

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

KRISLAYNE TORQUATO FELIPE

**REUSO DA ÁGUA URBANA: APROVEITAMENTO
DAS ÁGUAS DE RECARGA DA SUB-BACIA ÁGUA
COMPRIDA BAURU – SP**

BAURU
2015

KRISLAYNE TORQUATO FELIPE

**REUSO DA ÁGUA URBANA: APROVEITAMENTO
DAS ÁGUAS DE RECARGA DA SUB-BACIA ÁGUA
COMPRIDA BAURU – SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Esp. Celso Antonio Donizeti da Silva.

BAURU
2015

F315r

Felipe, Krislayne Torquato

Reuso da água urbana: aproveitamento das águas de recarga da sub-bacia Água Comprida Bauru-SP / Krislayne Torquato Felipe. -- 2015.

75f. : il.

Orientador: Prof. Esp. Celso A. Donizeti da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Reuso. 2. Água pluvial. 3. Escassez de água. I. Silva, Celso Antonio Donizeti da. II. Título.

KRISLAYNE TORQUATO FELIPE

**REUSO DA ÁGUA URBANA: APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE
RECARGA DA SUB-BACIA ÁGUA COMPRIDA BAURU – SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Esp. Celso Antonio Donizeti da Silva.

Banca examinadora:

Prof. Esp. Celso Antonio Donizeti da Silva
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Esp. Antonio Marcos Galvez Serra
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Me. Rubens Roberto Ingraci Neto
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 03 de dezembro de 2015.

Dedico a minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me ajudado a superar os momentos difíceis dessa jornada e por me proporcionar muitas alegrias.

A minha família e amigos, em especial aos meus pais Nelma e Manoel, minhas irmãs Kristhyane e Kristhyeli e meu namorado Lucas, por me apoiar.

A todos os professores da universidade que estiveram presentes nessa caminhada e contribuíram para a minha formação.

A coordenadora Fabiana Costa Munhoz Ferraz pelas orientações e conselhos para elaboração deste trabalho.

A professora Marcia Rodrigues de Moraes Chaves pelo auxílio nas análises da água pluvial.

E ao meu orientador o professor Celso Antonio Donizeti da Silva, pela paciência e ensinamentos.

RESUMO

A falta de água tem feito com que as pessoas busquem formas alternativas para o combate a escassez, dentre as mais comuns destaque-se o reuso da água pluvial. Com base nesse contexto este estudo analisa a possibilidade do aproveitamento das águas pluviais urbanas captadas pelo sistema de drenagem, na sub-bacia do córrego Água Comprida, mais precisamente no bairro do Jardim Contorno. O objetivo principal é a captação e armazenamento do volume coletado pelo sistema para reuso não potável pela Prefeitura Municipal de Bauru; essa água será utilizada para manutenção e zeladoria do parque Água Comprida, proporcionando assim uma economia da água tratada. A pesquisa contou com análises físico-químicas de sete parâmetros da amostra de água de chuva captadas no bairro. Buscou-se junto ao IPMet a pluviometria da cidade de Bauru a fim de verificar a vazão de água e o dimensionamento dos reservatórios, que foram feitos através dos métodos de Rippl, da simulação e de Azevedo Neto.

Palavras-chave: Reuso, água pluvial, escassez de água

ABSTRACT

The water scarcity has forced people to investigate alternative ways to beating the water shortage, and reuse of rainwater is one of them. On that basis, this study examines the possibility of utilizing the storm water captured by the drainage at the sub-basin Água Comprida stream, precisely in the Jardim do Contorno neighborhood. The main goal is to capture and to keep the collected volume in reservation by the system in order to provide non-potable water reuse by Bauru city hall, this water will be used to maintenance and janitorial of Água Comprida Park, offering water treatment economy. This research has involved physical and chemical analysis of seven parameters of capture drain water samples. It has been examined with IPMet the pluviometry in Bauru city in order to verify the water outflow and the rainwater tanks sizing, which were made by the methods of Rippl, Simulation and Azevedo Neto.

Keywords: Reuse, rainwater, water shortage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico	14
Figura 2 - Chuva frontal ou ciclônica	16
Figura 3 - Chuva orográfica ou de relevo	17
Figura 4 - Chuva convectiva ou de convecção.....	17
Figura 5 - Precipitação média sobre uma bacia - Método Aritmético	19
Figura 6 - Precipitação média sobre uma bacia - Método de Thiessen.....	19
Figura 7 - Precipitação média sobre uma bacia – Método de Thiessen (tabela).....	20
Figura 8 - Precipitação média sobre uma bacia – Método das Isoietas	20
Figura 9 - Precipitação média sobre uma bacia - Método das Isoietas (tabela).....	21
Figura 10 -Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico	24
Figura 11 - Aquíferos Bauru e Guarani	25
Figura 12 - Localização do município de Bauru - SP	25
Figura 13 -Precipitação média mensal de Bauru - 2001 a 2014.....	26
Figura 14 - Abanbars, Irã	27
Figura 15 - Chultuns.....	28
Figura 16 - Cisterna instalada na região nordeste do Brasil.....	30
Figura 17 - Padrão de potabilidade da NBR 15.527:2007	35
Figura 18 - Hidrograma	38
Figura 19 - pHmetro digital	40
Figura 20 - Turbidímetro.....	41
Figura 21 - Filtro 3 μ m	41
Figura 22 - Alcalinidade - titulação	42
Figura 23 - Fotocolorímetro	43
Figura 24 - Sólidos totais e dissolvidos - estufa	44
Figura 25 - Cloretos - titulação	45
Figura 26 - Localização	47
Figura 27 - Redes de drenagem.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Período de retorno	22
Tabela 2 - Coeficiente de deflúvio ou de Runnoff.....	23
Tabela 3 - Padrão de potabilidade da Portaria nº 518/04 do MS	34
Tabela 4 - Padrão de potabilidade da NBR 13.969:97	35
Tabela 5 - Ponderação - coeficiente de deflúvio	53
Tabela 6 - Extravasor do reservatório	54
Tabela 7 - Área do reservatório	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	CICLO HIDROLÓGICO	14
3.1.1	Evaporação	15
3.1.2	Precipitação	15
3.1.2.1	Tipos de Chuva.....	16
3.1.2.2	Grandezas características das chuvas	18
3.1.2.3	Precipitação média sobre uma bacia.....	18
3.1.2.4	Tempo de Concentração	21
3.1.2.5	Intensidade – Duração – Frequência (IDF).....	22
3.1.2.6	Cálculo de Vazão.....	23
3.1.3	Escoamento Subterrâneo e Superficial	23
3.1.3.1	Recarga dos aquíferos	24
3.2	PLUVIOMETRIA EM BAURU	25
3.3	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	27
3.3.1	Histórico	27
3.3.2	Dias atuais	29
3.3.3	Legislação	31
3.3.3.1	Resolução CNRH nº 54/2005	31
3.3.3.2	NBR 13969:1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação..	32
3.3.3.3	NBR 15527:2007 - Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos	32
3.3.3.4	Lei Nº. 10.785/2003 – Curitiba.....	32
3.3.3.5	Lei Nº. 13.276/2002 - São Paulo	33
3.3.3.6	Decreto Municipal Nº 23.940/04 - Rio de Janeiro	33
3.3.3.7	Lei Nº. 6110/2011 – Bauru.....	33
3.4	QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA: PADRÕES DE POTABILIDADE	34
3.5	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	35

4	MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1	LOCALIZAÇÃO.....	39
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	39
4.2.1	pH.....	40
4.2.2	Turbidez.....	40
4.2.3	Alcalinidade total	42
4.2.4	Cor	43
4.2.5	Sólidos totais secos	43
4.2.6	Sólidos dissolvidos secos	44
4.2.7	Cloretos	45
4.3	CÁLCULO DE VAZÃO.....	46
4.4	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	46
5	RESULTADOS	47
5.1	LOCALIZAÇÃO.....	47
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	49
5.2.1	pH.....	49
5.2.2	Turbidez.....	49
5.2.3	Alcalinidade total	49
5.2.4	Cor	50
5.2.5	Sólidos totais secos	50
5.2.6	Sólidos dissolvidos secos	51
5.2.7	Cloretos	51
5.3	CÁLCULO DE VAZÃO.....	52
5.4	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	53
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO A - Resolução nº. 54, de 28 de novembro de 2005.....	62
	ANEXO B - Lei Nº. 10.785/2003	66
	ANEXO C - Lei Nº 13.276/2002.....	69
	ANEXO D -Lei nº 6110/2011	71
	ANEXO E - Projetos: Estudo e proposta da área de intervenção	74

1 INTRODUÇÃO

“A água é o bem mais precioso que temos disponível no planeta, essencial para todos os seres vivos, aproximadamente $\frac{3}{4}$ do planeta terra está coberto por água, porém menos de 1% desta água está disponível para consumo humano.” (VILLIERS, 2002 apud JAQUES, 2005, p. 14). Cerca de 748 milhões de pessoas em todo o mundo não tem acesso à água potável, diante desse fato anualmente ocorrem milhões de mortes causadas por doenças transmitidas pela água. (UNICEF, 2015).

O Brasil é um país privilegiado, pois detém uma grande quantidade de água disponível para consumo humano, além de possuir o maior rio do planeta, localizado na região norte.

Em Bauru/SP 38% da população é abastecida pela água retirada do rio Batalha, que nasce na Serra da Jacutinga, no município de Agudos/SP, os outros 62% é abastecida por águas subterrâneas oriundas do aquífero Guarani e do aquífero Bauru. O que não ameniza a falta de água na cidade, já que os aquíferos são recarregados através da água pluvial que penetra lentamente no solo. O rio Batalha vem sofrendo com a degradação da sua mata ciliar o que causa erosões e por sua vez o assoreamento, além disso, a longa estiagem e os mais de 600 vazamentos na rede de tubulações do DAE (Departamento de Água e Esgoto) têm prejudicado o abastecimento do município. (RIO..., 2014).

A crise hídrica, resultado do crescimento populacional, da desigualdade social, da poluição, do desperdício e da falta de políticas públicas que incentivem a população a tomar decisões sustentáveis, vem fazendo toda a população mundial tomar algumas providências para tentar solucionar ou diminuir o problema da escassez.

Em Israel e na Arábia Saudita onde os recursos hídricos são mínimos e os períodos de estiagem são extensos as soluções para os problemas da falta de água são a dessalinização da água do mar, processo físico-químico de retirada de sais da água, e o reaproveitamento de quase todo o esgoto. Na Inglaterra as águas são provenientes de reservatórios subterrâneos e rios interligados, quando o nível baixa o governo proíbe os cidadãos de usarem mangueiras, e caso a ordem seja descumprida há aplicação de advertências e multas. Já em Tóquio o segredo é diminuir o desperdício, no país os vazamentos das tubulações não passam de 3%. (EM

TEMPOS..., 2015). No Brasil a solução encontrada para solucionar o problema foi o racionamento de água.

Um dos métodos mais antigos praticados pelos seres humanos é a reutilização de água da chuva, esse método é o mais simples e econômico na batalha contra a crise hídrica.

O aproveitamento da água pluvial pode ser feito de duas formas diferentes, a primeira seria a captação da água através de calhas condutoras nos telhados das residências, e a segunda que é uma captação em maior escala, seria através de tubulações de drenagem pelas ruas das cidades. Ambas necessitam de um reservatório para o armazenamento.

Com o reuso da água de chuva além da economia de água potável utilizada para atividades onde não há necessidade de água tratada, como descargas, irrigação de jardins e lavagem de roupas, calçadas e veículos, há também a diminuição de escoamento superficial, diminuindo assim as enchentes e alagamentos.

A cidade de Bauru sofre há anos com enchentes em uma das avenidas principais da cidade (Avenida Nações Unidas) o que já causou muitos prejuízos, a execução de tanques para o reuso das águas pluviais seria uma ótima alternativa para a resolução desse problema.

Na região da sub-bacia hidrográfica da Água Comprida ainda não há problemas com enchentes, porém a construção de condomínios residências e a pavimentação nessa área deixarão essa faixa impermeável aumentando assim o escoamento superficial, as tubulações existentes podem não suportar a vazão das novas construções e ocasionar enchentes. A escolha dessa sub-bacia visa a prevenção deste problema, além de incentivar a população a reutilizar água e conservar a água tratada, utilizando-a apenas para a higiene pessoal, para beber e cozinhar alimentos.

Dentro deste contexto, esta pesquisa promoveu um estudo para o aproveitamento das águas de recarga da sub-bacia Água Comprida, Bauru/SP oferecendo-a ao município para fins não potáveis.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho estão apresentados a seguir:

2.1 OBJETIVO GERAL

A hidrologia estuda a água presente na natureza buscando a quantificação do armazenamento e movimentação da água seja em nível superficial ou por infiltração junto ao solo.

A engenharia de recursos hídricos tem-se valido destes conhecimentos e frente à evidente "crise hídrica", desenvolvido projetos para amenizar a escassez destes recursos.

Assim, baseando-se nesses conhecimentos obtidos desenvolveu-se este projeto de reuso da água urbana. Tendo como estudo um dos planos que formam a sub-bacia da água comprida, na cidade de Bauru, com a finalidade de obter o volume potencialmente captado e reverter esta recarga em volume de reuso para ser disponibilizada as comunidades que ocupam a jusante deste plano. O armazenamento será feito em tanques de concreto armado dentro de uma área de propriedade da Prefeitura Municipal de Bauru.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) avaliar as características físicas e químicas da água pluvial coletada;
- b) calcular a vazão de água do plano da sub-bacia hidrográfica que contribuirá para o dimensionamento dos tanques;
- c) pré-dimensionar um tanque para captação das águas de recarga da sub-bacia Água Comprida;
- d) pré-dimensionar um tanque para a realização do processo de decantação dos materiais sólidos e possível tratamento;
- e) pré-dimensionar um tanque para o armazenamento da água.

