

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

**MARCELA KATHERINE SLOB**

**ANÁLISE DA ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL ATRAVÉS DA  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA  
DE CHUVA EM UMA PROPRIEDADE AGROINDUSTRIAL**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2015**

**MARCELA KATHERINE SLOB**

**ANÁLISE DA ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL ATRAVÉS DA  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA  
DE CHUVA EM UMA PROPRIEDADE AGROINDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso de especialização apresentado ao Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de “Especialista em Construções Sustentáveis”,  
Orientação: Prof<sup>a</sup>. Me. Margolaine Giacchini.

**CURITIBA**

**2015**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DA ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA PROPRIEDADE AGROINDUSTRIAL**

Por

**Marcela Katherine Slob**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Construções Sustentáveis, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 07 de novembro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador - Margolaine Giacchini  
UTFPR

---

Prof. Banca 1 - Stella Bezerra  
UTFPR

---

Prof. Banca 2 - Eloy Casagrande  
UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, pela vida abençoada que tem concedido a mim e à minha família e por todas as oportunidades que abriu no meu caminho.

Aos meus pais Geraldo e Klasina de uma forma especial pela presença e apoio constantes durante a minha trajetória acadêmica, por todo amor e pela boa educação que me foi dada.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que oportunizou a concepção deste trabalho.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Me. Margolaine Giacchini, um agradecimento especial por sua competência e disponibilidade em me atender e assessorar sempre quando necessário.

Aos colegas do curso de especialização pela amizade, cooperativismo e colaboração durante os dias letivos e o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

SLOB, Marcela Katherine. **Análise da economia de água potável através da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma propriedade agroindustrial.** 2015. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Especialização em Construções Sustentáveis, Curitiba, 2015.

Tendo em vista os crescentes riscos de escassez de água no planeta, é de fundamental importância a sua conservação em se tratando da sustentabilidade. O uso irracional dos recursos hídricos afeta diretamente ao meio ambiente, impactando consequentemente na vida de todos os seres vivos. Entende-se como uso irracional os altos consumos de água, o desperdício, a falta de manejo, entre outros. A partir deste cenário, objetiva-se por meio deste estudo apresentar os impactos positivos que um sistema de aproveitamento de água de chuva pode acarretar. A metodologia do trabalho consistiu no levantamento dos dados hidrológicos locais, no volume de água consumido, na estimativa da demanda de água não potável através da identificação das atividades que não apresentaram restrição à potabilidade, além da identificação de coberturas que apresentam potencial para a coleta da água de chuva. Na sequência, foram selecionados dois métodos para o dimensionamento do reservatório e desenvolvidos os cálculos cujos resultados foram posteriormente comparados para a definição do volume ideal do reservatório. O consumo de água na propriedade é de em média 16 mil litros de água por dia, volume este que é abastecido pelo Aquífero Guarani através de um poço artesiano, em outras palavras, volume de água potável sendo consumida para o desenvolvimento de atividades não nobres. Por fim, foi verificado que um terço desta água pode ser substituído por água de chuva com a implantação de um sistema de captação e aproveitamento. As estimativas apontam uma demanda diária de 5.300 litros de água não potável. Este resultado pode ser interpretado como uma forma de contribuição para a preservação dos recursos hídricos, favorecendo o meio ambiente, a todos os seres vivos e o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva. Água de chuva. Dimensionamento de reservatório. Economia de água potável. Sustentabilidade hídrica. Sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Projeção da população brasileira para 2050 .....	15
Figura 2 – Ciclo hidrológico .....	17
Figura 3 – Área territorial, distribuição hídrica e populacional por região no Brasil ...	19
Figura 4 – Redução dos recursos hídricos prevista por região brasileira .....	19
Figura 5 – Cisterna do povo Maia – Chultun .....	23
Figura 6 – Delimitação da propriedade em estudo .....	38
Figura 7 – Foto Aérea do objeto de estudo .....	39
Figura 8 – Inserção dos Campos Gerais no estado do Paraná .....	40
Figura 10 – Poço Artesiano – Local de captação da água e hidrômetro .....	44
Figura 11 – Precipitação média mensal (1976 – 2014) .....	49
Figura 12 – Consumo médio mensal de água (m <sup>3</sup> ) .....	50
Figura 13 – Consumo médio histórico 2012 – 2015 (m <sup>3</sup> ) .....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coeficiente de Runoff médio .....	28
Quadro 2 – Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água potável para uso externo .....	45
Quadro 3 – Estimativa de consumo de mangueiras de jardim .....	45
Quadro 4 – Vazões mínimas para os tipos de mangueira de incêndio .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de planilha para aplicação do Método Analítico de Rippl .....	30
Tabela 2 – Modelo de Planilha para aplicação do Método da Simulação .....	32
Tabela 3 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl .....	56
Tabela 4 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl .....	57
Tabela 5 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl .....	58
Tabela 6 – Número máximo de dias consecutivos de seca no período amostral.....	59



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CEET	Comissão de Estudo Especial Temporária
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
NBR	Norma Brasileira Revisada
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Programa de Conservação da Água
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UNEP	United Nations Environment Programme

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 PROBLEMA .....	12
1.2 JUSTIFICATIVA .....	12
1.3 OBJETIVO GERAL .....	13
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 ÁGUA E MEIO AMBIENTE .....	14
2.1.1 Ciclo Hidrológico .....	16
2.1.2 Precipitação Atmosférica .....	17
2.1.3 Recursos Hídricos .....	18
2.1.4 Conservação da Água e Sua Importância .....	20
2.2 ÁGUA DE CHUVA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO.....	22
2.2.1 Panorama Histórico da Coleta e Aproveitamento de Água de Chuva .....	22
2.2.2 Panorama Atual da Coleta e Aproveitamento de Água de Chuva .....	24
2.2.3 A Água de Chuva e Seus Usos .....	25
2.3 DIRETRIZES DE PROJETO PARA SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	26
2.3.1 Normatização Brasileira .....	26
2.3.2 Métodos de Dimensionamento de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva .....	29
2.3.2.1 Método de Rippl .....	29
2.3.2.2 Método da simulação .....	31
2.3.2.3 Método de Azevedo Neto .....	33
2.3.2.4 Método Prático Alemão .....	34
2.3.2.5 Método Prático Inglês .....	35
2.3.2.6 Método Prático Australiano .....	35
2.3.2.7. Método de Fendrich (2002) .....	36
2.3.2.8 Método dos dias sem chuva .....	37
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
3.1 OBJETO DE ESTUDO .....	38

3.1.1	Localização .....	39
3.1.2	Caracterização do Objeto em Estudo.....	41
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS .....	43
3.2.1	Dados Hidrológicos .....	43
3.2.2	Levantamento do Consumo de Água .....	43
3.2.3	Estimativa da Demanda de Água Não Potável.....	44
3.3	COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	47
3.4	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA.....	47
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS .....	49
4.1.1	Dados Hidrológicos .....	49
4.1.2	Levantamento do Consumo de Água .....	50
4.1.3	Estimativa da Demanda de Água Não Potável.....	52
4.2	COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	53
4.2.1	Identificação de Coberturas com Potencial de Coleta de Água de Chuva .....	54
4.2.2	Volume de Água de Chuva Aproveitável .....	55
4.3	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO .....	55
4.3.1	Método de Rippl .....	56
4.3.2	Método dos Dias Sem Chuva.....	58
4.3.3	Comparação Entre os Resultados.....	60
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE A – CONSUMO DE ÁGUA EM 2012.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE B – CONSUMO DE ÁGUA EM 2013.....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE C – CONSUMO DE ÁGUA EM 2014.....</b>	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE D – CONSUMO DE ÁGUA EM 2015.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE E – CONSUMO MÉDIO HISTÓRICO DE ÁGUA 2012-2015.....</b>	<b>72</b>
	<b>APÊNDICE F – PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA (1976 – 2014) .....</b>	<b>733</b>
	<b>APÊNDICE G – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS.....</b>	<b>744</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Recurso natural e embora renovável, a água doce vem apresentando sinais críticos da sua disponibilidade em nosso planeta. Consequência principalmente das poluições, desmatamentos, do aumento populacional e da sua má gestão, a escassez dos recursos hídricos vem gerando preocupação e incentivos em busca de soluções alternativas para atenuar este problema ambiental.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), atualmente 20% da população mundial sofre com a escassez de água e afirma ainda que até 2050 este problema afetará dois terços da população do planeta (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2002).

Dentro deste contexto, a conservação da água tem sido pauta de diversas discussões relacionadas à sustentabilidade, em que são elencadas fontes alternativas de abastecimento. Atualmente, destacam-se o reuso de águas servidas e o aproveitamento da água de chuva.

A água de chuva pode substituir a água potável em diversas atividades em que o uso final é considerado não potável, como descargas de bacias sanitárias, lavagem de veículos e calçadas e irrigação de jardins (HAGEMANN, 2009). Além de contribuir para a diminuição do consumo de água tratada, a retenção de parte da água precipitada auxilia para o amortecimento do escoamento superficial, atenuando problemas de enchente, por exemplo, como é o caso de grandes cidades como São Paulo.

Visto que, de acordo com diversos estudos, esta fonte alternativa apresenta grande eficiência nos aspectos econômico, social e especialmente ambiental, a tecnologia do aproveitamento de água de chuva vem sendo estudada com grande ênfase atualmente, buscando cada vez mais aprimoramento.

Diante do presente cenário e em conformidade com os princípios e diretrizes globais do desenvolvimento sustentável, é necessário restabelecer o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, do contrário, este bem natural se esgotará e afetará diretamente a sobrevivência na Terra.

## 1.1 PROBLEMA

Embora a crise hídrica não seja um problema recente, é atualmente destaque nos assuntos relacionadas ao meio ambiente no mundo todo.

Mesmo dentro deste contexto, o consumo irracional da água potável é considerável e levanta questões sobre formas de sensibilizar a sociedade quanto ao uso deste bem escasso e garantir a sustentabilidade hídrica.

A maioria das edificações brasileiras e atividades realizadas pelo homem utiliza-se de água de boa qualidade quando muitas vezes não há restrição quanto a potabilidade para alguns usos. Tendo em vista esta frequente situação nas cidades tanto brasileiras como mundiais, é conveniente a seguinte pergunta: De que forma é possível poupar a água potável? Além disso, de que forma pode-se quantificar o volume estimado de água potável poupado através da substituição por água de chuva?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O uso inconsciente da água potável e seu desperdício em geral geram cada vez mais iniciativas em todo o planeta para que alguns princípios sejam revisados, com o intuito de poupar este recurso natural finito.

Em áreas de produção agroindustrial, a exemplo, ainda é excessiva a utilização da água de boa qualidade para atividades com fins não nobres, sem fins potáveis. De maneira geral, estas atividades demandam grandes volumes de água, ou seja, há um excessivo consumo dos recursos hídricos, cuja disponibilidade vem se apresentando crítica.

São diversas as maneiras de poupar a água de boa qualidade. O aproveitamento de água de chuva é uma das mais utilizadas para a sua substituição nas atividades de usos não restritivos.

No caso de áreas de produção agroindustrial, em que o uso da água de boa qualidade para fins não nobres ainda é excessivo, esta tecnologia surge co

A partir da proposta de estimar a economia potencial de água potável gerada pelo uso da água de chuva através de um sistema de captação, vê-se a grande

importância que métodos de aproveitamento e reaproveitamento de águas representam para a sustentabilidade no âmbito mundial.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo estimar a economia de água potável gerada a partir da aplicação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma propriedade agroindustrial localizada num município da região dos Campos Gerais do estado do Paraná.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Apresentar e caracterizar o objeto em estudo e atividades desenvolvidas;
- b) Identificar a estação pluviométrica mais próxima e levantar dados hidrológicos;
- c) Levantar dados de consumo de água;
- d) Estimar a demanda de água não potável e sua distribuição;
- e) Localizar superfícies com potencial de captação da água pluvial;
- f) Calcular o volume de água de chuva potencial captado e aproveitável;
- g) Dimensionar o reservatório de água de chuva, utilizando diferentes métodos para comparação;
- h) Estimar a economia potencial de água potável.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será abordado o tema que vem sendo destaque nas discussões relacionadas à sustentabilidade ambiental: a água, um bem tão valioso e essencial, porém escasso em nosso planeta.

Serão apresentados nesta etapa do trabalho assuntos referentes ao ciclo da água, à situação dos recursos hídricos no Brasil e no mundo e sua disponibilidade e à conservação da água, a fim de reforçar sua importância para o desenvolvimento de todos os seres vivos. Trará também informações sobre a água de chuva e a prática de sua coleta e aproveitamento no contexto histórico e atual. Por fim, serão apresentados a normatização em vigor no Brasil e os diferentes métodos de dimensionamento de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais.

### 2.1 ÁGUA E MEIO AMBIENTE

Entende-se por meio ambiente o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas, conforme definição apresentada pela Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

A água, elemento fundamental ao desenvolvimento do meio ambiente e de todos os seres vivos, apresenta profunda importância para o progresso da civilização, visto que ela é utilizada em basicamente todas as atividades exercidas pelo homem desde os tempos remotos (OLIVEIRA, 2008).

Graça (1985) observa que já na antiguidade a água era considerada de grande valor. Os primeiros grupos de pessoas, os nômades, buscavam sempre as proximidades de fontes de água para suas instalações e desenvolvimento de suas atividades por determinado período.

Sabe-se que o planeta é constituído por aproximadamente 70% de água e que de todo este volume, uma mínima parcela é doce e adequada para consumo. No entanto, a grande questão é que, não bastasse a quantidade de água no planeta ser limitada e escassa, a grande maioria da população mundial não presa este bem precioso, desperdiçando-o, poluindo-o ou envenenando-o. Oliveira (2008) recomen-

da que haja racionalidade, preocupação e moderação na sua manipulação. Sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento, a fim de evitar futura situação de esgotamento ou deterioração da qualidade das reservas ainda disponíveis. Além da conscientização, as práticas de reuso da água e coleta e aproveitamento de água de chuva, por exemplo, são algumas das alternativas altamente recomendadas como ferramentas de gestão da água, na busca de garantir a sustentabilidade ambiental.

De acordo com o relatório apresentado em Abril de 2015 (“Rumo a um futuro com segurança hídrica e alimentar”) pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a escassez de água afetará dois terços da população mundial em 2050 devido ao uso excessivo de recursos hídricos para a produção de alimentos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015).

Além da sua má gestão, o agravamento da escassez de água está relacionado à sua periodicidade e irregularidade, aos desmatamentos, à poluição das nascentes, à falta de saneamento, à expansão das cidades e ao exponencial crescimento populacional (MAY, 2004). A figura 1 apresenta a projeção do crescimento populacional no Brasil para o ano de 2050.

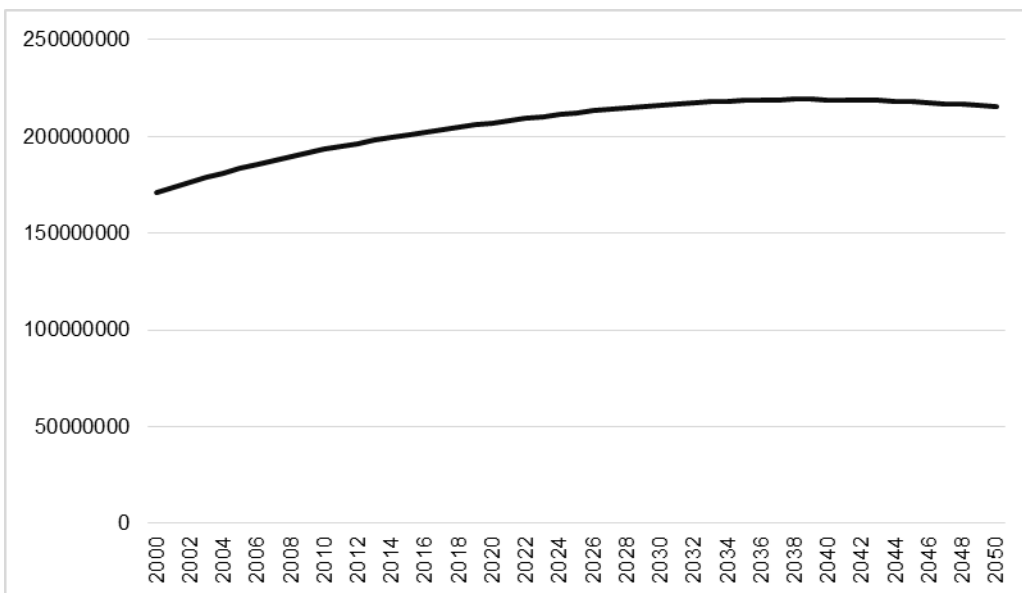


Figura 1 – Projeção da população brasileira para 2050

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013).



De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira no ano de 2014 era de 202.033.670 habitantes. A projeção é que até o ano de 2039 a população cresça, alcançando 219.124.700 habitantes, e a partir daí apresente declínio, totalizando 215.287.000 habitantes em 2050 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013).

