

## IX-070 - TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS AO APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS DE DRENAGEM URBANA EM VITÓRIA - ES

**Larisse Suzy Silva de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambientalista pelo Instituto Federal do Espírito Santo.

**Lucien Akabassi<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Agrônomo pela ESALQ/ USP.

Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/ USP.

Prof. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental - Instituto Federal do Espírito Santo - IFES.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Carlos Gomes, 822 - Laranjeiras - Serra - ES - CEP: 29165-260 - Brasil - Tel: (27) 98118-0164 - e-mail: [larisse.suzy@gmail.com](mailto:larisse.suzy@gmail.com)

### RESUMO

Diversas são as fontes alternativas que são exploradas de forma a minimizar os efeitos advindos da escassez dos recursos hídricos. No presente estudo, o potencial de aproveitamento de águas pluviais urbanas provenientes do sistema de drenagem foi avaliado quantitativamente para fins de manutenção hídrica de áreas verdes no Município de Vitória. A análise do registro pluviométrico de 90 anos permitiu avaliar a disponibilidade de água para manutenção hídrica a partir da elaboração do balanço hídrico da região, e desta forma, estimar a demanda necessária de água. Analisou-se os volumes de escoamento gerados nas bacias em estudo para a estimativa da quantidade total disponível para a aplicação em usos não potáveis, e, com base nesses estudos, constatou-se que um grande volume de águas pluviais é lançado diretamente em corpos receptores sem serem aproveitados. Os resultados mostraram que as maiores demandas de manutenção hídrica referem-se ao período de abril a setembro, com algum deslocamento dependendo das características meteorológicas regentes da dinâmica de circulação atmosférica. Em geral, os meses de maior déficit hídrico corresponderam ao mês de Fevereiro e ao período de Maio à Agosto, sendo constatado em 2003 um pico de demanda de aproximadamente 150 mm nos meses de Fevereiro e Março. A estimativa das demandas para manutenção hídrica de áreas verdes nas bacias de estudo mostrou que o volume necessário a esta manutenção nas três áreas alcançou 13.598 m<sup>3</sup>, 3.036 m<sup>3</sup> e 5.955 m<sup>3</sup>, respectivamente para A1, A2 e A3. O volume de escoamento gerado nas áreas de estudo demonstra o grande quantitativo de água que não tem sido aproveitado como fonte hídrica para fins não potáveis, com totais anuais de 566.009 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 1, 117.886 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 2 e 199.909 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 3.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de drenagem, Águas pluviais urbanas, Sustentabilidade hídrica, Áreas verdes, Gerenciamento.

### INTRODUÇÃO

A escassez de água é consequência principalmente do aumento populacional, do desperdício e de atividades poluidoras, com forte contribuição da contaminação dos mananciais pela pressão urbana através do despejo de efluentes domésticos e industriais. Sendo a água um recurso importante e vital para todos os seres e às atividades econômicas, ao ser gerenciado de forma ineficiente, irracional e sem o devido planejamento, poderá ser insuficiente para atender às exigências cada vez maiores deste recurso.

A diminuição das reservas de água, seja pelo aumento do consumo ou sua deterioração qualitativa, tem gerado preocupações e incentivado o racionamento e a busca de soluções alternativas para a escassez. Entre as fontes alternativas mais estudadas atualmente estão o reúso das águas servidas e a captação e aproveitamento da água da chuva, a qual pode se apresentar mais viável por dispensar, em alguns casos, tratamentos mais elaborados.

Muitos estudos têm abordado a utilização de águas pluviais captadas em telhados de edifícios para o uso doméstico não potável. Tais sistemas, entretanto, dependem de investimentos particulares, nem sempre incentivados ou orientados pelo poder público. Há, porém, a alternativa da captação das águas de chuva em áreas públicas, onde são necessários sistemas maiores e mais elaborados para sua utilização, sendo mais comumente empregados na lavagem de ruas e calçadas e rega de parque e jardins.

Tendo como objetivo avaliar o potencial do aproveitamento das águas pluviais do sistema de drenagem urbana para manutenção de áreas verdes no município de Vitória, este trabalho propõe o estudo dos volumes de escoamento gerados frente à demanda das áreas verdes nos locais de estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Vitória, que constitui a área de estudo, é formado por um arquipélago composto por 33 ilhas e por uma porção continental, totalizando 98,2 quilômetros quadrados. A cidade foi fundada oficialmente no dia 8 de setembro de 1551, e, atualmente, é a capital do Espírito Santo, com 352.104 habitantes e densidade demográfica de 3.338,30 hab/km<sup>2</sup>, conforme a estimativa de população do Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2014). Limita-se ao norte com o município da Serra, ao sul com Vila Velha, a leste com o oceano Atlântico e a oeste com o município de Cariacica (Latitude 20° 19' 10", Longitude 40° 20' 16').

Há muitos anos o município de Vitória vem sofrendo com constantes alagamentos e inundações decorrentes de fortes chuvas associadas ao funcionamento deficiente do sistema de drenagem e à baixa profundidade do nível do lençol freático na região. Desde o ano de 2007 começou a ser elaborado e implantado o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), que, a partir da base cartográfica digital do município e do cadastro topográfico da rede de drenagem, possibilitou a delimitação de 98 bacias de drenagem e o levantamento de suas características fisiográficas: Área de drenagem, Comprimento e declividade do talvegue, Coeficiente de escoamento superficial (C ou CN) de acordo com as condições atuais e futuras de uso e ocupação do solo.