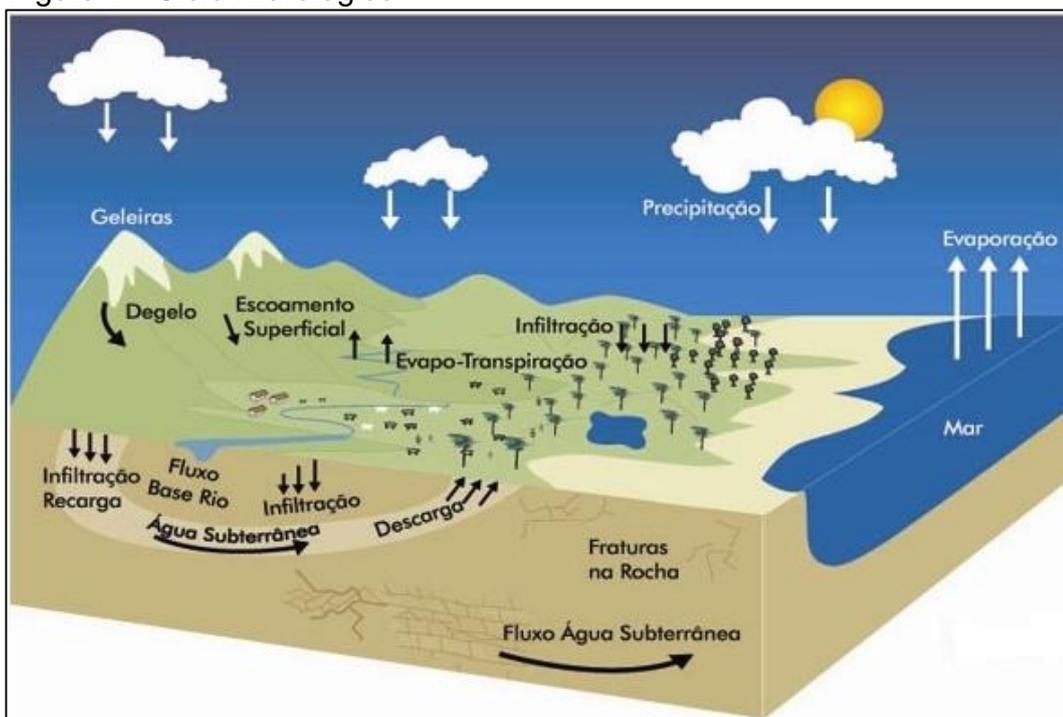
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Segundo a United States Federal Council of Science and Technology (1962 citado por VILLELA; MATTOS, 1975), “a hidrologia é a ciência que trata da água da terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio ambiente, incluindo suas relações com a vida”.

O ciclo hidrológico é a circulação da água entre a terra e a atmosfera, impulsionado pela gravidade, pela energia solar e pela rotação terrestre (BRASIL, 2015), representado esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Brasil (2015).

A primeira etapa do ciclo hidrológico é a evaporação da água dos rios, lagos e mares, o vapor é condensado formando nuvens que podem vir a precipitar. A precipitação é distribuída pela superfície terrestre de várias formas, uma parte é absorvida pelas plantas que acaba voltando à atmosfera através da evapotranspiração, outra parte escoam superficialmente retornando para os rios, lagos e mares e uma terceira parte escoam subterraneamente até chegar aos lençóis freáticos.

3.1.1 Evaporação

Evaporação é um processo físico pelo qual a água dos rios, lagos e mares passa do seu estado líquido para o estado gasoso de forma natural (VILLELA; MATTOS, 1975), a quantidade de água evaporada é expressa em mm e a intensidade da evaporação é expressa em mm/h.

O processo de evaporação pode ocorrer tanto na superfície das águas (rios, lagos, mares e oceanos), quanto na superfície do solo e através da transpiração das plantas onde ocorre a evaporação da água resultante das ações biológicas. (GARCEZ, 1976)

De acordo com Garcez (1976) existem alguns fatores que influenciam no processo de evaporação:

- a) o aumento da temperatura contribui na intensidade de evaporação, com a elevação da temperatura mais moléculas escapam da superfície, devido a sua energia cinética estar maior;
- b) a influência do vento ocorre com a substituição das massas de ar saturadas por uma com menor teor de água;
- c) apesar de agir discretamente, as altas altitudes aumentam a intensidade de evaporação;
- d) em águas salobras há uma diminuição de 2 a 3% na intensidade de evaporação, quando comparadas a água doce;
- e) a evaporação no solo segue todos os fatores citados acima, e, além disso, o tipo de solo influencia na intensidade de evaporação. Em solos arenosos saturados a evaporação pode se igualar ou exceder a evaporação da superfície das águas.

3.1.2 Precipitação

Precipitação é o processo de condensação do vapor d'água, que pode chegar à superfície terrestre na forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada, o que diferencia as formas de precipitação é o estado em que a água se encontra. No Brasil consideramos a precipitação em forma de chuva, já que é pequena a ocorrência de neve e as outras formas não interferem no regime hidrológico de uma determinada região.

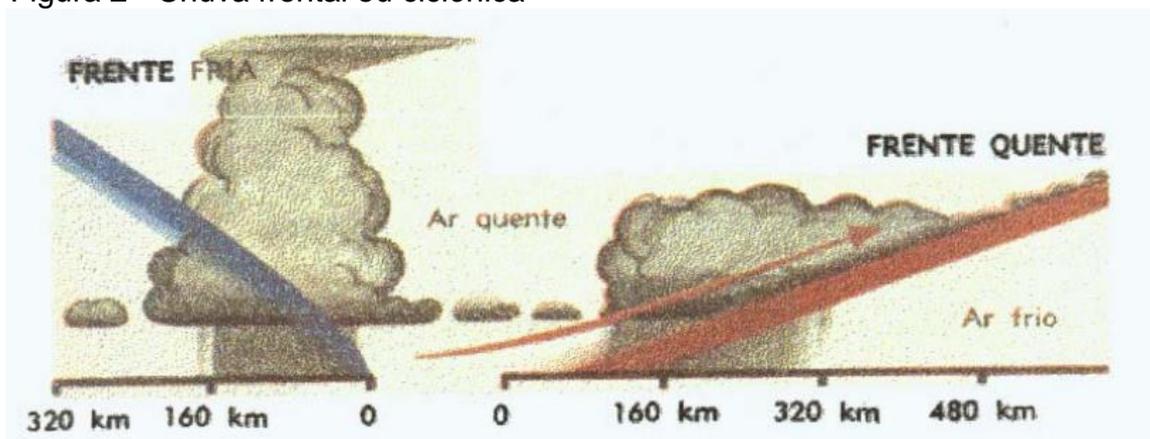
A formação da precipitação segue o seguinte processo: o ar úmido das camadas baixas da atmosfera é aquecido por condução, torna-se mais leve que o ar das vizinhanças e sofre uma ascensão adiabática. Nessa ascensão ele expande e se resfria na razão de 1°C por 100 m até atingir a condição de saturação. A partir desse nível, em condições favoráveis, e com a existência de núcleos higroscópicos, o vapor d'água condensa, formando minúsculas gotas em torno desses núcleos. Essas gotas, entretanto, não possuem massa suficiente para vencer a resistência do ar, sendo, portanto mantidas em suspensão até que, por um processo de crescimento, ela atinja tamanho suficiente para precipitar. (VILLELA; MATTOS, 1975).

3.1.2.1 Tipos de Chuva

Os movimentos verticais das massas de ar podem provocar diversos tipos de precipitação:

- a) frontal ou ciclônica (Figura 2): ocorre com o movimento de massas de ar de temperaturas diferentes, nesse processo há a ascensão do ar quente sobre o ar frio (VILLELA; MATTOS, 1975). Esse tipo de chuva abrange áreas extensas, tem intensidade moderada, podem durar vários dias e são predominantes nas regiões temperadas e subtropicais, principalmente no inverno (URIBE, 2014);

Figura 2 - Chuva frontal ou ciclônica

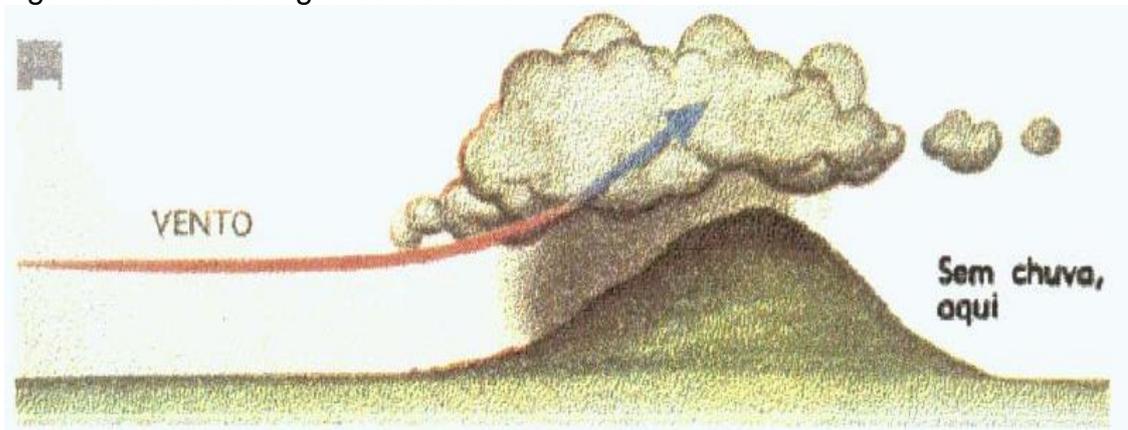


Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 34).

- b) orográfica ou de relevo (Figura 3): ocorre com a ascensão forçada de correntes de ar úmido sobre barreiras naturais, resultando em chuva na face a barlavento, enquanto na face a sotavento há a sombra de chuva, ou seja, não há chuvas. Esse tipo de chuva abrange áreas

extensas, tem intensidade moderada e podem durar vários dias (URIBE, 2014);

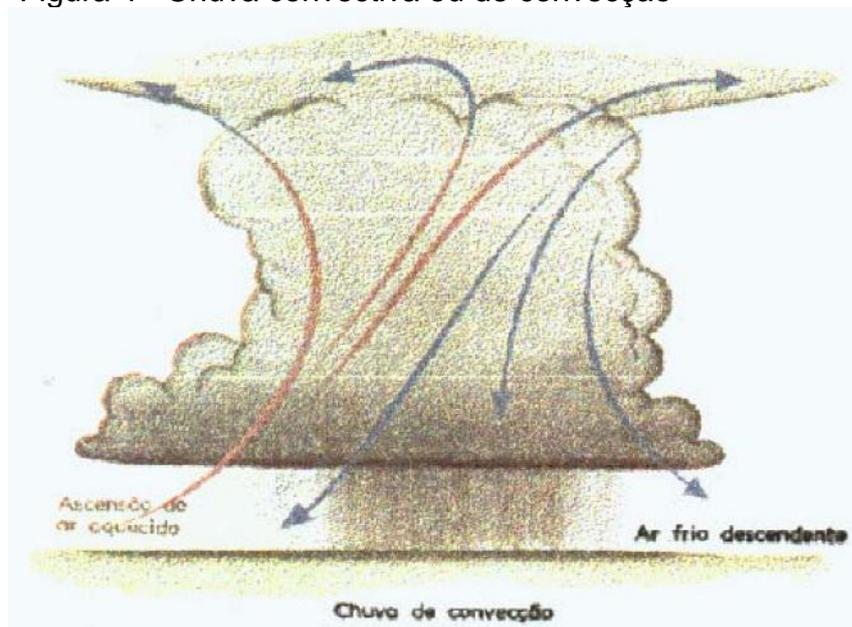
Figura 3 - Chuva orográfica ou de relevo



Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 36).

- c) convectivas ou de convecção (Figura 4): ocorre com o aquecimento desigual da terra provocando o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes que ficam em equilíbrio instável, se esse equilíbrio for quebrado ocorre uma ascensão brusca e violenta capaz de atingir grandes altitudes. Esse tipo de chuva abrange áreas limitadas, tem alta intensidade, curta duração e são predominantes nas regiões tropicais. (VILLELA; MATTOS, 1975)

Figura 4 - Chuva convectiva ou de convecção



Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 35).

3.1.2.2 Grandezas características das chuvas

De acordo com Garcez (1976) as grandezas características das chuvas são as seguintes:

- a) altura pluviométrica – h – quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal, medida pela altura que a água atingiria se ficasse no local sem evaporar, escoar ou infiltrar. A altura pluviométrica geralmente é medida em mm.
- b) duração – t – intervalo de tempo decorrido entre o instante em que se iniciou a precipitação e o instante em que ela cessou, medida geralmente em minutos.
- c) intensidade – i – é a celeridade da precipitação, pode ser medida em mm/minuto, mm/hora ou 1/seg/Ha.
- d) frequência – número de ocorrências de uma dada precipitação (h , t), no decorrer de um intervalo de tempo fixado. A frequência de uma precipitação pode também ser definida pelo período de ocorrência – intervalo de tempo em que uma dada precipitação (h , t) pode ser igualada ou ultrapassada ao menos uma vez.

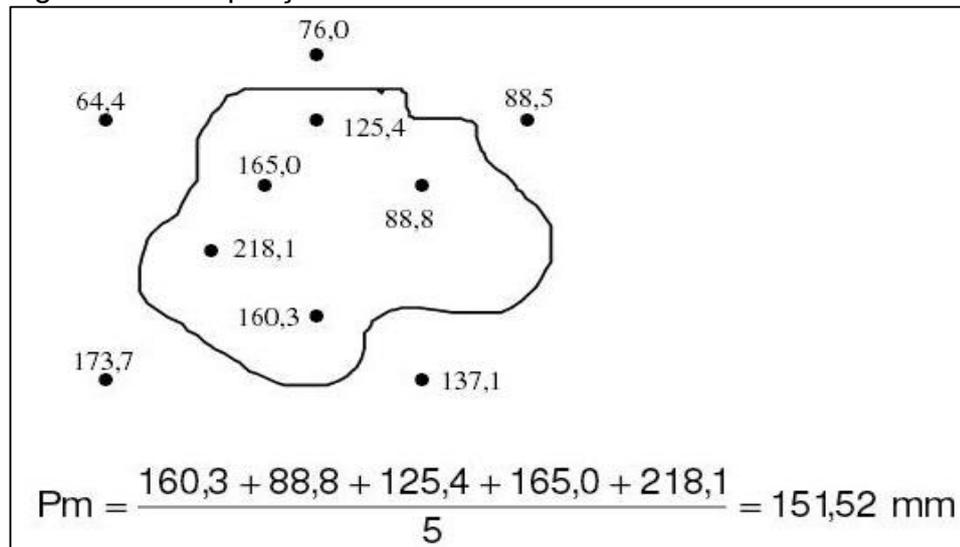
A coleta de dados é feita por aparelhos medidores que se classificam em duas categorias: pluviômetros e pluviógrafos. O primeiro permite a coleta das alturas pluviométricas e o segundo permite a coleta das alturas pluviométricas e da duração simultaneamente.