Outro grande problema invisível e ameaçador que o mundo enfrenta, por exemplo, é o uso desordenado das águas subterrâneas. O processo de extrair de um aquífero uma quantidade de água maior do que a que retorna a ele é chamado de “super exploração dos lençóis freáticos e artesianos” (VILLIERS, 2002).

À medida que a população mundial cresce, o uso consciente e sustentável da água depende principalmente da sua adaptação ao ciclo hidrológico. Os seres humanos devem desenvolver habilidades e conhecimentos para administrar o uso da água de forma integrada e abrangente, a fim de garantir o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

Cabe ressaltar que, acredita-se, a quantidade de água hoje disponível é a mesma há bilhões de anos. Não se produz água, ela apenas transforma-se e retorna ao seu ciclo infinito sobre o Planeta. Para se esclarecer a maneira como a água circula constantemente na Terra, este capítulo abordará conceitos sobre o ciclo da água e precipitação atmosférica.

### 2.1.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico consiste na circulação contínua da água nos sistemas do planeta Terra. Villiers (2002) descreve este ciclo como um sistema físico quase estável e auto regulável, que transfere a água de um “reservatório” para outro em ciclos complexos. Estes reservatórios correspondem aos oceanos, rios, lagos, lençóis freáticos, aquíferos subterrâneos, calotas polares, solos saturados e umidade atmosférica (MAY, 2004).

Este ciclo apenas é possível porque a quantidade de água que evapora dos oceanos é maior do que a quantidade que retorna a eles.

A figura 2 representa o constante processo de mudança de estados da água na natureza.

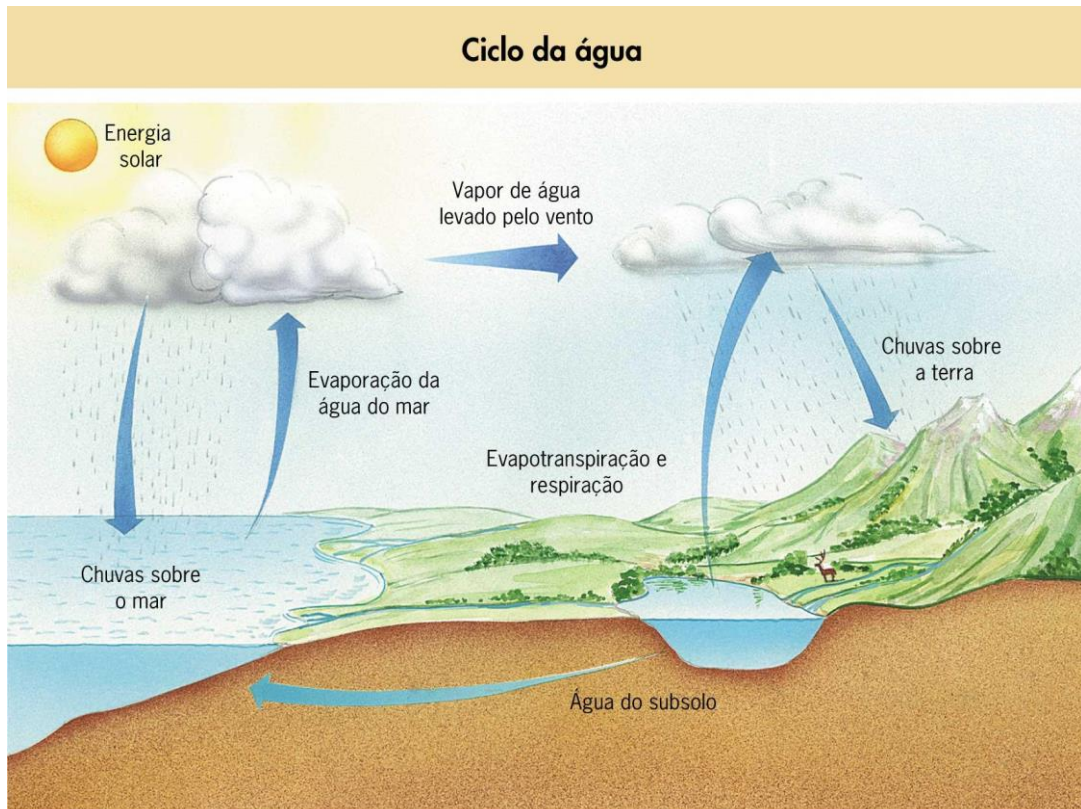


Figura 2 – Ciclo hidrológico

Fonte: Silva Junior e Sasson (2002).

O sol tem papel fundamental no ciclo da água, como se pode ver na figura acima, pois a água dos rios, lagos, oceanos e seres vivos evapora através das radiações solares. Este vapor formará as nuvens que, carregadas, liberarão água doce, processo conhecido como precipitação atmosférica.

### 2.1.2 Precipitação Atmosférica

De acordo com Villiers (2002), “precipitação corresponde à liberação de água proveniente do vapor d’água da atmosfera sobre a superfície do planeta, sob a forma de orvalho, chuvisco, chuva, granizo, saraiva ou neve”.

A precipitação ocorre quando massas de ar de temperaturas distintas se misturam e a massa de ar saturada esfria. Ao atingir a superfície, uma porção da água precipitada infiltra-se no solo, recarregando os aquíferos subterrâneos (10% a 20%, segundo Villiers (2002)). Parte desta água infiltrada retorna à superfície na

forma de nascentes e parte retorna à atmosfera por meio da evapotranspiração (evaporação da água do solo e superfícies líquidas e transpiração dos vegetais). A outra porção precipitada escoar para rios, lagos e oceanos (MAY, 2004).

Para a ocorrência das chuvas, não é necessária apenas uma quantidade de vapor. Interferem também no processo de precipitação fatores como a topologia local, os padrões de evaporação e os ventos (MAY, 2004).

Além de transferir a água dos oceanos para a terra, a chuva tem papel fundamental para o equilíbrio radiativo da Terra. Segundo Villiers (2002), uma grande quantidade de água evapora da terra e oceanos anualmente, consumindo aproximadamente metade da radiação solar que atinge o planeta.

### 2.1.3 Recursos Hídricos

Os recursos hídricos apresentam-se na natureza de diferentes formas como rios, oceanos, geleiras, icebergs, águas subterrâneas e pluviais (GIACCHINI, 2009).

De todo volume hídrico existente no planeta, 97,5% representam o volume de água salgada, enquanto apenas 2,5% correspondem à água doce (SHIKLOMANOV, 1998).

De acordo com Tomaz (2001), o Brasil possui cerca de 12% de toda a reserva global de água doce e 53% das reservas sul-americanas, porém sua distribuição hídrica no país não é homogênea. A região Norte abriga 68,5% dos recursos hídricos, enquanto o Nordeste abriga 3,3%, o Sudeste 6%, o Sul 6,5% e o Centro-Oeste 15,7% (TOMAZ, 2001). Além disso, a distribuição populacional também é desigual, cuja minoria vive na região Norte, correspondendo a 6,83%; a maior porção reside no Sudeste, totalizando 42,73%; 28,94% no Nordeste, 15,07% no Sul e 6,43% no Centro-Oeste (TOMAZ, 2001).

Ghisi e Kammers (2006) elaboraram um gráfico, baseado nos dados do IBGE e da Agência Nacional de Águas (ANA) de 2004 (considerando a população de 2002), que apresenta um comparativo da distribuição hídrica, populacional e territorial entre as regiões brasileiras. Os valores se aproximam aos apontados por Tomaz (2001), conforme indicado na figura 3.

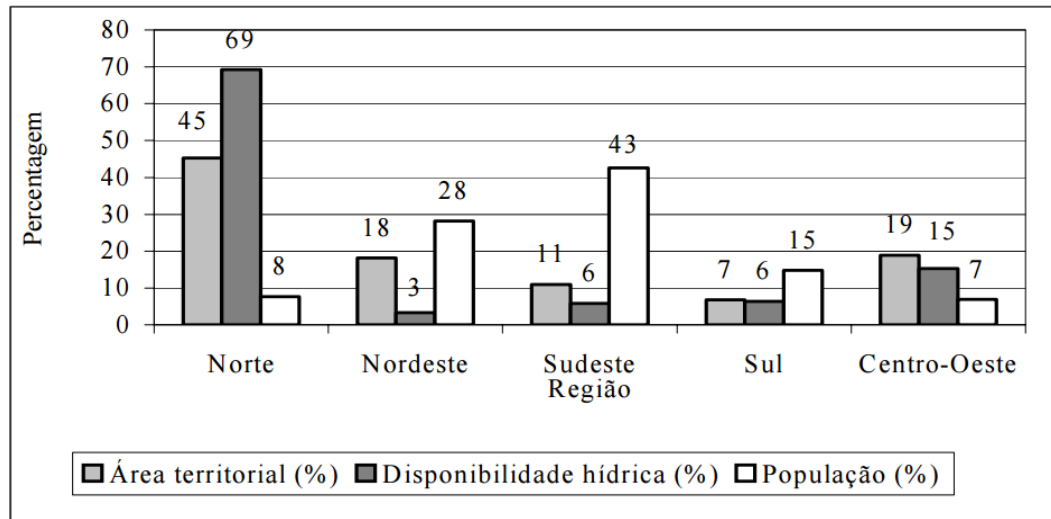


Figura 3 – Área territorial, distribuição hídrica e populacional por região no Brasil

Fonte: Kammers e Ghisi (2006).

Visto que a distribuição hídrica é desigual no país e considerando a alta taxa de crescimento populacional, Kammers e Ghisi (2006) apresentam um gráfico (Figura 4) que aponta a projeção para os próximos cem anos referente à situação dos recursos hídricos para cada região brasileira. Conforme seus estudos, as regiões Nordeste e Sudeste serão as mais afetadas, atingindo em 2100 um índice de  $1.000\text{m}^3/\text{hab}/\text{ano}$ , considerado catastróficamente baixo pelo United Nations Environment Programme (2002). A região Sul deverá atingir um índice de  $5.000\text{m}^3/\text{hab}/\text{ano}$  em 2075, nível baixo de acordo com o UNEP (GHISI; KAMMERS, 2006).

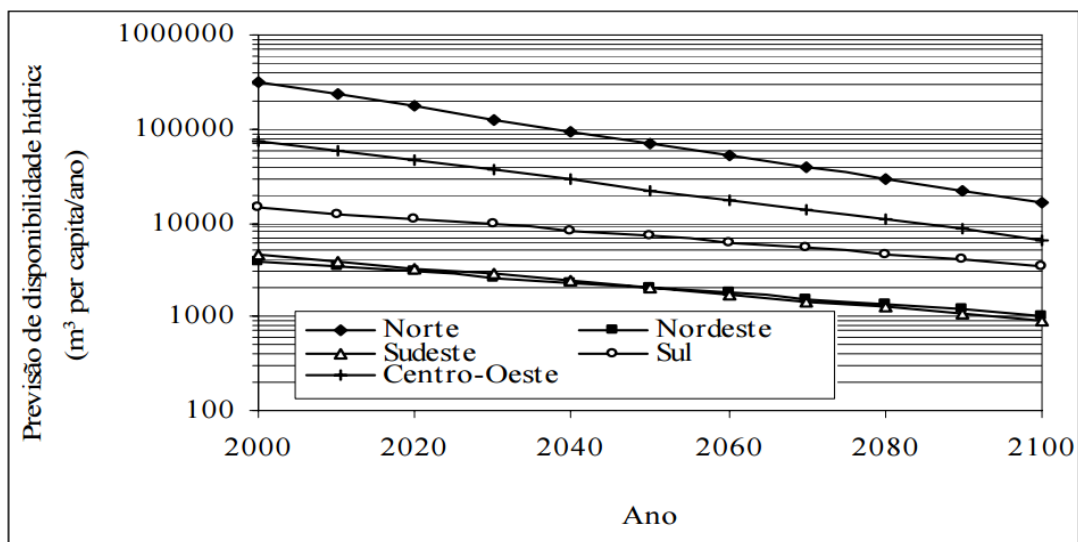


Figura 4 – Redução dos recursos hídricos prevista por região brasileira

Fonte: Kammers e Ghisi (2006).

De acordo com Tomaz (2001), existe uma relação entre o potencial de volume de água doce anual disponível e o número de habitantes fornecido em todos os países ( $m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ ). A disponibilidade de água num país compreende todos os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, chamada também de “disponibilidade social de água”, onde se classificam os países em seis grupos. Considera-se países “com escassez de água” ou “muito pobres” aqueles que possuem índices abaixo de  $500m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ . Dentro deste grupo encontram-se países como a Líbia, Arábia Saudita, Israel, Jordânia, Singapura, entre outros. Há também os países “pobres em água”, aqueles que possuem índices entre  $500m^3$  e  $1.000m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ , são eles o Egito, Quênia, Cabo Verde, entre outros. Estes dois grupos foram definidos pela ONU como sendo países com “estresse de água”. Há um terceiro grupo chamado “países com abastecimento regular” que possuem índices de  $1.000m^3$  a  $2.000m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$  (Paquistão, Etiópia, Ucrânia, Bélgica, Polónia). São considerados países “suficientes” aqueles que possuem índices de  $2.000^3$  a  $10.000m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ , entre os quais estão a Alemanha, França, México, Reino Unido, Japão, Itália, Índia, Holanda, Espanha, Cuba, Iraque, Estados Unidos e outros. O quinto grupo, “ricos em água”, abrange países como o Brasil (com uma disponibilidade social hídrica de  $35.732 m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ ), Austrália, Colômbia, Venezuela, Suécia, Rússia, Albânia, Canadá, Argentina, Angola, apresentando índices entre  $10.000^3$  e  $100.000m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ . O sexto e último grupo é o chamado “países muito ricos em água”, que são aqueles que possuem índices acima de  $100.000m^3/ \text{hab}/ \text{ano}$ , como a Guiana Francesa, a Islândia, o Gabão, o Suriname e a Sibéria (Rússia) (TOMAZ, 2001).

Tendo em vista este cenário, a busca por alternativas de otimização do consumo de água, assim como a minimização da geração de efluentes na intenção de reduzir os impactos ambientais vem sendo tema de grande ênfase no ambiente intelectual (SAUTCHUK, 2004).

#### 2.1.4 Conservação da Água e Sua Importância

O termo conservação de água é definido, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*, 1998), como qualquer redução benéfica na perda, desperdício ou uso da água. Além disso, de acordo com o Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações (2005), a

conservação de água também corresponde a qualquer ação que aumente a eficiência do uso da água ou, ainda, aumente a reciclagem e o reuso.

Sautchuk (2004) afirma que ampliar a eficiência do uso da água implica diretamente na economia e expansão do uso dos recursos, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, além da conservação do meio ambiente. Desta maneira, fica evidente a importância da racionalização do uso da água em qualquer iniciativa de conservação.

Para Oliveira (1999), a preservação dos recursos hídricos depende do gerenciamento da utilização da água, e este deve ser realizado em três níveis sistêmicos:

- Nível Macro: Sistemas hidrográficos;
- Nível Meso: Sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário;
- Nível Micro: Sistemas prediais.

Segundo Sautchuk (2004), conservar água significa atuar de maneira sistêmica na sua demanda e oferta. O uso eficiente de água representa diretamente economia e expansão do uso dos recursos, de forma geral, conservação do meio ambiente.

O conjunto de ações direcionadas à gestão da oferta e demanda de água em edificações é chamado de Programa de Conservação da Água, ou PCA. Estas ações podem ser adotados tanto na fase inicial de projeto de uma edificação quanto em edificações já existentes. Diversos são os motivadores para a implantação de um PCA, entre eles tem-se a economia gerada pela redução do consumo de água e pela redução dos efluentes, economia de energia e produtos químicos, redução dos custos operacionais e manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação, aumento da disponibilidade de água, agregação de valor do produto além da responsabilidade social.

Além de incentivarem programas de combate ao desperdício de água, muitos países, incluindo o Brasil, buscam a utilização de fontes alternativas como o reuso e o aproveitamento de água de chuva. Esta tem se destacado por ser um sistema de custo relativamente baixo e possibilitar usos potáveis quando realizado tratamento adequado da água captada (HAGEMANN, 2009).

## 2.2 ÁGUA DE CHUVA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO

De acordo com Tomaz (2014), água de chuva é aquela coletada em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou pessoas durante os períodos de precipitação pluviométrica.

Decorrente dos crescentes problemas de escassez da água e dos consequentes conflitos sociais, o planejamento e a gestão deste recurso tem se tornado, além de uma prioridade social, uma questão de sobrevivência (OLIVEIRA, 2008).

Em diversas partes do mundo, o aproveitamento deste recurso alternativo para uso doméstico, industrial e agrícola vem ganhando força e sendo considerado uma maneira simples e muito eficaz para atenuar os crescentes problemas hídricos e ambientais que o planeta vem sofrendo (MAY, 2004).

