saída das calhas de beiral ou platibanda estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção (ver tabela 3).

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Tabela 3 - Coeficientes multiplicativos de projeto
Fonte: Adaptado pela autora de ABNT NBR 10844, 1989, p. 6

Para o dimensionamento das calhas Tomaz (2005, p. 64) apresenta a Fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \cdot (A/n) \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (l/min)

A é a área da seção molhada (m²)

P é o perímetro molhado (m²)

Rh = A/P = Raio hidráulico (m)

n é o coeficiente de rugosidade de Manning (ver tabela 4)

S é a declividade (m/m)

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

Tabela 4 - Coeficientes de rugosidade do material da calha
Fonte: Adaptado pela autora de Tomaz, 2005, p. 65

A tabela a seguir fornece as capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade (ver tabela 5).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Tabela 5 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$
Fonte: Adaptado pela autora de ABNT NBR 10844, 1989, p. 6.

Para condutores verticais, a NBR 10844 determina que para condutores verticais de seção circular o diâmetro interno mínimo é de 70 mm. A norma estabelece que o dimensionamento dos condutores verticais deva ser feito a partir dos dados abaixo:

Q = Vazão de projeto (l/min)

H = Altura da lâmina de água na calha

L = Comprimento do condutor vertical em m

O diâmetro dos condutores verticais será encontrado através dos ábacos (ver figura 5) para calha com saída em aresta viva e para calha com funil de saída, respectivamente.

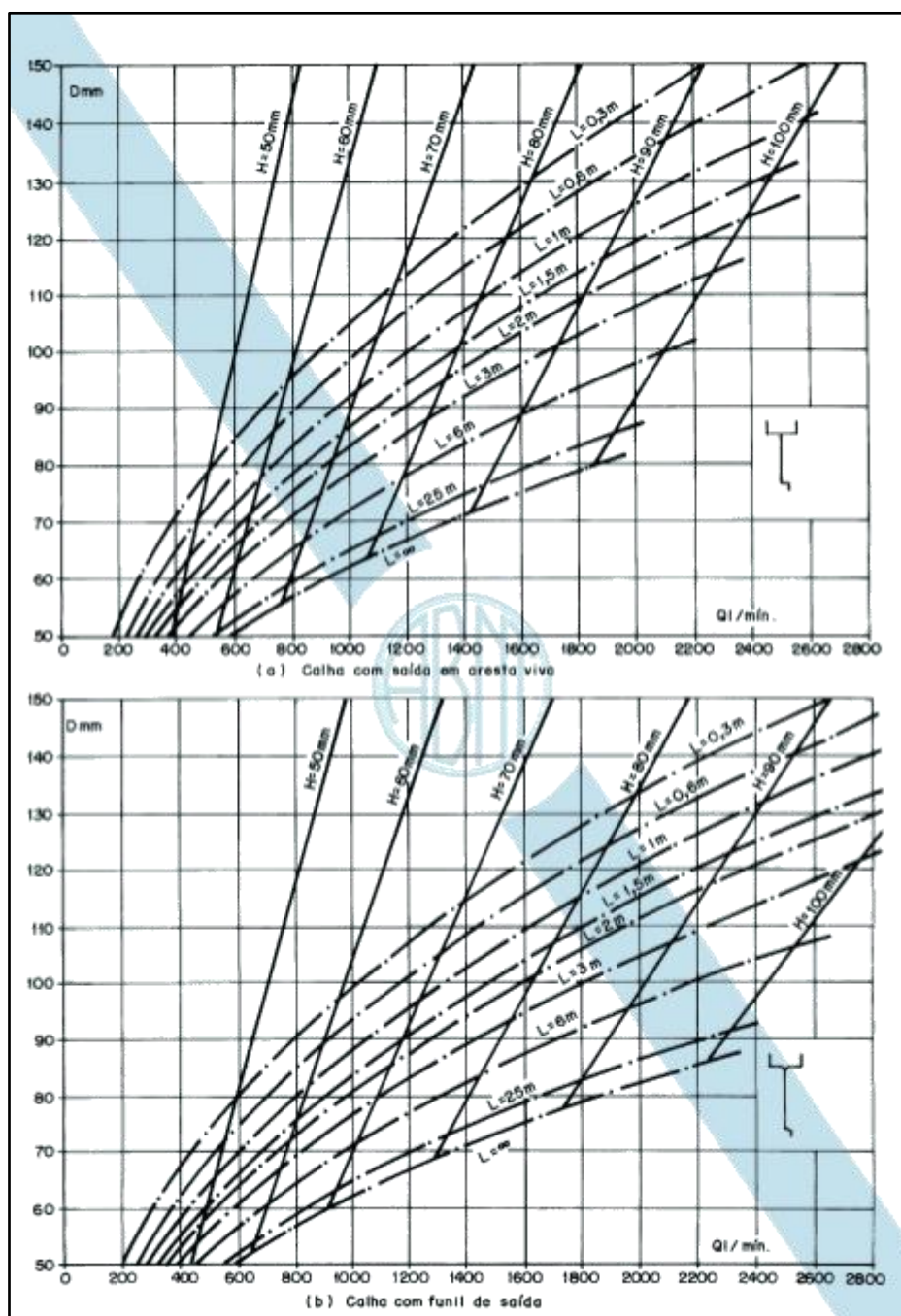


Figura 5 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais
 Fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 8

Para a leitura dos ábacos, deve-se encontrar na abcissa o valor mais próximo da vazão de projeto encontrada previamente, projetar uma linha verticalmente até a interseção das curvas L e H. No caso de não haver curvas de L ou H, deve-se interpolar entre as existentes. Após encontrar o valor de L e H, seguir horizontalmente até a linha da ordenada, devendo adotar-se o diâmetro interno igual ou maior que o valor encontrado. (ABNT NBR 10844, 1989, p. 7)

Para os condutores horizontais de seção circular a ABNT NBR 10844 de 1989 recomenda que o dimensionamento seja feito para escoamento com a lâmina de altura de $2/3$ do diâmetro interno do tubo. A tabela abaixo indica as

vazões para tubos de seção circular de diferentes materiais e declividades (ver tabela 6).

Diâmetro interno D (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	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

Tabela 6 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min)
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844,1989, p. 9

3.5. Dimensionamento do reservatório de auto limpeza

O reservatório de auto limpeza demanda dimensionamento para obter-se o seu tamanho e diâmetro do orifício de esvaziamento. Para o dimensionamento deste reservatório Tomaz (2005, p. 95) afirma que na Flórida é utilizado para o volume do reservatório de auto limpeza o valor de 0,4 litros de chuva para cada metro quadrado de área de captação, porém o autor adotou 1 litro por metro quadrado.

Para se dimensionar o diâmetro do tubo de escoamento do reservatório de auto limpeza Tomaz (2005, p. 96) apresenta a seguinte equação:

$$Q = C_d \cdot A_0 \cdot (2gh)^{0,5} \quad (3)$$

Onde:

Q é a vazão de descarga (m³/s)

A₀ é a área da seção transversal do orifício (m²)

g é a aceleração da gravidade g=9,81m/s²

h é a altura da água sobre a geratriz superior da galeria ou tubulação (m)

C_d é o coeficiente de descarga do orifício (adimensional) = 0,62

Após obter a área da seção transversal do orifício, deve-se calcular o diâmetro através do cálculo da área da circunferência:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4)$$

3.6. Dimensionamento do reservatório de armazenamento

Ao projetar um sistema de aproveitamento de água pluvial, além dos componentes físicos e materiais utilizados, devem ser considerados alguns elementos específicos da edificação que receberá o projeto, tais como a precipitação pluviométrica local, a área de captação, o material em que é fabricada a superfície de coleta e o consumo de água na edificação.

Para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto: precipitação local, área de captação, coeficiente de runoff do telhado e a demanda da água pluvial. (CAMPOS, 2004, p.49)

Para que o sistema de coleta da água pluvial funcione, é necessário o dimensionamento correto do reservatório de armazenamento, pois de acordo com Bertolo (2006), o reservatório é responsável por uma parte significativa no custo do projeto de aproveitamento de água pluvial e por este motivo requer cautela em seu dimensionamento e escolha do material correto.

O dimensionamento de reservatórios de armazenamento possui diversos métodos para ser elaborado. A seguir apresentam-se alguns deles.

3.6.1. Método de Rippl

O Método de Rippl, também conhecido como Diagrama de massas, é um método frequente em publicações sobre aproveitamento de água pluvial. Segundo Tomaz (2005, p. 111) *“é comum o uso do ‘diagrama de massas’ para a regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante d’água tanto no período chuvoso quanto no seco.”*

Há duas formas de dimensionar o reservatório de armazenamento pelo Método de Rippl, o método analítico e o gráfico. O método analítico consiste em dispor numa planilha de cálculo os dados de projeto relacionados aos meses do ano (ver tabela 7). O Método de Rippl requer os seguintes dados: Chuva média mensal demanda mensal, área de captação e coeficiente de *Runoff*. Este método permite que se calcule o volume do reservatório para demanda constante e para demanda variável. A seguir tem-se um exemplo de método analítico para demanda constante.

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Jan	272	8	100	22	-14		E
Fev	243	8	100	19	-11		E
Mar	223	8	100	18	-10		E
Abr	89	8	100	7	1	1	D
Mai	92	8	100	7	1	2	D
Jun	47	8	100	4	4	6	D
Jul	40	8	100	3	5	11	D
Ago	30	8	100	2	6	16	D
Set	82	8	100	7	1	18	D
Out	121	8	100	10	-2	16	S
Nov	114	8	100	9	-1	15	E
Dez	216	8	100	17	-9	5	E
Total	1571	96		126			
		m ³ /ano		m ³ /ano			

Tabela 7 - Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para demanda constante de 8m³/mês, da Universidade de Guarulhos para uma área de chuva de 100m².

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2005, p. 112

A tabela acima é de dimensionamento de reservatório para demanda constante. Contém oito colunas com valores relacionados aos meses de janeiro a dezembro. A seguir será explicada cada coluna conforme Tomaz (2005, p.112 a 115)

Coluna 1: Meses de janeiro a dezembro.

Coluna 2: Precipitações médias mensais de chuvas da região de Guarulhos em milímetros.

Coluna 3: Volume da demanda mensal constante de 8 m³.

Coluna 4: Corresponde a área de captação de chuva de 100m².

Coluna 5: Encontram-se o volume de chuva aproveitáveis, isto é, apenas a água que realmente entra no reservatório, excluído-se o volume evaporado e descartado pelo reservatório de auto limpeza. Este valor é obtido ao multiplicar-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de *Runoff* de 0,80 dividindo-se por 1000, para que o resultado seja em metros cúbicos. Toma-se

como exemplo a linha referente ao mês de fevereiro para explicar o valor na coluna 5:

$$\frac{\text{Coluna 1} \times \text{Coluna 4} \times \text{Coeficiente de } Runoff}{1000} = \text{Coluna 5}$$

Substituindo os valores temos:

$$\frac{243\text{mm} \times 100\text{m}^2 \times 0,80}{1000} = 19\text{m}^3$$

Coluna 6: Diferença entre o volume da demanda mensal e o volume de chuva aproveitável, isto é, valores da coluna 5 subtraídos dos respectivos valores da coluna 3. Quando o resultado é negativo há excesso de água no reservatório e quando o resultado é positivo o volume de água no reservatório não supre a demanda.

Coluna 7: Diferença acumulada da coluna 6. Somam-se a partir dos valores positivos, nesta tabela a soma inicia a partir da linha correspondente ao mês de abril, e após a conclusão da soma, verifica-se o maior valor na coluna, neste caso, 18m³.

Coluna 8: Identifica-se o comportamento do reservatório através da seguinte conversão:

E = Água em excesso

D = Nível de água descendo

S = Nível de água subindo

Quando os valores estão ausentes na coluna 7 o reservatório está cheio, quando os valores aparecem crescentes o nível de água no reservatório começa a diminuir e quando os valores decrescem o nível de água sobe no reservatório.

O método analítico pode ser apresentado em forma de gráfico. Insere-se na abcissa os meses de janeiro a dezembro e na ordenada (ver figura 6), o volume acumulado da coluna 5 em m³. O produto de gráfico é uma reta representando o consumo acumulado e uma linha representando a chuva acumulada. Traça-se uma reta paralela no ponto mais baixo da reta da chuva acumulada e outra no ponto mais alto. O volume do reservatório será a

distância vertical entre as duas paralelas, logo 18m^3 , nesta situação. (TOMAZ, 2005, p.116)

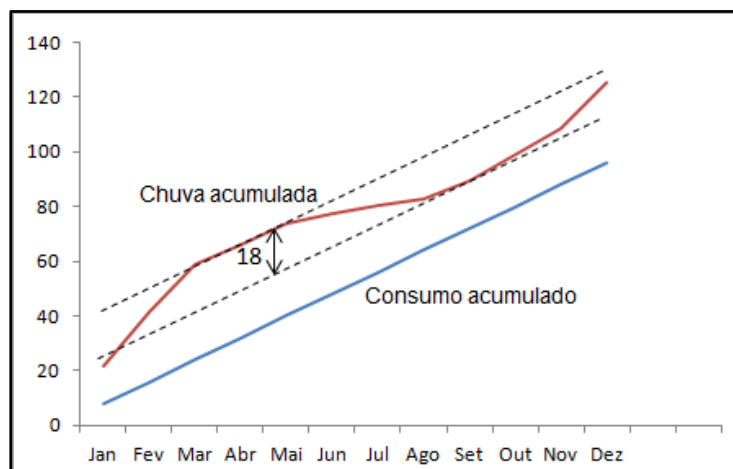


Figura 6 - Diagrama de Rippl
Fonte: Adaptado de Tomaz, 2005, p.116.

Uma das vantagens do Método de Rippl é a possibilidade de calcular-se o reservatório para demanda constante e demanda variável. Acima, tem-se o método analítico e o gráfico da demanda constante. Veremos a seguir um exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório para demanda variável (ver tabela 8).

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume de chuva acumulada	Demanda acumulada	Diferença entre a chuva e a demanda
	(mm)	(m^3)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
Jan	272	8	100	22	22	8	14
Fev	243	8	100	19	41	16	25
Mar	223	10	100	18	59	26	33
Abr	89	10	100	7	66	36	30
Mai	92	12	100	7	74	48	26
Jun	47	8	100	4	77	56	21
Jul	40	8	100	3	80	64	16
Ago	30	10	100	2	83	74	9
Set	82	10	100	7	89	84	5
Out	121	8	100	10	99	92	7
Nov	114	8	100	9	108	100	8
Dez	216	8	100	17	126	108	18
Total	1569	108		126			
	mm	m^3/ano		m^3/ano			

Tabela 8 - Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para demanda variável, da Universidade de Guarulhos para uma área de chuva de 100m^2 .
Fonte: Adaptado de Tomaz, 2005, p. 112.

O gráfico para demanda variável é similar ao gráfico para demanda constante, mudando apenas o resultado. Na tabela acima apenas as colunas 1, 2 e 4 são iguais às respectivas colunas da tabela 7 Tomaz (2005, p. 117 a 118) explica as diferenças.

Coluna 1 e 2: Iguais às respectivas colunas da planilha para demanda constante.

Coluna 3: Volumes da demanda variável que encontra-se entre 8 e 12m³ ao mês.

Coluna 4: Valor constante igual ao valor da coluna 4 da planilha para demanda constante.

Coluna 5: Nesta coluna faz-se o mesmo processo para a coluna 5 da planilha para demanda constante, porém será possível notar que os resultados mudarão em função dos valores da coluna 3 que nesta planilha são variáveis.

Coluna 6: Volume de chuva acumulado.

Coluna 7: Demanda mensal acumulada.

Coluna 8: Diferença entre o volume de chuva acumulada e demanda acumulada, isto é, valores da coluna 7 subtraídos dos respectivos valores da coluna 6. O resultado do volume do reservatório é encontrado através da diferença entre o menor valor e o maior valor na coluna, nesta ocasião, 5 e 33 resultando em 28m³.

A NBR 15527 de 2007 apresenta a seguinte equação para o dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para séries históricas ou mensais:

$$V = \sum S_{(t)} \quad (5)$$

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação}$$

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

$$\text{Sendo que: } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

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

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

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

C é o coeficiente de escoamento superficial (Runoff);

V é o volume do reservatório.

3.6.2. Método da Simulação

Os métodos descritos acima mostram como encontrar o volume do reservatório de armazenamento e o Método da Simulação estuda o comportamento do reservatório, isto é, em quais meses a água vai sobrar, em o período em que ela será suficiente e em que será necessário utilizar a água fornecida pelo sistema público (ver tabela 9). Logo, neste método, supõe-se que o volume do reservatório esteja determinado previamente. (TOMAZ, 2005, p. 141)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mês	Chuva média mensal	Demanda mensal const.	Área de captação	Vol. de chuva mensal	Vol. do reserv. fixado	Vol. do reserv. no tempo t-1	Vol. do reserv. no tempo t	Overflow	Suprim. de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	272	30	350	76	30	0	30	16	0
Fev	243	30	350	68	30	30	30	38	0
Mar	223	30	350	62	30	30	30	32	0
Abr	89	30	350	25	30	30	25	0	0
Mai	92	30	350	26	30	25	21	0	0
Jun	47	30	350	13	30	21	4	0	0
Jul	40	30	350	11	30	4	-15	0	15
Ago	30	30	350	8	30	0	-22	0	22
Set	82	30	350	23	30	0	-7	0	7
Out	121	30	350	34	30	0	4	0	0
Nov	114	30	350	32	30	4	6	0	0
Dez	216	30	350	60	30	6	30	6	0
Tot.	1569	360		439				93	43
	mm	m ³ /ano		m ³ /ano					

Tabela 9 - Exemplo de planilha de dimensionamento de reservatório pelo Método da Análise de Simulação para demanda constante de 30m³, da Universidade de Guarulhos para uma área de chuva de 350m².