3.1.2.3 Precipitação média sobre uma bacia

Os dados captados através dos pluviômetros e dos pluviógrafos só são válidos para uma área relativamente pequena em torno do aparelho, para se determinar a precipitação média sobre uma bacia existem três métodos:

- a) método aritmético: é o mais simples entre os métodos aplicados para determinação da precipitação média sobre uma bacia, consiste basicamente em determinar a média aritmética entre os dados coletados na área de estudo (Figura 5). Esse método não permite ser aplicado a áreas muito extensas, recomenda-se que seja utilizado apenas para bacias menores que 5000 km². (PINTO, 1976);

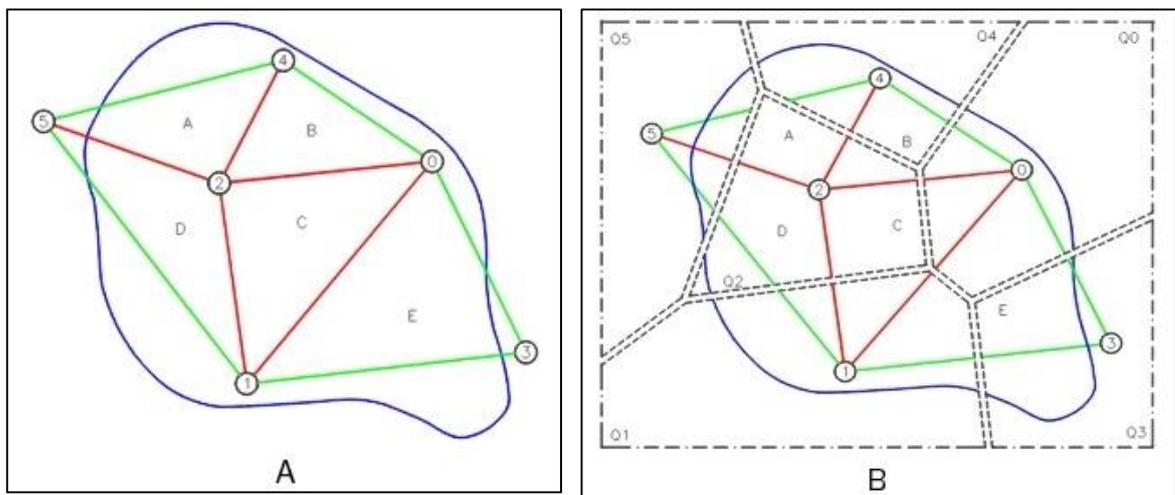
Figura 5 - Precipitação média sobre uma bacia - Método Aritmético



Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 41).

- b) método de Thiessen: nesse método são atribuídos pesos aos totais precipitados, proporcionais à área de influência, quanto maior a área maior será o peso do aparelho. Esses pesos são determinados em mapas da bacia, unindo-se os pontos adjacentes por linhas retas e, em seguida, traçando-se as mediatrizes dessas retas formando polígonos (Figuras 6 e 7). Para se ter bons resultados deve ser aplicado em áreas cujo terreno não é muito acidentado. (PINTO, 1976);

Figura 6 - Precipitação média sobre uma bacia - Método de Thiessen



Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 42).

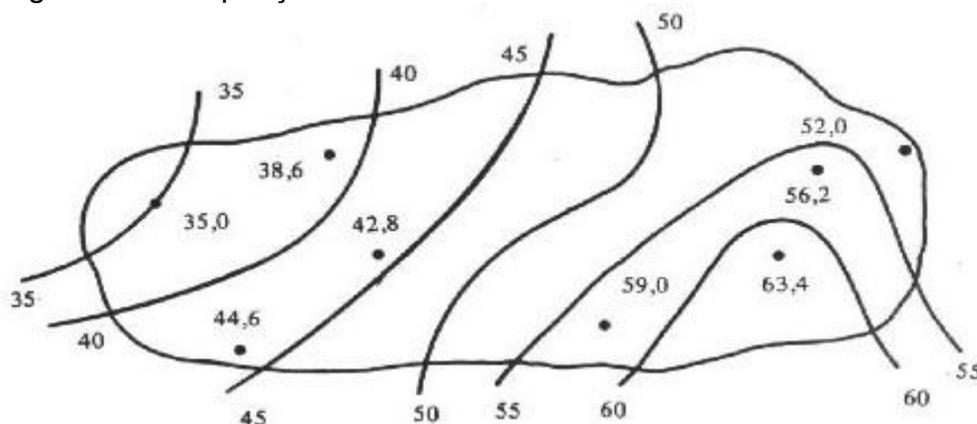
Figura 7 - Precipitação média sobre uma bacia – Método de Thiessen (tabela)

(1)	(2)	(3)	(4)
Precipitações Observadas	Área do Polígono km ²	Porcentagem da área total	Precipitação ponderada (1) x (3)
68,0	0,7	0,01	0,68
50,4	12,0	0,19	9,57
83,2	10,9	0,18	14,97
115,6	12,0	0,19	21,96
99,5	2,0	0,03	2,98
150,0	9,2	0,15	22,50
180,3	8,2	0,13	23,44
208,1	7,6	0,12	24,97
TOTAL	62,6	100	121,07

Legenda: $P_m = \sum$ Coluna 4 = 121,07 mm.
 Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 42).

c) método das Isoietas: Entre os três métodos analisados o método das isoietas é o que pode nos dar maior precisão se utilizado corretamente. Esse método consiste em utilizar curvas de igual precipitação (isoietas) que são traçadas de forma semelhante às curvas de nível, onde ao invés de usarmos as cotas do terreno usaremos a altura pluviométrica das chuvas (Figura 8). A precipitação é calculada através da média entre duas isoietas sucessivas multiplicada pela área entre elas, após o produto o valor é dividido pela área total (Figura 9). (VILLELA; MATTOS, 1975)

Figura 8 - Precipitação média sobre uma bacia – Método das Isoietas



Fonte: Carvalho; Silva (2006, p. 43)

Figura 9 - Precipitação média sobre uma bacia - Método das Isoietas (tabela)

Isoietas	Área entre as isoietas (km ²)	Precipitação (mm)	(2) x (3)
25 - 30	-	-	-
30 - 35	1,9	34,5	66
35 - 40	10,6	37,5	398
40 - 45	10,2	42,5	434
45 - 50	6,0	47,5	285
50 - 55	15,0	52,5	788
55 - 60	8,4	57,5	483
60 - 65	4,7	62,0	291
	56,8		2.745

$$P_m = \frac{2.745}{56,8} = 48,3 \text{ mm}$$

Fonte: Carvalho e Silva (2006, p. 44)

3.1.2.4 Tempo de Concentração

Tempo de concentração é o intervalo de tempo que a partícula de água demora a atingir o ponto de estudo, a partir do início da precipitação (PINTO, 1976). Esse tempo não é constante e depende da cobertura vegetal e da altura da precipitação.

Conforme o tipo de cobertura deve-se corrigir o tempo de concentração, seguindo os dados abaixo (URIBE, 2014):

- sobre asfalto ou concreto - multiplicar por 0,4;
- sobre canal de concreto revestido - multiplicar por 0,2;
- sobre grama natural - multiplicar por 2

A Equação 1 é utilizada para o cálculo do tempo de concentração:

$$tc = 57 \times (L^3 \div H)^{0,385} \quad (1)$$

Na qual:

L = comprimento do curso, em Km

H = diferença de cotas, em m

3.1.2.5 Intensidade – Duração – Frequência (IDF)

Para uma utilização prática dos dados de chuva nos trabalhos de engenharia faz-se necessário conhecer a relação entre as características fundamentais da chuva: intensidade, duração e frequência (VILLELA; MATTOS, 1975). A seguir, nas Equações 2, 3, 4 e 5, estão representações para o cálculo da intensidade de algumas cidades do interior de São Paulo, com i em mm/min.; T em anos obtido por meio da Tabela 1; t em minutos obtido por meio do cálculo do tempo de concentração. (MARTINEZ JUNIOR; MAGNI, 1999).

Botucatu:

$$it, T = 30,6853 (t + 20)^{-0,8563} + 3,9660 (t + 10)^{-0,7566} \cdot [-0,4754 - 0,8917 \ln \ln (T/T-1)] \quad (2)$$

Garça:

$$it, T = 52,0793 (t + 30)^{-0,9365} + 12,1571 (t + 20)^{-0,9424} \cdot [-0,4793 - 0,9126 \ln \ln (T/T-1)] \quad (3)$$

São Paulo:

$$it, T = 39,3015 (t + 20)^{-0,9228} + 10,1767 (t + 20)^{-0,8764} \cdot [-0,4653 - 0,8407 \ln \ln (T/T-1)] \quad (4)$$

Bauru:

$$it, T = 35,4487 (t + 20)^{-0,8894} + 5,9664 (t + 20)^{-0,7749} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln (T/T-1)] \quad (5)$$

Tabela 1 - Período de retorno

Obra Hidráulica	Período de retorno (anos)
Bueiros	2 a 10
Galerias de águas pluviais	5 a 20
Pequenas barragens de concreto para abastecimento de água	50 a 100
Canalização a céu aberto trapezoidal	50
Canalização a céu aberto retangular	100
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	100
Barragem de concreto	500
Extravasador de uma barragem de terra	1000
Vertedor de grandes barragens	10000

Fonte: Uribe (2014)

3.1.2.6 Cálculo de Vazão

Vazão é o volume de água escoado em um determinado tempo em uma área definida. Para calcular a vazão usa-se a equação 6 (URIBE, 2014):

$$Q=c \times i \times A \quad (6)$$

Na qual:

c = coeficiente de deflúvio ou coeficiente de Runnoff, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficiente de deflúvio ou de Runnoff

Tipo de superfície	Valor usual de projeto
Impermeável (pavimento, telhados)	0,95
Gramados	0,30
Cobertura natural	0,20

Fonte: Uribe (2014)

i = intensidade, em m/s

A = área, em m²

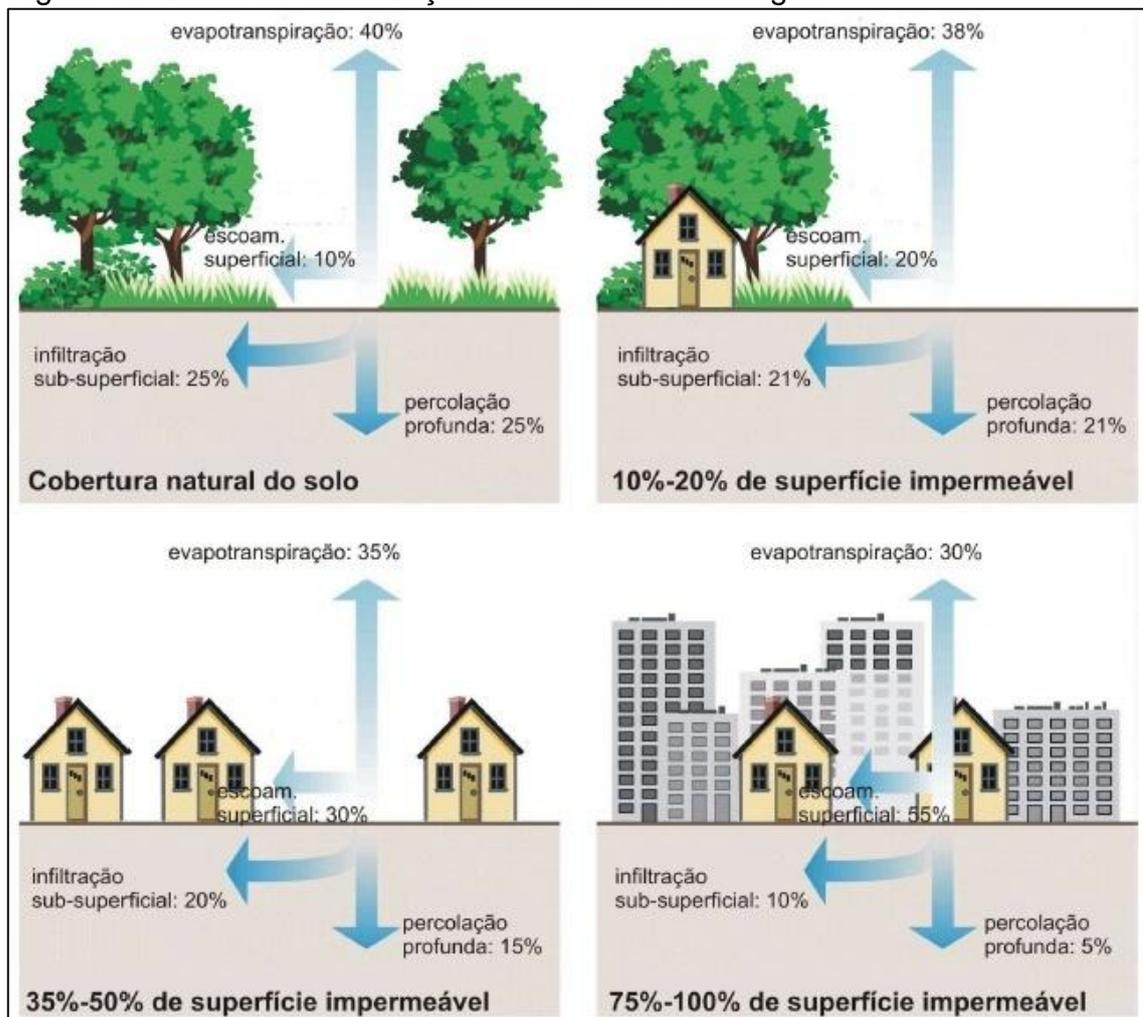
3.1.3 Escoamento Subterrâneo e Superficial

O escoamento é uma das fases do ciclo hidrológico mais importante para o engenheiro, os estudos hidrológicos estão ligados ao deslocamento da água superficial e ao seu aproveitamento. (VILLELA; MATTOS, 1975)

O escoamento tem origem nas precipitações, parte da água penetra no solo movendo-se para baixo, sob a ação da gravidade, formando os lençóis freáticos. Quando o solo atinge sua capacidade de infiltração essa água começa a escoar superficialmente em direção aos rios e lagos. (PINTO, 1976).

Com o aumento da urbanização o homem vem substituindo a camada natural do solo por uma camada impermeável o que aumenta o escoamento superficial e provoca alagamentos, na Figura 10 temos a representação da porcentagem escoada.

Figura 10 -Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico



Fonte: Paz (2004, p. 11).

3.1.3.1 Recarga dos aquíferos

A recarga dos aquíferos que abastecem parte da cidade de Bauru se dá através de escoamento subterrâneo. Toda a água que infiltra no solo na sub-bacia Água Comprida proporciona a recarga dos aquíferos Guarani e Bauru (Figura 11).

A impermeabilização desta área afetará na recarga dos aquíferos já que grande parte da precipitação escoará superficialmente.