Existem várias referências nacionais e internacionais na aplicação de tecnologias para a otimização das águas pluviais há anos. Será apresentado na sequência o histórico de uma prática que provou-se ser muito eficiente e colaborativa para o meio ambiente: A coleta e o aproveitamento de água de chuva.

### 2.2.1 Panorama Histórico da Coleta e Aproveitamento de Água de Chuva

Há muito tempo a água é vista como um recurso natural indispensável para o desenvolvimento e sobrevivência da humanidade na Terra. Também não é recente a tecnologia de coleta e o aproveitamento da água de chuva, pelo contrário, se caracteriza como uma prática milenar adotada pelas mais antigas civilizações.

Segundo Gnadlinger (2000), este sistema teve origem em diversas regiões do mundo, especialmente semi-áridas, onde as chuvas são mais escassas, há milhares de anos. Países como Índia, Irã, deserto de Negev que hoje é território de Israel e Jordânia são exemplos pioneiros na coleta e aproveitamento de água de chuva.

No México, rico na tradição da coleta de água de chuva que datam da época dos Maias e Astecas, encontra-se outro exemplo referencial. No século X, a agricultura local de Oxkutzcab (cidade localizada ao pé do monte Puuc) era baseada na coleta de água de chuva. A população residia nas encostas e captavam sua água

potável de cisternas chamadas Chultuns (figura 5). Escavadas no subsolo calcário e revestidas com um reboco impermeável, estas cisternas tinham capacidade de armazenamento de 20.000 a 45.000 litros. Sua área de captação média era de 150m<sup>2</sup> com um diâmetro de aproximadamente cinco metros, por onde a água era conduzida (GNADLINGER, 2000).

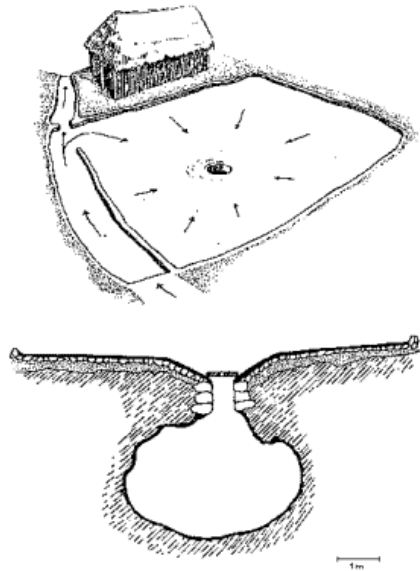


Figura 5 – Cisterna do povo Maia – Chultun

Fonte: Gnadlinger (2000).

Ainda de acordo com Gnadlinger (2000), nos vales de Oxkutzcab utilizavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como Aguadas, reservatórios cavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros de água, e Aquaditas, reservatórios com capacidade de 100 a 50.000 litros.

Embora a tecnologia de coleta e aproveitamento de água de chuva tenha se originado há milhares de anos, ela foi em parte esquecida. Isto ocorreu, segundo Gnadlinger (2000), devido ao progresso técnico dos séculos XIX e XX nos países desenvolvidos. Enfatizou-se na época construções de barragens, o desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas, projetos de irrigação encanada utilizando-se grandes quantidades de energia fóssil e elétrica. Tais fatos são algumas das razões pelas quais a prática foi deixada de lado. No entanto, atualmente esta tecnologia vem ganhando espaço no cenário atual. Nota-se uma crescente conscientização por parte da população, além de leis e projetos que incentivam o aproveitamento da água de chuva.



### 2.2.2 Panorama Atual da Coleta e Aproveitamento de Água de Chuva

Levando-se em conta as projeções futuras em relação à disponibilidade hídrica no mundo, o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva vem sendo abordado e aderido com grande ênfase em muitos países, muitos dos quais já carregam em seu histórico à prática desta tecnologia.

Na Holanda, a coleta de água é realizada para evitar transbordamento dos canais no perímetro do país, que possui seu território abaixo do nível do mar. O volume de água que é armazenado é destinado à irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2002).

Segundo Schmidt (2001), em Berlim, na Alemanha, cobra-se uma taxa pelo despejo de água no sistema público de esgoto desde o ano de 2000. Até então, o município cobrava uma taxa para o tratamento de esgoto no valor de DM\$ 3,85 por m<sup>3</sup> de água potável consumida. A partir de 2001 o município passou a cobrar uma taxa de DM\$ 3,15 para o tratamento de esgoto e outra taxa anual de DM\$ 2,50 por m<sup>2</sup> de área impermeável. Esta iniciativa incentiva os proprietários a implantarem o sistema de coleta de água de chuva e isentarem-se desta taxa.

Além disso, a cidade de Berlim implantou, como parte de um projeto chamado "Belss-Luedecke-Strasse", um sistema de captação de água de chuva que totaliza uma área de aproximadamente 7.000m<sup>2</sup>. A água captada é descarregada em uma rede pública de coleta de água de chuva, de onde é transferida para uma cisterna com capacidade de 160m<sup>3</sup>, juntando-se à água de chuva vinda de ruas, estacionamentos e calçadas (que representam uma área de 4.200m<sup>2</sup>). Toda esta água é tratada e utilizada para descargas de sanitários e irrigação de jardins. A economia de água potável em 10 anos foi estimada em cerca de 2.430m<sup>3</sup> por ano (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2002).

Em Tóquio, no Japão, a prática da coleta e aproveitamento da água de chuva é intensa por dois motivos: os reservatórios que abastecem a cidade são distantes além de possuir grande parte de sua superfície pavimentada, impedindo a infiltração da água no solo. Utiliza-se neste país dois tipos de sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva, são eles o sistema de reservatório de água de

chuva tradicional e o sistema de valas de infiltração de água de chuva (KITA *et al.*, 1999).

Ainda de acordo com os autores, o sistema de reservatório de água de chuva apresenta vantagens como a redução do risco de inundações urbanas, favorecimento à economia de água potável através da rega de jardins, lavagem de veículos, roupas e sanitários, sistemas de combate a incêndios. Já as valas de infiltração são vantajosas para a redução de riscos de inundações urbanas e para a recarga de aquíferos (KITA *et al.*, 1999).

### 2.2.3 A Água de Chuva e Seus Usos

Tomaz (2014) cita em um de seus estudos alguns dos principais motivos pelos quais se adere à prática de aproveitamento da água de chuva:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1.200m<sup>3</sup>/ hab/ ano;
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas;
- Rapidez no retorno dos investimentos (*payback*);
- Instabilidade do fornecimento de água pública;
- Exigência de lei específica;
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses;
- Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

A água de chuva não é considerada potável devido aos seus componentes (desde partículas de fuligem até sulfato, amônio e nitrato), portanto não adequada para consumo se não houver tratamento. No entanto, segundo Soares *et al.* (1999), a água captada da chuva pode ser aplicada na lavagem de veículos e calçadas, sistemas de ar-condicionado, controle de incêndio, lavagem de sanitários e também na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, ela pode ser utilizada para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e na limpeza industrial. Em resumo, a água de chuva deve apenas ser utilizada para os fins menos restri-

tivos, que não demandem potabilidade, porém, para que ela atenda a atividades nobres, a água de chuva deverá passar por tratamentos de forma que se torne potável.

Segundo May (2004), o uso da água de chuva em edificações se apresenta viável a partir da diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, com uma conseqüente queda nos custos com água potável e redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes.

Além da economia financeira que se obtém através do aproveitamento da água de chuva, o que torna o sistema ainda mais atrativo, sua prática também oferece inúmeros benefícios ao meio ambiente, conforme já citado anteriormente.

## 2.3 DIRETRIZES DE PROJETO PARA SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Embora a coleta e aproveitamento de água de chuva não seja uma prática recente em nosso país, desconheciam-se normas técnicas apropriadas referentes ao uso do sistema em edificações, devido à falta de dados como a qualidade da água da chuva e o coeficiente de Runoff segundo May (2004), até que em 2007 a Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou, por meio da Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva (ABNT/CEET/00.001.77), a NBR 15527 intitulada “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos”.

### 2.3.1 Normatização Brasileira

A NBR 15527/2007 apresenta recomendações para a concepção e manutenção dos sistemas de aproveitamento de água de chuva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Para a concepção do projeto, a norma exige que sejam atendidas a ABNT NBR 5626/1998 (“Instalação predial de água fria”) e ABNT NBR 10844/1989 (“Instalações prediais de águas pluviais”) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998; 1989). “No estudo devem constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo

projetista do sistema” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Além disso, deve ser apresentado o estudo das séries históricas e sintéticas das precipitações da região em questão.

A norma também apresenta recomendações a respeito das calhas e condutores, dispositivos para remoção de detritos e descarte da água de escoamento inicial, preferencialmente automático.

Quanto aos reservatórios, a norma estabelece que sejam seguidos os requisitos da NBR 12217/1994 (“Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público”) e dá recomendações sobre o dimensionamento, manutenção, higiene e segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Em se tratando das instalações do sistema de aproveitamento de água de chuva, tubulações e reservatórios devem ser separados e claramente diferenciados das instalações de água potável, impedindo qualquer conexão cruzada. Os pontos de consumo (torneiras de jardim, por exemplo) devem ser de uso restrito e devidamente identificados.

A norma também apresenta recomendações quanto à qualidade da água de chuva a ser consumida, ao bombeamento quando necessário e quanto à frequência das manutenções para cada componente do sistema.

Para o desenvolvimento do cálculo do dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva, a NBR 15527/2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) apresenta a equação para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável, ou seja, a quantidade potencial de água pluvial captada e armazenada. Este volume depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura (Coeficiente de Runoff), bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial. É calculado através da seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush}$$

Onde:

V= volume da cisterna em litros

P= precipitação média mensal (mm)

A= área da superfície de cobertura (m<sup>2</sup>)

C= coeficiente de runoff do telhado (adimensional)

$\eta$  *first flush* = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema

De acordo com Tomaz (2003), o *first flush* é necessário quando há precipitação sobre uma cobertura após um período mínimo de três dias de seca. Poeira, folhas e detritos ficam acumulados na superfície após um certo período sem chuva. Estes devem ser removidos do sistema de coleta de água de chuva através de dispositivos de descarte. Há um desacordo mundial em relação ao volume de água que deve ser descartado. O Estado do Texas nos Estados Unidos recomenda que sejam descartados os primeiros 0,4mm a 0,8mm, equivalente a 0,4 litros/m<sup>2</sup> a 0,8 litros/m<sup>2</sup>. Já Dacach (1990) aconselha um *first flush* de 0,8 a 1,5mm. O estado da Flórida utiliza 0,4mm, conforme ainda afirma Tomaz (2003).

A norma brasileira 15527/2007 também apresenta a definição para o Coeficiente de *Runoff* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). De acordo com Tomaz (2003), para efeito de cálculo, o volume de água de chuva a ser aproveitado não é o mesmo que o volume de água precipitado. Para tanto, utiliza-se o coeficiente de *Runoff*, ou coeficiente de escoamento superficial, que significa a perda de água causada por fatores como limpeza de telhados, evaporação, vazamentos, etc. Estima-se que esta perda, segundo May (2004), seja de 10 a 33% do volume precipitado.

O coeficiente de *Runoff*, representado pela letra C, traduz-se pela relação entre o volume total de água que escoa superficialmente e o volume total precipitado.

O volume da perda de água dependerá do tipo de superfície em que ela escoar. Em função disso, Tomaz (2003) apresenta valores médios para diferentes materiais de cobertura, conforme mostra o Quadro 1.

<b>Coeficiente de <i>Runoff</i> médio</b>	
<b>Material</b>	<b>Coeficiente de <i>Runoff</i></b>
Telhas cerâmica	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico/ PVC	0,9 a 0,95

Quadro 1 – Coeficiente de Runoff médio

Fonte: Tomaz (2003).

### 2.3.2 Métodos de Dimensionamento de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva

Para o cálculo do dimensionamento de um reservatório de água de chuva, a NBR 15.527/2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) apresenta em seu anexo A alguns métodos, fundamentada em alguns autores: Método de Rippl, Método da simulação, Método de Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Outras teorias foram tomadas como base a fim de aprofundar o estudo através de comparações, como por exemplo o Método de Fendrich (2002) e o Método dos dias sem chuva.

#### 2.3.2.1 Método de Rippl

Mais comumente utilizado no aproveitamento de água de chuva, o método de Rippl em sua maioria apresenta o valor extremo do volume do reservatório, importante para se ter uma referência máxima, afirma Tomaz (2003).

A norma cita que neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias e apresenta a seguinte equação para o cálculo do dimensionamento:

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

Onde:

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

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

Onde:

$S(t) = \text{volume de água no reservatório no tempo t;}$

$Q(t) = \text{volume de chuva aproveitável no tempo t;}$

$D(t) = \text{demanda ou consumo no tempo t;}$

$V = \text{volume do reservatório;}$

$C = \text{coeficiente de escoamento superficial (Coeficiente de Runoff).}$

Segundo Tomaz (2003), este método pode ser aplicado para situações de demanda constante e variável. Para a demanda constante, o autor apresenta um método analítico para o cálculo do reservatório, conforme Tabela 1.

1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	D m (m <sup>3</sup> )	A c (m <sup>2</sup> )	V chuva (m <sup>3</sup> )	D m – Vchuva (m <sup>3</sup> )	Diferença Acum. + (m <sup>3</sup> )
Jan						
Fev						
Mar						
Abr						
Mai						
Jun						
Jul						
Ago						
Set						
Out						
Nov						
Dez						
Total						

Tabela 1 – Modelo de planilha para aplicação do Método Analítico de Rippl

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003) e Giacchini (2010)

Onde:

Coluna 1: Período de tempo de Janeiro a Dezembro;

Coluna 2: Precipitação média mensal em milímetros;

Coluna 3: Demanda mensal, em metros cúbicos;

Coluna 4: Área de captação da água de chuva, em metros quadrados;

Coluna 5: Volume mensal disponível de água de chuva. Obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo Coeficiente de Runoff;

Coluna 6: Diferença entre o volume de demanda e volume de chuva mensais (coluna 3 – coluna 5). O sinal negativo indica excesso de água e o positivo déficit, quando o volume de demanda supera o volume de água disponível;

Coluna 7: Diferença acumulada da coluna 6, considerando apenas valores positivos.

### 2.3.2.2 Método da simulação

Tomaz (2003) explica que para o Método da análise da simulação estima-se inicialmente o volume do reservatório e verifica-se o que ocorre com a água excedente (*overflow*) e a água insuficiente. É um método de tentativas e erros e é considerado o melhor para a avaliação do reservatório, afirma Tomaz (2003).

Conforme a NBR, neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito (MCMANON, 1993):

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t$$

Em que:

$$Q_t = C \times P_t \times A_c$$

Sendo que:

$$0 \leq S_t \leq V$$

Onde:

$S_t$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

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

$Q_t$  = volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D_t$  = consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  = volume do reservatório fixado;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial.

$P_t$  = Precipitação no tempo  $t$

$A_c$  = Área de captação

Tomaz (2003) apresenta uma alternativa para o cálculo de dimensionamento para o Método da Simulação através da elaboração de uma planilha, conforme a Tabela 2.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mês	P (mm)	D m (m <sup>3</sup> )	A c (m <sup>2</sup> )	V chuva (m <sup>3</sup> )	V chuva fixado (m <sup>3</sup> )	S t-1 (m <sup>3</sup> )	S t (m <sup>3</sup> )	Ov (m <sup>3</sup> )	S (m <sup>3</sup> )
Jan									
Fev									
Mar									
Abr									
Mai									
Jun									
Jul									
Ago									
Set									
Out									
Nov									
Dez									
Total									

Tabela 2 – Modelo de Planilha para aplicação do Método da Simulação

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003) e Giacchini (2010).

Onde:

Coluna 1: Período de tempo de Janeiro a Dezembro;

Coluna 2: Precipitação média mensal em milímetros;

Coluna 3: Demanda mensal, em metros cúbicos;

Coluna 4: Área de captação da água de chuva, em metros quadrados;

Coluna 5: Volume mensal disponível de água de chuva. Obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo Coeficiente de Runoff;

Coluna 6: Volume fixado para o reservatório. O volume é arbitrado e posteriormente verificado o overflow e a reposição de água, até que se defina um volume adequado;

Coluna 7: Volume do reservatório no início da contagem do tempo. Considera-se que o reservatório esteja cheio no início do ano, portanto  $S_{t-1}$  referente a janeiro deve ser igual a  $V_{fixado}$ . Os demais valores são obtidos através da função SE do Excel (coluna 7 = SE (coluna 8 < 0 ; 0 ; coluna 8));

Coluna 8: Volume do reservatório no fim do mês. Considera-se que o reservatório esteja cheio no início do ano, portanto  $S_t$  referente a janeiro deve ser igual a  $V_{fixado}$ . Os demais valores são obtidos através da função SE do Excel (Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna

3)). Valor negativo entende-se como água necessária para reposição, este se repetirá com sinal positivo na coluna 10;

Coluna 9: Relativo ao overflow, ou seja, excesso de água. É obtido através da função SE do Excel (Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6 ; 0)).