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2005, p. 143.

Esta coluna é levemente mais complexa do que as apresentadas anteriormente. Ela identifica o *overflow*, isto é, a água que sobrar e a quantidade de água que será fornecida pelo abastecimento público. A seguir tem-se a explicação de cada coluna.

Coluna 1: São os meses de janeiro a dezembro.

Coluna 2: É a precipitação média mensal da região de Guarulhos.

Coluna 3: É a demanda mensal constante.

Coluna 4: É a área de captação.

Coluna 5: É o volume de chuva mensal aproveitável obtido multiplicando-se a área de captação com a precipitação média mensal e o coeficiente de *Runoff* de 0,80 e dividindo-se por 1000.

Coluna 6: Volume arbitrado do reservatório.

Coluna 7 e 8: É o volume do reservatório no primeiro dia do mês. Para o Método da Análise de Simulação considera-se o reservatório vazio no início da contagem, logo a linha referente a janeiro sempre conterá o número 0. Lembrando que no início da contagem já se conhece o valor do volume do reservatório, os valores da coluna 7 são obtidos através da seguinte forma:

$$\text{Coluna 5} - \text{Coluna 3} + \text{Coluna 7} = \text{Coluna 8}$$

Coluna 8: É o volume do reservatório no último dia do mês. Quando o valor da coluna 8 for maior que o volume arbitrado, considera-se apenas o valor do volume arbitrado na planilha. O valor que aparecer na coluna 8 será repetido na coluna 7 na linha seguinte, passando a ser o volume do reservatório no início do mês, e assim se prosseguirá o cálculo. Quando o volume da coluna 8 for negativo, considera-se valor 0 na coluna 7 correspondente. Então para o mês de janeiro temos: $76-30+0=46$, $46 > 30$, logo coluna 8=30 e para o mês de fevereiro temos: $68-30+30=68$, $68 > 30$, logo, coluna 8=30.

Coluna 9: É a água que vai sobrar, isto é, o *Overflow*. A coluna 9 é a diferença entre o volume do reservatório no fim do mês e o volume arbitrado, mas quando o primeiro for menor que o segundo, considera-se *overflow* 0. Na linha referente a janeiro temos: $76-30+0=46$, $46-30=16$.

Coluna 10: É o volume que será suprido pela concessionária pública de água ou caminhão-tanque. Este valor corresponde aos valores negativos da coluna 7.

A NBR 15527 de 2007 apresenta a seguinte equação para o Método da Análise de Simulação:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (6)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva } (t) \times \text{área de captação}$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

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

C é o coeficiente de escoamento superficial;

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

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

V é o volume do reservatório fixado;

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

3.6.3. Método de Azevedo Neto

O Método de Azevedo Neto *"é definido como o volume ideal do reservatório 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pelo telhado e o número de meses com pouca chuva."* (FONTANELA et al apud COUTO, 2012, p. 62)

A NBR 15527 de 2007 apresenta a seguinte equação para o Método de Azevedo Neto:

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

Onde:

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

A é a área de coletam em metros quadrados (m²);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório.

Notou-se que o Método de Azevedo Neto não requer a demanda mensal ou anual, tornando os resultados maiores que o esperado.

3.6.4. Método Prático Alemão

A NBR 15527 de 2007 define o Método Prático Alemão como *"um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável."* (ABNT, 2007, p. 07)

A referida norma a seguinte equação:

$$\text{Vadotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (8)$$

Onde:

V é o volume aproveitável de água anual expresso em litros;

D é a demanda anual da água não potável expressa em litros;

Vadotado é o volume de água do reservatório expresso em litros.

3.6.5. Método Prático Inglês

A NBR 15527 de 2007 apresenta a seguinte equação para o Método Prático Inglês:

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

Onde:

P é a precipitação média anual expressa em milímetros (mm)

A é a área de coleta em projeção expressa em metros quadrados (m²)

V é o volume de água aproveitável de água da cisterna expresso em litros (l)

3.6.6. Método Prático Australiano

A NBR 15527 de 2007 apresenta a seguinte equação para o Método Prático Australiano:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (10)$$

Onde:

A é a área de coleta;

C 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 2mm;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

A NBR prossegue informando ainda que *"o cálculo do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório."* (ABNT, 2007, p. 08)

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (11)$$

Onde:

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva t;

D_t é a demanda mensal;

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

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

Nível de confiança:

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad (12)$$

Onde:

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

N é o número de meses considerado, geralmente 12;

Pr é a falha.

$$\text{Confiança} = (1 - \text{Pr})$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

A fórmula apresentada pela NBR 15527 de 2007 pode ser expressa em planilha de modo semelhante à representação do Método da Análise da Simulação.

3.7. Qualidade da água

A água pluvial naturalmente contém acidez e nas cidades metropolitanas este nível aumenta. É por este motivo que a água pluvial aproveitada, mesmo que para fins não potáveis, demanda tratamento, pois durante uma descarga, a água pode entrar em contato com o usuário através de respingos, e nas torneiras de jardim, há o risco de as crianças ingerirem a água.

A NBR 15527 estabelece que "os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista" (ABNT NBR 15527, 2007, p.4). A norma prossegue apresentando parâmetros de qualidade de água pluvial para usos não potáveis (ver tabela 10).

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

Tabela 10 - Parâmetros de qualidade de água pluvial para usos restritivos não potáveis.
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527, 2007, p. 4.

3.8. Dispositivos do sistema de aproveitamento de água pluvial

Anteriormente foram apresentados componentes básicos para o funcionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, porém há alguns dispositivos responsáveis por proporcionar a automatização do sistema. Vejamos a seguir alguns deles:

Ralo separador de folhas: É um dispositivo responsável por impedir a entrada de folhas nos condutores verticais (ver figura 7).

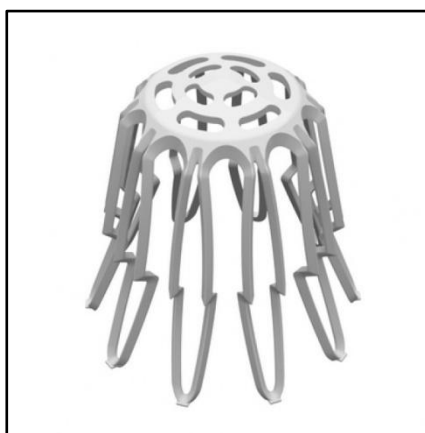


Figura 7 - Ralo separador de folhas flexível
Fonte: www.tigre.com.br

Filtro: O filtro é responsável pela separação de detritos que foram transportados pelos condutores e o descarte da água suja (ver figura 8). A escolha deste dispositivo é determinada pela área de telhado ou pela vazão das calhas. Alguns fabricantes possuem filtros para diferentes vazões e outros recomendam que nos casos em que a vazão é superior à capacidade do filtro, utilize-se mais de um filtro.

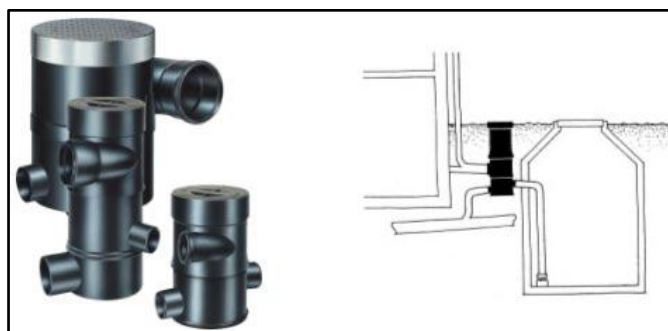


Figura 8 - Filtro Vortex WWF e esquema de instalação
Fonte: www.aquastock.com.br

O filtro VF6 da 3P Technik (ver figura 9), recomendado para áreas de telhado de aproximadamente 1500m², funciona da seguinte forma: A água é acumulada na chagada ao filtro (1), diminuindo assim a sua velocidade. Em seguida a água é conduzida para as cascatas (2) que separam a sujeira mais espessa, onde os detritos seguem sem adentrar a cascata. A água livre das impurezas maiores passa por uma tela de 0,26mm localizada abaixo das cascatas (3). A água que passa pela tela é encaminhada para a cisterna (4) e a sujeira retida na tela é conduzida para a canalização de água pluvial (5), isto é, descartada.



Figura 9 - Filtro VF6 da 3P Technik e corte esquemático
Fonte: www.ecocasa.com.br

Campus (2004, p.33) mostra um filtro moldado *in loco* para um sistema de aproveitamento de água da chuva executado em uma residência na cidade de Ribeirão Preto (ver figura 10). O filtro é composto por uma caixa de concreto com uma tela metálica e uma manta geotextil presas a uma moldura que é encaixada através de uma linha em baixo relevo nas paredes da caixa. É uma solução simples, porém requer uma adequada manutenção e limpeza das telas e a verificação da compatibilidade de filtração das mesmas em função da vazão de projeto.



Figura 10 - Filtro moldado *in loco*
Fonte: CAMPUS, 2004, p.33

Freio d'água: Sua função é evitar que a água que chega ao reservatório de armazenamento entre em contato com o fundo da cisterna ocasionando turbilhonamento da acumulação de partículas presentes ali (ver figura 11). Ele deve ser instalado na extremidade do tubo de alimentação de água pluvial na cisterna.



Figura 11 - Freio d'água
Fonte: www.ecocasa.com.br

Extravasador: Também conhecido como ladrão é um componente comumente utilizado em caixas d'água para esgotar o excesso de água. No sistema de aproveitamento de água ele contém sifonamento para manter um fecho hídrico (ver figura 12), sendo responsável por retirar pequenos sólidos presentes na superfície e evitar a entrada de insetos.

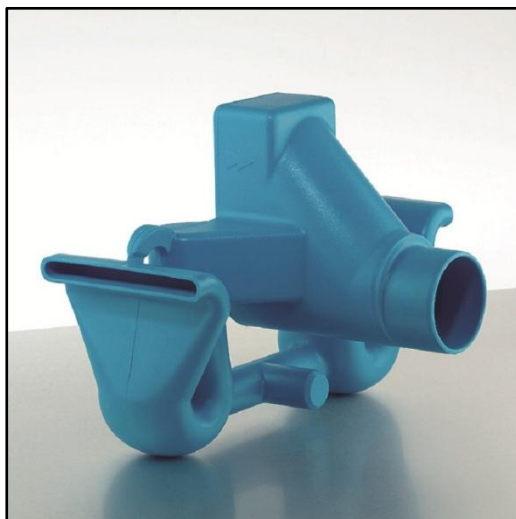


Figura 12 - Sifão ladrão
Fonte: www.ecocasa.com.br

Sistema de bombeamento: É um mecanismo que tem por finalidade captar a água do reservatório inferior e recalca-la até o reservatório elevado para então ser conduzido aos pontos de utilização. A potencia da bomba deve ser calculada em função da vazão necessária para encher o reservatório elevado, que por sua vez será determinada de acordo com o consumo diário da edificação. O acionamento da bomba poderá ser feito através de sensores de nível que ativarão a bomba quando o reservatório elevado estiver secando.

Filtro boia: É um filtro flutuante com o objetivo de evitar que as partículas em suspensão sejam captadas pela tubulação de sucção (ver figura 13), portanto, deve ser instalado nesta tubulação.

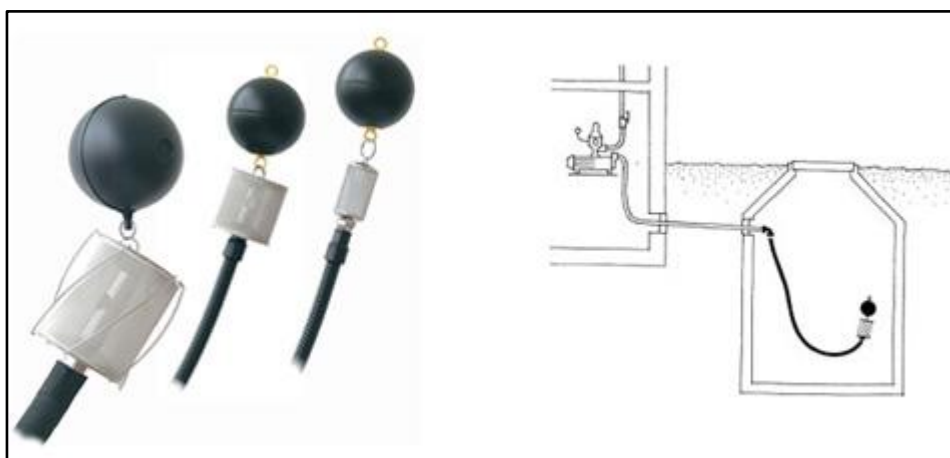


Figura 13 - Filtro flutuante e esquema de instalação.
Fonte: www.acquastock.com.br

Sistema de retroalimentação: É a entrada de água da rede pública no reservatório de armazenamento possibilitando a redução do risco de eventual falha na alimentação dos pontos de utilização e a garantia do abastecimento durante os meses em que não chove. O acionamento da entrada de água da rede pública pode ser acionado através de torneira boia ou válvula solenóide, dependendo do projeto.

4. RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

A edificação de estudo, o Restaurante Universitário, está localizado na Universidade Federal do Amapá, no Campus Marco-Zero, no Bairro Universidade, zona sul da cidade de Macapá, na região Norte do Brasil (ver figura 14).



Figura 14 - Localização do restaurante da UNIFAP. Prédio circulado.
Fonte: Imagem de satélite adaptada de GNES/ Spot Image, Digital Globe, 2014.
(maps.google.com)

De acordo com a Lei Complementar nº 029/2004 que trata do Uso e Ocupação do Solo do Município de Macapá (PMM, 2004), a área em que o restaurante está localizado é integrante do Setor Residencial 3, que permite edificações de nível de impacto 1, 2 e 3, sendo que no último é permitido apenas clube e estabelecimento de ensino fundamental, médio, técnico e profissionalizante. Para esta área também há uma taxa de ocupação máxima de 60% e de permeabilização máxima de 20%, bem como um limite uma vaga de estacionamento para cada 25m² de sala de aula.

Conforme dados acima, a UNIFAP não está totalmente adequada ao Plano Diretor de Macapá no tocante ao nível de impacto pelo fato da sua existência ser anterior à elaboração do plano, entretanto a universidade está amparada pelos Arts. 36 e 37 da mesma lei, que caracteriza e classifica as atividades desconformes, por haver compatibilidade de uso e atividade:

Art. 36. Consideram-se atividades desconformes aquelas em desacordo com as normas de uso do solo previstas nesta Lei Complementar, que antecedem sua vigência.

§ 1º As atividades desconformes podem ser classificadas como compatíveis ou incompatíveis.

Art. 37. Atividades compatíveis são aquelas que apesar de não se enquadrarem entre as atividades permitidas para o respectivo setor ou eixo de atividades, apresentam condições relativas a dimensionamento e funcionamento que não descaracterizam o setor ou eixo de atividades e não comprometam a segurança e o sossego da vizinhança. (PMM, 2004, p. 17)

O Restaurante Universitário é um dos mais recentes prédios da instituição. Funciona desde 9 de setembro de 2011 inicialmente servindo apenas almoços e a partir de 27 de maio de 2013 passou a servir café, almoço e jantar a uma significativa parcela de frequentadores da universidade, chegando a servir em média 1372 refeições por dia no ano de 2012 (ver figura 15).



Figura 15 - Restaurante da UNIFAP.
Fonte: Autora

O prédio também possui significativa área de cobertura de 1546,23m², com telhas trapezoidais de aço galvanizado com isolamento termoacústico em Poliestireno Estendido - EPS - e acabamento interno de Policloreto de Vinila - PVC - atuando esteticamente como forro. A cobertura da edificação de estudo está sujeita ao acúmulo de resíduos poluentes oriundos da emissão de gases dos veículos que circulam na Rodovia Juscelino Kubitschek, a qual o Restaurante Universitário tem sua fachada principal direcionada (ver figura 16).

A edificação ainda não está sujeita à sombra de vegetação e por este motivo não acumula uma quantidade significativa de folhas, mas possui algumas árvores em seu entorno, formando o trajeto de algumas aves em que o Restaurante Universitário se encontra, deixando a cobertura sujeita à contaminação proveniente das fezes dos pássaros (ver figura 16).