Figura 11- Aquíferos Bauru e Guarani

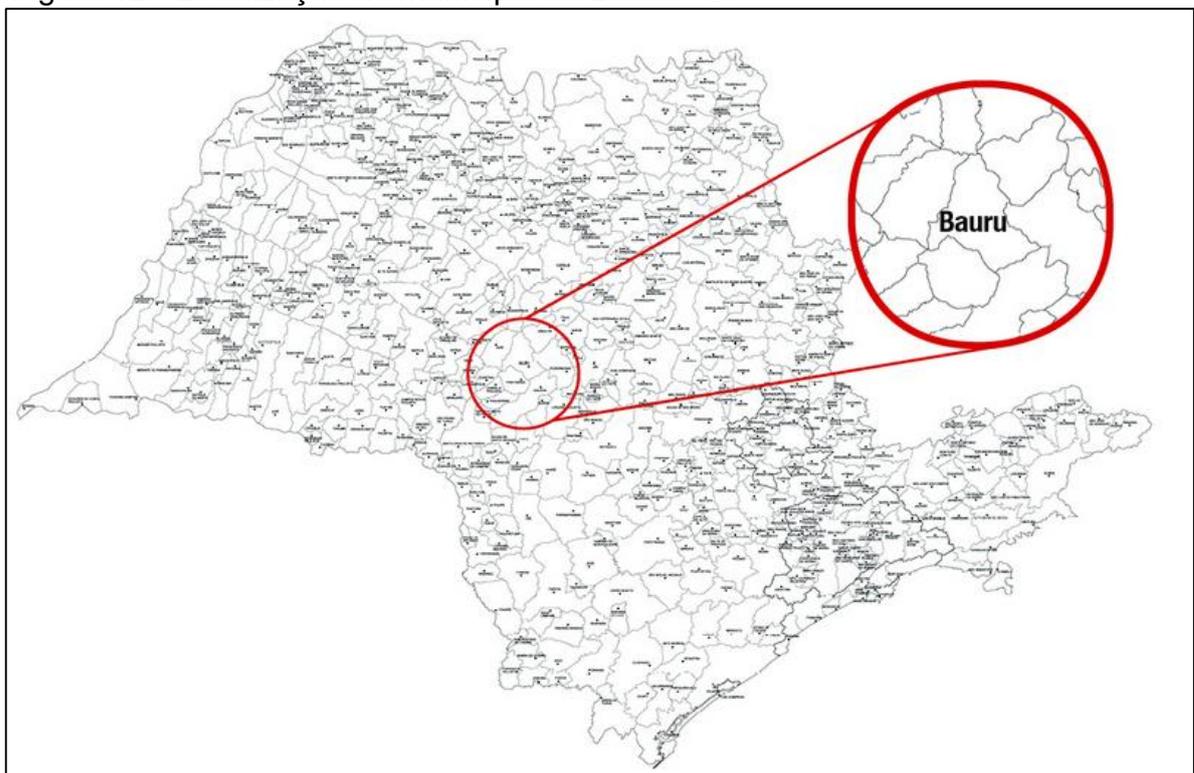


Fonte: Aquífero... (2014).

3.2 PLUVIOMETRIA EM BAURU

O município de Bauru está localizado no interior do estado de São Paulo, com coordenadas $22^{\circ} 18' 53'' S$ e $49^{\circ} 03' 38'' W$ a 526 metros acima do nível do mar (Figura 12). (BAURU..., 2015)

Figura 12 - Localização do município de Bauru - SP



Fonte: Gonçalves(2013).

Em Bauru o verão é associado à estação chuvosa e o inverno à estação seca, o período chuvoso ocorre de Outubro a Março, com destaque para o mês de Janeiro com média de 265 mm; o período seco ocorre de Abril a Setembro, sendo Agosto o mês mais seco com média de 28mm. No município não temos bem definidas as quatro estações do ano, somente o verão e o inverno que são bem definidos em relação à chuva.

Para o período de 2001 a 2014, a precipitação média anual foi de 1209mm (INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS, 2015), indicando um volume de água pluvial razoável disponível para o aproveitamento. De acordo com Azevedo Neto (1991 apud JAQUES, 2005, p. 25), o aproveitamento de água de chuva para abastecimento público tem sua disponibilidade da seguinte forma:

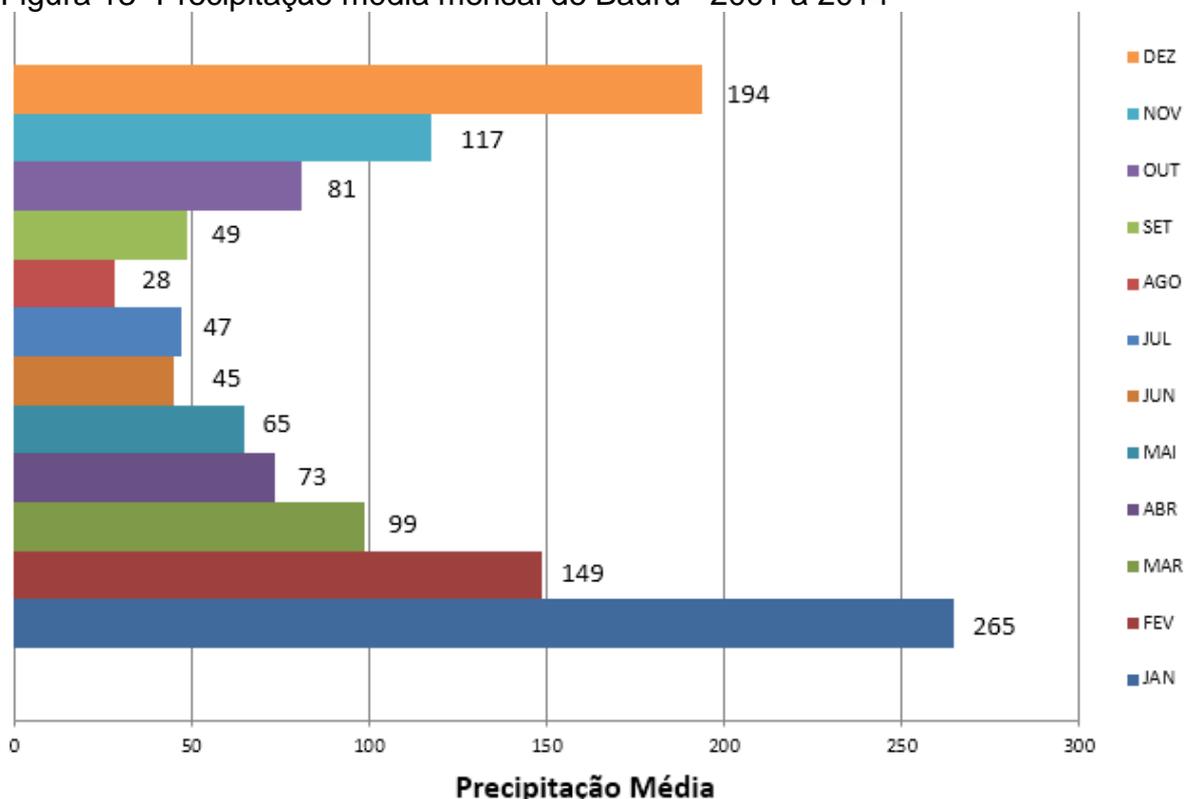
“Baixa – menor que 1000 mm;

Razoável – entre 1000 e 1500 mm;

Excelente – acima de 2000 mm.”

A precipitação média mensal de Bauru, expressa em mm, durante o período de 2001 a 2014, segundo IPMet, está representada na Figura 13.

Figura 13 -Precipitação média mensal de Bauru - 2001 a 2014



Fonte: Instituto de Pesquisas Meteorológicas (2015)

3.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

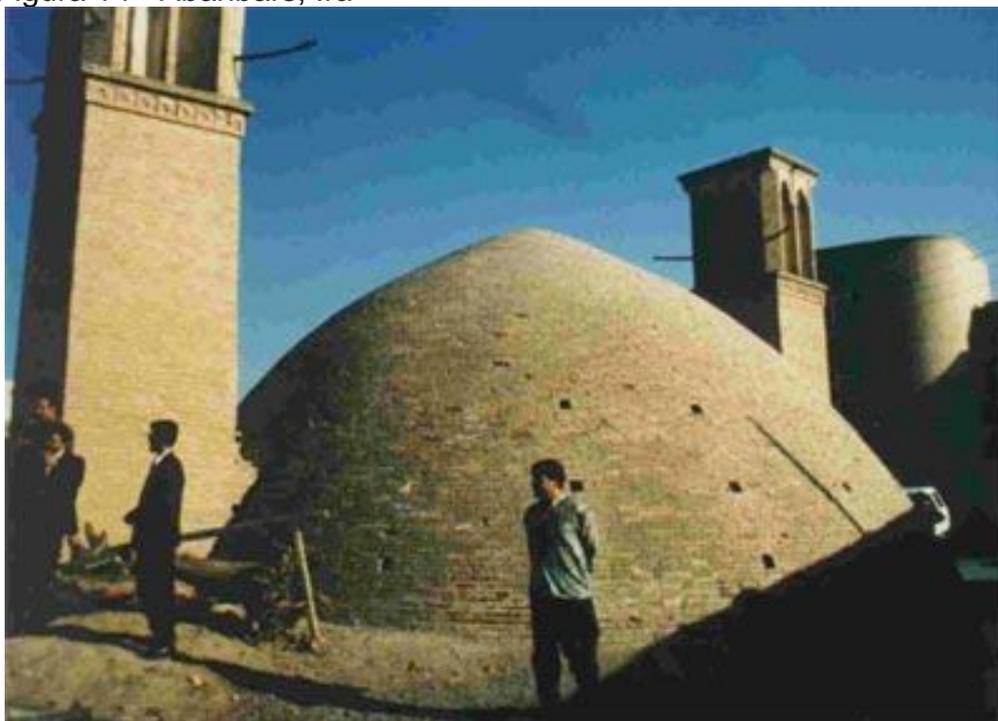
O aproveitamento de água de chuva para uso humano, animal e vegetal não é algo novo, existem relatos desta pratica a milhares de anos atrás. Essa atividade foi desenvolvida em diversos países no qual suas regiões eram áridas ou semiáridas.

3.3.1 Histórico

Segundo Tomaz (2003 apud CARLON, 2005) existem reservatórios escavados há mais de 3.600 a.C; na Pedra Moabita, datada de 850 a.C., o rei Mesha sugere a captação de água de chuva.

Há dois mil anos na China, no Planalto de Loess, já existiam tanques e cacimbas para reserva de água da chuva. No deserto de Neveg, hoje território de Israel e Jordânia, haviam sistemas integrados de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva. No Irã existiu um tradicional sistema de captação de água de chuva, denominado Abanbars, demonstrado na Figura 14. (GNADLINGER, 2000).

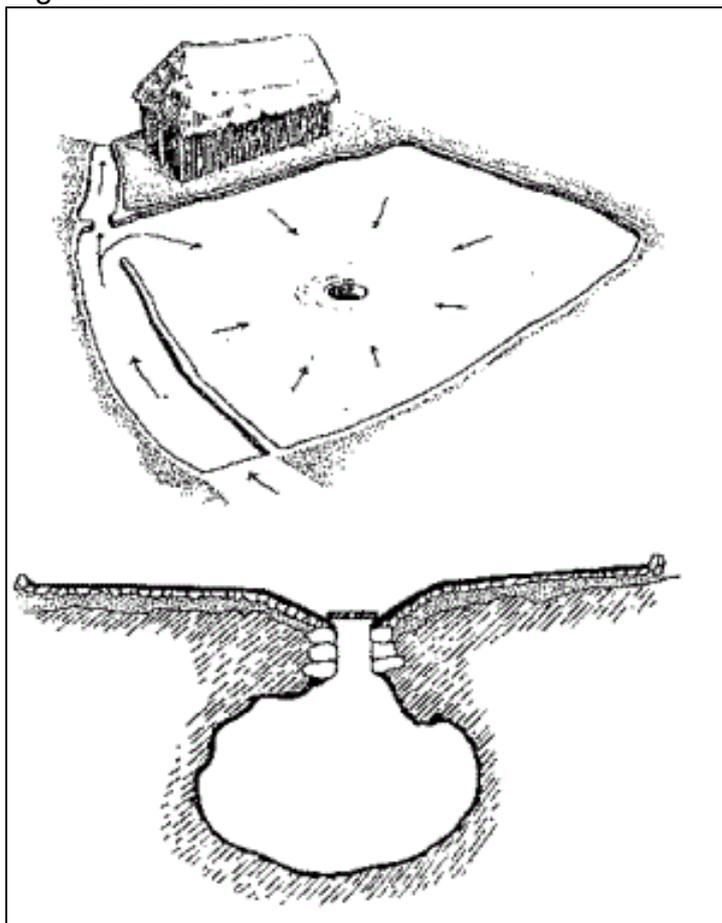
Figura 14 - Abanbars, Irã



Fonte: Gnadlinger(2000).

Nas Américas, no século X, os mayas viviam nas encostas e tinha sua agricultura baseada na coleta de água de chuva, sua água potável era armazenada em tanques com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, esses tanques eram chamados de Chultuns e eram enterrados conforme demonstrado na Figura 15. (GNADLINGER, 2000).

Figura 15 - Chultuns



Fonte: Gnadlinger(2000).

Na região semiárida do Brasil o aproveitamento de água de chuva seria a melhor forma de resolver o problema do abastecimento, já que só existe uma fonte superficial de água, o rio São Francisco, e as águas subterrâneas são escassas e salobras.

A instalação mais antiga que temos no Brasil foi construída pelos norte-americanos na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943. (AZEVEDO NETTO, 1991 apud CARLON, 2005).

3.3.2 Dias atuais

Ao longo dos anos o hábito de coletar água de chuva foi sendo deixado de lado e aos poucos foi destruído pela urbanização. Os países mais desenvolvidos traziam novos métodos de agricultura, construíam grandes barragens e elaboravam projetos de irrigação encanada com altos índices de uso de energia fóssil e elétrica. De acordo com Gnadlinger (2000), essas foram às causas pelas quais as tecnologias de captação de água foram deixadas de lado.

Com o risco da escassez da água alguns países voltaram a se preocupar com o aproveitamento da água de chuva. Podemos destacar essa preocupação com a formação da Associação Americana de Captação de Água da Chuva em 1994, nos Estados Unidos, na cidade de Austin, Texas. E em abril de 1998 foi criada a Associação Japonesa. (GONDIM, 2001 apud CARLON, 2005).

Muitos países estão envolvidos com o aproveitamento de água pluvial, entre eles estão: Alemanha, Japão, China, Austrália, Estados Unidos, alguns países da África e Ásia e inclusive no Brasil.

Na Alemanha o uso da água de chuva começou com a intenção de combater as enchentes urbanas, causadas com a impermeabilização do solo. Atualmente no país cerca de 100 mil sistemas de captação de água pluvial são instalados por ano e a maioria das obras novas já adota esse sistema. (SICKERMANN, 2000 apud CARLON, 2005). A copa do mundo de 2006 na Alemanha teve a maior estação de captação de água de chuva de um estádio europeu de futebol, localizada em Berlim. (MODERNO..., 2012).