Coluna 10: Volume de água a ser suprido de outras fontes. Obtém-se através da função SE do Excel (Coluna 10 = SE (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3 < 0 ; - (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3) ; 0)).

A confiança e eficiência do resultado pode ser analisada através de seguinte equação, conforme Tomaz (2003):

$$Pr = nr / n$$

Onde:

Pr = Falha

nr = número de meses que o reservatório não atendeu à demanda

n = número total de meses (12 conforme MCMAHON, 1993)

A confiança (Rr) representa a proporção do tempo em que o reservatório atende à demanda. É o complemento da falha (TOMAZ, 2003), encontrado pela seguinte fórmula:

$$Rr = 1 - Pr$$

### 2.3.2.3 Método de Azevedo Neto

Este método, também chamado de Método Prático Brasileiro, sugere o aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual, em função do escoamento superficial e as perdas inerentes ao sistema, explica Giacchini (2010).

O coeficiente de segurança corresponde à fração mensal referente ao aproveitamento de 50% da precipitação anual, ou seja:

$$50\% \times P \text{ anual} / 12 \text{ meses} = 0,042 P \text{ anual}$$

De acordo com a NBR 15527/2007, o volume do reservatório de água pluvial, utilizando este método, é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P = Precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = Número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

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

#### 2.3.2.4 Método Prático Alemão

Conforme apresenta a norma, trata-se de um método empírico que adota um percentual de 6% do menor valor entre o volume anual aproveitável de chuva e a demanda anual de água não potável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

O volume pode ser calculado da seguinte forma:

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

Onde:

V adotado = Volume de água do reservatório, em litros (L);

V = Volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D = Demanda anual de água não potável, expresso em litros (L).

### 2.3.2.5 Método Prático Inglês

Segundo Giacchini (2010), o Método Prático Inglês fundamenta-se em certo percentual de aproveitamento da precipitação média anual em relação à área de captação. Não considera em sua formulação o período de seca.

O coeficiente de segurança corresponde à fração mensal referente ao aproveitamento de 60% da precipitação anual:

$$60\% \times P_{\text{anual}} / 12 \text{ meses} = 0,05 P_{\text{anual}}$$

O volume do reservatório de água pluvial é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P = Precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

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

### 2.3.2.6 Método Prático Australiano

De acordo com Austrália (2004), quando o reservatório corresponder à única fonte de abastecimento de água, seu dimensionamento deverá ser calculado de forma que sua capacidade atenda à demanda durante o ano todo, inclusive durante os períodos de baixa ou nenhuma precipitação.

Para o cálculo do volume do reservatório, é necessária a obtenção do volume de chuva, calculado a partir da seguinte equação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007):

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

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = precipitação média anual;

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

A = área de coleta (m<sup>2</sup>);

Q = volume mensal produzido pela chuva (m<sup>3</sup>).

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

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

Q<sub>t</sub> = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m<sup>3</sup>);

V<sub>t</sub> = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m<sup>3</sup>);

V<sub>t-1</sub> = volume de água que está no tanque no início do mês t (m<sup>3</sup>);

D<sub>t</sub> = demanda mensal (m<sup>3</sup>).

Conforme Austrália (2004), considera-se, para o primeiro mês, o reservatório vazio. Quando  $(V(t-1) + Q(t) - D) < 0$ , então o  $V(t) = 0$

O volume do reservatório deverá ser definido a partir da análise da confiança através das equações:

$$R_p = 1 - P_f$$

$$P_f = P / N$$

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

### 2.3.2.7 Método de Fendrich (2002)

Para a formulação deste método, estudou-se a aplicabilidade da coleta, utilização e detenção das águas pluviais na Bacia Hidrográfica Urbana do rio Belém, em Curitiba – Paraná. Foram analisados aspectos relativos ao armazenamento tem-

porário das águas pluviais em áreas altamente impermeabilizadas e o retardamento do respectivo escoamento superficial. O coeficiente de escoamento superficial regional de Curitiba ( $C_r$ ), determinou-se, corresponde a 20,5 litros por metro quadrado de telhado ( $C_r = 20,5 \text{ L/m}^2$ ) (GIACCHINI, 2010).

Desta forma, o cálculo do reservatório de águas pluviais segundo Fendrich é obtido através da fórmula:

$$V = C_r \times A_c$$

Onde:

$V$  = capacidade do reservatório de detenção ( $\text{m}^3$ );

$C_r$  = coeficiente de escoamento superficial regional de Curitiba;

$A_c$  = área de coleta das águas pluviais ( $\text{m}^2$ ).

#### 2.3.2.8 Método dos dias sem chuva

O Método dos dias sem chuva aplica-se a partir do conceito da seca máximo do ano, levando em consideração as demandas de água não potável. O cálculo para o dimensionamento se baseia no número de dias consecutivos sem chuva no local em questão.

O volume do reservatório é calculado através da equação:

$$V = QNP \times DS$$

Onde:

$V$  = Volume do reservatório (litros);

$QNP$  = Somatório das demandas não potáveis (litros/dia);

$DS$  = Maior número de dias sem chuva na região em estudo.

### 3 METODOLOGIA

Esta etapa do trabalho visa avaliar e apresentar através de um estudo de caso as potencialidades para a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma propriedade agroindustrial. Consiste, primeiramente, na apresentação do objeto em questão ao que se refere as suas características gerais como sua inserção geográfica, atividades exercidas, fonte de abastecimento de água, consumo de água, além de outros dados relevantes para a obtenção dos resultados desta pesquisa.

#### 3.1 OBJETO DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi selecionada uma área de produção agroindustrial localizada em Carambeí, município situado na região dos Campos Gerais do estado do Paraná.

Situada à Rodovia PR 151 em área rural, a propriedade faz divisa com o perímetro urbano da cidade. A Figura 6 apresenta através de uma imagem aérea a delimitação da propriedade.



Figura 6 – Delimitação da propriedade em estudo

Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2015).

A propriedade possui um território de 184 hectares. Dentre suas principais atividades estão a criação de gado bovino da raça Angus para reprodução, plantação de culturas como milho, soja e aveia, secagem e armazenamento de grãos, além de atividades domésticas. Mais adiante, estas atividades serão descritas com maior enfoque.



Figura 7 – Foto Aérea do objeto de estudo

Fonte: Autoria própria (Imagem capturada por drone).

### 3.1.1 Localização

Colonizada por holandeses no início do século XX (mais especificamente em 1911), Carambeí possui um território de 649.679km<sup>2</sup> e uma população de 19.163 habitantes de acordo o Senso de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conforme projeção feita pelo IBGE, a população deve ter alcançado em 2014 um número aproximado de 21 mil habitantes.

O município, além de outros vinte e três, é integrante da região dos Campos Gerais. É apresentada na Figura 8 a abrangência desta região no estado do Paraná, de acordo com o Dicionário Histórico e Geográfico desenvolvido pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).



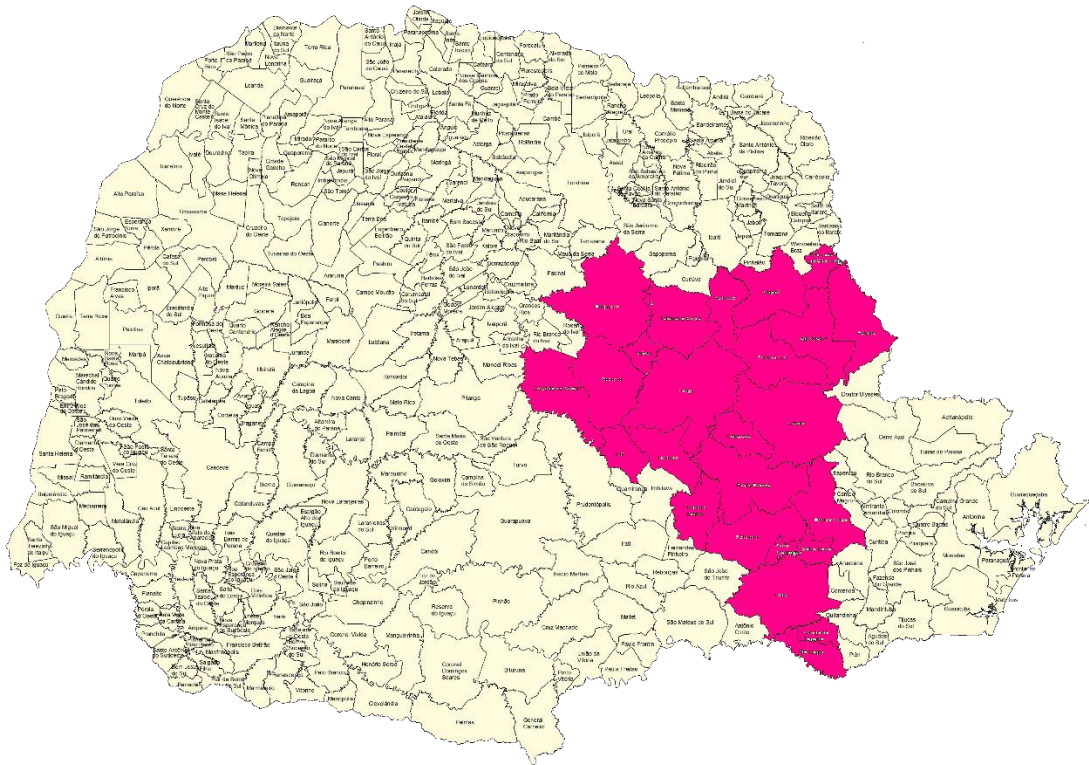


Figura 8 – Inserção dos Campos Gerais no estado do Paraná

Fonte: Adaptado de Os Campos... (2015).

Maack (1948, *apud* OS CAMPOS... 2015) define os Campos Gerais do Paraná como uma zona fitogeográfica natural, com campos limpos e matas de galeria ou capões isolados de floresta ombrófila mista, onde aparecem as araucárias. Ainda segundo o autor, a região abrange a área de ocorrência desta vegetação, situada sobre o Segundo Planalto Paranaense, no reverso da Escarpa Devoniana, a qual o separa do Primeiro Planalto, situado a leste.

Dentro deste cenário, encontram-se os municípios de Arapoti, Balsa Nova, Campo do Tenente, Campo Largo, Cândido de Abreu, Carambeí, Castro, Imbaú, Ipiranga, Ivaí, Jaguariaíva, Lapa, Ortigueira, Palmeira, Piraí do Sul, Ponta Grossa, Porto Amazonas, Rio Negro, Reserva, São José da Boa Vista, Telêmaco Borda, Teixeira Soares, Tibagi e Ventania.

Carambeí situa-se no centro da região, como mostra a Figura 9.



Figura 9 – Inserção do município de Carambeí nos Campos Gerais  
 Fonte: Adaptado de Os Campos... (2015).

### 3.1.2 Caracterização do Objeto em Estudo

Tendo o foco direcionado à produção agroindustrial, a propriedade conta com o desenvolvimento de diversas atividades econômicas além de atividades domésticas.

Em toda sua extensão, a propriedade abriga áreas de pastagem e plantio, instalações de uso rural, usos diversos, residenciais e de lazer. Abaixo são listadas e descritas as atividades envolvidas no cotidiano profissional e doméstico da propriedade.

Referente às áreas verdes, a propriedade conta com:

- Cinco áreas de pastagem que alimentam 160 cabeças de gado bovino e dois equinos, que totalizam 11 hectares;

- Duas áreas destinadas ao plantio de culturas como milho, soja, trigo, feijão e aveia, equivalentes a 84 hectares;
- Áreas de preservação ambiental (áreas de bosque).

Ao que se refere às instalações rurais, tem-se:

- Três unidades de armazenamento e secagem de grãos com áreas de 1.200 m<sup>2</sup>, 3.200 m<sup>2</sup> e 2.000 m<sup>2</sup>, cada qual possuindo secadores e silos de estocagem de grãos, sendo as duas maiores mais recentes, construídas em 2010 e 2015, respectivamente;
- Um armazém onde se encontram uma área de confinamento do gado, um depósito de materiais, um refeitório para os funcionários e o escritório de recepção de cargas.

Possui ainda instalações de usos diversos como:

- Um segundo armazém que abriga uma oficina mecânica e aos fundos um cocheiro para equinos;
- Um escritório de contabilidade onde trabalham duas pessoas;
- Área para lavagem de automóveis e máquinas agrícolas, cujo consumo de água é considerável;
- Uma unidade de compostagem com capacidade para 480 m<sup>3</sup>;
- Uma área reservada à horta e pomar.

Além dos itens citados acima, a propriedade abriga também instalações residenciais e de lazer, a citar:

- Uma unidade residencial de alto padrão com seis moradores;
- Uma unidade residencial de alto padrão com três moradores;
- Uma unidade residencial de alto padrão com um morador;
- Sete unidades residenciais de médio padrão que abrigam em média quatro pessoas cada uma.
- Um salão de festas junto a uma lagoa artificial abastecida por nascentes d'água.

Ao todo, são doze funcionários envolvidos no setor agrícola; um funcionário envolvido no setor pecuário; três responsáveis pelo setor administrativo e contábil; um pela manutenção da propriedade (jardim, horta, pomar e afins) e trinta e quatro residentes.

## 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para esta etapa do trabalho, foram levantados os índices pluviométricos da região, o consumo geral de água baseado no controle diário do hidrômetro do poço artesiano e estimou-se a demanda de água não potável, dados fundamentais para o desenvolvimento do cálculo de dimensionamento do sistema de aproveitamento de chuva.

### 3.2.1 Dados Hidrológicos

Para a obtenção dos índices pluviométricos, foram utilizados os dados fornecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), através do sistema de informações hidrológicas Hidroweb.

Localizou-se dentro do município de Carambeí a estação pluviométrica mais próxima à área de estudo, denominada Boqueirão, gerenciada pelo instituto Águas Paraná, entretanto, os dados apresentados não são recentes. Identificou-se então outra estação, localizada a aproximadamente 20 quilômetros da propriedade, chamada Catanduva de Fora, também tendo como responsável o instituto Águas Paraná. Os dados coletados nesta estação abrangem um período de quase quarenta anos, com início no mês de Novembro de 1975 e término em Dezembro de 2014.

### 3.2.2 Levantamento do Consumo de Água

A água que abastece a propriedade é proveniente do Aquífero Guarani e captada através de um poço artesiano, construído há aproximadamente 40 anos.

A coleta dos dados referentes ao consumo de água na propriedade é obtida através do controle do hidrômetro, realizado diariamente às 8:30h. Este controle, feito desde o ano de 2012, consiste no preenchimento de uma planilha com o volume gasto nas últimas 24 horas. Em caso de picos incomuns, as justificativas são descritas na aba de observação, para eventuais consultas.

A figura 10 mostra o local de captação da água e do hidrômetro.



Figura 10 – Poço Artesiano – Local de captação da água e hidrômetro

Fonte: autoria própria.

### 3.2.3 Estimativa da Demanda de Água Não Potável

Para cada atividade realizada na propriedade cujo uso da água é menos restritivo quanto à potabilidade, foi estimada a demanda de água, tomando como base a frequência e tempo de uso e o volume médio de água consumido mensalmente, além de referências bibliográficas relevantes.

Entre as atividades exercidas na propriedade que não demandam potabilidade da água, tem-se:

- Lavagem de automóveis, caminhões, tratores e máquinas agrícolas
- Lavagem de armazéns, depósitos e cocheiros
- Lavagem de equinos
- Irrigação de jardim
- Abastecimento de caminhões-pipa para pulverização
- Prevenção de incêndio dos armazéns

Foram destacados as atividades exercidas no ambiente externo, ou seja, desconsiderou-se as atividades domésticas que poderiam aproveitar também a água de chuva, como os vasos sanitários e torneiras externas residenciais por exemplo, dado o fato de que a demanda de água apresentada pelos itens acima citados é consideravelmente grande para a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tomaz (2003) apresenta estimativas de demanda residencial de água para uso externo, conforme quadro 2, que serão tomadas como base para a estimativa de demanda de água não potável na propriedade em estudo.

Uso externo	Unidade	Valor
Casas com piscina	%	0,1
Gramado ou jardim	Litros/ dia/ m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	Litros/ lavagem/ carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/ mês	4
Mangueira de jardim 1/2" x 20m	Litros/ dia	50
Manutenção de piscina	Litros/ dia/ m <sup>2</sup>	3
Perdas por evaporação em piscina	Litros/ dia/ m <sup>2</sup>	5,75
Preenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Quadro 2 – Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água potável para uso externo

Fonte: Tomaz (2003).

Para as estimativas de consumo de atividades que utilizam mangueiras, como irrigação de jardins e lavagem de armazéns, por exemplo, foram tomados como referência os dados apresentados por Vickers (2001), conforme o quadro 3.

Diâmetro da mangueira	Volume em litros de acordo com o tempo de escoamento de uma mangueira de 15m de comprimento e pressão de 28 mca.			
	15min	30min	45min	60min
1/2	284	568	852	1134
5/8	363	726	1089	1452
3/4	499	998	1497	1996

Quadro 3 – Estimativa de consumo de mangueiras de jardim

Fonte: Vickers (2001).