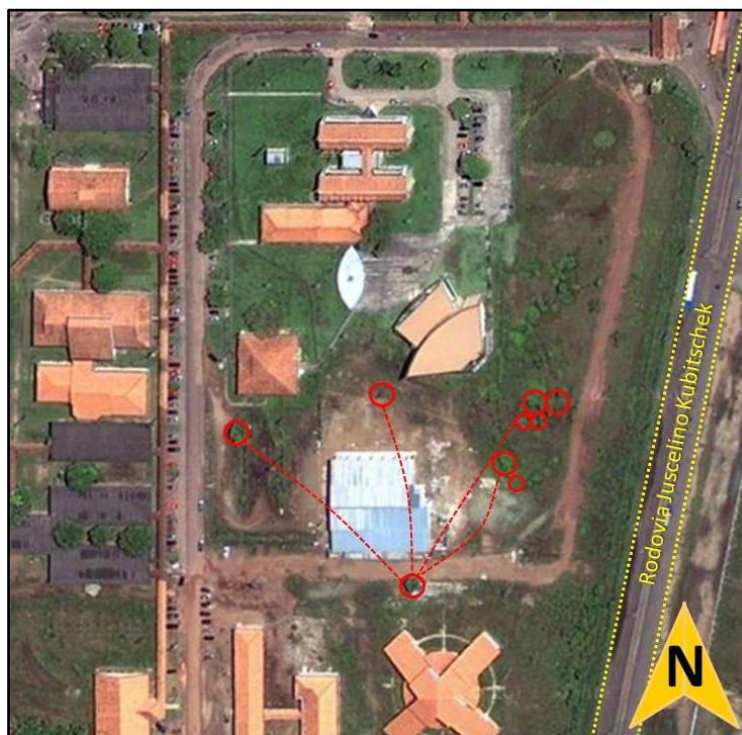


Figura 16 - Localização das árvores mais próximas do Restaurante da UNIFAP.
Fonte: Imagem de satélite adaptada de GNES/ Spot Image, Digital Globe, 2014.
(maps.google.com)

4.1. Viabilidade do projeto

O Restaurante Universitário está submetido a um regime pluviométrico favorável ao sistema de aproveitamento de água da chuva, A cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá, é cortada pela linha imaginária do Equador e possui clima equatorial quente e úmido, com chuvas na maior parte do ano, entre dezembro e julho, e no período crítico, que ocorre com maior frequência no mês de março ou abril, apresenta chuvas torrenciais, contrastando com um curto, porém intenso período de estiagem compreendido entre os meses de agosto a novembro com o período mais quente do ano alternando entre o mês de setembro e outubro (ver figura 17 e anexo III).

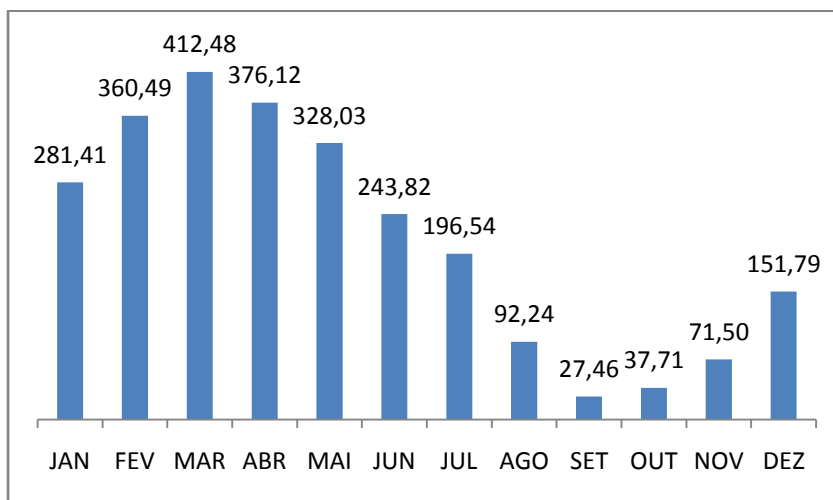


Figura 17 - Precipitação média mensal em milímetros de 1984 a 2013.
Fonte: Adaptado de INMET, 2013.

As características da edificação de estudo e da cidade na qual ela se localiza são favoráveis ao projeto, pois mesmo tratando-se de um restaurante onde o uso de água potável é maior do que o consumo que dispensa água potável (ver figura 18), o Restaurante Universitário é um dos prédios de maior fluxo de pessoas na instituição, tornando maior o volume de água que pode ser substituído por água não potável e por este motivo pode proporcionar economia significativa na conta de água da universidade. Além disso, a edificação passou por problemas de abastecimento devido a inconstância do abastecimento público, deixando o prédio diversas vezes parcialmente sem água e um dia sem expediente.



Figura 18 - Setorização do uso da água no restaurante da UNIFAP
Fonte: Adaptado da AEEA - UNIFAP, 2009.

A UNIFAP está inscrita no Projeto Esplanada Sustentável desde 2012 e deve apresentar resultados em 2015. Atualmente a universidade já trabalha com algumas medidas propostas pela oficina de boas práticas do projeto, como a redução de copos descartáveis, em que o servidor opta por utilizar copo ou caneca próprio ou uma caneca disponibilizada pela universidade, trabalha com a redução de papel ao optar pelo papel reciclado, utilizar os dois lados do papel com outra impressão ou anotações a punho e criar bloco de notas, crachás e pastas padrão e campo para identificação em branco para a realização de eventos evitando a sobra de material.

4.2. Projeto de aproveitamento de água pluvial

O levantamento necessário para a elaboração do sistema de aproveitamento de água consistiu em quantificar a área de telhado, conhecer a precipitação pluviométrica local, obter a demanda de água não potável do prédio e definir os pontos de uso.

Definiu-se como pontos de utilização que podem ser alimentados por água não potável as torneiras de jardim, as descargas sanitárias e de mictórios. Os pontos internos para a lavagem de pisos foram desconsiderados em função de haver contato humano direto e constante com a água não potável.

Demanda estimada: A demanda estimada de consumo predial mais utilizada no Brasil dada pela NB-92 da ABNT se refere apenas ao consumo de água de modo geral e na categoria restaurantes fornece a quantidade de 25 litros por refeição. Com relação ao uso de água não potável, Tomaz (2005, p.51) afirma que no Brasil não se tem este tipo de pesquisa. Deste modo houve a necessidade de levantar a demanda de água não potável por meio de questionários objetivos (ver apêndice B) distribuídos aos usuários do restaurante, sendo 100 durante o café da manhã, 300 durante o almoço e 100 durante o jantar, para um universo de usuários que totalizam 1372 refeições por dia (ver apêndice C). Cerca de 80% dos questionários foram respondidos. Aos funcionários foi elaborado um questionário subjetivo (ver apêndice A) a fim de saber como se dá o uso da água no funcionamento interno do restaurante.

Para estimar a demanda dos usuários, primeiramente fez-se uma média aritmética ponderada com os valores do número de vezes em que os usuários utilizam as descargas. Fez-se também uma média do consumo das descargas - mictório vaso com caixa acoplada e vaso com válvula de descarga - e

multiplicou-se pelo número de vezes que os usuários utilizam as descargas por dia, pelo número de dias úteis do mês e pelo número de usuários ao dia (ver apêndice E).

Para a demanda dos funcionários, usou-se os parâmetros de engenharia dos Estados Unidos para o consumo residencial de água, que revelam que durante o dia uma pessoa utiliza a bacia sanitária entre 4 e 6 vezes e que o número mais provável é de 5 vezes (TOMAZ, 2005, p. 51). Com base nesta informação fez-se uma relação de proporção para o tempo de 8 horas de expediente dos funcionários, obtendo o número de 2 vezes ao dia. Este valor foi multiplicado pela média do consumo de todos os pontos de descargas - mictório vaso com caixa acoplada e vaso com válvula de descarga -, pelo número de funcionários ao dia e novamente pela quantidade de dias úteis do mês (ver apêndice E).

Para as torneiras de jardim utilizaram-se os mesmos parâmetros de engenharia, porém para o uso externo, que revelam que para área de gramado ou jardim utiliza-se 2 litros por m^2 ao dia (TOMAZ, 2005, p. 52). De acordo com esta informação, multiplicou-se esta quantidade pela área de gramado do restaurante, considerando rega todos os dias úteis nos meses secos. Fez-se este cálculo para os meses de transição entre as chuvas e a estiagem considerando a rega dia sim e dia não e com os meses chuvosos, desconsiderando a rega. Após conhecer os valores de cada mês, fez-se média aritmética entre eles (ver apêndice E).

A demanda de água não potável mensal dos usuários foi de 137518,30 litros, a dos funcionários foi de 4391,20 litros e a rega de jardim foi 14925,09 litros, totalizando uma demanda média mensal de 141909,50 litros por mês.

Dimensionamento de calhas e condutores: Para o dimensionamento das calhas foi obtida a área do telhado através da equação adequada para o tipo de área de contribuição do Restaurante Universitário, superfície inclinada, apresentada na ABNT NBR 18044 de 1989 (ver anexo II). Através deste cálculo, obteve-se o valor de 1546,23 m^2 de área de contribuição.

Utilizando a equação 2 considerou-se a declividade $S=0,5\%$, coeficiente de rugosidade Manning de $n=0,011$, área da seção molhada $A=0,012m^2$ (0,1x 0,12) e perímetro molhado $P=0,32m$ (0,1+0,1+0,12), obteve-se a vazão na calha de 518,54 L/min ou 8,64 L/s.

Para os condutores verticais, utilizou-se o ábaco da NBR ABNT 10844 de 1989 para determinar o diâmetro da calha com saída de aresta viva (ver

figura 5). Através da vazão de 518,54 L/min encontrou-se o comprimento de 0,3m para o condutor e altura de 50 mm para a lâmina de água na calha.

Para os condutores horizontais de seção circular utilizou-se a tabela 6 e encontrou-se 150 mm de diâmetro interno através do número mais próximo da vazão da calha e declividade de 0,5%.

Apresentou-se aqui o dimensionamento de condutores para o prédio do Restaurante Universitário, porém devido as dimensões existentes serem compatíveis com o dimensionado anteriormente, optou-se por manter as características do projeto original, fazendo-se apenas a condução por caixas de passagem ao invés de caixas de areia a fim de conduzir a água pluvial para o reservatório de armazenamento, retirando-a da rede de drenagem do prédio.

Dimensionamento do reservatório de autolimpeza: Para este reservatório adotou-se 0,4 litros por m² de telhado, resultando em volume de 618,49 litros, adotando-se para o projeto um reservatório de 700L.

Para o dimensionamento do orifício de escoamento, utilizou-se a equação 3, considerando-se 0,5 m para a altura da água e o esvaziamento do volume de 700 litros em 20 minutos. Deste modo encontrou-se a vazão $Q=0,000583 \text{ m}^3/\text{s}$, a área do tubo de escoamento $A_0=0,000300394 \text{ m}^2$ e através da equação 4 encontrou-se o diâmetro $D=0,0195\text{m}$, adotando se para o projeto um tubo de 20mm.

Dimensionamento do reservatório de armazenamento: Dentre os métodos de dimensionamento apresentados, foi escolhido o método de análise da simulação em virtude do mesmo mostrar o comportamento da água armazenada, levando em consideração a demanda, a água que excederá a capacidade e a quantidade necessária para suprir a falta de água não potável no reservatório durante os meses de estiagem.

A precipitação média mensal foi calculada com os dados dos últimos 30 anos (ver figura 17 e anexo III) e a demanda foi calculada de acordo com os registros gerados mensalmente pelo restaurante, demonstrando a variabilidade de número de usuários durante o ano. Ainda que seja um período muito curto de funcionamento, o Restaurante Universitário tem seu fluxo variável em função das férias, ensino modular, aulas de graduação concomitantes ao ensino modular em decorrência de mudanças no calendário acadêmico causadas por eventuais greves no ensino superior e eventos em que os participantes utilizam o restaurante. Para efeito de cálculo, utilizou-se os dados dos últimos 12 meses, porém o restaurante ainda não completou um ano de

funcionamento servindo café, almoço e jantar, adotando-se a média aritmética dos meses em que foram servidas as três refeições diárias para os meses em que ainda se servia apenas o almoço. A seguir, tem-se a planilha do método com os dados da edificação de estudo (ver tabela 11).

Mês	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Vol. de chuva mensal	Vol. do reserv. fixado	Vol. do reserv. no tempo t-1	Vol. do reserv. no tempo t	Overflow	Sup. Externo de água
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	281	157	1546	348	40	0	40	151	0
Fev	360	142	1546	446	40	40	40	304	0
Mar	412	142	1546	510	40	40	40	368	0
Abr	376	142	1546	465	40	40	40	323	0
Mai	328	142	1546	406	40	40	40	264	0
Jun	244	149	1546	302	40	40	40	152	0
Jul	197	209	1546	243	40	40	40	34	0
Ago	92	225	1546	114	40	40	-71	0	71
Set	27	133	1546	34	40	-71	-171	0	171
Out	38	58	1546	47	40	-171	-183	0	183
Nov	72	225	1546	88	40	-183	-319	0	319
Dez	152	157	1546	188	40	-319	-288	0	288
Tot.	2580	1882		3191				1597	1032
	mm	m ³ /ano		m ³ /ano					

Tabela 11 - Método da análise da simulação para o restaurante da UNIFAP com dados pluviométricos da estação de coleta do distrito de Fazendinha, no município de Macapá.
Fonte: Autora

Primeiramente, calculou-se o dimensionamento do reservatório de armazenamento através de todos os métodos utilizados para encontrar o volume do reservatório apresentados, isto é, Método de Rippl, Azevedo Neto, Prático Alemão e o Prático Inglês e fez-se uma média aritmética entre os valores encontrados, resultando em 246m³. Em função da demanda, o volume do reservatório encontrado foi inviável economicamente, pois além de ser um volume muito grande e ainda assim faltaria água. Também se fez experimentos até que chegasse a um volume em que não faltasse água, resultando no volume de 359m³.

Observou-se que o método da simulação apenas aponta como abastecimento constante, isto é, aquele em que não falta água durante o ano inteiro, o volume em que o reservatório seja capaz de, no fim do mês, suprir a demanda do mês seguinte inteiro. Deve-se ressaltar que a cada dia a demanda liberará a capacidade do reservatório, que estará pronto para receber no máximo o mesmo volume consumido antes da próxima chuva.

Deste modo, para chegar ao volume ideal de 40m³, foi definido o abastecimento para suprir ao menos o número próximo de dias sem chuva durante o inverno. De acordo com os dados pluviométricos da região, o número

máximo de dias seguidos sem chuva durante o inverno foram 10 dias e o mais comum são 5 (INMET, 2014). Dividiu-se a demanda mensal pelo número de dias úteis, considerou-se 22, e obteve-se o número mais frequente de 7m³. Ainda assim, para demandas atípicas e os meses de estiagem, adotou-se um sistema de retroalimentação, que será acionado por uma torneira boia quando a água do reservatório de armazenamento estiver se esgotando. Admitiu-se para este acionamento a altura de 0,6m correspondendo a 10m³ para evitar problemas na bomba quando ocorrer uma eventual coincidência do acionamento da torneira boia e o acionamento da bomba, pois a vazão de sucção da bomba será maior que a da alimentação, ocasionando falta de fluido para o recalque.

Tratamento e manutenção: Optou-se pelo clorador flutuante em função da sua praticidade, ressaltando-se as análises da água previstas na ABNT NBR 15527 de 2007 (ver tabela 10). A referida norma também prevê uma frequência de manutenção (ver tabela 12) que deve ser igualmente seguido, fazendo-se a limpeza do reservatório preferencialmente no mês que antecede as chuvas, neste caso, novembro.

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

Tabela 12 - Frequência de manutenção.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527, 2007, p.5.

3.3. Custo e tempo de retorno do investimento estimado do projeto

Durante o cálculo do Método de Análise da Simulação, verificou-se que o volume de água economizado não estava explícito na planilha. Para encontrar este valor, tomou-se por base o comportamento do reservatório quanto ao *overflow*, isto é, o volume que excederá a capacidade do reservatório. Este elemento está representado na planilha e revela que para o projeto do Restaurante da UNIFAP haverá sete meses de *overflow*, logo ao menos a soma da demanda destes sete meses, totalizada em 1083m³, será o volume da demanda água não potável suprida anualmente.

Ao obter este volume, fez-se uma estimativa de quanto seria economizado ao ano com as contas de água se houvesse um medidor de água individual para o Restaurante Universitário (ver tabela 13) com base nas taxas da CAESA (ver anexo V).

Simulação da economia na conta de água							
Valor cobrado (R\$)	Taxa mín. para categoria de consumo público	taxa 11 a 20 x 10	taxa 21 a 30 x 10	taxa de 31 a 50 x 10	taxa acima de 50	Total mensal	Total anual
		97	5,02	5,02	5,02		
Não potável	97	50,2	50,2	100,4	202,06	499,86	5998,26
Total	97	50,2	50,2	100,4	3581,27	3879,07	46548,82
Percentual economizado ao ano (%)				12,89			

Tabela 13 - Simulação da economia de água com base nas taxas da CAESA com valor economizado em destaque.

Fonte: A autora

O preço da água foi calculado da seguinte forma: se fez média aritmética com o volume anual economizado, dividindo-se o volume anual pelo número de meses considerados. Após este resultado de 90,25, subtraiu-se deste valor os primeiros 10m³ que estão inclusos na taxa mínima, multiplicou-se pelo dos m³ excedentes e somou-se com a taxa mínima, isto é: $[(90,25-10) \times 5,02] + 97 = 499,86$. O mesmo cálculo foi feito para a demanda total e com estes dados foi possível calcular o percentual economizado durante o ano que foi de 12,89%.