No Japão o processo de captação de água pluvial começou visando, assim como na Alemanha, o combate às enchentes urbanas. No país a água da chuva é coletada e armazenada em reservatórios individuais ou comunitários, chamados "Tensuison", esses reservatórios são equipados com torneiras e bombas para assim ficar disponível para todos, quando a água excede a capacidade ela é direcionada para a recarga dos aquíferos. (FENDRICH; OLIYNIK, 2002 apud ANNECCHINI, 2005).

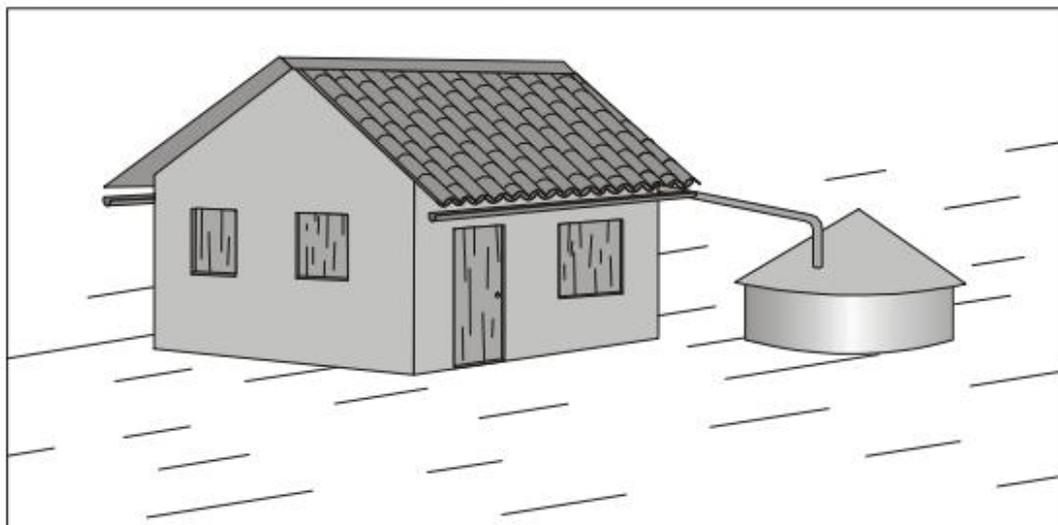
Na Austrália, segundo pesquisa do governo federal, cerca de 82% das crianças tomam água de chuva ao invés de água tratada com cloro e isso diminui a incidência de diarreia nelas. (GNADLINGER, 2003 apud JAQUES, 2005).

Segundo Gardner, Commbers e Marks (2004) apud Anecchini (2005) com o reuso de água pluvial a Austrália chega a economizar cerca de 60% de água na agricultura e 45% de água nas residências.

No Brasil também temos exemplos do aproveitamento da água de chuva, na região nordeste do país existem programas que incentivam a construção de cisternas para o aproveitamento da água. Alguns destes programas foram criados pelo governo com a intenção de melhorar a qualidade de vida da população desta região. Estima-se que cerca de cinquenta mil cisternas foram construídas na região semiárida do país nos últimos cinco anos. (PORTO et al.,1999).

Além do governo há também o incentivo das organizações não governamentais (ONGs) que ensinam a população a fazerem suas cisternas. O sistema de aproveitamento implantado é simples e consiste em utilizar a área do telhado como área de captação, conforme demonstrado na Figura 16. (PORTO et al.,1999).

Figura 16 - Cisterna instalada na região nordeste do Brasil



Fonte: Porto et al.(1999, p. 3).

As empresas brasileiras também já adotam o sistema de aproveitamento de água de chuva como forma de minimizar os gastos com água tratada.

A Ford e a fabricante Keko de acessórios metálicos para automóveis utilizam água de chuva em seus processos internos. (CARLON, 2005).

A empresa Masisa, maior produtora latino-americana de painéis de madeira, investiu cerca de R\$1,3 milhões em um projeto que reutiliza água da chuva .A água primeiramente é armazenada em duas lagoas e posteriormente ela é bombeada para

os tanques de tratamento, para assim poder ser utilizada na produção (GAZETA MERCANTIL, 2003 apud CARLON, 2005).

Uma empresa de couro no Ceará está economizando cerca de 30% de água tratada com um sistema de aproveitamento de água de chuva. Em uma cisterna são armazenadas a água de refrigeração das máquinas e a água da chuva, ambas serão usadas na produção (MESQUITA, 2003 apud CARLON, 2005).

“A Tecksid do Brasil, empresa de fundição do grupo Fiat, inaugurou em 2001 uma estação de tratamento de águas pluviais, juntamente com outra de efluentes líquidos, que fará com que a fábrica se torne autossuficiente em água de uso industrial.” (VALOR ECONOMICO, 2001 apud CARLON, 2005).

3.3.3 Legislação

No Brasil ainda não temos nenhuma lei em âmbito nacional referente ao uso de águas pluviais para fins potáveis ou não potáveis, temos apenas algumas normas que tratam do reuso de água no país: a Resolução CNRH nº 54/2005, a Norma NBR 13969/1997 e a Norma NBR 15527/07. Alguns municípios brasileiros já possuem legislações sobre a coleta e retenção da água de chuva, visando à diminuição de enchentes e a preservação da água potável, podemos citar como exemplos as cidades de Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro e Bauru.

3.3.3.1 Resolução CNRH nº 54/2005

O Conselho Nacional de Recursos Hídrico (CNRH) descreve, ainda que sucintamente, cinco modalidades para prática de reuso direto não potável: para fins urbanos, agrícolas, ambientais, indústrias e aquicultura (ANEXO A).

Art. 3º O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,
V - reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

3.3.3.2 NBR 13969:1997 -Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação

A NBR 13969, não é específica para reuso, mas tem um item dedicado ao tema, com a definição de classes de água de reuso.

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água;
Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários;
Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

3.3.3.3 NBR 15527:2007 - Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos

Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

3.3.3.4 Lei Nº. 10.785/2003 – Curitiba

No município de Curitiba a legislação visa incentivar a população a economizar água e utilizar água de chuva como uma fonte alternativa, sob pena da não liberação do alvará para as novas edificações. (ANEXO B).

Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em

atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

- a) rega de jardins e hortas,
- b) lavagem de roupa;
- c) lavagem de veículos;
- d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”.

Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações.

3.3.3.5 Lei Nº. 13.276/2002 - São Paulo

No município de São Paulo a legislação exige a execução de reservatórios para armazenamento de águas pluviais para áreas impermeabilizadas superiores à 500m². (ANEXO C).

Art. 1º - Nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m² (quinhentos metros quadrados), deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei n.º 11.228, de 26 de junho de 1992.

3.3.3.6 Decreto Municipal Nº 23.940/04 - Rio de Janeiro

Assim como no município de São Paulo, o decreto municipal do Rio de Janeiro exige a execução de reservatórios para armazenamento de águas pluviais para áreas impermeabilizadas superiores à 500m².

3.3.3.7 Lei Nº. 6110/2011 – Bauru

No município de Bauru foi criado o programa municipal de uso racional e reuso de água em edificações que visa o aproveitamento de água de chuva e o reuso de águas cinza e exige a execução de reservatórios para armazenamento de águas pluviais em novas edificações com área superior a 300m² (ANEXO D).

Art. 3º - É obrigatório nos projetos de construção de novas edificações, na área urbana do Município, com área de cobertura/telhado igual ou superior a 300 (trezentos) metros quadrados, se for construção horizontal, ou de 200 (duzentos) metros quadrados, se for construção

vertical, aprovados após a publicação desta Lei, a construção de reservatórios que captem as águas pluviais para posterior utilização.

3.4 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA: PADRÕES DE POTABILIDADE

A qualidade da água de chuva pode variar de acordo com a sua localização geográfica, ou seja, a proximidade com o mar, a presença de vegetação, as condições meteorológicas, as estações do ano e a presença de poluição são fatores que atribuem diferentes características às águas pluviais. (ANNECCHINI, 2005).

Para que a água de chuva possa ser utilizada é necessário que ela atenda aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (MS), e pelas NBRs 13.969:97 e 15.527:07.

A Tabela 3 demonstra o padrão de potabilidade que a água deve atender para consumo humano definido pelo Ministério da Saúde

Tabela 3 - Padrão de potabilidade da Portaria nº 518/04 do MS

Parâmetros	Unidade	Valor máximo permitido
pH	-	6,0 a 9,5
Turbidez	UNT	5
Cor aparente	uH	15
SDT	mg/L	1000
Dureza	mg/L	500
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Sulfato	mg/L	250
Cloretos	mg/L	250
E. coli e CT	NMP/100 ml	Ausente

Fonte: Brasil (2004 apud ANNECCHINI, 2005, p. 59).

Na Tabela 4 a NBR 13.969:97 demonstra os padrões de potabilidade para água de reuso de acordo com as classes apresentadas na norma.

Tabela 4- Padrão de potabilidade da NBR 13.969:97

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6,0 a 8,0	-	-	-
Turbidez	UNT	< 5,0	< 5,0	< 10,0	-
Coliforme fecal	NMP/100ml	< 200	< 500	< 500	< 5000
SDT	mg/L	< 200	-	-	-
Cloro residual	mg/L	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
OD	mg/L	-	-	-	> 2,0

Fonte: ABNT (1997 apud ANNECCHINI, 2005, p. 62).

A NBR 15.527:07 define os padrões de potabilidade para usos restritos não potáveis, conforme Figura 17.

Figura 17-Padrão de potabilidade da NBR 15.527:2007

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

Fonte: ABNT (2007, p. 4).

3.5 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

As leis municipais indicam formulas para o cálculo da capacidade do reservatório, a exemplo disto temos a Lei 13.276/02 de São Paulo que determina a seguinte equação para dimensionamento do reservatório:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \quad (7)$$

Na qual:

V = volume do reservatório (m^3)

A_i = área impermeabilizada (m^2)

IP = Índice Pluviométrico igual a 0,06 m/h

t = tempo de duração da chuva (horas)

De acordo com a NBR 15.527:07 os métodos para o dimensionamento de reservatórios para água pluvial, são: Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, entre outros.

- a) Método de Rippl: Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias (Equações 8, 9 e 10).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (9)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (10)$$

Sendo:

$$\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

- b) Método da Simulação: 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 (Equações 11 e 12):

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (11)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (12)$$

Sendo:

$$0 \leq S_{(t)} \leq V$$

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

- c) Método Azevedo Neto: o volume de chuva é obtido pela equação 13:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (13)$$

Sendo:

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

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

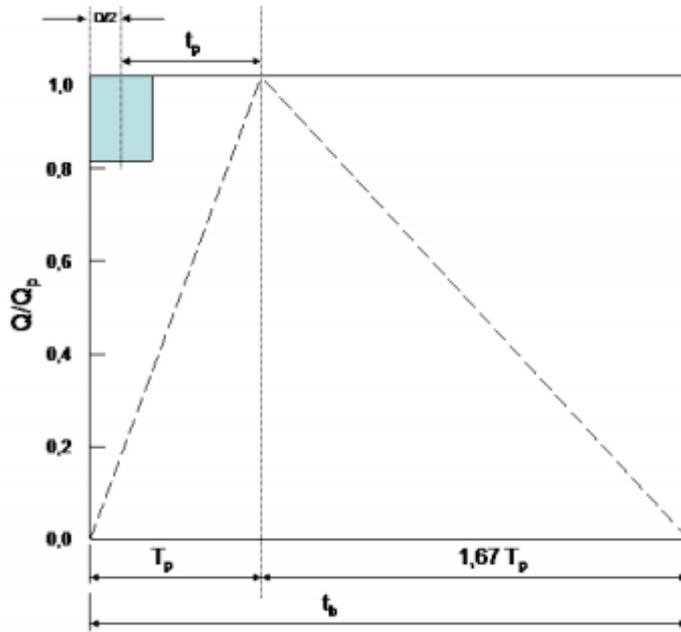
A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²)

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

Outro método para dimensionamento de reservatório é o método “Soil Conservation Service (SCS) que foi desenvolvido, inicialmente, para estimar o volume de “run off” em bacias hidrográficas rurais pelo Serviço de Conservação de Solos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Ao longo dos anos este método tornou-se a mais popular ferramenta para cálculo de “run off”, devido à sua relativa facilidade de uso e, atualmente, é utilizado também para bacias urbanas.” (NAKAYAMA, 2011).

Inicialmente é feito o cálculo de vazão da área de estudo, após essa determinação, podemos obter as equações 14, 15 e 16 através do hidrograma unitário, Figura 18.

Figura 18 - Hidrograma



Fonte: Collischonn (2011)

$$t_r = 0,6 * t_c \quad (14)$$

$$t_b = 2,67 * t_p \quad (15)$$

$$t_p = D/2 + t_r \quad (16)$$

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Bauru, com a finalidade de se verificar o reuso de água pluvial da sub-bacia Água Comprida no Jardim Contorno. Foi coletada água de chuva no bairro no dia 28 de Outubro para caracterização dos parâmetros físico – químicos da água.

4.1 LOCALIZAÇÃO

A escolha da localização para execução dos tanques foi feita com o apoio da Prefeitura Municipal de Bauru, o terreno escolhido é uma sugestão da melhor localização para a construção dos tanques. Por ser um espaço de propriedade da prefeitura não acarretará nenhum gasto em relação à aquisição e desapropriação.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

A etapa de caracterização da água de chuva foi feita com o objetivo de verificar a qualidade da mesma após passar pela pavimentação do bairro. A amostra foi captada após uma chuva diretamente do pavimento e armazenada em recipientes de dois litros.

Para a caracterização da água de chuva do bairro foram feitas sete análises físico-químicas, os parâmetros analisados foram pH, turbidez, alcalinidade, cor, sólidos totais secos e dissolvidos e cloretos. Alguns ensaios não foram realizados por falta de kit específico para as análises no laboratório.