A estimativa da demanda de água para o sistema de prevenção de incêndio dos armazéns baseou-se nas especificações apresentadas pela NPT 022/12 referente a “Sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio” (GOIÁS, 2012).

A norma apresenta através de um quadro as vazões mínimas para cada tipo de mangueira.

Tipo	Esguicho Regulável (DN)	Mangueiras de Incêndio			Vazão mínima no esguicho do hidrante mais desfavorável (l/min)
		DN	Comprimento		
			Interno	Externo	
1	25	25	30	60	100
2	40	40	30	60	150
3	40	40	30	60	200
4	40	40	30	60	300
5	65	65	30	60	600

Quadro 4 – Vazões mínimas para os tipos de mangueira de incêndio

Fonte: Goiás (2012).

A NBR 11861/98, sob o título de “Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio”, apresenta as definições para cada tipo de mangueira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Mangueira tipo 1 – Destina-se a edifícios de ocupação residencial

Mangueira tipo 2 – Destina-se a edifícios comerciais e industriais ou Corpo de Bombeiros.

Mangueira tipo 3 – Destina-se à área naval e industrial, onde é indispensável maior resistência à abrasão.

Mangueira tipo 4 – Destina-se à área industrial, onde é desejável maior resistência à abrasão.

Mangueira tipo 5 – Destina-se à área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão.

Para a prevenção de incêndio dos armazéns da propriedade, foi especificada a mangueira do tipo 2. Portanto, de acordo com a norma, sua vazão mínima é de 150 litros/ minuto.

### 3.3 COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Para a realização desta etapa do trabalho, foram avaliadas e identificadas as superfícies de cobertura que apresentam características potenciais para a captação e aproveitamento da água da chuva, por exemplo, grandes áreas de coleta, superfícies lisas, áreas livres de árvores, entre outros.

Identificadas as coberturas, será calculado através de equação apresentada pela NBR 15.527 o volume total de água de chuva aproveitável. Para este cálculo, considerando que as superfícies estudadas são compostas por telhas de aço galvanizado, será utilizado o valor de 0,8 para o Coeficiente de *Runoff*, de acordo com a recomendação de Tomaz (2003).

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA

Foram selecionados para esta fase do trabalho dois métodos de dimensionamento de reservatório para comparação: Método de Rippl e Método dos dias sem chuva.

O Método de Rippl, também conhecido como Método do Diagrama de Massas, segundo Campos *et al* (2007), é o mais utilizado devido à sua fácil aplicação. Porém, tem recebido críticas sobre sua utilização, pois este método foi, a princípio, desenvolvido para grandes reservatórios, acarretando numa superestimativa (AMORIM; PEREIRA, 2008). De acordo com Rocha (2009), este método deve apenas ser aplicado quando o volume captado de água de chuva for maior ou igual ao volume demandado, suprindo-se totalmente a demanda em períodos de seca. Como este estudo está sendo desenvolvido para uma propriedade que apresenta grande demanda de água para fins não potáveis, este método foi considerado relevante para o presente estudo. Para este método, podem ser usadas séries históricas mensais ou diárias.

Optou-se por estudar o Método dos dias sem chuva pois, diferente dos demais, apresenta como fundamento os períodos de seca, embora exista também a possibilidade de dimensionar o reservatório considerando o maior número de dias



consecutivos com chuvas, sendo mais apropriado em regiões com períodos de seca mais extensos que os chuvosos, como por exemplo o Nordeste do Brasil.

Com os dois resultados em mãos, será realizado um comparativo para que seja definido o volume mais adequado para o(s) reservatório(s) de água de chuva.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo aborda a apresentação dos resultados obtidos a partir das pesquisas e coleta de dados realizadas com o intuito de quantificar a demanda de água para fins não potáveis da propriedade em estudo, dimensionar o reservatório e desta forma quantificar e avaliar a economia de água potável adquirida com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

A partir do levantamento dos dados hidrológicos da região, da quantidade de água consumida na propriedade, da estimativa de demanda por água não potável e da identificação de coberturas com potencial de coleta de água de chuva, será possível dimensionar o(s) reservatório(s) de água de chuva para abastecer as atividades menos restritivas quanto à potabilidade da água.

#### 4.1.1 Dados Hidrológicos

De posse da série histórica dos últimos 40 anos, foi elaborado um gráfico que representa a precipitação média mensal, conforme aponta a Figura 11.

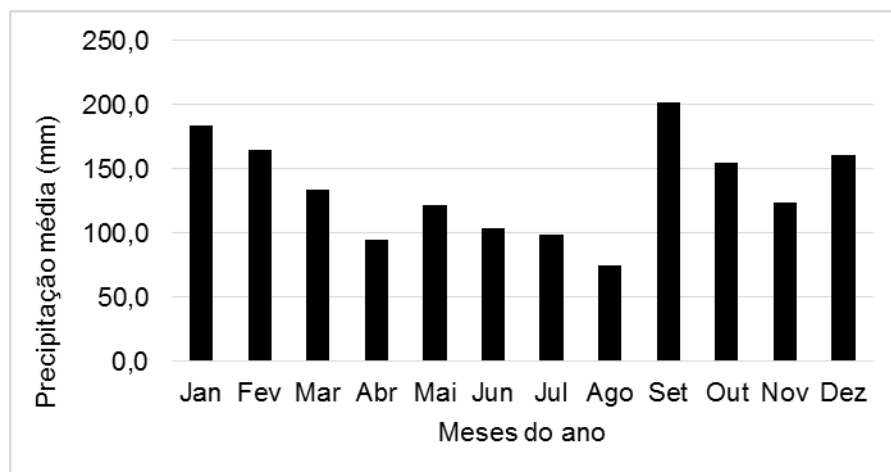


Figura 11 – Precipitação média mensal (1976 – 2014)

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (2015).

A partir deste gráfico, é possível notar a queda das precipitações nos meses de frio. Os meses de setembro a fevereiro são, em média, os mais chuvosos e consequentemente os que mais contribuirão para o sistema de aproveitamento de água de chuva.

#### 4.1.2 Levantamento do Consumo de Água

Os dados obtidos através do controle diário do consumo de água do poço artesiano foram analisados e convertidos em gráficos, de modo a comparar os gastos ano a ano.

A figura 12 representa os volumes médios mensais de água consumidos no período de janeiro de 2012 a agosto de 2015.

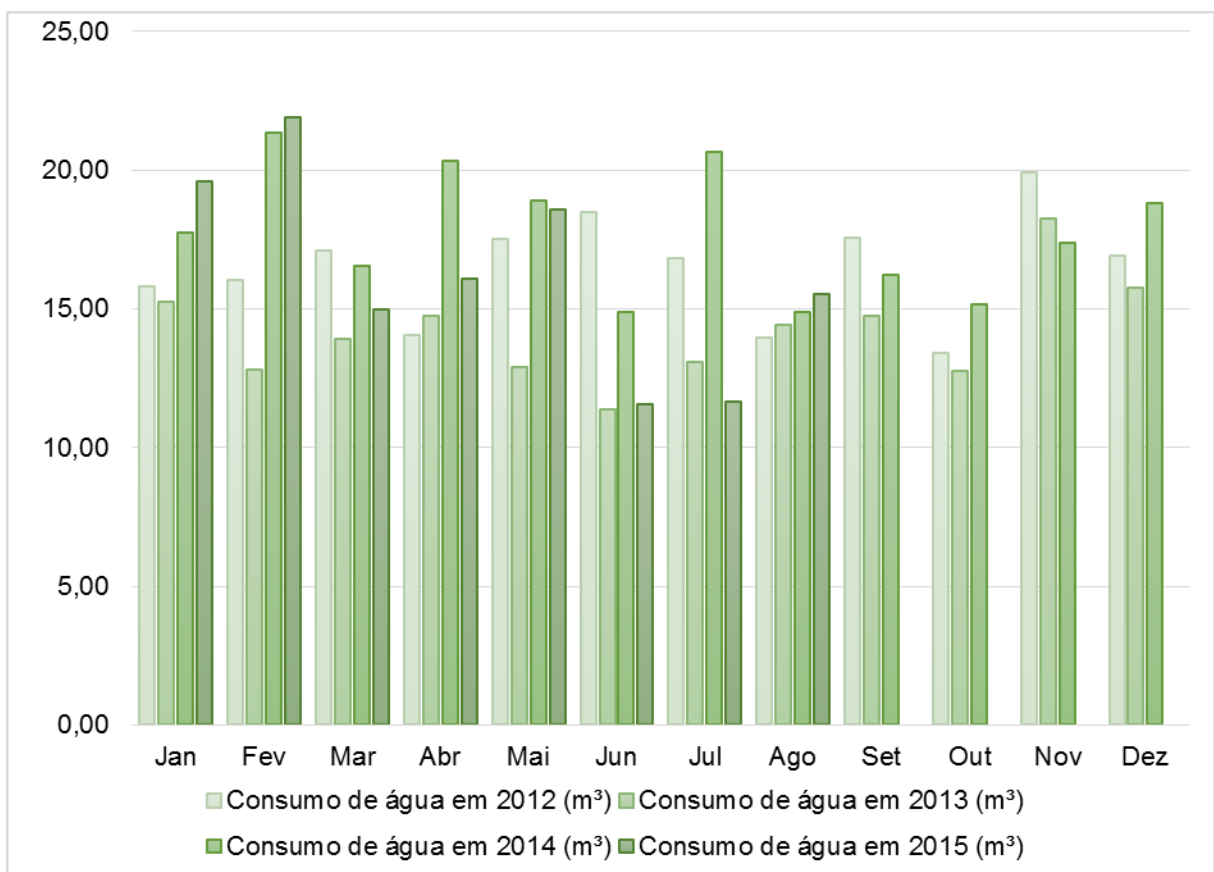


Figura 12 – Consumo médio mensal de água (m³)

Fonte: Autoria própria.

É possível verificar na Figura 12 oscilações entre as médias mensais. São diversos os fatores que implicam nestes picos de consumo, a saber: vazamentos (muitas vezes a fonte é desconhecida), abastecimento de caminhão-pipa para pulverização de lavoura, lavagem de armazéns e maquinário agrícola, entre outras atividades que demandam um considerável volume de água. A regularidade do mês de agosto, por exemplo, pode ser explicada, possivelmente, pela ausência destes fatores citados acima.

A partir da coleta dos dados de consumo de água, obteve-se a média histórica dos últimos três anos e meio, conforme a Figura 13.

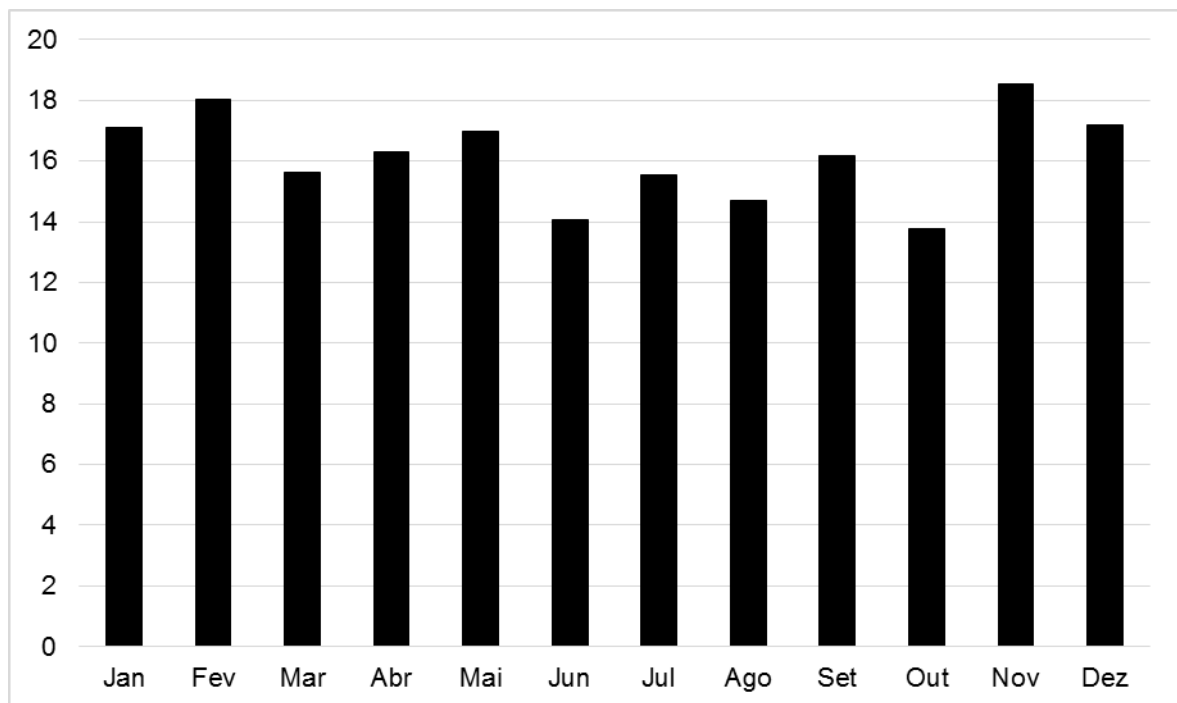


Figura 13 – Consumo médio histórico 2012 – 2015 (m<sup>3</sup>)

Fonte: Autoria própria.

É evidente a alta no consumo de água nos meses mais quentes do ano, novembro a fevereiro, com médias entre 17.000 e 18.500 litros por dia. Os meses mais frios são os menos críticos, devido à queda na utilização dos chuveiros das residências e lavagem de carros e máquinas, por exemplo. Em média, o volume de água gasto diariamente é de 16 mil litros, ou 480 m<sup>3</sup> por mês.

#### 4.1.3 Estimativa da Demanda de Água Não Potável

Com base na frequência e tempo de uso da água, foram estimados volumes proporcionais em relação ao volume médio consumido mensalmente para cada uma das atividades listadas abaixo.

- Lavagem de automóveis, caminhões, tratores e máquinas agrícolas:  
Segundo Tomaz (2003), uma residência de até 450m<sup>2</sup> lava mensalmente quatro carros, sendo em cada lavagem gastos 150 litros de água. Em se tratando de uma propriedade rural onde ocorrem diversas atividades, estima-se que, em média, são lavados mensalmente 25 automóveis, 6 caminhões, 6 tratores e 10 máquinas agrícolas. Pode-se considerar que para a lavagem dos caminhões, tratores e máquinas agrícolas a demanda de água triplica em relação à dos automóveis. Supõe-se, portanto, que o volume médio mensal de água gasto nesta tarefa seja de 13.650 mil litros (13,65m<sup>3</sup>);
- Lavagem de armazéns, depósitos e cocheiros:  
Através de entrevista realizada aos funcionários da propriedade, constatou-se que os armazéns, depósitos e cocheiros são lavados uma vez por mês. Tomando como base a estimativa apresentada por Vickers (2001) e considerando que para a lavagem dos espaços seja utilizada uma mangueira de diâmetro  $\frac{3}{4}$  durante um período de 15 minutos, o volume de água consumido para esta atividade é de 22.455 litros (22,45m<sup>3</sup>);
- Lavagem de equinos:  
A propriedade conta com dois equinos, que são lavados uma vez por mês.  
Para a estimativa de consumo de água tomou-se como base novamente a referência de Vickers (2001), considerando a vazão de uma mangueira de diâmetro  $\frac{3}{4}$  durante 15 minutos. O volume de água gasto estimado para a lavagem dos equinos estimado é de 1.000 litros por mês;

- Irrigação de jardim:  
Considerando que para irrigar os jardins da propriedade o tempo de duração seja de em média 60 minutos por mês utilizando-se uma mangueira com diâmetro  $\frac{3}{4}$ , estima-se que a quantidade de água consumida nesta atividade seja de 1.996 litros (VICKERS, 2001);
- Abastecimento de caminhões-pipa para pulverização:  
Após análise das planilhas de controle de consumo de água, foi possível verificar a regularidade em que são abastecidos do poço artesiano os caminhões-pipa, destinados à pulverização da lavoura. São realizados mensalmente em média seis coletas de água. Cada abastecimento consome do Aquífero em torno de 20.000 litros. Ao final do mês, o volume totaliza uma média de 120.000 litros de água;
- Prevenção de incêndio dos armazéns:  
Junto aos armazéns de grãos, está em fase de projeto a implantação um sistema de prevenção de incêndio que conta com 5 hidrantes. As mangueiras especificadas são do tipo 2, cuja vazão é de 150 litros por minuto. Embora ainda não seja possível estimar a demanda de água para esta atividade, ela faz parte da lista dos usos não potáveis.