O tempo de retorno será igual ao custo total do investimento (ver apêndice G) dividido pela economia anual na conta de água (ver tabela 13). desconsiderando ajustes nas taxas, para este projeto o tempo de retorno do investimento calculado foi de 18, 85 anos, isto é, 18 anos e 11 meses, um tempo considerado relativamente longo.

CONSIDERAÇÕES

O Projeto Esplanada Sustentável teria mais eficiência se fosse implantado em órgãos de outras esferas e se tivesse surgido logo após a meta da Agenda 21 e não duas décadas depois. Ainda que a universidade esteja inscrita no projeto e tenha implantado algumas medidas, a instituição ainda caminha devagar em relação ao prazo para a apresentação dos resultados. A troca do papel comum pelo reciclado mais escuro, por exemplo, acaba consumindo mais tinta na impressão devido a diversos ajustes nas impressoras para adequar o material impresso à cor do papel. Há outras medidas com resultado rápido como fabricar sabão com a gordura gerada no restaurante universitário, fabricar lixeiras com material reciclado ao invés de comprá-las, e medidas de resultado a longo prazo como elaborar projetos de captação de energia solar, tratar o esgoto e reutilizar a água para regar as plantas, captar água pluvial utilizando um único reservatório para vários prédios.

Ainda que o ambiente da pesquisa tenha sido no ambiente universitário, observou-se durante a aplicação dos questionários que de todos os usuários entrevistados, os que demonstraram maior interesse sobre o tema da pesquisa foram os estudantes das ciências biológicas e ambientais. Isto mostrou que a importância da água ainda é um assunto importante para poucas pessoas que atuam em áreas afins, embora seja essencial na vida de todos.

Fala-se em dessalinização da água do mar em lugares com características de deserto ou ainda rodeados por água salgada, mas percebeu-se que até mesmo na região amazônica, com água doce em abundância, a região litorânea é passível de problemas de abastecimento a ponto de recorrer à esta técnica cara, podendo ter esta situação agravada quando a seca atinge os rios dificultando a retirada de água suficiente para dessalinizar.

Atingiu-se o objetivo de elaborar um projeto de aproveitamento de água para o restaurante da UNIFAP. Durante o projeto, respeitou-se as características originais do prédio, considerando-se uma diretriz importante para qualquer projeto de intervenção arquitetônica. Este trabalho deixou uma possibilidade de estudar diversas tipologias arquitetônicas e, sobretudo pensar o desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água durante a elaboração do projeto hidráulico e da drenagem pluvial, pois dependendo da capacidade do reservatório e da vazão nas calhas, este pode ser um tanque externo, e não

enterrado, e os condutores podem acessá-lo estando localizados a uma altura em que possam alcançá-lo, dependendo da solução estética escolhida de acordo com o dimensionamento dos condutores.

A demanda de água não potável demonstra a possibilidade de imprecisão devido aos dados serem coletados através de questionários e não através de medidores de consumo nos pontos de utilização.

Durante a elaboração do projeto, a maior dificuldade foi compreender o real volume necessário do reservatório de armazenamento após a escolha do Método de Análise da Simulação devido ao fato de ele demonstrar o comportamento do reservatório mensalmente, desconsiderando os dias que não chovem e a demanda diária que libera a capacidade do reservatório todos os dias.

A disposição arquitetônica dos conjuntos de banheiros juntamente com a configuração do projeto hidráulico original facilitou consideravelmente a separação do abastecimento de água potável e de água não potável, sendo a etapa que demandou menos tempo no projeto.

A implantação do projeto de aproveitamento de água pluvial para a edificação escolhida demonstrou-se viável do ponto de vista financeiro e da conservação da água, pois mesmo que o tempo de retorno do investimento demore e que o projeto não atenda toda a demanda de água não potável, haverá economia após o pagamento do investimento, a redução do consumo de água potável, a retirada do volume de água da rede de drenagem reduzindo a necessidade de ampliações, e suprir o abastecimento de água não potável do prédio quando ocorrer interrupção no abastecimento da rede pública durante o inverno.

A demanda de água não potável não foi totalmente atendida em função de tratar-se de uma edificação existente e em função da demanda elevada ser incompatível com a área de captação, direcionando os cálculos a volumes relativamente grandes de reservatórios. Uma possibilidade de reduzir os custos financeiros deste projeto seria coletar a demanda real do prédio e uma possibilidade de ampliar os benefícios deste projeto seria a elaboração de um projeto de aproveitamento de água integrado nas quadras da universidade, isto é, coletar água de todos os telhados de uma quadra e direcionar o volume de

água para um só reservatório que por sua vez atenderia as demandas de todos os prédios da quadra, pois há prédios com grandes áreas de coleta e pouca demanda de água não potável e vice e versa.

REFERÊNCIAS

- ACRITICA, **Mais de 900 moradias no interior do Amazonas receberão melhorias sanitárias**, 2011. Disponível em: <http://acritica.uol.com.br/amazonia/Amazonas-Manaus-Amazonia-moradias-Amazonas-receberao-melhorias-sanitarias_0_481152111.html> Acesso em: 23 dez. 2013 às 11h54.
- ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora, 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_agua_em_edificacoes.pdf> Acesso em 17 dez. 2013 às 10h48.
- ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689> Acesso em 13 nov. 2013 às 15h36.
- BRASIL. Portaria Interministerial nº 244 de 06 de Junho de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 Jun. 2012. Seção I pág. 137. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Ptr_Intermin_244_de_060612.pdf> Acesso em 09 Set. 2013 às 01h16.
- CAMARA DOS DEPUTADOS. **Conferência das Nações Unidade sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>> Acesso em 09/09/2013 às 01h32.
- CAMPOS, M. A. **Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos**. São Carlos, São Paulo: UFSCar, 2004. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/13marcus.pdf>> Acesso em 25 nov. 2013 às 23h27.
- CARVALHO, G. S. **Análise de uma proposta de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para uso em bacias sanitárias com caixa acoplada em residências unifamiliares**. Rio Claro, SP: UNESP, 2007. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/08gabriela.pdf>> Acesso em 14 mar. 2013 às 09h38.
- COCA-COLA. **Coca-Cola Brasil Faz Balanço de Recursos Hídricos**, Coca-Cola Brasil, 2006. Disponível em: <<http://cocacolabrasil.com.br/imprensa/release/coca-cola-brasil-faz-balanco-de-recursos-hidricos/>>. Acesso em: 23 dez. 2013 às 11h38.
- COUTO, V.B. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. Joinville: UDESC, 2012. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/TCC_VanessaBaccaCouto.pdf> Acesso em 04 mar. 2013 às 09h50.
- ELECTROLUX. **Lec-12**. 2013 Disponível em: <<http://www.electrolux.com.br/Products/Lavanderia/Lavadoras/LEC12>> Acesso em 14 mar. 2014 às 15h12.

GEA, Governo do Estado do Amapá. **Defesa Civil prepara transporte de água para a Vila Sucuriju**, JusBrasil, 2011. Disponível em: <<http://gov-ap.jusbrasil.com.br/politica/6416446/defesa-civil-prepara-transporte-de-agua-para-a-vila-sucuriju>> Acesso em: 21 nov. 2013 às 10h58.

MACAPÁ. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Macapá (PDDUM)**. Macapá: PMM, 2004.

MAY, S. **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para uso não potável em edificações**. São Paulo: USP, 2004. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/14simone.pdf>> Acesso em 09 set. 2013 às 01h12.

PADOVAN, A. Do luxo neoclássico ao moderno e high-tech, **Green Building: A revista da construção sustentável**, São Paulo, SP: Nova Gestão, Ano I, n. 06, p. 24-28, Jul/Ago 2013. Disponível em: <<http://tetraarq.com.br/wp-content/uploads/2013/07/REVISTA-GREEN-BUILDING-FONTE-NOVA-2.pdf>> Acesso em 23 Jan. 2014 às 11h14.

SABESP. **Dessalinização da água**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/interna/Default.aspx?secaoId=100>>

SANTANA, A. Ondas da Sustentabilidade, **Green Building: A revista da construção sustentável**, São Paulo, SP: Nova Gestão, Ano I, n. 06, p. 30-33, Jul/Ago 2013. Disponível em: <<http://tetraarq.com.br/wp-content/uploads/2013/07/REVISTA-GREEN-BUILDING-FONTE-NOVA-2.pdf>> Acesso em 23 Jan. 2014 às 11h14.

SILVA, T. L., **Estudo de Viabilidade Técnico- Económico do Aproveitamento das Águas em Sistemas Prediais**. LISBOA: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/9628/1/Silva_2012.pdf> Acesso em 17 dez. 2013 às 11h39.

SOUSA, A. C. C. **Responsabilidade social e desenvolvimento sustentável: A incorporação dos conceitos à estratégia empresarial**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/sousacc.pdf>> Acesso em 13 nov. 2013 às 14h48.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva** Para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

APÊNDICE A - Questionário aplicado aos funcionários do Restaurante
Universitário respondido

1. Quantas pessoas trabalham no Restaurante?
16 funcionários nos dois turnos.
2. Quantas vezes é feita a limpeza do piso interno?
Todos os dias. Duas vezes ao dia.
3. De que modo esta limpeza é feita?
À baldes e após a retirada do excesso com rodo, passa-se pano.
4. Quantas vezes é feita a limpeza do piso externo?
Não é lavado.
5. Quantas vezes o jardim é regado?
O serviço é feito por empresa contratada da universidade responsável pela manutenção e limpeza.
6. Quantas vezes foi necessário fazer manutenção no sistema hidráulico?
Poucas vezes. Um problema num banheiro e outro numa pia, com exceção da mais recente falta de água.
7. Qual o horário de expediente?
Das 6h às 15h (1º turno) e 13h às 21h (2º turno).
8. A torneira de lavagem de carrinhos já foi utilizada alguma vez? O que se lava com esta torneira?
Não tem utilização.
9. Quantas vezes a bomba é ligada por dia (antes e depois da solução emergencial)?
Não havia bomba.
10. Quantos litros de água se gasta por dia?
As caixas totalizam 10 mil litros, mas só se consegue encher 8 mil por dia. A bomba é ligada 1 vez (durando o abastecimento até as 4h) e algumas vezes ligada pela tarde.

Observações:

- Verificar o tipo de mictório usado: Mictório de descarga contínua.
- Verificar para onde é conduzida a água proveniente das centrais de ar: Vai para a rede de drenagem do prédio.
- Verificar como se dá o uso da água no prédio: Consumo aparentemente sem desperdícios, porém a manutenção periódica da máquina de lavar louças otimizaria o consumo de água, pois ela não funciona corretamente, sendo necessária a retirada manual de sabão das bandejas por duas vezes – com o funcionamento correto seria necessária apenas uma retirada.

APÊNDICE B - Questionário aplicado aos usuários do Restaurante Universitário

Pesquisa quantitativa sobre o consumo de água no prédio do Restaurante Universitário para dar suporte à monografia com tema de Aproveitamento de Água da Chuva Para Fins Não Potáveis: Um projeto para o Restaurante da UNIFAP

O Restaurante Universitário possui 4 características favoráveis para a implantação de um projeto de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis:

- 1) Está localizado em uma cidade que possui um alto regime de chuvas (dezembro a julho) em contraste com um pequeno e também intenso período de estiagem (agosto a novembro);
- 2) Possui uma grande área de captação de água pluvial (1546 m² de telhado);
- 3) Enfrentou problemas de abastecimento recentemente;
- 4) É o prédio da universidade com maior fluxo de pessoas, podendo mostrar relevância na quantidade de água economizada.

Pretende-se fazer uma estimativa da quantidade de água que não demanda tratamento, isto é, da quantidade que pode ser substituída por água da chuva sem prejuízo (descargas sanitárias, rega de jardim, lavagem de piso), pois a estimativa de consumo utilizada informa o consumo total de 25 litros de água por refeição servida. Esta pesquisa objetiva saber quanto deste valor pode ser substituído por água não potável.

1. Você desenvolve atividades na universidade em que/quais turno(s)?

<input type="checkbox"/> Manhã	<input type="checkbox"/> Café	<input type="checkbox"/> Manhã, tarde e noite
<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Almoço	<input type="checkbox"/> Outro:.....
<input type="checkbox"/> Noite	<input type="checkbox"/> Jantar
2. Com que frequência você utiliza o restaurante?

<input type="checkbox"/> Todos os dias	<input type="checkbox"/> Ao menos _____ vezes por semana
<input type="checkbox"/> Ao menos 3 vezes na semana	<input type="checkbox"/> Outro:.....
<input type="checkbox"/> Raramente
3. Qual/quais refeições você costuma fazer no R. U. durante o período em que você permanece na universidade?

<input type="checkbox"/> Café	<input type="checkbox"/> Café e almoço	<input type="checkbox"/> Café, almoço e jantar
<input type="checkbox"/> Almoço	<input type="checkbox"/> Café e jantar	<input type="checkbox"/> Outro:.....
<input type="checkbox"/> Jantar	<input type="checkbox"/> Almoço e jantar
4. Durante o período em que você permanece na universidade quantas vezes você utiliza o banheiro do R.U. (descarga sanitária ou de mictórios)?

<input type="checkbox"/> Uma	<input type="checkbox"/> Outro:.....
<input type="checkbox"/> Duas
<input type="checkbox"/> Três	

APÊNDICE C - Resultados do questionário aplicado aos usuários do
Restaurante Universitário

Resultados da pesquisa sobre o uso da água no Restaurante Universitário	
Você desenvolve atividades na universidade em que/ quais turno(s)?	
Manhã	33
Tarde	20
Noite	36
Manhã e tarde *	170
Manhã e noite *	5
Tarde e noite *	17
Manhã, tarde e noite	88
Outro	
Não respondeu	38
Com que frequência você utiliza o restaurante?	
Todos os dias	255
Ao menos 3 vezes na semana	76
Raramente	23
Ao menos 1 vez na semana *	7
Ao menos 2 vezes na semana *	8
Ao menos 4 vezes na semana *	12
Qual/ quais refeições você costuma fazer no R. U. durante o período em que você permanece na universidade?	
Café	9
Café e almoço	155
Café e jantar	2
Café, almoço e jantar	73
Almoço	81
Almoço e jantar	45
Jantar	42
Outro	
Durante o período em que você permanece na universidade quantas vezes você utiliza o banheiro do R. U. (descarga sanitária ou de mictórios)?	
Uma	169
Duas	71
Três	49
Outro	
Nenhuma *	51
Raramente *	21
Não respondeu	12
As vezes *	4
Quatro ou mais *	5
Observações:	
1) Dos 300 formulários entregues durante o almoço, 226 responderam às questões. 2) As pessoas mais interessadas em responder eram do curso de biologia ou de ciências ambientais, logo as pessoas que demonstram importância quanto ao consumo de água ainda são as que estudam sobre o assunto. 3) Dos 100 formulários entregues durante o jantar, 94 responderam às questões. 4) Dos 100 formulários entregues durante o café, 79 responderam às questões.	
* Respostas preenchidas no campo "Outro"	

APÊNDICE D - MEMORIAL JUSTIFICATIVO DE PROJETO

MEMORIAL JUSTIFICATIVO DE PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O RESTAURANTE DA UNIFAP

A cidade de Macapá é banhada pelo Rio Amazonas e cercada de áreas alagadiças por influência de fluvial e pluvial. Porém, apesar de ser rodeada por água, a população não é totalmente abastecida por água do abastecimento público, levando a popularização da escavação e perfuração de poços para a obtenção de água. Esta prática em grande escala pode levar a exaustão das fontes subterrâneas e agravar o problema do abastecimento de água, demonstrando agressão ao meio ambiente. A cidade também sofre com problemas de drenagem nas vias e alagamentos nas áreas de ressaca - área de acumulação natural de água que sofre influência fluvial, pluvial e de marés.

Diante do contexto atual, pensou-se em elaborar um projeto de aproveitamento de água pluvial em um local que oportunizasse o acesso à informações sobre a elaboração e o funcionamento de um projeto como este, com a possibilidade de espalhar a prática do aproveitamento de água pluvial na cidade como uma segunda alternativa de obtenção de água, ainda que para fins não potáveis, e medida para a retirada de parte do volume de água pluvial da rede de drenagem e das ruas.

Escolha do local e da edificação

Como local favorável para este projeto, de acordo com as aspirações referidas acima, escolheu-se o campus Marco Zero da Universidade Federal do Amapá, devido ao seu caráter público e educacional. Dentre os diversos prédios que a compõem, o Restaurante Universitário mostrou-se atraente por possuir uma grande área de cobertura de 1546,23m² capaz de coletar grandes quantidades de água em função da alta precipitação anual, por ser o prédio de maior fluxo de frequentadores da universidade - servindo em média 1372 refeições ao dia, podendo trazer relevância à economia na fatura de água da universidade e finalmente por ter apresentado problemas no abastecimento de água.

Soluções plásticas

O Projeto de Aproveitamento de Água Pluvial para o Restaurante da UNIFAP foi entendido como uma intervenção para reduzir o consumo de água potável no prédio e introduzir o abastecimento de água não potável onde a qualidade da água não é necessária. Como todas as intervenções, o objetivo é interferir ao mínimo na edificação original e para este tipo de projeto, escolheu-se imprimir a sensação de o projeto de aproveitamento de água pluvial ter sido concebido juntamente com o projeto arquitetônico. Para que isso fosse possível, aproveitou-se todos os elementos pertinentes, como a disposição de calhas e condutores, caixas de passagem e a tipologia do castelo do reservatório elevado (ver apêndice F e jogo de pranchas).