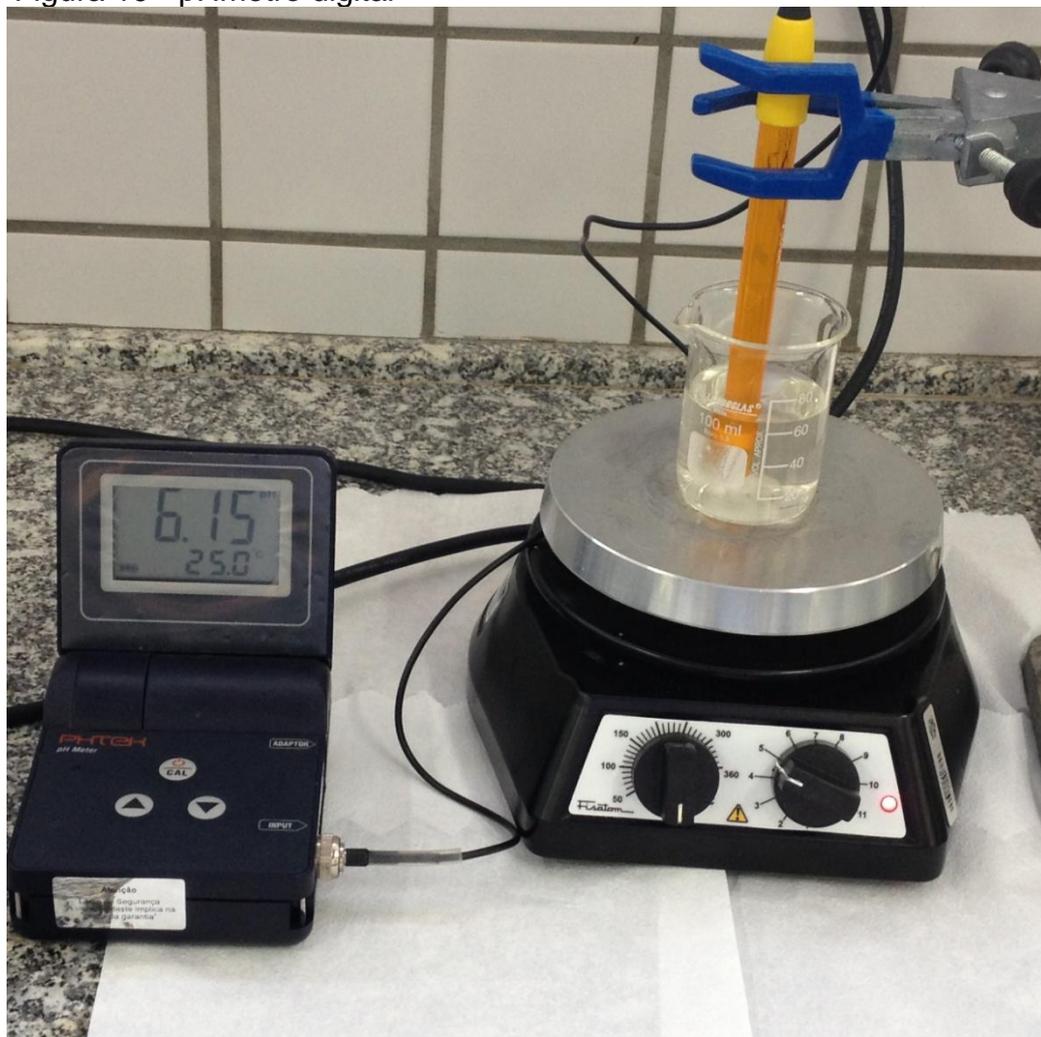
As análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos foram realizadas no Laboratório de Ciências e Tecnologia Ambiental do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Sagrado Coração.

As técnicas utilizadas nos ensaios foram determinadas de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985) e estão demonstradas a seguir:

4.2.1 pH

As medições de pH foram feitas com um pHmetro digital (Figura 19):

Figura 19 - pHmetro digital



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.2 Turbidez

A determinação foi feita por um turbidímetro portátil da marca HANNA modelo H198703 (Figura 20), a partir do ensaio de turbidez foi utilizado água filtrada com um filtro de abertura de 3 μ m (Figura 21).

Figura 20 - Turbidímetro



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 21 - Filtro 3 μm 

Fonte: Elaborada pela autora

4.2.3 Alcalinidade total

Este parâmetro foi realizado pela titulação em ácido clorídrico (HCl) 0,01M, em uma amostra de 50 mL de água filtrada (Figura 22). Para definição da alcalinidade foi utilizada a equação 17:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = (V \times M \times 50) / V_a \quad (17)$$

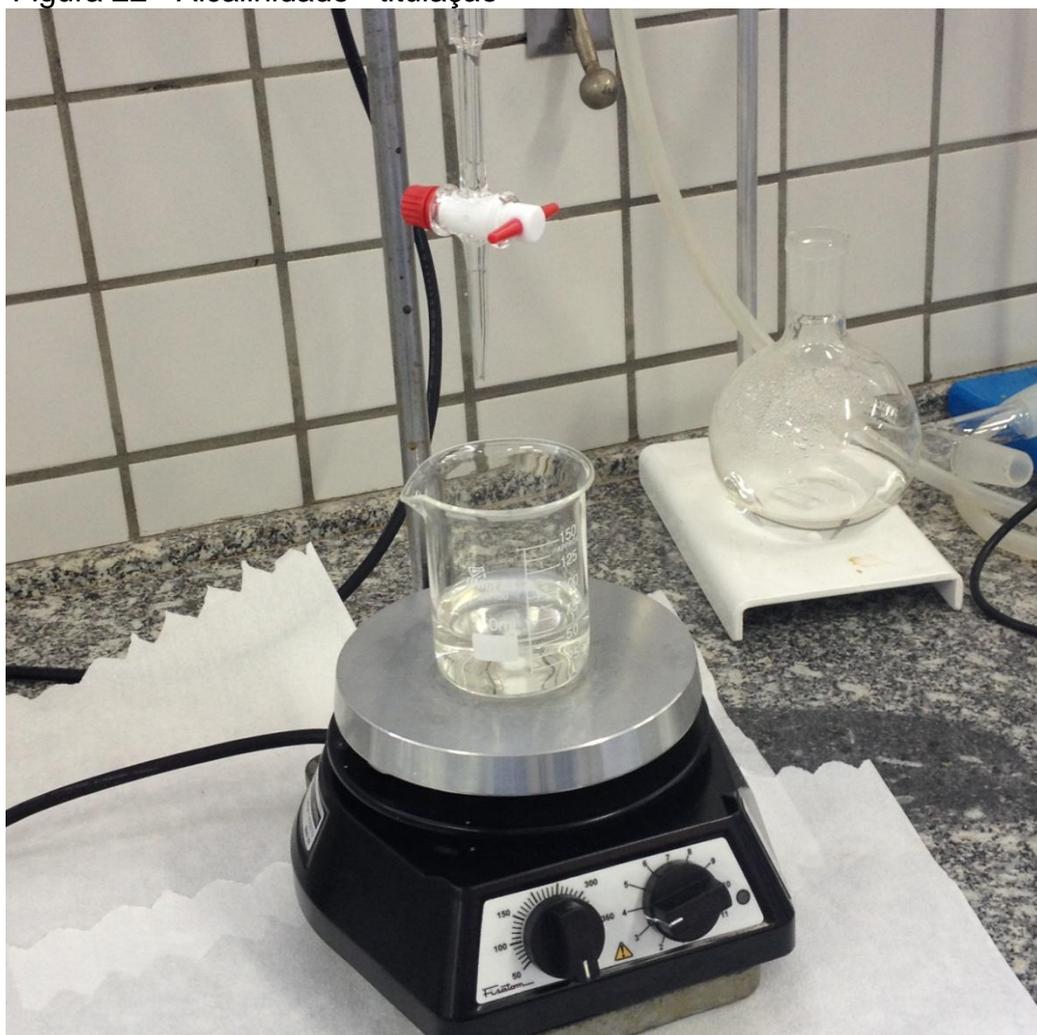
Na qual:

V = volume de ácido clorídrico gasto, em L

M = molaridade da solução de ácido

V_a = volume da amostra de água, em L

Figura 22 - Alcalinidade - titulação



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.4 Cor

As medições de cor foram feitas com um fotocolorímetro (Figura 23).

Figura 23 - Fotocolorímetro



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.5 Sólidos totais secos

A amostra foi seca em estufa a 103-105°C por três horas (Figura 24). Para definição dos sólidos totais foi utilizada a equação 18:

$$\text{Sólidos totais} = (A - B) / V \quad (18)$$

Na qual:

A = massa resíduo seco + cápsula em mg

B = massa da cápsula em mg

V = volume de amostra em L

Figura 24 - Sólidos totais e dissolvidos - estufa



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.6 Sólidos dissolvidos secos

Após a retirada das cápsulas 01 e 02 regulou-se a temperatura da estufa para 180°C, para secagem das cápsulas 03 e 04, por mais três horas. Para definição dos sólidos dissolvidos foi utilizada a equação 19:

$$\text{Sólidos dissolvidos} = (A - B) / V \quad (19)$$

Na qual:

A = massa resíduo seco + cápsula em mg

B = massa da cápsula em mg

V = volume de amostra em L

4.2.7 Cloretos

Este parâmetro foi analisado pela titulação em nitrato de prata (AgNO_3) em uma amostra de 50 mL contendo quatro gotas de indicador de cromato de potássio (K_2CrO_4), conforme demonstrado na Figura 25. Para definição dos cloretos foi utilizada a equação 20:

$$\text{mgCl}^- / \text{L} = (M \times V \times 35,453 \times 1000) / V_a \quad (20)$$

Na qual:

M = molaridade do nitrato de prata

V = volume de nitrato de prata gasto na titulação

V_a = volume da amostra, em mL

Figura 25 - Cloretos - titulação



Fonte: Elaborada pela autora

4.3 CÁLCULO DE VAZÃO

Para o cálculo de vazão da sub-bacia Água Comprida – Bauru/SP foram empregadas as seguintes fórmulas:

Tempo de concentração (min):

$$tc = 57 \times (L^3 / H)^{0,385} \quad (1)$$

Intensidade (mm/min):

$$it, T = 35,4487 (t + 20)^{-0,8894} + 5,9664 (t + 20)^{-0,7749} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln (T/T-1)] \quad (5)$$

Vazão (m³/s):

$$Q = c \times i \times A \quad (6)$$

4.4 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do reservatório de captação, decantação e armazenamento de água pluvial, iremos utilizar o método de Soil Conservation Service (SCS).

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio dos ensaios físico-químicos e dos cálculos efetuados para dimensionamento do reservatório estão apresentados a seguir.

5.1 LOCALIZAÇÃO

A localização para construção dos tanques foi escolhida estrategicamente, além de ser um terreno de propriedade da prefeitura ele está em uma região onde está ocorrendo um intenso processo de urbanização, Figura 26. Para a próxima década está previsto a execução de avenidas, marginais, ciclovias e condomínios residenciais, que causarão a impermeabilização da área e por sua vez causará enchentes.

Figura 26 - Localização



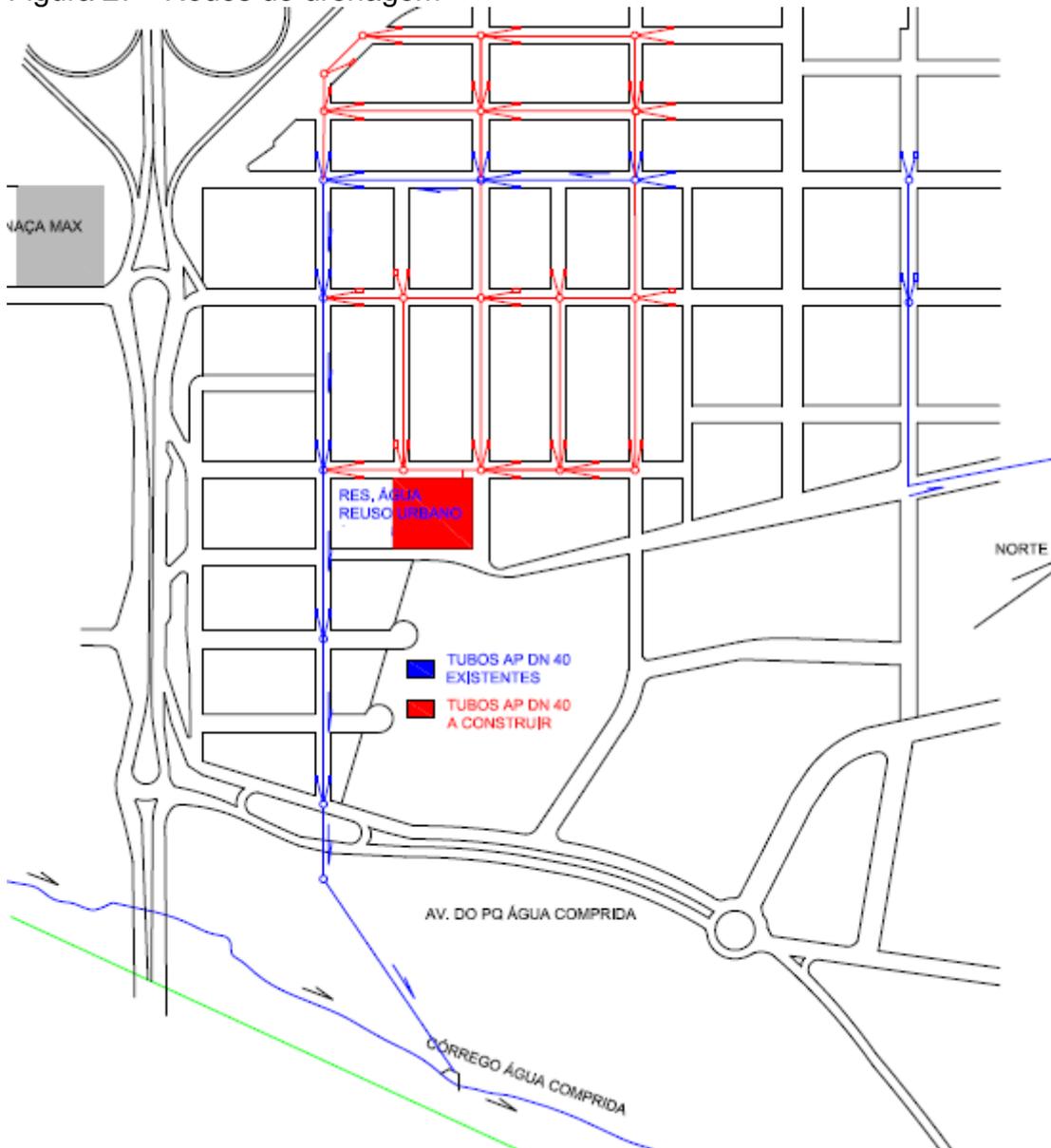
Fonte: Pessoto (2014).

Outro fator que influenciou a escolha do terreno foi a topografia do local já que o terreno está em uma cota baixa e a água escoará até os tanques por gravidade. Ao

lado dos tanques passa uma rede de drenagem onde poderá ser feita uma intersecção para a captação da água de chuva. Além desta intersecção outras redes poderão ser criadas para um melhor abastecimento do reservatório.