Estima-se portanto que, somando todas as atividades sem restrição quanto a potabilidade da água para seu uso, o volume de água total consumido mensalmente na propriedade em estudo seja de 159 mil litros (aproximadamente 5.300 litros por dia). Esta soma, entretanto, não inclui a demanda de água para o sistema de prevenção de incêndio por se tratar de um projeto ainda em desenvolvimento. No entanto, vale levar em consideração que, em eventuais emergências, o sistema se utilizará da água de chuva. Em casos de déficit de água no reservatório, o sistema, assim como as demais atividades, deverá estar conectado à fonte de abastecimento primária da propriedade, o poço artesiano.

#### 4.2 COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A partir da identificação das coberturas que apresentaram potencialidades para a captação de água de chuva, foi possível calcular o volume potencial de água

coletada, levando em consideração o coeficiente de escoamento superficial e o *First Flush*.

#### 4.2.1 Identificação de Coberturas com Potencial de Coleta de Água de Chuva

Após a avaliação de todas as edificações, foram identificadas na propriedade dois armazéns de grãos que possuem coberturas com potencial de coleta de água da chuva.

A cobertura do primeiro armazém possui uma área de 2.700m<sup>2</sup> (armazém 01 conforme Figura 14), e a segunda 1.800m<sup>2</sup> (Armazém 02 conforme Figura 14), ambas compostas por telhas de aço galvanizado, totalizando uma área de 4.500 m<sup>2</sup> de superfície de captação de água de chuva.



Figura 14 – Foto aérea das coberturas identificadas

Fonte: Autoria própria.

#### 4.2.2 Volume de Água de Chuva Aproveitável

Para o armazém 01, foi calculado o volume de água total que pode ser aproveitado, conforme equação:

$$V_1 = P \times A \times C \times \eta_{first\ flush}$$

$$V_1 = 129,5 \times 2.700 \times 0,8 \times 0,8$$

$$\mathbf{V_1 = 223.776\ L}$$

Com uma precipitação média mensal de 129,5 mm, o volume potencial de água captado num período de um mês pela cobertura do armazém 01, de maior área, é de mais de aproximadamente 224 mil litros.

Referente ao armazém 02, o volume de água aproveitável obtido foi de 149.184 litros, conforme o cálculo realizado abaixo.

$$V_2 = P \times A \times C \times \eta_{first\ flush}$$

$$V_2 = 129,5 \times 1.800 \times 0,8 \times 0,8$$

$$\mathbf{V_2 = 149.184\ L}$$

Somando as duas áreas de cobertura, têm-se um potencial de coleta mensal de água de chuva de 372.960 litros.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Cada método selecionado apontará, através das planilhas e equações, diferentes resultados para o volume final do reservatório. Ao final, tais resultados serão comparados para que se defina a capacidade ideal do reservatório de água de chuva a fim de suprir a demanda de água não potável da propriedade.



#### 4.3.1 Método de Rippl

Para o desenvolvimento do cálculo pelo método analítico de Rippl (TO-MAZ, 2003) foram cruzados os dados pluviométricos locais, a demanda de água não potável média mensal estimada, áreas de captação e para o Coeficiente de Runoff adotou-se o valor de 0,8. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	D m (m <sup>3</sup> )	A c (m <sup>2</sup> )	V chuva (m <sup>3</sup> )	D m – Vchuva (m <sup>3</sup> )	Diferença Acum. + (m <sup>3</sup> )
Jan	184,4	159	4.500	664	-505	*
Fev	165,3	159	4.500	595	-436	*
Mar	133,9	159	4.500	482	-323	*
Abr	94,6	159	4.500	341	-182	*
Mai	121,6	159	4.500	438	-279	*
Jun	103,7	159	4.500	373	-214	*
Jul	99,2	159	4.500	357	-198	*
Ago	74,9	159	4.500	270	-111	*
Set	136,9	159	4.500	493	-334	*
Out	154,8	159	4.500	557	-398	*
Nov	124,2	159	4.500	447	-288	*
Dez	160,8	159	4.500	579	-420	*
Total	1554,3	1.908 m <sup>3</sup> /ano	4.500	5595 ≥ 1908 m <sup>3</sup> /ano		

Tabela 3 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl

Fonte: Autoria própria.

O volume adequado para o reservatório deverá ser encontrado na coluna 7, que representa a diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6, referente à diferença entre a demanda de água e o volume de chuva. O volume máximo obtido nesta coluna definirá a capacidade do reservatório de água de chuva.

Conforme mencionado anteriormente, valores negativos na coluna 6 representam sobra de água em relação à demanda e valores positivos, falta. Observa-se que a coluna em questão apresenta apenas valores negativos, caracterizando um

*overflow* o ano todo. Sendo assim, não há a necessidade de implantar um sistema de captação para as duas coberturas.

Para chegar a um resultado mais preciso, considerou-se captar a água de chuva de apenas uma das coberturas. Abaixo, as Tabelas 3 e 4 apontam os resultados obtidos pelo dimensionamento para as duas coberturas independentemente.

Dimensionamento considerando a cobertura do Armazém 01						
1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	D m (m <sup>3</sup> )	A c (m <sup>2</sup> )	V chuva (m <sup>3</sup> )	D m – Vchuva (m <sup>3</sup> )	Diferença Acum. + (m <sup>3</sup> )
Jan	184,4	159	2.700	398	-239	*
Fev	165,3	159	2.700	357	-198	*
Mar	133,9	159	2.700	289	-130	*
Abr	94,6	159	2.700	204	-45	*
Mai	121,6	159	2.700	263	-104	*
Jun	103,7	159	2.700	224	-65	*
Jul	99,2	159	2.700	214	-55	*
Ago	74,9	159	2.700	162	-3	*
Set	136,9	159	2.700	296	-137	*
Out	154,8	159	2.700	334	-175	*
Nov	124,2	159	2.700	268	-109	*
Dez	160,8	159	2.700	347	-188	*
Total	1554,3	1.908 m <sup>3</sup> /ano	2.700	3357 ≥ 1908 m <sup>3</sup> /ano		

Tabela 4 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl

Fonte: Autoria própria.

Assim como no cálculo anterior, o dimensionamento do reservatório da água de chuva captada pela maior cobertura também não apresentou resultados satisfatórios. Mais uma vez a coluna 6 apontou apenas valores negativos. Para todos os meses do ano o volume da água de chuva supera o volume da demanda.

Elaborou-se, por fim, a mesma planilha considerando a captação apenas na cobertura do armazém 02, com área de 1.800m<sup>2</sup>, conforme mostra a Tabela 5.

Dimensionamento considerando a cobertura do Armazém 02						
1	2	3	4	5	6	7
Mês	P (mm)	D m (m <sup>3</sup> )	A c (m <sup>2</sup> )	V chuva (m <sup>3</sup> )	D m – Vchuva (m <sup>3</sup> )	Diferença Acum. + (m <sup>3</sup> )
Jan	184,4	159	1.800	266	-107	*
Fev	165,3	159	1.800	238	-79	*
Mar	133,9	159	1.800	193	-34	*
Abr	94,6	159	1.800	136	23	23
Mai	121,6	159	1.800	175	-16	7
Jun	103,7	159	1.800	149	10	16
Jul	99,2	159	1.800	143	16	32
Ago	74,9	159	1.800	108	51	<b>84</b>
Set	136,9	159	1.800	197	-38	*
Out	154,8	159	1.800	223	-64	*
Nov	124,2	159	1.800	179	-20	*
Dez	160,8	159	1.800	232	-73	*
Total	1554,3	1.908 m <sup>3</sup> /ano	1.800	2238 ≥ 1908 m <sup>3</sup> /ano		

Tabela 5 – Cálculo de dimensionamento pelo método analítico de Rippl

Fonte: Autoria própria.

Ao analisarmos os resultados obtidos pelo dimensionamento considerando apenas o menor armazém para captação, verificamos que na coluna 7 surgiu o resultado da busca. Portanto, de acordo com o Método de Rippl, o volume máximo da diferença acumulada, de 84m<sup>3</sup>, representa o volume adequado do reservatório para suprir as demandas de água não potável.

#### 4.3.2 Método dos Dias Sem Chuva

Para a simulação deste método, foi elaborada uma tabela que aponta os dias máximos consecutivos sem chuva para cada mês dos últimos 20 anos, referente ao período de janeiro de 1995 a agosto de 2014. Destaca-se que foram considerados os dias em que a precipitação foi igual a zero. A partir daí, foi calculada a média mensal, de acordo com a Tabela 6. Ao final nos Apêndices, um quadro mais detalhado apresenta a relação dos volumes precipitados diariamente desde janeiro de

1995 até agosto de 2014, onde são destacados os períodos máximos de seca para cada mês do ano.

Número máximo de dias consecutivos sem chuva 1995 - 2014												
Ano/ mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1995	4	3	4	6	6	8	8	9	1	5	9	7
1996	5	3	5	7	7	7	10	16	6	6	3	4
1997	3	3	13	11	5	5	15	13	4	3	2	8
1998	7	4	4	6	5	7	10	5	3	4	10	4
1999	1	4	8	8	10	4	4	13	14	6	5	6
2000	4	6	7	6	4	8	6	8	8	4	5	4
2001	5	3	4	10	3	3	7	14	6	8	3	6
2002	5	4	6	12	9	14	8	11	9	5	2	5
2003	5	5	10	10	13	6	7	8	8	8	4	3
2004	6	6	9	6	4	14	11	26	13	10	8	5
2005	4	11	10	9	9	7	8	8	5	4	7	6
2006	6	6	8	14	20	18	6	14	7	10	11	8
2007	5	6	6	9	7	14	14	19	15	11	7	5
2008	7	7	9	10	25	5	18	17	6	6	13	8
2009	5	4	16	8	9	8	4	14	5	4	7	4
2010	2	6	5	13	6	8	11	18	13	6	6	5
2011	4	2	8	6	15	15	13	7	10	7	10	8
2012	4	9	12	5	11	7	7	21	10	10	7	7
2013	15	3	6	17	9	8	17	13	6	8	8	6
2014	13	9	17	10	11	18	5	6	*	*	*	*
Média	5,5	<b>5,2</b>	8,4	9,2	9,4	9,2	9,5	<b>13</b>	7,8	6,6	6,7	5,7
												8

Tabela 6 – Número máximo de dias consecutivos de seca no período amostral

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que fevereiro é o mês que possui a menor média de dias consecutivos sem chuvas, equivalente a 5,2 dias. O mês mais crítico é agosto, que apresenta uma média mensal de 13 dias de seca, portanto, será este o valor utilizado para o cálculo de dimensionamento, desenvolvido através da equação:

$$V = QNP \times DS$$

$$V = 5.300 \times 13$$

$$V = \mathbf{68.900 \text{ litros ou } 68,9\text{m}^3}$$

O resultado deste método sugere a utilização de um reservatório com capacidade para 68,9m<sup>3</sup> de água de chuva. Significa que para o período mais seco do ano o sistema de aproveitamento de água de chuva suprirá a demanda diária de água não potável.

Considerou-se utilizar a média anual de dias sem chuva, equivalente a 8 dias, para comparação dos resultados.

$$V = 5.300 \times 8$$

$$V = 42.400 \text{ litros ou } 42,4\text{m}^3$$

Ao simular a conta utilizando uma média mensal de oito dias consecutivos de seca, tem-se como resultado um reservatório com capacidade para 42,4m<sup>3</sup>, metade do volume apontado pelo Método de Rippl.

#### 4.3.3 Comparação Entre os Resultados

Em se tratando da eficiência do sistema, o reservatório com capacidade para 84 mil litros de água, calculado através do método de Rippl, atenderia à demanda da propriedade. Porém, embora não tenha se discutido este fator, os altos custos de um reservatório deste porte justificam uma inviabilidade econômica, aliado ao fato de que o abastecimento pelo poço artesiano não implica em custos adicionais, além de manutenções, limpezas e energia elétrica.

Desta forma, foi definida para o reservatório uma capacidade de 69 mil litros, cujo volume será suficiente, de acordo com o estudo dos dias consecutivos sem chuva na região, para suprir a demanda de água não potável da propriedade de 159 mil litros de água por mês.

Em resumo, optou-se por considerar a implantação de um reservatório de 69m<sup>3</sup> pela eficiência no suprimento da demanda apresentada no cálculo de dimensionamento seguindo o método dos dias sem chuva.

## 5 CONCLUSÕES

A busca pela sustentabilidade representa um grande desafio para a sociedade atual. A cultura do consumismo, por exemplo, apresenta-se como um fator que caminha em direção contrária às iniciativas e estratégias para a conservação da água e preservação dos recursos hídricos, assim como o consumo da água em propriedades agroindustriais, que ocorre muitas vezes de maneira dispendiosa. Com o intuito de desagrar este cenário, o abastecimento através de fontes alternativas caracteriza-se como uma forma de contribuir para a preservação deste bem imprescindível para a vida na Terra. A água de chuva, a exemplo, tem se mostrado como uma alternativa cada vez mais eficaz para substituir a água de qualidade em atividades sem fins potáveis.

A fim de avaliar tal alternativa, realizou-se este estudo que permitiu estimar a economia potencial de água potável (oriunda do Aquífero Guarani, captada por poço artesiano) a partir da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva em uma propriedade agroindustrial em Carambeí, PR.

Para chegar ao volume de água potável poupado, foram levantados dados referentes ao consumo de água aliado a uma estimativa do volume gasto em atividades que não apresentam restrição em relação à potabilidade da água.

Encontrado o volume da demanda de água não potável e dados como precipitação média mensal e área de captação, foram realizados cálculos para o dimensionamento do reservatório seguindo dois diferentes métodos: Método de Rippl e Método dos dias sem chuva.

Estes métodos apontaram valores distintos para a capacidade do reservatório. Pelo método de Rippl, foi identificado que a área de apenas uma das coberturas seria suficiente para atender a demanda de água não potável, considerou-se portanto uma área de captação de 1.800m<sup>2</sup>. Segundo este método, o volume indicado para o reservatório é de 84 mil litros. Pelo método dos dias sem chuva, considerando o mês mais crítico (13 dias consecutivos de seca no mês de Agosto), o resultado foi um reservatório de 69 mil litros. A fim de comparar os resultados, considerou-se num segundo cálculo a média anual de dias consecutivos sem chuva, equivalente a 8 dias, apontando um reservatório com capacidade para 43 mil litros de água.

Como o intuito deste trabalho é abordar a tecnologia da coleta e aproveitamento de água de chuva com o foco voltado à sustentabilidade hídrica, não foram levantados custos deste sistema. A água que abastece a propriedade não implica em custos adicionais por se tratar de água retirada de poço artesiano. Os custos desta água se traduzem em eventuais manutenções e limpezas do sistema e energia elétrica para o bombeamento da água. Sendo assim, foi descartada a avaliação da viabilidade econômica.

Conclui-se, portanto, que, alheio à questão financeira, a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva na propriedade em estudo atende à demanda poupando em média 5.300 litros de água potável por dia, equivalente a 1/3 do consumo diário de água.

Busca-se através destes resultados apresentar a eficiência do aproveitamento de água de chuva na contribuição para a preservação dos recursos hídricos. Desta maneira, espera-se que se intensifiquem esta e as demais práticas em favor da conservação da água.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemand a.pdf>> Acesso em: 22 Ago. 2015.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre: Antac, v. 8, n. 4, abr./jun. 2008.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11861**: Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11861**: Mangueira de incêndio – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714**: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

AUSTRÁLIA. **Guidance on use of Rainwater tanks**. Australian Government Department of Health and Aging. Canberra. Austrália, 2004.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em: 16 Set. 2015.



CAMPOS, J. D. et al. Barragem subterrânea de captação e barramento de água da chuva no semi-árido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, Paraíba, 2001. Anais... Paraíba: ABRH, 2001.

CAMPOS, M. A. S. *et al.* Sistema de aproveitamento de água pluvial: aspectos qualitativos e quantitativos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (10., 2007. São Carlos). **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2007.

DACACH, N. G. Saneamento básico. 3. ed. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

ESCASSEZ de água afetará dois terços da população mundial em 2050, diz FAO". Disponível em: <[www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/3264-escassez-de-agua-afetara-dois-tercos-da-populacao-mundial-em-2050-diz-fao.html](http://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/3264-escassez-de-agua-afetara-dois-tercos-da-populacao-mundial-em-2050-diz-fao.html)>. Acesso em: 27 ago. 2015.

FENDRICH, R. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana.** Curitiba, 2002. 504 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Towards a water and food secure future: Critical Perspectives for Policy-makers. Rome: FAO, 2015.

GIACCHINI, M. Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos. 2010. 145 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Curitiba, 2010.

GIACCHINI, M. **Uso e reuso da água.** Curitiba: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná, 2009. Série de Cadernos Técnicos do CEA-PR.

GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais.** Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Água de Chuva. FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA (Holanda, 2000). Palestra proferida sob o título Rainwater harvesting for household and agricultural use in rural áreas.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros. **NPT 022/ 2012:** Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Goiânia, 2012.

GRAÇA, M. E. A. Formulação de modelo para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários. 1985. 357 p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2013/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.