Componentes do projeto

O dimensionamento de condutores foi baseado na calha existente no projeto e apresentou diâmetros divergentes, porém menores ou iguais aos existentes, então aproveitaram-se as dimensões existentes visando a economia na implantação e o resguardo das características originais.

O filtro VF6 foi escolhido em função da compatibilidade da área de contribuição requerida, pelo preço em relação aos demais filtros pesquisados e por dispensar o uso do reservatório de auto limpeza, reduzindo o custo do projeto. A caixa do filtro foi situada semi enterrada no nível do chão para facilitar a chegada e a saída de água pluvial no filtro em função da declividade.

No momento dos estudos sobre a capacidade do reservatório de armazenamento verificou-se que a disposição dos condutores deixava apenas a opção de um reservatório no nível das caixas de passagem, logo descartou-se o uso de um reservatório fabricado, pois os de maior capacidade não poderiam ser enterrados e os de menor capacidade demandariam reservatórios interligados e não um único, além disso, a instalação de um reservatório fabricado e enterrado requer uma proteção em concreto, levando a crer que seria mais vantajoso optar pelo reservatório fabricado. O formato do reservatório foi escolhido em função da facilidade de execução e a tampa elevada foi escolhida em função de impedir a entrada de sujeira oriunda do chão.

O castelo do reservatório elevado possui as mesmas características do castelo original para que se preserve a característica geral do volume do prédio, transmitindo a sensação de ter sido concebido juntamente com o prédio. Para diferenciar o tipo de abastecimento, optou-se por modificar a cor para um tom diferente da cor do castelo existente, porém presente na edificação.

O projeto hidráulico de distribuição de água não potável foi elaborado de forma a interferir o mínimo no projeto existente, fazendo-se somente a vedação onde não seria mais necessária a passagem de água potável e distribuir a água não potável nos pontos necessários.

APÊNDICE E - MEMÓRIA DE CÁLCULO

DEMANDA ESTIMADA

Descargas sanitárias		
Usuários		
Freq.	Peso	F x P
0	51	0
0,25	21	5,25
0,5	4	2
1	169	169
2	71	142
3	49	147
5	5	25
MAP=	Σ Peso	Σ F x P
	370	490,25
	1,32500	
Nº U	L/desc.	Nº desc.
1372	5,695	0,8
D= 137518,304		
Funcionários		
Nº Func.	L/Desc.	Nº desc.
16	6,2375	2
D= 4391,2		
Dtotal= 141909,504		

Jardim		
Ago, Set, Out, Nov		
Nº regas x	L/m² x	A (m²)
44	1	678,413
D= 29850,172		
Jun, Jul, Dez, Jan		
Nº regas x	L/m² x	A (m²)
22	1	678,413
D= 14925,086		
Fev, Mar, Abr, Mai		
Nº regas x	L/m² x	A (m²)
0	0	678,413
D= 0		
Demanda total não potável		
156834,590		
Demanda de água pot. Mensal		
763400		
Percentual de demanda não potável		
20,54 %		

Usuários: O número de usuários foi definido através de Média Aritmética Ponderada com os valores obtidos nos resultados dos questionários (ver apêndice C).

Demanda dos usuários: Fez-se Média Aritmética entre o número de refeições ao mês, resultando em 30184 e por sua vez, dividiu-se este valor por 22 chegando ao resultado de 1372 refeições ao dia. Fez-se Média Aritmética do consumo de todos os pontos de utilização destinado aos usuários e multiplicou-se pelo número de vezes em que o ponto é utilizado, pelo número de usuários/refeições ao dia e pelo número de dias úteis – considerou-se 22 para este cálculo.

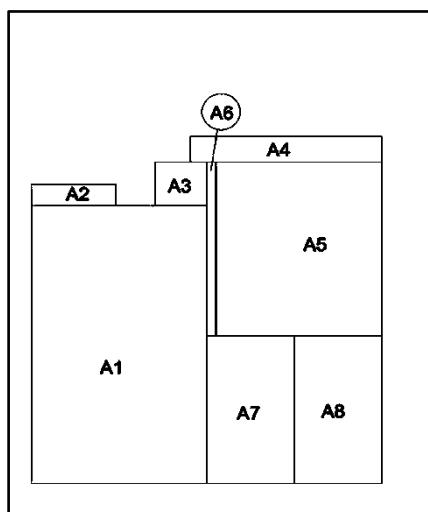
Demanda dos funcionários: O cálculo procedeu de maneira similar ao anterior, porém a estimativa de consumo não potável dos funcionários foi baseada na informação de que uma pessoa utiliza a bacia sanitária 5 vezes ao dia (TOMAZ, 2005, p. 51) fazendo-se uma proporção com o período de permanência dos funcionários no restaurante (ver apêndice A).

Demanda para rega de jardim: Com base na informação de que se gasta 2 L para cada m² ao dia (TOMAZ, 2005, p. 52) e com o conhecimento do número de regas no período de estiagem de 2 vezes ao dia e ausência de regas no período chuvoso (AEEA, 2014), considerou-se uma rega ao dia no período de transição entre estiagem e de chuvas intensas. Como o número de regas é L/m²/dia, considerou-se 1 L/m² em função do número de regas, sendo 44 regas nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro; 22 regas nos meses de junho, julho, dezembro e janeiro; e nenhuma rega nos meses restantes.

ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Área de contribuição				
A=	a	h	b	A
A1=	19,06	1,8	32	638,72
A2=	9,15	0,87	2,49	23,86665
A3=	5,56	0,53	5	29,125
A4=	20,8	1,97	4	87,14
A5=	19,09	1,79	20	399,7
A6=	1	0,1	20	21
A7=	9,58	0,91	17	170,595
A8=	10,51	0,99	16	176,08
$\Sigma A =$				1546,23

Foi calculada com base na equação para superfícies inclinadas apresentadas pela ABNT NBR 12257 de 2007 (ver anexo II) subdividindo as partes do telhado do modo que convieram como mostra a figura abaixo.



VAZÃO DE PROJETO

Vazão na calha		
Q=	I	A
Q=	157	1546,23
Q=	4045,96 L/min.m ²	
Q=	Vazão de projeto (l/min.)	
I=	Intensidade pluviométrica (mm/h)	
A=	Área de contribuição (m ²)	

A vazão de projeto foi definida de acordo com a equação 1, onde a intensidade pluviométrica de 175 mm/h para o período de retorno de 5 anos foi obtida através do valor apresentado para a cidade de Belém (ver anexo), pois para a cidade de Macapá ainda não há este estudo, sendo recomendação da norma ABNT NBR 12257 de 2007 utilizar o valor de uma cidade com características pluviométricas similares quando não há valor para a cidade desejada.

DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

Dimensionamento de calhas					
Q=	60000	A	N	Rh ^{2/3}	S ^{1/2}
Q=	60000	0,012	0,011	0,112035	0,005
Q=	518,536094 L/min				

Q=	Vazão de projeto (L/min)
A=	Área da seção molhada (m ²)
P=	Perímetro molhado (m)
Rh=	A/P = Raio hidráulico (m)
n=	Coefficiente de rugosidade de Manning

Para calcular a vazão na calha utilizou-se a equação 2 e adotou-se a área de seção molhada e perímetro molhado com base nas medidas da calha do projeto existente (ver anexo).

RESERVATÓRIO DE AUTO LIMPEZA

Q	Cd	A0	(2gh) ^{0,5}
Cd=	0,62		
A0=	0,000300394		
(2gh) ^{0,5} =	3,132091953		
Q=	0,000583333		

Q=	Cd	A0	(2gh) ^{0,5}
0,000583	0,62	A0	3,132092
0,000583	1,941897	A0	
0,000300394		A0	

A=	1546,23
l/m ² =	0,4
V=	618,49

A=	$\pi \cdot D^2/4$
D=	$(A \cdot 4/\pi)^{0,5}$
D=	0,019557
→	1,955692
→	1/2"

Para se calcular o reservatório de auto limpeza, utilizou-se a recomendação de 0,4 L/m² de área de contribuição, chegando ao resultado de 618,49 L. Para o orifício de saída do reservatório utilizou-se a equação 3, considerando altura do reservatório de 0,5m, adotando-se o volume de 700L, considerando o tempo de escoamento de 20 min. Encontrou-se primeiro a vazão através do esvaziamento de 700 L em 20 min., isto é, 0,000583333 m³/s e depois encontrou-se o diâmetro do orifício de escoamento através do cálculo da área do orifício encontrada previamente ao isolar-se a área A0 da equação 3.

MÉTODO DE RIPPL

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume de chuva acumulada	Demanda acumulada	Diferença entre a chuva e a demanda
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	281	157	1546	348	348	157	191
Fev	360	142	1546	446	794	299	495
Mar	412	142	1546	510	1304	441	864
Abr	376	142	1546	465	1770	583	1187
Mai	328	142	1546	406	2175	724	1451
Jun	244	149	1546	302	2477	874	1603
Jul	197	209	1546	243	2720	1083	1637
Ago	92	225	1546	114	2834	1308	1526
Set	27	133	1546	34	2868	1442	1426
Out	38	58	1546	47	2915	1500	1414
Nov	72	225	1546	88	3003	1725	1278
Dez	152	157	1546	188	3191	1882	1309
Total	2580	1882		126			1446
	mm	m ³ /ano		m ³ /ano			m ³

No Método de Rippl para demanda variável utilizou-se a planilha demonstrado na tabela 8, utilizando-se os dados de consumo do restaurante universitário e os dados pluviométricos da estação de coleta do distrito de Fazendinha, na cidade de Macapá, obtendo-se o volume do reservatório de 875 m³.

MÉTODO DE ANÁLISE DA SIMULAÇÃO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mês	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Vol. de chuva mensal	Vol. do reserv. fixado	Vol. do reserv. no tempo t-1	Vol. do reserv. no tempo t	Overflow	Suprim. de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	281	157	1546	348	40	0	40	151	0
Fev	360	142	1546	446	40	40	40	304	0
Mar	412	142	1546	510	40	40	40	368	0
Abr	376	142	1546	465	40	40	40	323	0
Mai	328	142	1546	406	40	40	40	264	0
Jun	244	149	1546	302	40	40	40	152	0
Jul	197	209	1546	243	40	40	40	34	0
Ago	92	225	1546	114	40	40	-71	0	71
Set	27	133	1546	34	40	-71	-171	0	171
Out	38	58	1546	47	40	-171	-183	0	183
Nov	72	225	1546	88	40	-183	-319	0	319
Dez	152	157	1546	188	40	-319	-288	0	288
Tot.	2580	1882		3191				1597	1032
	mm	m ³ /ano		m ³ /ano					

Para estimar o volume do Método de Análise da Simulação é necessário estimar um volume para o cálculo, então se fez Média Aritmética dos resultados dos outros métodos para cálculo do reservatório de armazenamento, porém verificou-se que os resultados apresentaram volumes muito grandes. Adotou-se então uma solução prática que consiste em determinar o abastecimento de 5 dias seguidos no período chuvoso, para que ao menos neste período do ano haja completo abastecimento de água não potável. Para isso, foi necessário o conhecimento do número de dias corridos sem chuva no período de inverno, que é 5 dias segundo o INMET/ NHMET (ver anexo) e a demanda diária obtida através da divisão do consumo mensal nos meses chuvosos pelo número de dias úteis do mês, chegando ao número mais frequente de 11m³. Considerou-se 40m³ para o reservatório de armazenamento e 10m³ para o reservatório elevado. Arbitrado o volume, o cálculo foi direcionado segundo a planilha demonstrada na tabela 9, chegando-se a um número indesejável de overflow e suprimento de água externo. Percebeu-se então que os valores estavam considerados mês a mês, ignorando o fato de que a cada dia a capacidade do reservatório era liberada conforme o consumo diário. Fez-se então um cálculo com base na seguinte observação: O método deixa explícito os meses e que ocorrerá o *overflow*, isto é, os meses em que haverá coleta superior à demanda. Logo, o sistema de aproveitamento será

capaz de suprir a demanda destes sete meses em que ocorreu *overflow*, sendo possível obter o volume da demanda suprida através da soma da demanda mensal que resultou em 1083m³, representando 57,54% de toda a demanda anual não potável e 11,82% da demanda total anual do prédio.

MÉTODO DE AZEVEDO NETO

Volume do reservatório				
V=	0,042	P	A	T
V=	0,042	2580	1546,23	4
V=	670089,98 Litros			

P=	Precipitação média anual (mm)
A=	Área de coleta em projeção (m ²)
T=	Nº de meses de pouca chuva ou seca
V=	Volume de água do reservatório (L)
Método Azevedo Neto (ABNT 15527/07)	

Para calcular o volume do reservatório de armazenamento utilizando o Método de Azevedo Neto, utilizou-se a equação 7, considerando 4 meses secos definindo-se como meses secos aqueles de baixa precipitação com relação aos demais expressos no gráfico da figura 17.

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Mês	Chuva média mensal (mm)	Área de captação	Volume de chuva aprov.
Jan	281,41	1546,23	348099,6674
Fev	360,49	1546,23	445920,3622
Mar	412,48	1546,23	510231,1603
Abr	376,12	1546,23	465254,4221
Mai	328,03	1546,23	405767,8615
Jun	243,82	1546,23	301601,4389
Jul	196,54	1546,23	243116,8354
Ago	92,24	1546,23	114099,4042
Set	27,46	1546,23	33967,58064
Out	37,71	1546,23	46646,66664
Nov	71,5	1546,23	88444,356
Dez	151,79	1546,23	187761,8014
Total de volume aproveitável			3190912

V=	V	D	6%
	3190912	2965009	0,06
	177901		

Para efetuar o cálculo do Método Prático Alemão, utilizou-se a equação 8, obtendo-se o volume de chuva aproveitável através da multiplicação da precipitação média mensal com a área de captação e o coeficiente de *Runoff*. Este volume foi calculado mês a mês a soma deles foi inserida no cálculo juntamente com a demanda de água não potável. O menor valor entre a

demanda e o volume de chuva aproveitável foi multiplicado por 6%, resultando em 177901 L.

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

V=	0,05	P	A
	0,05	2580	1546,23
	199432		

O Método Prático Inglês foi calculado utilizando a equação 9, multiplicando-se a precipitação média anual pela área de captação e por 5%, resultando em 199432 L.

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Area de captação (m ²)	Volume de chuva aprov. (m ³)	Volume do reserv. fixado	Vol. do reserv. no início do mês	Vol. do reserv. no fim do mês
Jan	281	157	1546	345,62	40	0	40
Fev	360	142	1546	443,45	40	40	40
Mar	412	142	1546	507,76	40	40	40
Abr	376	142	1546	462,78	40	40	40
Mai	328	142	1546	403,29	40	40	40
Jun	244	149	1546	299,13	40	40	40
Jul	197	209	1546	240,64	40	40	40
Ago	92	225	1546	111,63	40	40	-74
Set	27	133	1546	31,49	40	-74	-176
Out	38	58	1546	44,17	40	-176	-190
Nov	72	225	1546	85,97	40	-190	-329
Dez	152	157	1546	185,29	40	-329	-301

Para calcular o volume do reservatório de armazenamento através do Método Prático Australiano, adaptou-se a equação 11 para uma planilha, fazendo a substituição de $Q = \text{Volume de chuva aproveitável}$ pela equação 10. Este cálculo diferencia-se do Método de Análise da Simulação por incluir a Interceptação da água que molha as superfícies, isto é, $l=2\text{mm}$ e a ausência do suprimento de água externo, que na prática são os valores negativos da última coluna multiplicados por -1. O mesmo cálculo para obtenção do volume anual armazenado foi feito para este método, resultando em 1940,18 m³.

CONJUNTO MOTOR-BOMBA

Dimensionamento do conjunto motor-bomba		
1 - Vazão de recalque		
Qr=	Qb=	CD/t
Qr=	Qb=	0,000611
Onde:		
Qr= Vazão de recalque		

2 - Diâmetro de recalque e de sucção			
Fórmula de Forchheimer			
Dr=	1,3	\sqrt{Qr}	$^4\sqrt{x}$
Dr=	1,3	0,024721	0,6756
Dr=	0,021712	→	0,85479 → 1"
Dr=	1"	→	0,0254
Ds=	1 ¼"	→	0,03175
Onde:			
Dr= Diâmetro de recalque (adotar valor comercial)			
Ds= Diâmetro de sucção (adotar valor comercial imediatamente superior ao valor comercial de Dr)			

3 - Cálculo dos comprimentos virtuais de sucção e recalque		
Lvs=	Lrs +	Les
Lvs=	3,94	16,2
Lvs=	20,14	
Lvr=	Lrr +	Ler
Lvr=	6,35	0,7
Lvr=	7,05	
Onde:		
Lvs= Comprimento virtual de sucção		
Lrs= Comprimento real de sucção		
Les= Comprimento equivalente de sucção		
Lvr= Comprimento virtual de recalque		
Lrr= Comprimento real de recalque		
Ler= Comprimento equivalente de recalque		

No cálculo da vazão de recalque (1) considerou-se $CD=11m^3$ e $t=5h$, obtendo o resultado de 0,000611. Para o cálculo do diâmetro de recalque e de sucção (2), utilizou-se $x = \frac{1}{24}$, resultando no valor do diâmetro da tubulação de recalque em 0,021712 metros, arredondando para 1" e o diâmetro de sucção para 1 ¼". Para o cálculo dos comprimentos virtuais de sucção e de recalque (3), considerou-se a altura real de sucção de 3,94 e o comprimento equivalente de 16,2 referentes à curva de 90° longa e válvula de pé e crivo de 1 ¼" e considerou-se a altura real de recalque de 6,35 e o comprimento equivalente de 0,7 referente à curva de 90° longa de 1".