Na Figura 27, podemos ver a topografia, as redes de drenagem existentes e as redes de drenagem sugeridas. (ANEXO E)

Figura 27 - Redes de drenagem



Fonte: Seplan, adaptado pela autora (2015)

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Ciências e Tecnologia Ambiental do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Sagrado Coração no dia 29 de Outubro

5.2.1 pH

Para a amostra analisada temos o valor de pH igual a 6,19, com esse valor a amostra se enquadra no parâmetro definido pela portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e pela NBR 15527/07. Pela NBR 13969/97 se enquadra na classe 01 “Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água”.

5.2.2 Turbidez

No ensaio de turbidez a amostra não se encaixou nos parâmetros requeridos pela portaria nº518/04 e pela NBR 15527/07, já que as duas exigem uma turbidez de no máximo 5 UNT. A amostra teve um valor de 7,35 NTU se encaixando na classe 03 da NBR 13969/97 “reuso nas descargas dos vasos sanitários”.

De acordo com Silva (2015) para redução dos valores de turbidez um simples processo de filtração ou decantação é suficiente.

5.2.3 Alcalinidade total

A portaria nº 518/04 e as NBR's 15527/07 e 13969/97 não definem um valor adequado de alcalinidade para as amostras analisadas.

Após titulação a amostra de água teve um volume gasto de ácido de 8,6 mL = 0,0086 L, aplicando este valor a fórmula temos:

$$\begin{aligned} \text{mg CaCO}_3 / \text{L} &= (V \times M \times 50) / V_a && (17) \\ \text{mg CaCO}_3 / \text{L} &= (0,0086 \times 0,01 \times 50) / 0,05 \\ \text{mg CaCO}_3 / \text{L} &= 0,086 \end{aligned}$$

5.2.4 Cor

Para análise de cor a NBR 15527/07 e a portaria nº 518/04 definem um valor máximo de 15 uH, sendo assim, a amostra não se encaixou nos parâmetros. A análise de cor indicou 17,6 uC. As unidades uC e uH são equivalentes, 1 Unidade de Cor (uC) = 1 unidade Hazen (uH).

5.2.5 Sólidos totais secos

Para análise dos sólidos totais secos foi feita a medição das cápsulas vazias:

- a) cápsula 01 = 149770,3 mg;
- b) cápsula 02 = 157670,2 mg;

Em seguida foi adicionado 100 ml de amostra as cápsulas e esta evaporada até a secagem em estufa a 103-105° C. Após secagem das amostras em estufa foi feita uma nova pesagem para verificação dos sólidos totais secos:

- a) cápsula 01 = 149789,1 mg;
- b) cápsula 02 = 157685,9 mg;

Para verificação dos sólidos totais foi aplicada a fórmula:

- a) cápsula 01;
 - Sólidos totais = $(A - B) / V$
 - Sólidos totais = $(149789,1 - 149770,3) / 0,1$
 - Sólidos totais = 188 mg / L
- b) cápsula 02;
 - Sólidos totais = $(A - B) / V$
 - Sólidos totais = $(157685,9 - 157670,2) / 0,1$
 - Sólidos totais = 157 mg / L
 - Sólidos totais = 41mg / L

A portaria nº 518/04 e as NBRs 15527/07 e 13969/97 não definem um valor adequado de sólidos totais secos para as amostras analisadas.

5.2.6 Sólidos dissolvidos secos

Para análise dos sólidos dissolvidos a metodologia é a mesma usada para a análise de sólidos totais secos. Por meio da medição das cápsulas vazias obteve-se:

a) cápsula 03 = 163517,1 mg;

b) cápsula 04 = 172668,8 mg.

Adicionou-se 100 ml de amostra as cápsulas e evaporada até a secagem em estufa a 180° C.

Após secagem das amostras em estufa foi feita uma nova pesagem para verificação dos sólidos totais secos:

a) cápsula 03 = 163530,9 mg;

b) cápsula 04 = 172676,0 mg.

Para verificação dos sólidos totais foi aplicada a fórmula:

a) cápsula 03;

- Sólidos totais = $(A - B) / V$

- Sólidos totais = $(163530,9 - 163517,1) / 0,1$

- Sólidos totais = 138 mg / L

b) cápsula 04;

- Sólidos totais = $(A - B) / V$

- Sólidos totais = $(172676,0 - 172668,8) / 0,1$

- Sólidos totais = 72mg / L

Os resultados obtidos na análise de sólidos dissolvidos se enquadra dentro dos parâmetro definidos pela portaria nº 518/04 e pelas NBRs 15527/07 e 13969/97.

5.2.7 Cloretos

Para verificação de cloretos na amostra analisada foi feita a titulação de nitrato de prata em uma amostra de 50 mL contendo cromato de potássio.

Após a titulação a amostra de água teve um volume gasto de nitrato de prata de 0,3 mL, aplicando este valor a fórmula temos:

$$\text{mgCl}^- / \text{L} = (M \times V \times 35,453 \times 1000) / V_a \quad (20)$$

$$\text{mgCl}^- / \text{L} = (0,1 \times 0,3 \times 35,453 \times 1000) / 50$$

$$\text{mgCl}^- / \text{L} = 21,2718$$

De acordo com a portaria nº 518 o valor máximo permitido para cloretos é de 250 mg/L, portanto a amostra se enquadra no parâmetro.

5.3 CÁLCULO DE VAZÃO

Para verificação da vazão da área de estudo, o primeiro passo foi o cálculo do tempo de concentração, com $L = 0,120$ km e $H = 14$ m.

$$\begin{aligned}
 t_c &= 57 \times (L^3 / H)^{0,385} & (1) \\
 t_c &= 57 \times (0,120^3 / 14)^{0,385} \\
 t_c &= 1,78 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Adotaremos tempo de concentração igual a cinco minutos. Com o valor de tempo de concentração definido podemos calcular a intensidade, com $T = 10$ anos, que é o tempo máximo definido para bueiros segundo a tabela 1.

$$\begin{aligned}
 I_{t,T} &= 35,4487 (t + 20)^{-0,8894} + 5,9664 (t + 20)^{-0,7749}[-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T / T - 1)] & (5) \\
 I_{t,T} &= 35,4487 (5,00 + 20)^{-0,8894} + 5,9664 (5,00 + 20)^{-0,7749}[-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(10 / 10 - 1)] \\
 I_{t,T} &= 2,75 \text{ mm/min} \\
 I_{t,T} &= 165,12 \text{ mm/h}
 \end{aligned}$$

Após esses cálculos, foi feito o cálculo da vazão de água, ponderando-se o coeficiente de deflúvio, conforme tabela 5. E considerando a área de 1,9125 ha.

Tabela 5 - Ponderação - coeficiente de deflúvio

COEFICIENTE DE DEFLÚVIO PONDERADO (CDP)			
ÁREA DRENADA (m²)	A	C	C*A
Coberturas (telhados)	17898,52	0,90	16108,67
Áreas verdes	2932,56	0,20	586,51
Estacionamento	848,00	0,50	424,00
Ruas	19125,30	0,90	17212,77
Calçadas laterais	8642,42	0,90	7778,18
Quintais	956,71	0,50	478,36
TOTAL	A	50402,80	A'
CDP = A'/A = 0,84			

Fonte: Elaborada pela autora

$$Q = c * i * A \quad (6)$$

$$Q = 0,84 * 165,12 * 1,9125$$

$$Q = 25,73 \text{ m}^3/\text{min}$$

5.4 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Foi feito o dimensionamento do reservatório pelo método de Soil Conservation Service, pelo qual teremos um tanque com capacidade de armazenamento máximo de 138.000 litros de água pluvial disponível para consumo não potável. Isso irá gerar uma economia, considerando que a Prefeitura Municipal de Bauru gasta cerca de 20.000 litros de água tratada por semana para a rega de jardins, canteiros e praças, de acordo com o engenheiro Júlio Natividade da Secretaria de Planejamento.

Abaixo temos a simulação de dimensionamento do reservatório para uma área de captação de 19125,30 m², considerando os valores encontrados no cálculo de vazão:

$$tr = 0,6 * tc \quad (14)$$

$$tr = 0,6 * 5,00 = 3,23 \text{ min}$$

$$tp = D/2 + tr \quad (15)$$

$$tp = 5,92 \text{ min}$$

$$\begin{aligned}
 t_b &= 2,67 * t_p \\
 t_b &= 2,67 * 5,92 = 15,80 \text{ min}
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

• EQUAÇÕES

VAZÃO ENTRADA EM FUNÇÃO DO TEMPO (para $t \geq t_p$)

$$Q(t) = q - [q/(t_b - t_p) * (t - t_p)]$$

Com os dados obtidos, podemos escrever que:

$$Q(t) = 25,73 - 1,92 (t - 5,92) =$$

VOLUME ENTRADA EM FUNÇÃO DO TEMPO (para $t \geq t_p$)

$$V(t) = \int Q(t)$$

Integrando, podemos escrever que:

$$V(t) = 56,21 + 25,73 (t - 5,50) - 0,96 (t - 5,50)^2$$

• EXTRAVASOR DO RESERVATÓRIO

Tabela 6 – Extravasor do reservatório

EXTRAVASOR DO RESERVATÓRIO – VAZÃO DE DESCARGA					
Qs	m ³ /min	Qd = Cs * A * (2g * h) ^{0,5}			
Cs	0,68	Qs = 5,68 * h ^{0,5}			
D	m	0,20		g (m/s ²)	9,81
A	m ²	0,0314		h	m
P/h (m) =	0,80	QD =	5,08	<	6,25

Fonte: Elaborada pela autora

VOLUME DE SAÍDA EM FUNÇÃO DO TEMPO

$$V(t) = (5,68 * h^{0,5})t$$

- **TABELA T=f(H) – VAZÕES DE ENTRADA E SAÍDA – VOLUMES RETIDOS E ESCOADO**

Tabela 7 - Área do reservatório

ÁREA DO RESERVATÓRIO (m ²)				90	
h(m)	t(min)	Qe (m ³ /min)	Qs (m ³ /min)	Vr (m ³)	Vs (m ³)
0,400	5,99	18,85	3,59	36,00	21,52
0,500	6,81	17,28	4,02	45,00	27,35
0,600	7,78	15,41	4,40	54,00	34,23
0,700	9,02	13,03	4,75	63,00	42,87
0,800	13,16	5,08	5,08	72,00	66,86

Fonte: Elaborada pela autora

Pode-se observar que para $h = 14,0$ m as vazões de entrada e saída se igualam, situação em que o nível d'água no reservatório para de subir.

A partir deste momento, a vazão de saída torna-se superior à de entrada, fazendo com que o nível passe a diminuir.

O volume a ser retido (reservado) será de $138,00$ m³, para um nível máximo de $14,0$ m.

A vazão máxima de saída será de $5,0$ m³/min, inferior à vazão de contribuição antes do local (micro bacia – impermeabilizada) que será de $6,25$ m³/min.

- **TEMPO PARA ESVAZIAR O RESERVATÓRIO**

VOLUME A SER ESCOADO

$V_{\text{retido}} + V_{\text{fchega}}$ (para $13,16 < t < t_b$)

TEMPO PARA CHEGADA DO VOLUME FINAL

$t_f = t_b - 13,16 = 2,64$ min

VOLUME FINAL DE CHEGADA

$V_f = t_f * Q_{\text{ef}} = 13,41$ M³

VOLUME TOTAL A SER ESCOADO

$V_e = 72,00 + 13,41 = 92,23$ m³

VAZÃO MÉDIA DE SAÍDA

$$Q_m = Q_f/2 = 2,54 \text{ m}^3/\text{min}$$

TEMPO DE ESVAZIAMENTO

$$T_e = V_e / Q_m = 36,31 \text{ min}$$

- **O VOLUME A SER RETIDO (RESERVADO)**

Volume Reservado = 138,00 m³

Para um desnível máximo de 14,0 m.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a possibilidade do aproveitamento das águas pluviais, na sub-bacia do Jardim do Contorno, possibilitando um armazenamento de 138.000 litros disponibilizados para reuso de água não potável em serviços.

Essa quantidade será suficiente para suprir os gastos mensais da Prefeitura Municipal de Bauru, atendendo a demanda das áreas verdes do Parque Água Comprida na manutenção do plantio de espécies arbóreas, canteiros e outros, representando uma significativa economia de água tratada, que normalmente é utilizada.

Segundo informações da própria prefeitura os gastos com manutenção e zeladoria giram em torno de 20.000 litros por semana, com a execução do tanque de captação de água pluvial não haverá mais a necessidade de utilizar água potável para esses fins, salvo em casos de estiagem por longo prazo.

Ainda, baseado nos parâmetros físico-químicos dispostos na Portaria MS 518/04 e nas NBR's 13969:97 e 15527:07 pode-se observar que a água precisará passar por um processo de tratamento simples de turbidez, uma vez que o valor obtido ficou acima do permitido pela Portaria do MS e respectivas NBR's.

O constante crescimento populacional e o aumento pela demanda de água possibilitam buscar alternativas para amenizar a crise hídrica. O reuso da água pluvial é uma das formas mais eficazes para o combate a escassez, sendo um método simples e barato com resultados positivos como apresentado.

REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

AQUÍFERO Guarani. **DAE Bauru**, 2014. Disponível em: <<http://www.daebauru.com.br/2014/ambiente/ambiente.php?secao=hidrico&pagina=4>> . Acesso em 20 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

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

BAURU, São Paulo - SP. **Geógrafos**, 2015. Disponível em: <<http://www.geografos.com.br/cidades-sao-paulo/bauru.php>> . Acesso em 22 nov. 15

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ciclo Hidrológico. **MMA**, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em 15 abr. 2015.

CARLON, M. R. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC**. 2005. 204 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Precipitação**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. 27 p. Apostila. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2015.

DIA Mundial da Água: Quase 750 milhões de pessoas ainda não têm acesso a água potável adequada. **Unicef Brasil**, 2015. Disponível em:<http://www.unicef.org/brazil/pt/media_29176.htm>. Acesso em: 24 mar. 2015.

EM TEMPOS de seca, países dão exemplo de como gerenciar água. **Bom dia Brasil**, 2015. Disponível em:<<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/01/em-tempos-de-seca-paises-dao-exemplos-de-como-gerenciar-agua.html>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

FIGUEIREDO, J. C.; PAZ, R. S, Nova classificação climática e o aspecto climatológico da cidade de Bauru/ São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., Belém, 2010. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2010. p. [1-5].

GARCEZ, L.N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1976.

GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Haia, Holanda. **Anais eletrônicos...**Marseille: World Water Council, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>>. Acesso em 21 set. 2015.

GONÇALVES, N. Bauru perde 6 km² de território. **JCNET**, 2013. Disponível em: <<http://www.jcnet.com.br/Geral/2013/02/bauru-perde-6-km2-de-territorio.html>> . Acesso em 16 nov. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 307-308, Cap. VIII - Águas.

INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS. Centro de Meteorologia de Bauru. Precipitação Acumulada. **IPMet**, 2015. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/estacao/historico.php>. Acesso em: 16 nov. 2015.

JQUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARTINEZ JUNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**. [Bauru]: USP, 1999. Apostila. Disponível em: <<http://www.daeebauru.org/EquaChuvasIntensas.doc>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MODERNO e sustentável. **Revista Planeta**, 2012. Disponível em: <<http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/ambiente/moderno-sustentavel>>. Acesso em 16 nov. 2015

NAKAYAMA, P. T. et al. Avaliação do parâmetro CN do método de soilconservationservice (scs) nas bacias do ribeirão dos Marins e córrego Bussocaba - estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceio. **Anais...** ABRH, 2011. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/824eacc7bed8b5c97115fcd89b874a15_e7517ee3540d55aceede87d8a6969374.pdf>. Acesso em 25 nov. 2015

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: UERGS, 2004. 138 p. Apostila. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acesso em 03 mai. 2015.

PESSOTO, A. P. Água comprida: Bauru ganha nova Avenida. **JCNET**, 2014. Disponível em: <<http://www.jcnet.com.br/Bairros/2014/04/gua-comprida-bauru-ganha-nova-avenida.html>>. Acesso em 24 mar. 2015.

PINTO, N.L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PORTO, E. R. et al. Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do semiárido brasileiro: o que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACAO DE AGUA DE CHUVA, 9.,1999, Petrolina. **Anais...**PetrolinaE: Embrapa Semiárido: Singapura/IRCSA, 1999. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/132908>>. Acesso em 13 out. 2015.

RIO Batalha e a lagoa. **DAE Bauru**, 2014. Disponível em:<<http://www.daebauru.com.br/2014/empresa/empresa.php?secao=fazemos&pagina=9>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

SILVA, A. L. S. Turbidez da água. **Info Escola**, 2015. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/turbidez-da-agua/>>. Acesso em 26 nov. 2015

URIBE, R. A. M. **Hidrologia aplicada**. Bauru: USC, 2014. Notas de aula.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975

ANEXOS

ANEXO A - Resolução nº. 54, de 28 de novembro de 2005

Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso de água não potável, e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH**, no uso das competências que lhe são conferidas pelas Leis nos 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e 9.984, de 17 de julho de 2000, e pelo Decreto no 4.613, de 11 de março de 2003;

Considerando que a Lei no 9.433, de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos- SINGREH, dá ênfase ao uso sustentável da água;

Considerando a Década Brasileira da Água, instituída pelo Decreto de 22 de março de 2005, cujos objetivos são promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água;

Considerando a diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas - ONU, segundo a qual, a não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior;

Considerando que o reuso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos;

Considerando a escassez de recursos hídricos observada em certas regiões do território nacional, a qual está relacionada aos aspectos de quantidade e de qualidade;

Considerando a elevação dos custos de tratamento de água em função da degradação de mananciais;

Considerando que a prática de reuso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade; e

Considerando que a prática de reuso de água reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública, resolve:

Art. 1º Estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reuso direto não potável de água em todo o território nacional.

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reuso de água: utilização de água residuária;

III - água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V - produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso;

VI - distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso; e

VII - usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

Art. 3º O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

§ 1º As modalidades de reuso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área.

§ 2º As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reuso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

Art. 4º Os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, no âmbito de suas respectivas competências, avaliarão os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática do reuso, devendo estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reuso.

Art. 5º Caso a atividade de reuso implique alteração das condições das outorgas vigentes, o outorgado deverá solicitar à autoridade competente retificação da outorga de direito de uso de recursos hídricos de modo a compatibilizá-la com estas alterações.

Art. 6º Os Planos de Recursos Hídricos, observado o exposto no art. 7º, inciso IV, da Lei no 9.433, de 1997, deverão contemplar, entre os estudos e alternativas, a utilização de águas de reuso e seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica.

Art. 7º Os Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos deverão incorporar, organizar e tornar disponíveis as informações sobre as práticas de reuso necessárias para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Art. 8º Os Comitês de Bacia Hidrográfica deverão:

I - considerar, na proposição dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos da cobrança, a criação de incentivos para a prática de reuso; e

II - integrar, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, a prática de reuso com as ações de saneamento ambiental e de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Parágrafo único. Nos casos onde não houver Comitês de Bacia Hidrográfica instalados, a responsabilidade caberá ao respectivo órgão gestor de recursos hídricos, em conformidade com o previsto na legislação pertinente.

Art. 9º A atividade de reuso de água deverá ser informada, quando requerida, ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins de cadastro, devendo contemplar, no mínimo:

I - identificação do produtor, distribuidor ou usuário;

II - localização geográfica da origem e destinação da água de reuso;

III - especificação da finalidade da produção e do reuso de água; e

IV - vazão e volume diário de água de reuso produzida, distribuída ou utilizada.

Art. 10. Deverão ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reuso, em especial os aspectos sanitários e ambientais.

Art. 11. O disposto nesta Resolução não exime o produtor, o distribuidor e o usuário da água de reuso direto não potável da respectiva licença ambiental, quando exigida, assim como do cumprimento das demais obrigações legais pertinentes.

Art. 12. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

MARINA SILVA JOÃO BOSCO SENRA
Presidente

Secretário – Executivo

ANEXO B - Lei Nº. 10.785/2003

Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE

A CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA, CAPITAL DO ESTADO DO PARANÁ, aprovou e eu, Prefeito Municipal, sanciono a seguinte lei:

Art. 1º. O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Art. 2º. Para os efeitos desta lei e sua adequada aplicação, são adotadas as seguintes definições:

I - Conservação e Uso Racional da Água - conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações;

II - Desperdício Quantitativo de Água - volume de água potável desperdiçado pelo uso abusivo;

III - Utilização de Fontes Alternativas - conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento.

IV - Águas Servidas - águas utilizadas no tanque ou máquina de lavar e no chuveiro ou banheira.

Art. 3º. As disposições desta lei serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de construção de novas edificações destinadas aos usos a que se refere a Lei nº 9.800/2000, inclusive quando se tratar de habitações de interesse social, definidas pela Lei 9802/2000.

Art. 4º. Os sistemas hidráulico-sanitários das novas edificações, serão projetados visando o conforto e segurança dos usuários, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Art. 5º. Nas ações de Conservação, Uso Racional e de Conservação da Água nas Edificações, serão utilizados aparelhos e dispositivos economizadores de água, tais como:

a) bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;

b) chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;

c) torneiras dotadas de arejadores.

Parágrafo Único - Nas edificações em condomínio, além dos dispositivos previstos nas alíneas a, b e c deste artigo, serão também instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água gasto por unidade.

Art. 6º. As ações de Utilização de Fontes Alternativas compreendem:

I- a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e,

II- a captação e armazenamento e utilização de águas servidas.

Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

a) rega de jardins e hortas,

b) lavagem de roupa;

c) lavagem de veículos;

d) lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Art. 8º. As Águas Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos.

Art. 9º. O combate ao Desperdício Quantitativo de Água, compreende ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da Rede Pública Municipal e palestras, entre outras, versando sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as nova edificações.

Art. 11. O Poder Executivo regulamentará a presente lei, estabelecendo os requisitos necessários à elaboração e aprovação dos projetos de construção, instalação e dimensionamento dos aparelhos e dispositivos destinados à conservação e uso racional da água a que a mesma se refere.

Art. 12. Esta lei entra em vigor em 180 (cento e oitenta dias) contados da sua publicação.

PALÁCIO 29 DE MARÇO, em 18 de setembro de 2003.

CASSIO TANIGUCHI
Prefeito Municipal

ANEXO C - Lei Nº 13.276/2002**DIARIO OFICIAL DO MUNICIPIO.****Ano 47 - Número 3 - São Paulo, sábado, 5 de janeiro de 2002****LEI Nº 13.276, 04 DE JANEIRO DE 2002****(Projeto de Lei nº 706/01, do Vereador Adriano Diogo - PT)**

Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

HÉLIO BICUDO, Vice-Prefeito, em exercício no cargo de Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por Lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 27 de dezembro de 2001, decretou e eu promulgo a seguinte Lei:

Art. 1º - Nos lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m² deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992.

Art. 2º - A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$$

V = volume do reservatório (m³)

A_i = área impermeabilizada (m²)

IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h

t = tempo de duração da chuva igual a uma hora.

§ 1º - Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório.

§ 2º - A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

Art. 3º - Os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

§ 1º - A adequação ao disposto neste artigo deverá ocorrer no prazo de 90 (noventa) dias.

§ 2º - Em caso de descumprimento ao disposto no "caput" deste artigo, o estabelecimento infrator não obterá a renovação do seu alvará de funcionamento.

Art. 4º - O Poder Executivo deverá regulamentar a presente Lei no prazo de 60 (sessenta) dias.

Art. 5º - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, aos 04 de janeiro de 2002, 448º da fundação de São Paulo.

Hélio Bicudo, Prefeito em Exercício

ILZA REGINA DEFILIPPI DIAS, Respondendo pelo Cargo de Secretária dos Negócios Jurídicos

FERNANDO HADDAD, Respondendo pelo Cargo de Secretário de Finanças e Desenvolvimento Econômico

ARLINDO CHINAGLIA JÚNIOR, Secretário de Implementação das Subprefeituras

LUIZ PAULO TEIXEIRA FERREIRA, Secretário da Habitação e Desenvolvimento Urbano

JORGE WILHEIM, Secretário Municipal de Planejamento Urbano

Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 04 de janeiro de 2002.

RUI GOETHE DA COSTA FALCÃO, Secretário do Governo Municipal

ANEXO D -Lei nº 6110/2011

Cria o Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água em Edificações e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE BAURU, nos termos do art. 51 da Lei Orgânica do Município de Bauru, faz saber que a Câmara Municipal aprovou e ele sanciona e promulga a seguinte lei:

Art. 1º Fica criado o Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água em Edificações no Município de Bauru, o qual tem como objetivo o aproveitamento de água de chuva: e o reuso de águas cinza-claras.

Parágrafo único: O referido Programa tem por finalidade oferecer aos munícipes, orientações, educação, educação ambiental e treinamento visando ao aproveitamento de água da chuva e o reuso de águas cinza-claras a permitir a conscientização da importância do ciclo das águas e de seu uso racional e a consequente adoção das ações relacionadas nesta Lei, observada a norma ABNT NBR 15.527/2.007.

Art. 2º O Programa abrangerá o aproveitamento de água de chuva, entendido como o conjunto de ações que possibilitem a captação, reserva e distribuição para o uso de atividades que não exijam água potável, como lavagem de pisos e veículos, rega de jardim, descarga em bacia sanitária e outros.

§ 1º - Também é abrangido pelo Programa o reuso de águas cinza-claras, entendido como as que já foram utilizadas primeiramente em máquina de lavar, chuveiro e banheira, para utilização em atividades que não exijam água potável e compatível com as características de águas cinza-claras a envolver a captação, coleta, distribuição e manutenção.

§2º - O reuso de águas cinza-claras em atividades não residenciais envolverá, além das restrições fixadas no parágrafo 1º deste artigo, o tratamento e o monitoramento de sua qualidade.

§3º - Os sistemas de reserva e distribuição de águas da chuva cinza-claras deverão ser totalmente separados entre si e do sistema da água potável, conforme as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas das legislações aplicáveis.

Art. 3º É obrigatório nos projetos de construção de novas edificações, na área urbana do Município, com área de cobertura/telhado igual ou superior a 300 (trezentos) metros quadrados, se for construção horizontal, ou de 200 (duzentos) metros quadrados, se for construção vertical, aprovados após a publicação desta Lei, a construção de reservatórios que captem as águas pluviais para posterior utilização.

§ 1º - É facultativo nestes casos a adoção do reuso de águas cinza-claras.

§ 2º - Os projetos arquitetônicos enquadrados no "caput" deste artigo deverão prever em sua planta hidráulica, obrigatoriamente, sistema de captação, armazenamento e utilização para água de chuva e, facultativamente, de água cinza-clara, para obtenção da licença de construção e, sendo a sua implantação, condição para emissão do "habite-se".

Art. 4º Os projetos de edificações/condomínios verticais deverão contemplar medidor de entrada principal e sub-medidores individuais para apuração individualizada de volume de água gasto por unidade e área comum.

Parágrafo único. Caberá ao Departamento de Água e Esgoto, através de Resolução, a regulamentação dessa matéria.

Art. 5º O Poder Público poderá facultar o disposto no art. 3º, no que se refere ao aproveitamento de águas da chuva, nos programas de habitação de interesse social.

Art. 6º No caso de projeto de reforma da edificação na área urbana será levado em consideração a área acrescida, sendo obrigatório nos casos com área de cobertura/telhado igual ou superior a 300 (trezentos) metros quadrados, quando deverá ser aplicado o disposto no artigo 3º desta lei.

Art. 7º A capacidade do reservatório para aproveitamento de água de chuva e reuso de água cinza-clara, será regulamentado através de Decreto Municipal.

Parágrafo único. O reservatório de água de chuva será proporcional ao número de unidades nos empreendimentos residenciais ou à área construída nos empreendimentos comerciais/industriais.

Art. 8º O não cumprimento das disposições contidas nesta Lei implicará, para os projetos de construção de novas edificações, o indeferimento da concessão da licença de construção ou expedição de "habite-se", conforme o caso.

Art. 9º O Poder Executivo deverá criar uma Comissão de Estudos para Conservação e Uso Racional da água, integrada por representantes das Secretarias Municipais, do Departamento de Água e Esgoto - DAE, e por convidados da

Sociedade Civil, que terá a função de sugerir ações de implementação e aperfeiçoamento do Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água.

Parágrafo único. A regulamentação e composição da comissão se dará através de Decreto Municipal.

Art. 10º O Poder Executivo poderá firmar convênio com entidades sem fins lucrativos e estabelecimentos de Ensino Técnico e Superior, para desenvolvimento deste programa, visando ao oferecimento de cooperação técnica na elaboração de projetos.

Art. 11º O Programa Municipal de Uso Racional e Reuso de Água compreende ações voltadas à Conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da rede pública e particular, palestras, entre outras atividades, versando sobre o uso abusivo e indiscriminado da água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

Art. 12º O Poder Executivo regulamentará esta Lei, no prazo de 120 (cento e vinte) dias, a partir da sua publicação.

Art. 13º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Bauru, 25 de agosto de 2.011.

Rodrigo Antonio de Agostinho Mendonça
Prefeito Municipal

Mauricio Pontes Porto
Secretário dos Negócios Jurídicos

Rodrigo Riad Said
Secretario de planejamento

ANEXO E- Projetos: Estudo e proposta da área de intervenção