KITA, I *et al.* Local government's financial assistance for Rainwater utilization in Japan. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., Petrolina, 1999. **Proceedings...** Petrolina: ABRH, 1999.

MANUAL de Conservação e Reuso da Água em Edificações. Prol Editora Gráfica. São Paulo, 2005.

MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. Quantifying the first-flush phenomenon. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, (New Delhi, India, November 2005). **Proceedings...** New Delhi: [s.n], 2005.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MCMACHON, T. A. Hydrology Design for Water Use. In: MAIDMENT, David (ed.). **Handbook of Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1993.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios.** 1999. 342 p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

OS CAMPOS gerais do Paraná. In: DICIONÁRIO histórico e geográfico dos campos gerais. Disponível em: <[www.uepg.br/dicion/campos\\_gerais.htm](http://www.uepg.br/dicion/campos_gerais.htm)>. Acesso em: 14 Set. 2015.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de**

**sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** 166 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTOS, C. A. G *et al.* Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, UFPB-PRAC, UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, 2009. **Anais...** Disponível em: <[http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex\\_xienid/x\\_enex/ANAIS/Area5/5CTDECPEX02.pdf](http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/x_enex/ANAIS/Area5/5CTDECPEX02.pdf)> Acesso em: 24 Set. 2015.

SAUTCHÚK, C. A. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHMIDT, M. Captação de água de chuva na Alemanha. In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, Paraíba, 2001. **Anais...** Paraíba: ABRH, 2001.

SHIKLOMANOV, I. A. **World Water Resources: a new appraisal and assessment for the 21<sup>st</sup> century.** Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1998.

SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Sezar. **Biologia.** 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

SILVA, V. N.; DOMINGOS, Patrícia. Captação e Manejo de água de chuva. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 2, n. 1, p. 68-76, jan./jun. 2007.

SOARES, D. A. F. *et al.* Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999. **Anais...** Vitória: ABRH, 1999.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. In: TOMAZ, P. Água: pague menos. [São Paulo: s.n.], 2014.

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

TOMAZ, P. **Conservação da água.** 1. ed. São Paulo: Parma, 1998.

TOMAZ, P. **Economia de água:** para empresas e residências. São Paulo: Navegar, 2001.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives.** United Kingdom: Earthscan, 2002.

VICKERS, A. Handbook of water use and conservation. Amherst, Mass.: WaterPlow Press, 2001.

VIEIRA, Paulo Rodrigues. Água e desenvolvimento. 2011. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/artigos/20110323\\_%C3%81gua%20e%20desenvolvement1.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/artigos/20110323_%C3%81gua%20e%20desenvolvement1.pdf) Acesso em: 13 Set. 2015.

VILLIERS, M. **Água:** Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

## APÊNDICE A – CONSUMO DE ÁGUA EM 2012

Consumo de água em 2012 (m <sup>3</sup> )													
Dia/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1	3	16	15	20	16	20	10	21	14	14	28	12	
2	20	12	22	19	16	22	18	19	13	15	33	13	
3	14	20	20	14	20	20	21	17	15	18	16	15	
4	15	13	17	10	21	20	19	10	16	11	8	20	
5	12	17	18	11	13	15	19	10	16	16	59	12	
6	10	22	20	10	10	15	22	14	26	15	35	13	
7	11	20	40	11	17	18	15	14	24	23	13	14	
8	16	21	11	11	19	15	14	17	39	14	11	37	
9	22	19	15	28	20	14	17	16	31	20	17	7	
10	13	17	12	15	23	13	17	20	15	25	16	24	
11	12	12	9	14	19	20	19	12	11	13	20	11	
12	15	8	16	13	12	25	16	8	15	13	19	14	
13	17	15	16	13	15	18	15	21	22	11	18	17	
14	19	16	20	14	17	16	11	15	26	8	16	16	
15	11	35	17	13	14	17	9	14	17	13	15	19	
16	23	18	16	15	17	15	16	15	18	14	20	20	
17	20	16	22	12	17	20	17	17	11	13	40	19	
18	17	8	12	10	16	19	17	8	12	12	10	39	
19	18	10	15	15	18	20	16	9	11	13	25	15	
20	15	25	15	17	14	18	19	13	12	9	19	11	
21	11	20	17	12	24	17	12	11	11	9	20	23	
22	11	13	18	9	19	18	12	13	12	11	16	32	
23	17	13	15	7	15	17	14	10	11	9	13	18	
24	17	15	13	12	16	14	17	9	31	13	14	9	
25	21	10	13	17	22	16	19	20	30	12	22	16	
26	26	7	15	19	19	18	18	12	12	14	14	12	
27	24	14	19	18	15	38	16	8	11	9	22	13	
28	14	17	14	15	20	27	15	13	12	9	10	10	
29	9	16	15	10	20	20	20	14	11	16	11	16	
30	18		22	17	21	10	25	17	22	13	17	19	
31	19		21		18		27	16		11		9	
<b>Total</b>	<b>490</b>	<b>465</b>	<b>530</b>	<b>421</b>	<b>543</b>	<b>555</b>	<b>522</b>	<b>433</b>	<b>527</b>	<b>416</b>	<b>597</b>	<b>525</b>	<b>502</b>
<b>Média</b>	<b>15,81</b>	<b>16,03</b>	<b>17,10</b>	<b>14,03</b>	<b>17,52</b>	<b>18,50</b>	<b>16,84</b>	<b>13,97</b>	<b>17,57</b>	<b>13,42</b>	<b>19,90</b>	<b>16,94</b>	<b>16,47</b>

Fonte: Autoria própria (2015).

## APÊNDICE B – CONSUMO DE ÁGUA EM 2013

Consumo de água em 2013 (m <sup>3</sup> )													
Dia/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1	4	17	14	13	12	11	14	15	9	14	20	10	
2	12	14	13	20	14	21	13	16	13	15	15	14	
3	12	9	10	14	13	12	17	10	14	15	13	17	
4	12	13	11	24	11	12	15	10	20	17	24	19	
5	13	12	10	11	9	11	12	19	24	13	25	19	
6	13	23	11	10	10	11	9	18	25	7	20	18	
7	16	21	14	10	9	15	10	20	14	9	19	10	
8	9	12	19	31	11	12	15	21	10	11	18	10	
9	13	13	11	11	16	11	11	21	14	10	10	20	
10	19	11	10	12	12	12	16	10	16	12	9	21	
11	13	12	12	16	21	9	16	10	18	17	19	27	
12	13	8	12	13	14	13	14	13	19	10	20	30	
13	13	5	13	14	15	15	13	14	15	10	15	35	
14	13	16	13	12	18	11	10	15	10	11	16	20	
15	11	13	26	14	11	11	19	16	10	19	15	15	
16	24	11	11	12	9	11	18	15	13	19	17	18	
17	13	10	11	17	11	16	16	13	12	17	20	13	
18	11	12	14	15	9	8	17	12	19	15	14	10	
19	12	15	13	20	9	8	14	14	23	11	15	14	
20	11	13	12	14	14	8	9	15	21	9	29	19	
21	13	14	22	13	26	8	10	16	12	10	30	11	
22	28	12	13	15	10	12	12	16	11	12	19	10	
23	13	16	22	18	11	11	14	14	14	14	12	18	
24	26	11	10	18	11	11	14	9	14	14	10	16	
25	16	10	20	14	11	11	10	8	14	13	20	10	
26	17	11	14	15	11	12	9	14	11	10	19	12	
27	17	13	21	11	20	12	8	13	17	11	19	10	
28	14	11	12	11	17	10	10	16	10	12	22	14	
29	29		11	11	12	8	13	17	9	12	24	10	
30	17		12	14	12	8	14	17	11	14	20	11	
31	26		15		11		13	10		13		8	
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>358</b>	<b>432</b>	<b>443</b>	<b>400</b>	<b>341</b>	<b>405</b>	<b>447</b>	<b>442</b>	<b>396</b>	<b>548</b>	<b>489</b>	<b>431,2</b>
<b>Média</b>	<b>15,26</b>	<b>12,79</b>	<b>13,94</b>	<b>14,77</b>	<b>12,90</b>	<b>11,37</b>	<b>13,06</b>	<b>14,42</b>	<b>14,73</b>	<b>12,77</b>	<b>18,27</b>	<b>15,77</b>	<b>14,2</b>

Fonte: Autoria própria (2015).

## APÊNDICE C – CONSUMO DE ÁGUA EM 2014

Consumo de água em 2014 (m³)													
Dia/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1	2	32	9	28	30	12	22	15	10	17	17	15	
2	15	17	13	21	38	14	23	10	9	18	11	18	
3	17	39	12	14	30	14	16	9	14	16	20	22	
4	18	27	16	18	21	12	28	17	15	9	30	24	
5	14	33	15	13	14	14	14	19	15	8	32	15	
6	20	30	16	10	19	15	13	20	12	10	20	20	
7	14	28	16	16	16	12	30	22	11	11	18	13	
8	13	22	12	13	23	11	11	18	19	14	13	20	
9	14	10	16	21	18	13	13	15	20	15	12	25	
10	19	18	31	19	17	16	14	10	22	15	14	26	
11	14	24	18	13	14	16	9	12	22	14	14	20	
12	13	16	9	15	16	14	10	13	25	12	18	19	
13	22	14	16	12	15	21	9	13	13	19	20	21	
14	12	13	17	17	18	14	16	15	10	19	22	13	
15	19	13	16	14	18	14	24	18	25	17	15	21	
16	27	11	16	19	15	21	19	20	26	18	14	31	
17	25	26	25	27	23	24	11	18	19	19	13	16	
18	13	17	12	17	14	14	37	15	19	12	17	14	
19	12	22	14	18	18	14	37	15	17	7	18	20	
20	16	34	17	16	17	15	39	14	12	13	18	17	
21	21	17	14	15	22	14	33	17	11	13	20	16	
22	29	12	12	27	12	14	30	16	12	15	19	17	
23	18	11	10	33	16	15	40	11	14	17	15	12	
24	14	27	15	40	26	14	20	11	16	18	14	13	
25	35	20	15	24	26	16	13	13	20	14	12	13	
26	13	26	25	18	23	26	12	14	21	13	15	23	
27	13	17	13	35	16	11	12	14	19	19	20	14	
28	16	22	29	27	14	11	11	18	11	19	21	17	
29	17		15	25	13	11	24	17	14	17	18	38	
30	34		12	25	12	14	27	12	14	20	12	18	
31	21		37		12		23	10		22		12	
<b>Total</b>	<b>550</b>	<b>598</b>	<b>513</b>	<b>610</b>	<b>586</b>	<b>446</b>	<b>640</b>	<b>461</b>	<b>487</b>	<b>470</b>	<b>522</b>	<b>583</b>	<b>538,9</b>
<b>Média</b>	<b>17,74</b>	<b>21,36</b>	<b>16,55</b>	<b>20,33</b>	<b>18,90</b>	<b>14,87</b>	<b>20,65</b>	<b>14,87</b>	<b>16,23</b>	<b>15,16</b>	<b>17,40</b>	<b>18,81</b>	<b>17,7</b>

Fonte: Autoria própria (2015).

## APÊNDICE D – CONSUMO DE ÁGUA EM 2015

<b>Consumo de água em 2015 (m<sup>3</sup>)</b>									
<b>Dia/ Mês</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Média</b>
1	13	26	13	26	13	12	12	9	
2	19	22	29	13	14	15	10	10	
3	16	17	16	11	11	11	13	11	
4	15	18	14	10	13	13	9	17	
5	46	26	16	10	12	10	9	13	
6	18	20	18	16	17	17	10	16	
7	16	26	20	14	16	10	11	15	
8	12	24	12	18	12	11	18	14	
9	10	49	11	26	12	10	15	13	
10	11	32	9	27	10	11	11	20	
11	18	38	15	22	13	13	11	21	
12	21	30	14	15	14	11	12	22	
13	20	39	20	14	15	10	10	16	
14	24	30	12	14	14	8	9	13	
15	12	27	11	11	18	11	13	16	
16	17	16	13	25	14	13	12	12	
17	14	13	9	14	12	15	11	23	
18	11	20	11	10	58	9	11	20	
19	26	10	16	13	63	11	11	11	
20	19	12	15	17	62	9	12	22	
21	17	14	14	13	19	8	22	13	
22	43	12	14	23	13	13	16	13	
23	17	28	17	19	18	13	10	12	
24	20	11	16	11	18	9	11	15	
25	17	14	18	10	16	11	11	11	
26	18	13	16	19	17	13	8	17	
27	17	15	14	16	17	15	12	25	
28	19	12	14	14	13	10	9	24	
29	21		13	13	11	13	13	13	
30	30		18	19	12	12	9	12	
31	30		16		9		10	13	
<b>Total</b>	<b>607</b>	<b>614</b>	<b>464</b>	<b>483</b>	<b>576</b>	<b>347</b>	<b>361</b>	<b>482</b>	<b>491,7</b>
<b>Média</b>	<b>19,58</b>	<b>21,93</b>	<b>14,97</b>	<b>16,10</b>	<b>18,58</b>	<b>11,57</b>	<b>11,65</b>	<b>15,55</b>	<b>16,2</b>

Fonte: Autoria própria (2015).



**APÊNDICE E – CONSUMO MÉDIO HISTÓRICO DE ÁGUA 2012-2015**

<b>Consumo médio histórico 2012 - 2015 (m<sup>3</sup>)</b>												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
17,1	18,03	15,6	16,3	16,98	14,1	15,55	14,7	16,18	13,8	18,52	17,17	16,169

Fonte: Autoria própria (2015).

## APÊNDICE F – PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA (1976 – 2014)

Precipitação média histórica (mm)													
Ano/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1976	147,6	225,5	146,6	111,2	234,8	114,3	91,4	142,7	117,1	150,9	111,7	142,6	144,7
1977	143,9	331,8	192,7	76,9	51,3	43,1	83,9	50,9	59,4	157,5	126,1	123,7	120,1
1978	109,7	66	134,3	22,2	119,8	65,3	172,8	81,9	156	69,5	140	69,2	100,6
1979	109,5	39,4	114,8	49,7	234,2	15,6	59,4	61,9	189,4	238,7	181,3	181,2	122,9
1980	228	133,2	133,2	110,5	48,4	103	158,5	137,5	149,1	82,1	56,8	311,3	137,6
1981	156,2	82	40,2	126,6	59,4	41,7	33,9	43,2	63,6	189,4	164,6	148,5	95,8
1982	144,2	203,1	64	17,9	79,3	266,7	147,7	55,4	21,7	277,6	314,6	212,3	150,4
1983	160,8	67	188,4	159,6	456,2	250,2	179,7	1,5	289,2	114,4	97,2	123,5	174,0
1984	123,4	197,5	140,7	138,5	142,9	124,8	43,5	156,3	128,8	35,5	222,5	209,9	138,7
1985	110,2	149,2	129,3	108,3	46,2	51,7	25,3	9,6	71,1	73,4	49,7	92,6	76,4
1986	319,6	168,3	125,6	116,5	164,8	1,9	16	126,7	60,7	92,8	146,7	269,2	134,1
1987	61,4	172,8	23,2	135,1	351,3	114,1	51,7	48,1	130,9	122,1	62,7	98,6	114,3
1988	134,1	225,1	45,4	122,2	272,7	56,8	14,8	2,9	66,8	101,7	23,8	137,7	100,3
1989	357,6	122,3	51,8	89,8	104,9	98	197,9	72,5	150,1	79,5	151,8	170,5	137,2
1990	269,8	97,2	86,8	113	97,2	74,9	221,2	141,3	184,5	116,5	261,3	56	143,3
1991	110,1	153,6	127,1	72,2	46,2	202,9	24,7	69	57	147,2	39	194,9	103,7
1992	113	155,3	270,6	54,8	231,6	34,5	141,6	98,2	112,6	124,4	106,5	26,9	122,5
1993	196,8	225,6	144,4	79,8	183,3	103,1	105,3	18,8	265,8	195	41,8	199,2	146,6
1994	202,5	183,1	112,9	90	122,3	158,9	111,9	4,7	11,3	177,1	141,3	130,7	120,6
1995	479,1	84,7	164,9	77,9	34,7	91,7	111,1	39,9	200,7	206	29,5	259,8	148,3
1996	314,2	314,4	271,3	69,1	7,9	97,8	72,4	94,7	198,5	281,3	146,7	256,3	177,1
1997	316,3	109,6	96,3	38,3	65,2	194,5	53,1	51,7	230,4	209,4	180,5	127,2	139,4
1998	257,6	241,7	396,3	202,9	50,1	118,1	117,8	156,3	300,3	222,6	22,6	128,4	184,6
1999	171,4	266,8	219,3	74,8	97,7	92,5	122,7	4,6	104,4	100,1	59,9	140	121,2
2000	140,2	354,2	99,5	20,4	22,4	129	76,6	117,3	177,4	184	137,9	252,3	142,6
2001	166,8	223,8	229,5	81,9	170,2	80,6	145,8	90	74	284,9	85,1	106,2	144,9
2002	205,2	132,2	84,7	84	193,6	37,8	47,4	88	182,2	127,7	201,6	175,5	130,0
2003	123,7	222,9	189,2	135,6	33,4	50,4	137,1	19,7	110,9	130,4	241,8	207,7	133,6
2004	152,8	94,1	147,7	114,2	225,3	81,7	117,6	48,5	93	258,2	116,3	142,7	132,7
2005	247,8	28,6	58,7	139,2	122,2	78,7	62,6	75,7	279,9	305,2	119,2	27,7	338,8
2006	101,2	91,8	86,2	6,7	11,4	39	40,4	57,1	240,4	47,1	191,7	113,5	85,5
2007	168,3	166,5	132,5	83	153,7	5,5	121	14,7	57	83,6	107,4	303,8	116,4
2008	121,9	74,9	142,1	183,2	80,4	119,7	49,8	170,8	54,5	201,8	87,5	80,6	113,9
2009	182,4	134,7	46,1	8,1	51,5	83,3	235,9	76	257,2	224	202,9	161,9	138,7
2010	168,7	156,4	190,6	152,4	119,7	62,7	102,4	35,3	43,4	149,6	72,9	224,8	123,2
2011	219,9	244	85,2	54,7	27,4	111,7	133,2	373,9	30,9	171,7	83,5	75,3	134,3
2012	175,4	135,9	73	194,1	4,6	236,8	67,7	7,7	117	117,3	81	258,8	122,4
2013	107,7	292,9	123,2	87,6	112,5	269,1	122,3	24,5	123,5	153,6	103,5	133,8	137,9
2014	171,5	77,5	115,1	87,2	111,3	142,4	49,2	51,1	178,7	33,4	133,4	197,4	112,4
<b>Média</b>	<b>184,4</b>	<b>165,3</b>	<b>133,9</b>	<b>94,6</b>	<b>121,6</b>	<b>103,7</b>	<b>99,2</b>	<b>74,9</b>	<b>136,9</b>	<b>154,8</b>	<b>124,2</b>	<b>160,8</b>	<b>129,5</b>

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (2015).