4 - Cálculo de perda de carga unitária na sucção e recalque					
Jr=	(Q /	55,934	x Dr ^{2,714})	^1,75	
Jr=	2,87868E-08				
Js=	(Q /	55,934	x Ds ^{2,714})	^1,75	
Js=	9,97516E-09				
Onde:					
Jr= Perda unitária no recalque					
Js= Perda unitária na sucção					

5 - Perda de carga na sucção e no recalque		
Hps=	Lvs x	Js
Hps=	20,14	9,97516E-09
Hps=	20,14000001	
Hpr=	Lvr x	Jr
Hpr=	7,05	2,87868E-08
Hpr=	7,050000029	
Onde:		
Hps= Perda de carga na sucção		
Hpr= Perda de carga no recalque		

6 - Perda total		
Hp=	Hps +	Hpr
Hp=	20,14	7,050000029
Hp=	27,19000004	
Onde:		
Hp= Perda total		

7 - Altura manométrica		
Hm=	Hg	Hp
Hm=	8,76	27,19000004
Hm=	35,95000004	
Onde:		
Hm= Altura manométrica		
Hg= Altura geométrica (diferença entre o nível mais alto do res. superior e o nível mais baixo do res. inferior)		

8 - Potência da bomba					
P=	Y	Q	Hm /	75	x n
P=	1000	0,000611111	35,95	75	0,5
P=	0,585851852		→	3/4 C.V.	
P=	Q x	Hm /	50		
P=	0,437202875		→	1/2 C.V.	
Onde:					
P= Potência da bomba					
Y= Peso específico do líquido a ser bombeado					
n= Rendimento global do conjunto elevatório					

Para o cálculo de perda de carga unitária na sucção e recalque (4), utilizou-se a vazão encontrada no primeiro passo, $Dr=0,021712$ e $Ds=0,03175$,

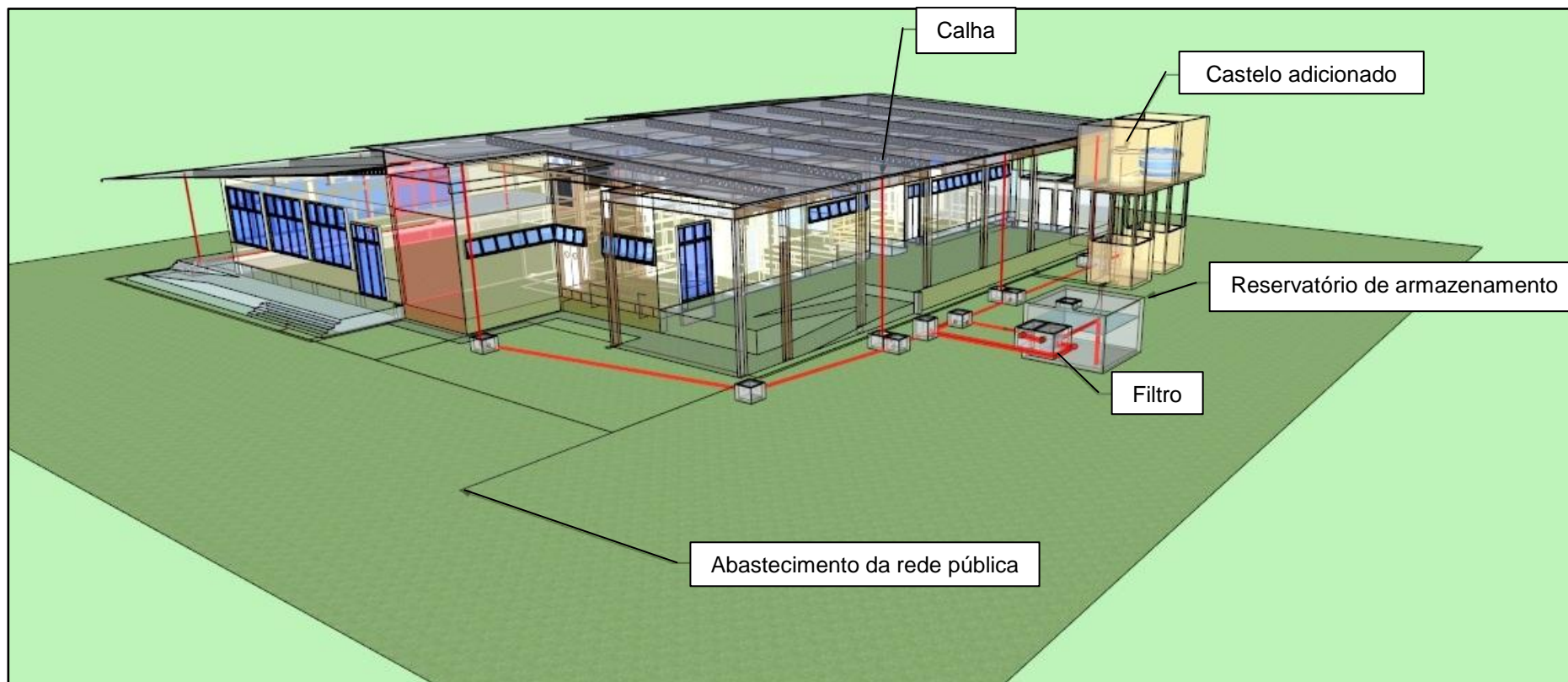
obtendo a perda no recalque de $2,87868^{-8}$ e a perda na sucção de $9,97516^{-9}$. Para calcular a perda de carga na sucção e no recalque (5) multiplicaram-se as respectivas perdas unitárias e os respectivos comprimentos virtuais. Para o cálculo da perda total (6) somou-se as perdas de carga na sucção e no recalque e para encontrar a altura manométrica (7) somou-se a perda total e a altura geométrica, chegando ao valor de 35,95m. Finalmente para o cálculo da potência da bomba (8) utilizou-se o peso específico da água $\gamma=1000 \text{ kgf/m}^3$ e rendimento $n=50\%$, resultando em uma bomba de potência $\frac{3}{4}$ c.v.

APÊNDICE F - VOLUMETRIA DO PROJETO

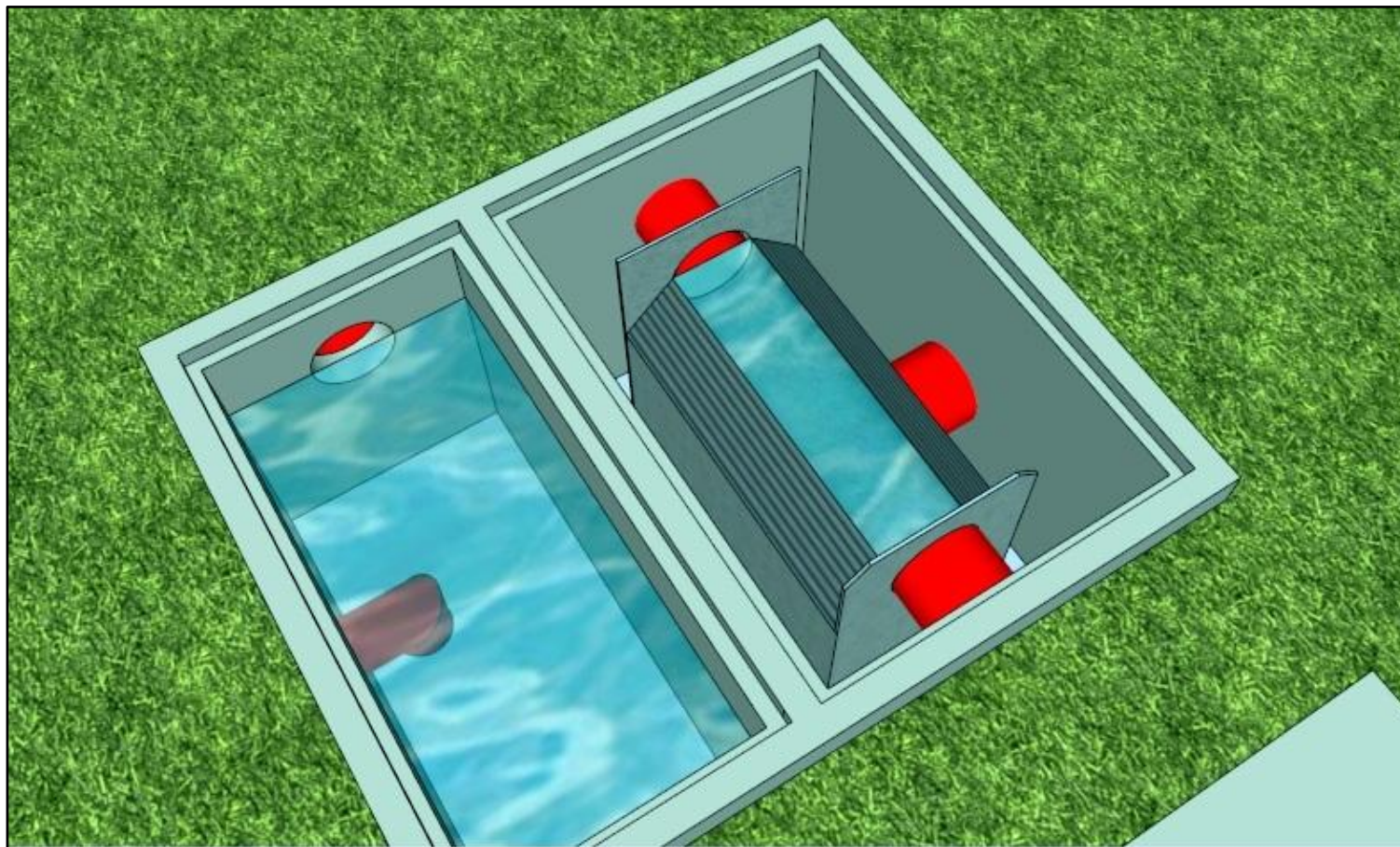
VOLUME DA EDIFICAÇÃO



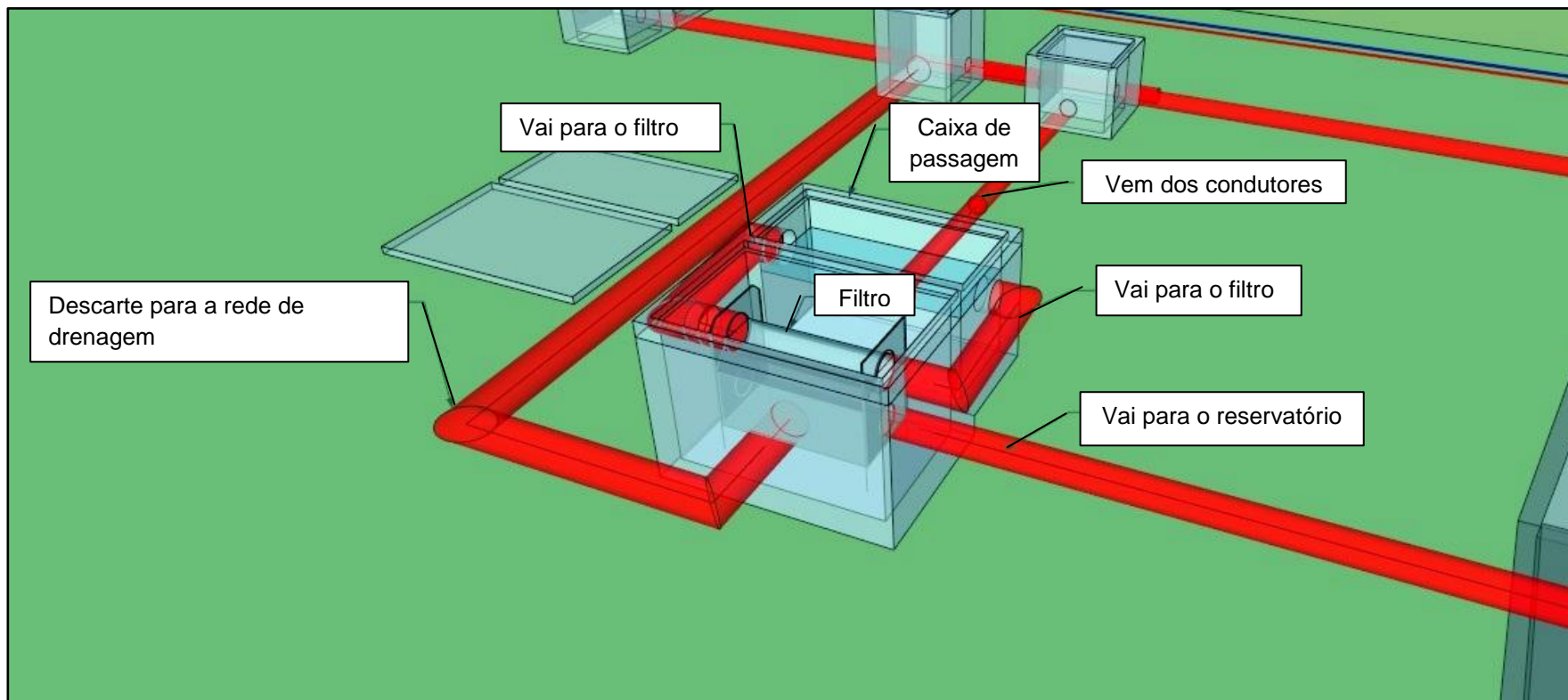
VOLUME DO PROJETO



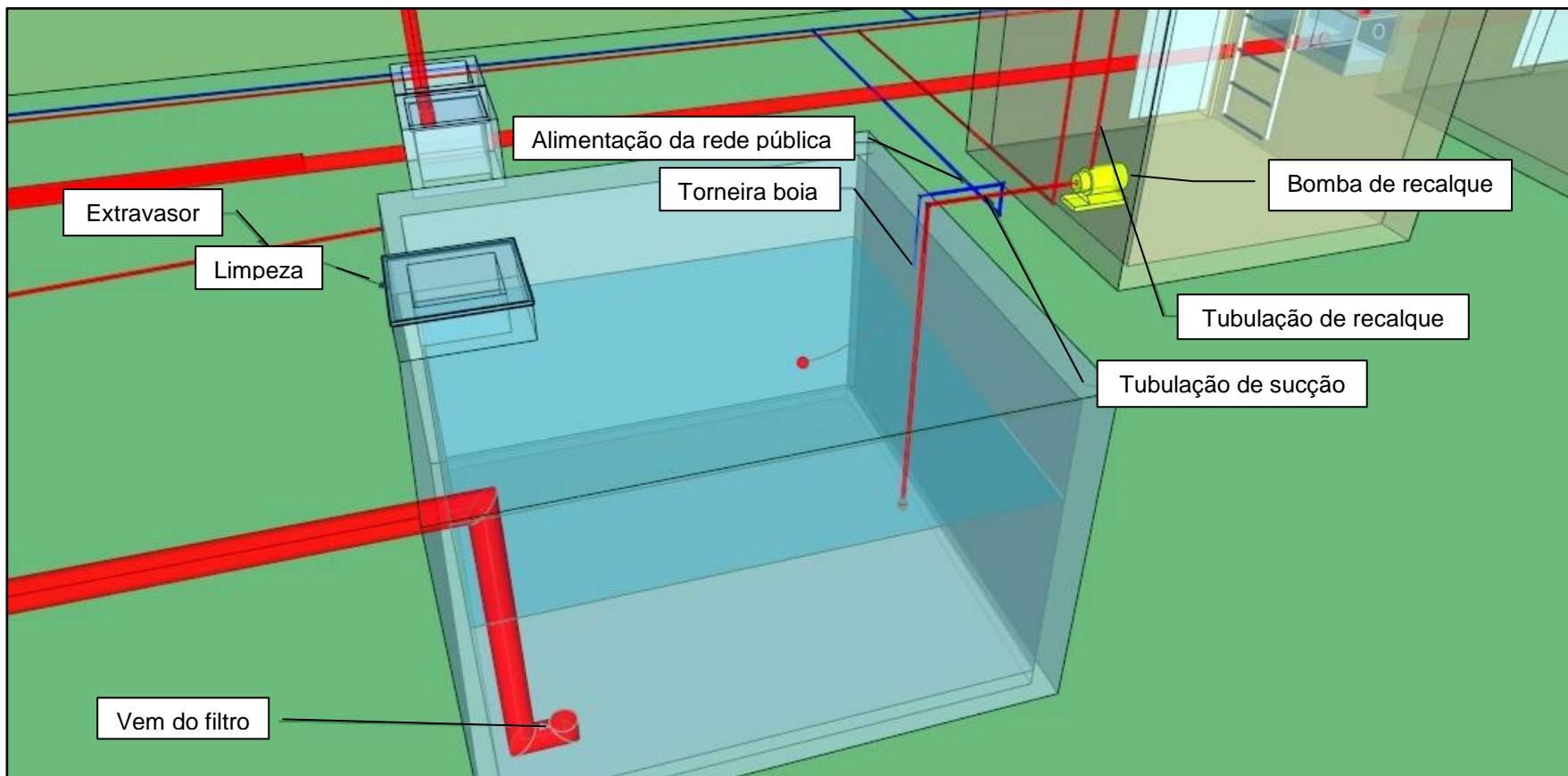
FILTRO COLETOR



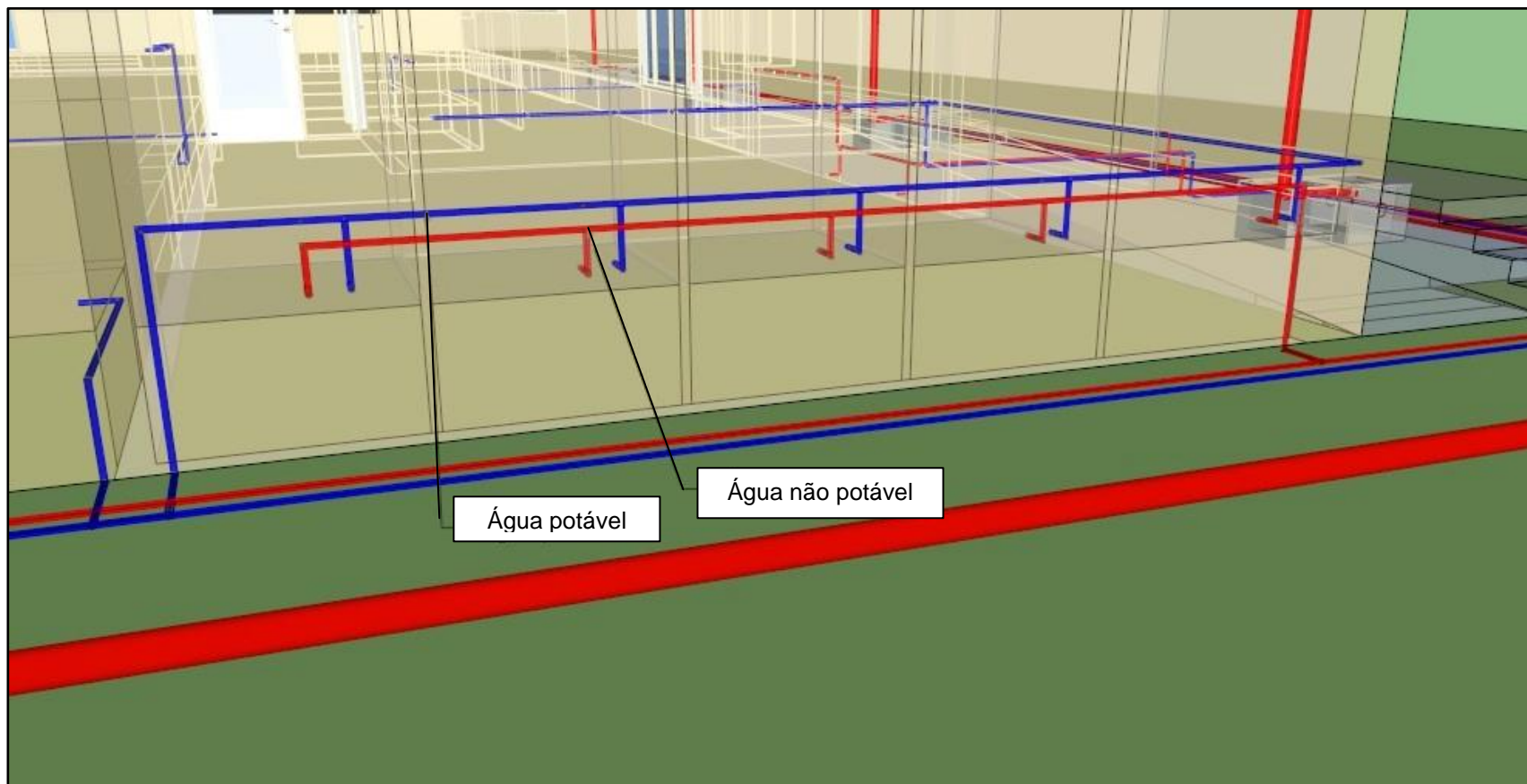
INSTALAÇÃO DO FILTRO COLETOR



VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO



DISTRIBUIÇÃO INTERNA



APÊNDICE G - ORÇAMENTO

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (1/3)

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL						
ITEM	REF	DISCRIMINAÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1		TUBOS				
1.1	SINAPI/Fev	Tubo de PVC soldável 20mm de 3m	m	3	3,21	9,63
1.2	SINAPI/Fev	Tubo de PVC soldável 25mm de 6m	m	108	4,12	444,96
1.3	SINAPI/Fev	Tubo de PVC soldável 32mm de 3m	m	9	7,14	64,26
1.4	SINAPI/Fev	Tubo de PVC soldável 40mm de 3m	m	45	10,09	454,05
1.5	SINAPI/Fev	Tubo de PVC soldável 60mm de 6m	m	66	19,88	1312,08
1.6	SINAPI/Fev	Tubo de PVC esgoto série R DN 150mm de 3m	m	123	60,42	7431,66
1.7	SINAPI/Fev	Tubo leve de PVC rígido 200mm	m	12	36,96	443,52
1.8	SINAPI/Fev	Tubo leve de PVC rígido 250mm	m	12	63,45	761,40
2		CONEXÕES				
2.1	SINAPI/Fev	Adaptador com flanges 32mm	un.	1	21,8	21,8
2.2	SINAPI/Fev	Adaptador com flanges 60mm	un.	1	45,44	45,44
2.3	SINAPI/Fev	Curva 90° longa 40mm	un.	4	5,19	20,76
2.4	SINAPI/Fev	Curva 90° longa 60mm	un.	1	19,08	19,08
2.5	SINAPI/Fev	Joelho PVC 90° soldável 25mm	un.	46	3,69	169,74
2.6	SINAPI/Fev	Joelho PVC 90° soldável 32mm	un.	6	4,67	28,02
2.7	SINAPI/Fev	Joelho PVC 90° soldável 40mm	un.	12	7,59	91,08
2.8	SINAPI/Fev	Joelho PVC 90° soldável 60mm	un.	1	24,14	24,14
2.9	COMPOSIÇÃO	Joelho PVC leve 90° DN 150mm	un.	15	68,77	1031,55
2.10	COMPOSIÇÃO	Joelho PVC leve 90° DN 200mm	un.	3	179,58	538,74
2.11	COMPOSIÇÃO	Joelho PVC 90° soldável 250mm	un.	6	538,56	3231,36

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (2/3)

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL						
ITEM	REF	DISCRIMINAÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
2.12	SINAPI/Fev	Joelho de redução PVC 90° soldável 25mm-20mm	un.	18	4,68	84,24
2.13	SINAPI/Fev	Luva PVC soldável 25mm	un.	1	2,13	2,13
2.14	SINAPI/Fev	Luva PVC soldável 40mm	un.	3	13,26	39,78
2.15	SINAPI/Fev	Redução de PVC soldável 40mm-25mm	un.	5	4,81	24,05
2.16	SINAPI/Fev	Redução de PVC soldável 60mm-25mm	un.	2	10,1	20,2
2.17	SINAPI/Fev	Redução de PVC soldável 60mm-40mm	un.	4	13,53	54,12
2.18	SINAPI/Fev	Tê de PVC soldável 25mm	un.	15	4,22	63,3
2.19	SINAPI/Fev	Tê de PVC soldável 32mm	un.	1	6,28	6,28
2.20	SINAPI/Fev	Tê de PVC soldável 40mm	un.	6	11,37	68,22
2.21	SINAPI/Fev	Tê de PVC soldável 60mm	un.	4	34,19	136,76
3		REGISTROS E VÁLVULAS				
3.1	COMPOSIÇÃO	Válvula de esfera soldável 25mm	un.	3	22,46	67,38
3.2	COMPOSIÇÃO	Válvula de esfera soldável 32mm	un.	3	30,17	90,51
3.3	COMPOSIÇÃO	Válvula de esfera soldável 40mm	un.	5	40,14	200,7
3.4	COMPOSIÇÃO	Válvula de esfera soldável 60mm	un.	2	80,75	161,5
3.5	SINAPI/Fev	Válvula de retenção 40mm	un.	1	49,55	49,55
3.6	SINAPI/Fev	Válvula de pé e crivo 40mm	un.	1	50,16	50,16
5		DISPOSITIVOS				
5.1	SINAPI/Fev	Motor-bomba 3/4 C.V.	un.	1	870,35	870,35
5.2	COMPOSIÇÃO	Torneira bóia 1"	un.	1	44,06	44,06
5.3	COMPOSIÇÃO	Torneira bóia 1.1/4"	un.	1	66,01	66,01
5.4	ECOCASA/Mar	Filtro Coletor VF6 Industrial	un.	1	7391,84	7391,84
5.5	SINAPI/Fev	Ralo separador de folhas	un.	8	11,11	88,88

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (3/3)

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL						
ITEM	REF	DISCRIMINAÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
6		TANQUE				
6.1	SINAPI/Fev	Tanque de 10m ³	un.	1	4244,53	4244,53
6.2	SINAPI/Fev	Tampa metálica para cisterna	un.	1	227,15	227,15
6.3	SINAPI/Fev	Escada metálica	m	5	169,22	812,256
7		VEDAÇÃO				
7.1	SINAPI/Fev	Concreto FCK=20MPA, virado em betoneira, sem lançamento	m ³	31	1850	57231,59538
7.2	SINAPI/Fev	Manta asfáltica	m ²	12	31,02	370,70451
7.3	SINAPI/Fev	Parede	m ²	16	32,23	527,9274
8		TRATAMENTO				
8.1	SINAPI/Fev	Clorador flutuante	un.	1	18,76	18,76
9		ESCAVAÇÃO				
9.1	SINAPI/Fev	Escavação	m ³	63	21,84	1385,1201
		TOTAL				90541,33
		TOTAL COM BDI DE 25%				113087,76

PLANILHA DE COMPOSIÇÕES (1/3)

COMPOSIÇÕES					
COD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	PREÇO	CUSTO TOTAL
ITEM 2.9	JOELHO PVC LEVE 90G DN 150MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0529	32,53	1,72
I - 20131	JOELHO PVC 90G P/ ESG PREDIAL DN 150MM	UN.	1	61,51	61,51
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,2	9,15	1,83
I - 6111	SERVENTE	H	0,2	6,51	1,30
I -20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN.	0,015	38,53	0,58
	MÃO DE OBRA			3,13	
	MATERIAL			65,64	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			68,77	
ITEM 2.10	JOELHO PVC LEVE 90G DN 200MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0529	32,53	1,72
I - 20132	JOELHO PVC 90G P/ ESG PREDIAL DN 200MM	UN.	1	172,32	172,32
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,2	9,15	1,83
I - 6111	SERVENTE	H	0,2	6,51	1,30
I -20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN.	0,015	38,53	0,58
	MÃO DE OBRA			3,13	
	MATERIAL			176,45	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			179,58	
ITEM 2.11	CURVA PVC LEVE 90G C/ PONTA E BOLSA LISA DN 250MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0529	32,53	1,72
I - 20104	CURVA PVC LEVE 90G C/ PONTA E BOLSA LISA DN 250MM	UN.	1	531,3	531,30
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,2	9,15	1,83
I - 6111	SERVENTE	H	0,2	6,51	1,30
I -20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN.	0,015	38,53	0,58
	MÃO DE OBRA			3,13	
	MATERIAL			535,43	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			538,56	

PLANILHA DE COMPOSIÇÕES (2/3)

COMPOSIÇÕES					
COD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	PREÇO	CUSTO TOTAL
ITEM 3.1 REGISTRO PVC ESFERA VS DN 25MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO		UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0071	32,53	0,23
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,18	9,15	1,65
I - 11674	REGISTRO PVC ESFERA VS SOLDAVEL DN 25	UN.	1	19,41	19,41
I - 6111	SERVENTE	H	0,18	6,51	1,17
I - 20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN.	0,0025	38,53	0,10
MÃO DE OBRA				2,82	
MATERIAL				19,64	
TOTAL DA COMPOSIÇÃO				22,46	
ITEM 3.2 REGISTROPVC DE ESFERA VS 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO		UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0094	32,53	0,31
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,18	9,15	1,65
I - 11675	REGISTRO PVC ESFERA VS SOLDAVEL DN 32	UN.	1	27,05	27,05
I - 6111	SERVENTE	H	0,18	6,51	1,17
I - 20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3	UN.	0,003	38,53	0,12
MÃO DE OBRA				2,82	
MATERIAL				27,36	
TOTAL DA COMPOSIÇÃO				30,17	
ITEM 3.3 RESGISTRO PVC DE ESFERA VS 40MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO		UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0118	32,53	0,38
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,25	9,15	2,29
I - 11676	REGISTRO PVC ESFERA VS SOLDAVEL DN 40	UN.	1	35,84	35,84
I - 6111	SERVENTE	H	0,25	6,51	1,63
I - 20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3		0,005	38,53	0,19
MÃO DE OBRA				3,92	
MATERIAL				36,22	
TOTAL DA COMPOSIÇÃO				40,14	

PLANILHA DE COMPOSIÇÕES (3/3)

COMPOSIÇÕES					
COD.	DESCRIÇÃO	UN.	COEF.	PREÇO	CUSTO TOTAL
ITEM 3.4	REGISTRO PVC DE ESFERA VS 60MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 122	ADESIVO PVC FRASCO C/ 850G	UN.	0,0353	32,53	1,15
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,34	9,15	3,11
I - 11678	REGISTRO PVC ESFERA VS SOLDAVEL DN 60	UN.	1	74,28	74,28
I - 6111	SERVENTE	H	0,34	6,51	2,21
I - 20083	SOLUCAO LIMPADORA FRASCO PLASTICO C/ 1000CM3		0,015	38,53	0,58
	MÃO DE OBRA			5,32	
	MATERIAL			75,43	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			80,75	
ITEM 5.2	TORNEIRA DE BOIA REAL 1 COM BALAO PLASTICO - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 246	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,34	6,88	2,34
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,34	9,15	3,11
I - 3146	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS 18MMX10M	UN.	0,06	2,5	0,15
I - 11825	TORNEIRA DE BOIA REAL 1" C/ BALAO PLASTICO	UN.	1	38,46	38,46
	MÃO DE OBRA			5,45	
	MATERIAL			38,61	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			44,06	
ITEM 5.3	TORNEIRA DE BOIA REAL 1.1/4 COM BALAO PLASTICO - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN.			
I - 246	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,34	6,88	2,34
I - 2696	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO	H	0,34	9,15	3,11
I - 3146	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS 18MMX10M	UN.	0,06	2,5	0,15
I - 11825	TORNEIRA DE BOIA REAL 1.1/4" C/ BALAO PLASTICO	UN.	1	60,41	60,41
	MÃO DE OBRA			5,45	
	MATERIAL			60,56	
	TOTAL DA COMPOSIÇÃO			66,01	

PLANILHA DE COTAÇÕES

COTAÇÕES				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DO MATERIAL	FORNECEDORES	PREÇO UNITÁRIO	MÉDIA
5.5	RALO SEPARADOR DE FOLHAS FLEXÍVEL	COFERSED http://www.cofersed.com/produtos.html	8	11,11
		FERRAGEM IGOR http://www.ferragemigor.com.br/grelha-hemisfer-flexivel-dn88-x100-prod-3996.html	11,93	
		CASA SHOW http://www.casashow.com.br/grelha-pvc-hemisferica-flexivel-dn88x100-tigre/p	13,41	
6.1	CAIXA D'ÁGUA CILÍNDRICA DE POLIETILENO COM PACACIDADE PARA 1000L	LEROY MERLIN http://www.leroymerlin.com.br/tanque-de-poli-etileno-10000l-bege-2-66x2-15cm-	3790,9	4244,53
		LEROY MERLIN http://www.leroymerlin.com.br/caixa-dagua-de-poli-etileno-10000l-fortplus-fortlev_87128755	4592,68	
		PLANETA DAS CAIXAS http://www.planetadascaixas.com.br/caixa-d-agua-10-000-litros-fortlev-tampa-de-	4350	
6.2	TAMPA METÁLICA PARA CISTERNA DIMENÇÕES: 0,60 x 0,60 M	COFERSED http://www.cofersed.com/produtos.html	160	227,15
		FUNDIÇÃO VESUVIO http://www.fundicaovesuvio.com.br/tampao-t-60-x-60-cisterna-articulado-pr-2024-148301.htm	252,04	
		FUNDIÇÃO VESUVIO http://www.fundicaovesuvio.com.br/tampao-t-60-x-60-articulado-pr-2014-148301.htm	269,42	
8.1	CLORADOR FLUTUANTE PARA PISCINAS	TODA OFERTA http://todaoferta.uol.com.br/comprar/clorador-flutuante-hcl-penta-para-piscinas-CEULCKJEEU#rmcl	5,18	18,76
		SOS DA PISCINA http://www.sosdapiscina.com.br/p-5-21-77/Clorador-Flutuante-para-Piscinas	18,2	
		LEROY MERLIN http://www.leroymerlin.com.br/clorador-flutuante-plastico-14x18cm-azul-branco-cmb-aqua_88474694	32,9	