## APÊNDICE G – PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Precipitação diária nos últimos 20 anos																																
Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
jan/95	5,5	0,3	43,3	38,5	1,2	0,5	36,6	41,7	40,9	20,6	47,3	50,5	25,1	8,2	9,5	0,4	2,3	0,1	34,9	2,3	0	17	0	0	0	0	0,1	23,1	1,1	6,7	21,4	
fev/95	0,3	1,3	12,7	1,3	3,5	21,6	0,3	0	5,9	2	3,3	2,9	0	6,3	2,9	0	0	0	12,8	0	0	0	0,2	0	1,5	0	0	5,9				
mar/95	20,5	11,9	29	19,1	1,8	0	3,4	0,3	0	38,6	0	0	0	11,7	0	0,2	0	0	0,3	2,3	0	0	0	3,3	1,5	0	0	0	0	21	0	
abr/95	1	2,2	0	0	0	0	0	0	31,7	0	0	9,1	0	0	0	0	0,3	5,5	0	27,5	0,3	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0		
mai/95	0	0	0	0	0	0	14,2	0	0,1	9,2	0	0	0	0	0,1	0	9	1,5	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0,3	0	0	
jun/95	0	0	0	0	0	0	0	0	10,7	0	4	0,3	0	0	0	0	11,2	6,9	0	0	0	0	0	0	46,2	0	0	0	12,4	0		
jul/95	0	0,1	0	6	0	0	0	85,8	0,3	10,9	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	6,9	0,7	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	
ago/95	0	0	0	20	5,5	8	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,3	5	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
set/95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0,6	0	0	0	0	53,2	0,8	0	48,7	37	15,6	1	18,9	21,7	2,5	0		
out/95	0	0,3	0	0	0	49,4	0	0	24,5	0	0	0	0	26,2	0	11,5	22,8	0	3,5	12,2	4,3	0	0	0	0	0	0	15,1	35,7	0,4	0,1	
nov/95	0	0,6	1,3	0	2,3	0	0	0	0	0	0,1	7,3	0	5,1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	0,7	4,3	0	0	0		
dez/95	0	0	0	16,2	0	0	0	0	1,3	0	0	0	26,3	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	30,8	4,6	2,4	4,7	14,6	52,2	90,6	5,7	3,2	0
jan/96	0	0	0	0	0	28,9	10	0	72,9	0	14,1	8,3	0	8	12	0	1,4	2,7	16,6	20,6	27	7,9	12,5	33,7	1,8	7,3	1,2	6,3	0	1,1	19,9	
fev/96	4,9	2,9	0,6	0,2	2,3	10,7	5,9	24,1	17,3	0	2,8	20,4	9,9	0	0	0	14,8	41,3	1,1	3,1	0	28,9	0	0	0	7,4	11,7	4,1	0			
mar/96	2,2	0	8,3	13,4	14,9	0	33,8	2,2	4,6	0	0	0	0	0	2,3	4,6	22,8	65,1	2,8	6,1	1,5	8,8	11,7	0	0	0	24,1	38,9	0	3,2	0	
abr/96	7	0	0	5,3	0	0	0	12,6	0	0	15,2	0	9,9	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	1,8	15,9	0	
mai/96	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	1,2	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,1	0,1	0	0	5,3	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	
jun/96	7,7	0,8	0	0	1,4	31,6	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	30,8	0,5	0	0	0	0,1	0	0,3	0,5	0	19,5	4	0,4	0		
jul/96	0	0	16,4	0	0	0,1	6,8	34,6	0,1	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,4	1,9	0	0	0
ago/96	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	51,9	0	0,1	0	0	40,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set/96	12,8	0,1	0,4	56,5	0	0	0	0	43,1	5,6	24,3	0	0	0	0	0	18,7	0	0	0	0	0	0	5,1	19,3	1,3	0,2	5,6	0,9	4,6		
out/96	0	0	5,3	0,1	0	0	0	0	0	0	11,2	0,4	34,4	18,4	10,6	0	0	0	3,5	140,1	16,4	0,3	7	0	2,2	9,2	2,1	0,3	1,7	0	18,1	
nov/96	4,1	0	25	16	0	0	0	1,3	2,6	1,7	6,5	2,3	16,2	23,2	9,3	25,3	9,5	0	0	0	0	2,4	0,8	0	0	0,4	0	0,1	0	0	0	



mai/99	54,4	0	0	0,2	0	21,3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,4	2,9	0			
jun/99	0	0,1	0	0,2	0	0	0	0	0,2	14,1	0,7	0	2,4	8,1	6	0	0	32,2	7,4	6,6	4,4	0	0	0	4,2	0	0	0,1	3,2	2,6		
jul/99	0	0	5,7	29	56,1	1	25,3	0,4	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	2	0,1	0	0	0	0,3	0,1	0	0	2,4	0	0,1	0	
ago/99	0	0,1	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	3,8	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
set/99	0	0	0	0	0	0	0	0	35	6,1	0,1	21,4	0	6,6	34,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5			
out/99	0	0,7	10,3	0,2	0	0,4	0	10,8	0	0	0	0	0	0	4	7	21	3	0	0	0	0	0	9,7	0	0	0	0	0,8	32,2	0	0
nov/99	0	0	2,4	0,4	19,5	1,5	0	0	0	2,2	0	3,3	14,3	0	0,3	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0,4	12,2	0	0	0		
dez/99	0	0	17	4,8	0	0	24	0	4,2	0,4	4,9	0	2,3	20,5	0	0	0	0	0	0	3,1	34,6	18,6	0	0	0	0,6	1,6	0	0	3,4	
jan/00	22,2	1,3	1	0	15,7	0	4,3	1,2	0,5	24,9	5,5	0	0	0,3	2,9	15,7	3,7	19,2	0,6	0,1	0	0	0	10,1	0	1,9	0	0	0	0	9,1	
fev/00	111,8	0,1	0	6,9	0	0	0	0	0	0	1,6	0	15,3	9	18,8	51,2	76,5	0	0	0	0	3,6	13	0,3	0	35,8	9,1	0	1,2			
mar/00	15,6	7,7	0	11,3	0	0	7,4	2,9	0	0	0	0	0	0	0,9	33,9	11,8	0	0	0	0	0,1	2	0	1,3	0	0	4,6	0	0	0	
abr/00	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,7	0	0	1	16,5	1	0	0	0,1	0	0,3	0	0	0,4	0	0,1	0		
mai/00	0,1	0,3	0	0	0	1,6	0	0,1	0	0	0	0,6	0	0	0	0	9,3	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0,7	8,7	0	0	0	0,1	
jun/00	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	39,8	14,3	2,1	27,2	0	0	0	0	2,4	33	0	0	9,8		
jul/00	0	0	9,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,7	0	0	6,1	9,8	0	0	0	0	0	8,8	40,7	0,7	0,1	0	0	0	0	0	0	
ago/00	7,2	0,1	8,5	4,8	0	0	1	0	0	3,1	0,6	0	0	0	0	7,7	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	29,8	40,8	0,1	0	2,5		
set/00	2	17,5	11,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54,9	27,4	16,5	1,9	2	13,8	5,5	0	17	0	0	0	0	7,2	0	0	0	0		
out/00	0,2	0	0	0	40,2	2,7	0	0	0	17,8	23,5	0	16,6	25,9	0	0	0	3,6	0	5,3	0	0	0	0	19,4	0	28,8	0	0	0	0	
nov/00	0	0	6,8	0	0	0	0	0	0,3	0,6	0,4	9,3	3,8	1,7	0	0	0	14	8,7	0	50,6	14	0	0	16,3	6,6	0	0	2,5	2,3		
dez/00	44,2	1	0	0	20,3	0	0	0	0	0	0	0	22,9	39,7	18,9	33,5	0	0	0	0	0	6,6	3,2	1,1	5,1	0,6	2,9	19,5	20,2	11,7	0,9	
jan/01	0,1	0	0	0	0	0	22,3	0,2	0	0	7,6	49,2	28,2	0	0	10,1	0	0	0	9,4	1,3	0	0	0	0	13,3	7,1	0,8	16,6			
fev/01	1,6	3,3	8,1	11,2	0,5	10,9	2,8	0	0	3,1	2,3	0	1,2	19,6	30,2	24,4	0	41,4	0	17,2	34,8	0,4	6,8	0	4	0	0	0				
mar/01	0	0	0	0	32,1	15,7	9,7	1,2	8,1	5,5	0	0	3,8	0	28,2	0	33,2	78,9	4,9	0	1,4	0	0	0	4,8	1,6	0	0,4	0	0		
abr/01	3,2	7,1	0	0	0	0	2,9	0	17,2	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	10,3	13,9	5,5	14,4	0	0	0	0	0		
mai/01	0	0	0	20,1	42,6	0	0,1	0	0	2,2	2,6	0	8	0,3	0	52,7	16,6	0	0	0	2,1	10,4	0,1	0	0	0	3,8	7,9	0,6	0	0,1	
jun/01	0,2	0	0,3	0	0	0	4,4	0	0,9	0,2	0,1	0	0	0,2	0	0	0	3,8	21,3	14,3	0	0	0,1	0	12,4	21,7	0,7	0	0	0		
jul/01	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	9,6	0	0	0,1	0	0	0	26	0,1	0	3,4	0	0,2	29,6	15,6	55,2	5,8	0,1	0	0	
ago/01	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,5	0	1	1,4	0	19,8	27,8	31,3	0	
set/01	1,4	0	0	4,5	0	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	24,4	3,6	0	0	0	0	0,1	0	2,9	7,1	0	7,2	8,4	0	0	12,5	0,5	





ago/06	3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3	13,1	21,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,6	0	0	0	0
set/06	13	65	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0	0	30	38,5	11	0	10	35,6	0	0	16	0	0	0	0	6,9	12,8				
out/06	0	12,6	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	12,4	7,7	0	0	9,3	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0		
nov/06	51,8	27,8	0	4,9	0	0	9,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,8	8,8	22,8	0	0	0	0	20,4	0	0	26	0					
dez/06	0	0	0	12,6	40	0	8,8	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	7,3	7,2	17,9	0	1,4	8,8	1,2	1,8	6,2	0	0	0	0	0	0			
jan/07	3	0,6	25	0	29	4,3	0,4	0	0,6	0	3,9	0,5	0	0	0	0	12,1	4,7	32,4	0	0	0	0	0	2,2	19,7	8,3	5,4	16,2	0				
fev/07	0	0	0	0	0	0	0,5	0,6	0	15,3	46,9	0,9	0	0	0	0	0	46,8	0	28,9	18,8	0	0	0	2,4	5,4	0							
mar/07	0	10	0	0	0	1	0	1,2	3,6	0	2,5	10	16,1	0	12	30,7	18,4	0,4	3,9	0	0	0	0	0	22,7	0	0	0	0	0	0			
abr/07	1,3	0,7	14,5	2,4	0	0,6	0	0	4,4	0	0	0	0	0,5	12,8	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	5	39,3	0	0	0					
mai/07	0	0	0	0	0	0	0	10,8	32	0	0,8	0	0	0	0	12	0	54	5,6	6	13,5	18,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0			
jun/07	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
jul/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,8	28,8	6,5	10,4	0,3	0	0	0	32	5,3	15,3	0	0	0	0	0	0	5,6		
ago/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0	5	4,2	1,6					
set/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0,7	0	18,2	21	1,9	1,7	0	0,7	0	0	11,6	0				
out/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2,4	1,6	39	4,2	3,4	0	0	1,8	0	14	0	0	0	0	0	3,9	6,3	0				
nov/07	4,2	2,9	3,6	8,6	0	0	0	0	0	0	47,9	21,7	0	0	17,2	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0					
dez/07	0	0	0	0	28,7	64,5	28,6	0	0	19,5	29	6,8	12	0	0	0	0	19	6,8	0	0	0	14,2	0,5	26,7	12,2	0	33,1	2,2	0				
jan/08	16	9,2	0	0,6	12,2	12	3,6	10,1	0	0	0	4,4	2,4	0	0	5,9	0	8,6	1,8	31,2	2,6	0	0	0	0	0	0,7	0,6	0					
fev/08	10	0	0	0	0	0	0	0	9,4	7,3	1,4	8,9	1	0	0	9,2	0	0	0	4,1	0	0	18,8	0	0	0	2,4	2,4						
mar/08	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	1,1	26,4	1,8	0	0	1,9	23,8	0	5,6	5	7,6	38	0	0	0	0	0	0	0	0			
abr/08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8	0	55,2	34,2	3,8	8,3	0	8	0	2,2	6,8	7,4	0	0	0	2,6	2,6	2,7	0	36,6				
mai/08	0	38,4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0				
jun/08	7,8	0	0	27,1	0	0	0	0	0	3,7	0	1,7	42,2	8,3	8,8	11,7	0	0	0	0	7,2	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0				
jul/08	0	0	0,3	8,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	27,9	11,9	0	0	0	0	0	0			
ago/08	0,3	5,1	7	0,9	0	2,1	10,1	47	1,3	30,2	0,3	16	30	20,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
set/08	0	0	0	0	3,4	8,8	0	0	0	0	0	0	3	0,5	0	0	0	0	0	3,9	18	0	0	0	0	13,2	0	0	0	3,7				
out/08	0,4	34,7	0	6,8	73,2	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	0,8	9,3	11,5	13,6	11,2	0	0	0	0	1,3	19,8	4,6	0	0	0	12,8	0			
nov/08	0	0	22	0	0	4,1	17	14,4	1,1	0,9	6,8	0	6,8	1,6	0	0	12,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
dez/08	0	10,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2	0	0	0	15,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	38,4	0	0	0	0	13,8			







nov/13	12,2	0	0	0	3,4	3,5	0	0	0	0	4,7	1,7	8,1	26,7	0	0	0	0	10,3	7,6	15,3	10,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	
dez/13	6	0	0	5,7	0	0	0	0	0	19,4	0	0	14,1	0	0	17,2	0	0	0	2,8	0	3,1	11	7,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jan/14	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0,3	0	0	0	0	0	1,9	31,6	37,5	1,1	36,3	0	0	0	0	0	0	
fev/14	7	0	0	0	0	46,4	60,1	5,4	10,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	
mar/14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,5	0	0	0	0	0	13,8	10,9	0	0	0	0	0	0	0	
abr/14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,8	0	0	0	24,6	0	0	0	0	0	0	0	4,3	0	0,4	0	0	0	0		
mai/14	39,1	0	14,9	0	0	0	10,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,1	21,7	0	0	0	0	21,6	10,8	16,2	8,5	9,6	6,9	0	0		
jun/14	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
jul/14	0	0	0	0	11,7	0	16,2	24,3	0	0	0	0	0	2,1	4,2	0	0	0	0	21,8	16	2,8	21,5	0	12,8	0	0	0	0	0	0		
ago/14	0	0	0	1,7	0	0	0	0	7,2	11,7	0	8,4	42	0	0	0	0	0	0,1	0	32,4	56,7	2,2	1,6	15,4	7,5	0	0,2	8,9	1,4	0		

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (2015).