ANEXO I - CHUVAS INTENSAS NO BRASIL: DURAÇÃO DE 5 MIN (1/2)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313 (17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267 (21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137 (3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaré/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234 (10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265 (12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152 (20)
10 - Bauru/SP	110	120	148 (9)
11 - Belém/PA	138	157	185 (20)
12 - Belo Horizonte/MG	132	227	230 (12)
13 - Blumenau/SC	120	125	152 (15)
14 - Bonsucesso/MG	143	196	-
15 - Cabo Frio/RJ	113	146	218
16 - Campos/RJ	132	206	240
17 - Campos do Jordão/SP	122	144	164 (9)
18 - Catalão/GO	132	174	198 (22)
19 - Caxambu/MG	106	137 (3)	-
20 - Caxias do Sul/RS	120	127	218
21 - Corumbá/MT	120	131	161 (9)
22 - Cruz Alta/RS	204	246	347 (14)
23 - Culabá/MT	144	190	230 (12)
24 - Curitiba/PR	132	204	228
25 - Encruzilhada/RS	106	126	158 (17)
26 - Fernando de Noronha/FN	110	120	140 (6)
27 - Florianópolis/SC	114	120	144
28 - Formosa/GO	136	176	217 (20)
29 - Fortaleza/CE	120	156	180 (21)
30 - Goiânia/GO	120	178	192 (17)
31 - Guaramiranga/CE	114	126	152 (19)
32 - Iral/RS	120	198	228 (16)
33 - Jacarezinho/PR	115	122	146 (11)
34 - João Pessoa/PB Pessoa/PB	115	140	163 (23)
35 - Juaretê/AM	192	240	288 (10)
36 - km 47 - Rodovia Presidente Dutra/RJ	122	164	174 (14)
37 - Lins/SP	96	122	137 (13)
38 - Maceló/AL	102	122	174
39 - Manaus/AM	138	180	198
40 - Natal/RN	113	120	143 (19)
41 - Nazaré/PE	118	134	155 (19)
42 - Niterói/RJ	130	183	250
43 - Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 - Olinda/PE	115	167	173 (20)
45 - Ouro Preto/MG	120	211	-
46 - Paracatu/MG	122	233	-
47 - Paranaguá/PR	127	186	191 (23)
48 - Paratins/AM	130	200	205 (13)
49 - Passa Quatro/MG	118	180	192 (10)
50 - Passo Fundo/RS	110	125	180
51 - Petrópolis/RJ	120	126	156
52 - Pinheiral/RJ	142	214	244
53 - Piracicaba/SP	119	122	151 (10)
54 - Ponta Grossa/PR	120	126	148

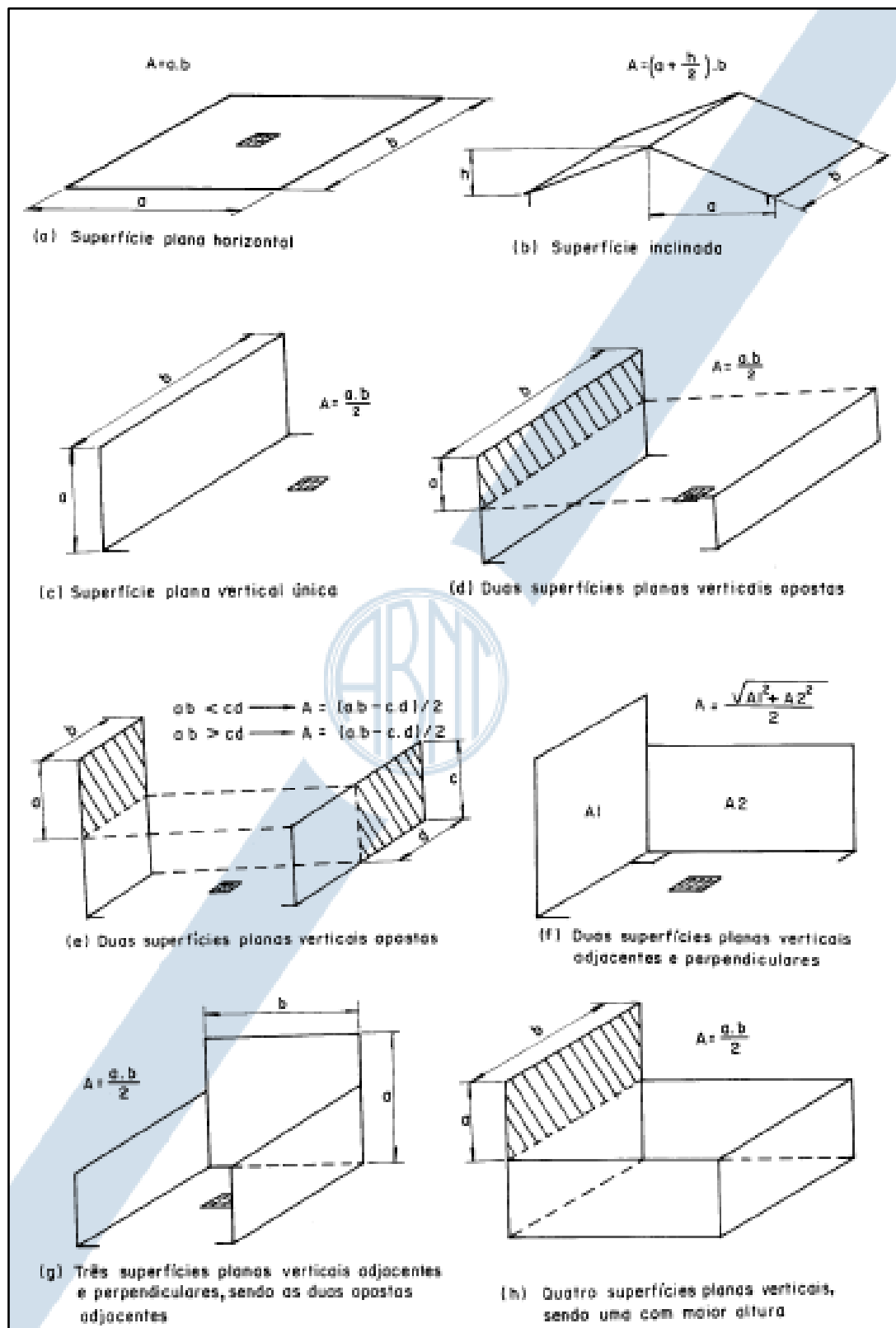
Fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 11

CHUVAS INTENSAS NO BRASIL: DURAÇÃO DE 5 MIN (2/2)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	146	167 (21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184 (10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	126	139 (2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174 (20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160 (15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152 (6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204 (14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167 (18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172 (20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222 (20)
68 - Salvador/BA	108	122	145 (24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145 (16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152 (7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152 (18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204 (21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161 (10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167 (18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152 (15)
77 - São Luz/MA	120	126	152 (21)
78 - São Luz Gonzaga/RS	158	209	253 (21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191 (7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170 (7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281 (19)
84 - Soure/PA	149	162	212 (18)
85 - Tapertinha/PA	149	202	241
86 - Taubaté/SP	122	172	208 (6)
87 - Teófilo Otoni/MG	108	121	154 (6)
88 - Teresina/PI	154	240	262 (23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Turiaçu/MG	126	162	230
92 - Uaupés/AM	144	204	230 (17)
93 - Ubatuba/SP	122	149	184 (7)
94 - Uruguaiana/RS	120	142	161 (17)
95 - Vassouras/RJ	125	179	222
96 - Viçosa/RJ	114	126	152 (15)
97 - Vitória/ES	102	156	210
98 - Volta Redonda/RJ	156	216	265 (13)

Notas: a) Para locais não mencionados nesta Tabela, deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

ANEXO II - INDICAÇÕES PARA CÁLCULO DE ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 5

ANEXO III - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO DE FAZENDINHA, MACAPÁ (1/2)

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ACUMULADA - NHMET/IEPA/INMET													
mês ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ACUMULADO
1968	250,00	339,70	439,00	321,10	358,00	137,90	238,50	61,60	70,50	13,30	102,50	156,70	2488,80
1969	333,50	247,70	215,20	397,10	445,80	250,10	187,40	139,20	31,30	6,70	0,00	0,00	2254,00
1970	132,30	233,30	406,60	221,40	237,60	227,50	123,00	86,70	61,20	8,00	201,80	58,60	1998,00
1971	224,80	193,60	326,40	175,30	311,30	202,20	128,50	142,40	20,70	35,40	53,00	73,30	1886,90
1972	263,10	357,90	432,00	403,40	238,50	106,70	203,40	69,70	40,90	8,80	22,70	102,10	2249,20
1973	279,20	584,70	548,10	249,50	508,00	323,60	159,10	96,20	117,50	18,40	19,40	417,50	3321,20
1974	462,10	498,80	585,90	232,30	601,90	242,80	212,50	13,70	44,20	14,10	49,20	244,50	3202,00
1975	198,90	414,90	300,60	706,10	537,90	172,40	134,60	125,10	41,10	22,90	54,70	71,00	2780,20
1976	450,00	408,10	399,10	272,70	236,60	205,20	223,80	92,80	13,90	0,00	4,10	33,40	2339,70
1977	298,20	632,70	409,70	538,90	309,20	236,10	201,60	126,50	36,80	48,20	0,00	106,50	2944,40
1978	441,50	271,70	550,50	536,70	310,80	185,30	188,70	210,40	60,70	39,10	17,20	234,60	3047,20
1979	222,00	425,20	563,70	329,70	300,90	174,70	185,00	78,60	86,20	0,70	37,60	115,60	2519,90
1980	228,60	214,20	482,70	162,80	177,20	288,50	301,30	114,40	2,80	24,30	33,70	48,20	2078,70
1981	409,30	195,20	84,90	387,40	386,40	186,40	233,90	42,10	39,50	29,80	0,40	99,30	2094,60
1982	286,10	294,60	438,00	493,20	265,80	163,60	258,80	142,50	13,30	10,90	15,00	52,40	2434,20
1983	216,30	188,10	251,00	233,70	184,80	247,70	62,10	81,80	34,90	26,90	0,00	90,10	1617,40
1984	275,10	330,30	428,00	338,70	455,40	220,80	130,80	104,20	39,20	127,20	130,60	168,20	2748,50
1985	249,90	308,50	554,20	385,30	437,40	345,00	167,90	196,50	78,00	23,90	183,40	316,90	3246,90
1986	314,60	433,00	595,80	617,60	398,10	354,30	95,20	49,40	33,40	50,40	98,60	227,20	3267,60
1987	272,30	364,30	278,10	465,70	258,10	199,50	186,60	22,80	21,00	23,60	2,80	46,80	2141,60
1988	315,90	390,70	377,10	464,60	428,50	175,70	170,80	68,30	31,70	29,30	55,70	82,70	2591,00
1989	303,00	298,10	325,00	374,50	448,80	104,30	287,90	83,30	16,40	140,60	131,00	412,80	2925,70
1990	331,50	394,20	385,20	362,40	358,60	304,10	111,80	100,00	75,45	109,40	135,00	170,00	2837,65
1991	548,70	355,40	390,10	416,10	258,50	245,40	171,65	135,70	0,20	18,00	27,30	4,40	2571,45


Fonte: NHMET/IEPA/NHMET

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO DE FAZENDINHA, MACAPÁ (2/2)

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ACUMULADA - NHMET/IEPA/INMET													
mês ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ACUMULADO
1992	112,80	575,30	493,50	367,20	224,50	243,50	176,70	56,00	33,83	0,00	30,60	35,40	2349,33
1993	256,10	315,20	392,20	330,20	242,20	328,10	164,11	24,20	33,50	3,00	251,50	99,30	2439,61
1994	261,10	351,50	442,50	454,10	462,40	224,20	173,95	86,20	67,00	4,80	128,00	115,60	2771,35
1995	354,70	268,30	242,20	600,80	220,10	301,70	228,80	34,30	24,30	9,20	231,20	92,60	2608,20
1996	352,50	161,20	744,20	323,70	261,10	276,60	244,50	77,70	32,30	25,30	40,80	29,80	2569,70
1997	348,70	328,30	396,90	346,10	248,30	133,90	251,30	188,30	0,00	0,00	130,40	99,50	2471,70
1998	253,50	309,30	428,70	287,60	221,90	207,20	113,50	88,20	3,20	4,10	143,20	214,60	2275,00
1999	320,00	424,50	484,70	357,20	306,40	246,50	171,50	147,40	37,70	12,90	10,40	188,10	2707,30
2000	309,60	294,10	443,10	362,70	465,10	265,50	303,60	88,00	59,10	26,60	42,30	42,10	2701,80
2001	442,40	331,80	156,80	271,60	251,20	352,20	131,40	24,30	8,00	46,30	7,30	90,50	2113,80
2002	240,30	365,20	504,00	383,40	441,30	241,70	120,30	59,90	0,80	0,80	16,60	136,10	2510,40
2003	88,00	379,30	318,70	274,50	215,90	166,70	266,00	20,20	41,20	17,20	11,70	128,80	1928,20
2004	182,80	679,20	501,30	356,20	329,80	174,90	191,10	146,10	34,40	0,40	0,00	105,10	2701,30
2005	169,70	455,80	330,80	282,60	258,80	210,40	310,20	116,80	0,70	41,60	25,40	388,70	2591,50
2006	424,80	312,50	436,90	203,80	292,60	412,60	264,60	100,80	45,40	11,00	144,90	170,10	2820,00
2007	64,60	209,80	509,60	550,90	336,80	234,90	232,60	165,10	19,10	59,50	3,30	309,10	2695,30
2008	239,80	268,70	376,30	334,30	261,60	192,10	172,60	30,60	25,20	89,70	15,80	346,60	2353,30
2009	339,20	522,70	316,20	363,70	317,20	286,20	150,90	67,00	1,10	9,20	0,20	134,40	2508,00
2010	281,20	206,90	214,70	401,90	345,60	286,70	115,40	155,30	33,60	91,80	79,60	201,10	2413,80
2011	253,90	371,60	456,20	242,20	377,40	270,00	325,40	95,20	0,10	129,70	28,40	7,60	2557,70
2012	206,60	381,60	465,9	273,70	256,90	130,20	214,00	77,20	10,00	9,60	16,40	111,20	2153,30
2013	328,90	427,40	385,50	490,20	460,50	179,70	251,00	158,30	18,00	16,30	22,70	78,50	2817,00
MÉDIA	285,61	354,68	408,87	368,37	331,56	231,85	194,31	95,46	33,46	31,28	59,92	140,38	2535,75
CLIMÁTICA	305,50	341,50	407,70	378,90	361,70	219,80	182,30	97,80	43,00	31,90	58,60	132,50	2561,30
ULTIMOS ANOS	255,13	371,90	386,86	342,26	329,34	243,13	217,79	93,20	21,19	39,26	29,61	160,71	2490,39

Fonte: NHMET/IEPA/INMET

ANEXO IV - ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CAESA

 <p style="text-align: center;">COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO AMAPÁ - CAESA NÚCLEO DE PLANEJAMENTO - NUPLAN GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO - GERPLAN ESTRUTURA TARIFÁRIA - VIGÊNCIA 01/_/12 - RESOLUÇÃO nº 17/2012 - CONSAD DE 05/09/2012</p>								
CORREÇÃO DE 19% - LINEAR, A SER APLICADO NAS TARIFAS DE ÁGUA.								
CATEGORIA CLASSE DE CONSUMO	VALORES DA TARIFA							
	CONSUMIDORES MEDIDOS						CONSUMIDORES NÃO MEDIDOS	
	COTA MINIMA M ³	TARIFA MINIMA R\$	TARIFAS DE EXCESSO				COTA ESTIMADA M ³	VALOR R\$
			11-20 R\$/M ³	21-30 R\$/M ³	31-50 R\$/M ³	>50 R\$/M ³		
RESIDENCIAL	0-10	15,00	1,57	1,77	2,30	3,25	25	39,55
COMERCIAL C1	0-10	17,70	3,54	3,54	3,54	3,54	15	35,40
COMERCIAL C2	0-10	35,40	4,25	4,25	4,25	4,25	15	56,64
COMERCIAL C3	0-10	42,48	4,86	4,86	4,86	4,86	15	66,78
INDUSTRIAL I1	0-10	48,60	4,86	4,86	4,86	4,86	20	97,20
PÚBLICA P1	0-20	97,20	5,02	5,02	5,02	5,02	35	172,50

TARIFAS ESPECIAIS (Procedimentos para enquadramento - anexo)			
CATEGORIA / CLASSE DE CONSUMO	CÓDIGO DE ATIVIDADE	COTA (M ³)	VALOR - R\$
RESIDENCIAL SOCIAL	104	10	15,00
COMERCIAL DIFERENCIADO	240	10	17,70

TARIFA DE ESGOTO
A TARIFA DE ESGOTO É IGUAL A 75,00% (SETENTA E CINCO POR CENTO) DA TARIFA DE ÁGUA DE TODAS AS CATEGORIAS DE CONSUMO

OUTROS	
VALOR DO M ³ DE ÁGUA DESTINADA A CARROS PIPAS - R\$/M ³	4,86