### Levantamento das áreas verdes potenciais para aproveitamento hídrico

Realizou-se o levantamento das áreas verdes (parques e jardins) localizadas no município de Vitória utilizando dados da Prefeitura, análise de mapas disponíveis e de imagens de satélite pelo programa Google Maps, visitas a campo e tratamento das informações com auxílio de ferramentas de geoprocessamento.

Os locais selecionados para o estudo do potencial de aproveitamento das águas pluviais do sistema de drenagem em sua irrigação foram escolhidos considerando a presença de parques, praças e árvores, a facilidade de acesso e a disponibilidade de informações das bacias de drenagem onde as áreas verdes estão inseridas.

Após definidos, os locais de estudo tiveram suas áreas verdes estimadas com base em medições realizadas no Navegador Geográfico do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo - GEOBASES e no Editor de Mapas do Google, assim como o auxílio de suas imagens de satélite e Street View.

### Estimativa do volume de água para manutenção das áreas verdes

O volume de água necessário para manutenção das áreas verdes foi estimado pela diferença entre a evapotranspiração e a precipitação no local (Balanço Hídrico).

- Cálculo da evapotranspiração

Estimou-se a evapotranspiração com base nos métodos de Thornthwaite e de Thornthwaite com nomograma elaborado por Camargo, utilizando para os cálculos os dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada no município de Vitória (Cód. 02040035 / Lat. -20.316667° e Long. -40.316667°).

A série histórica totaliza 49 anos, no período de 1965 a 2013, e foi exportada no formato "txt" e convertida para o software Excel, onde foram determinadas as temperaturas médias mensais e anuais. Foi calculada a evapotranspiração pelos métodos de Thornthwaite e com o uso do nomograma de Palmer & Havens adaptado por Camargo, sendo aplicados no cálculo do balanço hídrico os dados obtidos com a aplicação do, tendo este apresentando valores mais elevados de ETP, considerando-se, portanto, o caso mais crítico.

Para melhor análise da representatividade dos dados médios utilizados no cálculo do balanço hídrico foram também obtidas pelo método de Thornthwaite as evapotranspirações para cinco anos da série histórica com ocorrência de período mais rigoroso de estiagem pluviométrica.

- Análise do regime pluviométrico da área de estudo

A análise hidrológica do município foi feita com base nos dados do posto pluviométrico de VITÓRIA, pertencente ao INMET (Cód. 02040035 / Lat. 20.3156° e Long. -40.3172°). Os dados foram analisados no software Excel, e calculadas as estatísticas de desvio padrão, máxima, mínima e média mensais e os totais anuais dos mesmos. A partir destas análises foram gerados os gráficos para melhor visualização e interpretação dos resultados.

Em todo o município somente este posto apresentava dados de uma série histórica relevante para o estudo dos dados, constando de 90 anos de dados no período de 1925 a 2013 (ANEXO D). Algumas informações foram preenchidas com dados pertencentes ao PDDU de Vitória, que possuía série histórica mais completa do que a fornecida pelo HidroWeb - ANA, sendo, porém, os dados do mesmo posto pluviométrico e pelo mesmo período de tempo.

- Cálculo do balanço hídrico

O balanço hídrico para estimativa do volume de água necessário na manutenção das áreas verdes foi obtido pela diferença entre o volume de água precipitado e os valores de evapotranspiração, utilizando-se os dados médios mensais destes fatores aplicados no software Excel.

Estimou-se também o volume da demanda correspondente para cada local de estudo, multiplicando-se a máxima demanda para irrigação anual pela área dos locais de estudo.

#### **Determinação do volume de águas de drenagem**

Foi feita análise dos dados diários de chuva para toda a série histórica da estação do INMET, que totaliza 90 anos de dados (1925 - 2013). Estabeleceu-se o critério de corte para o filtro dos dados do registro hidrológico, com base na capacidade do evento de produzir volume de escoamento, vencendo a retenção inicial no sistema. Os seguintes critérios foram estabelecidos:

$$\begin{array}{ll} 0 \leq P \text{ (mm)} \leq 15 \text{ mm} & \text{Volume} = 0 \\ P \text{ (mm)} \geq 15 \text{ mm} & \text{Volume} \neq 0 \end{array}$$

Deste modo os eventos hidrológicos com altura pluviométrica entre 0 e 15 mm são desconsiderados para o cálculo da geração de escoamento, sendo os valores acima deste limite considerados como suficientes para gerar escoamento que contribuísse ao sistema de drenagem. A partir das alturas pluviométricas diárias superiores a 15 mm foi calculado o volume gerado por cada evento de chuva nas áreas de estudo através da equação 1. Os dados diários foram somados para cada mês de cada ano, e, destes totais, obteve-se o volume médio mensal de toda a série analisada, considerando o critério de restrição estabelecido.

$$V = P \times A \times C \quad \text{equação (1)}$$

Onde, V corresponde ao Volume de escoamento pluvial (m³), P é a altura de precipitação (m), A é a área da bacia de estudo (m²) e C é o coeficiente de escoamento adimensional.

Adotou-se os Coeficientes de Escoamento (C) já estimados no PDDU municipal, e para as áreas que não constavam deste coeficiente, este foi calculado através da equação 2 a partir do CN (Número Curva da SCN) disponível no PDDU. O Período de Retorno para toda a série histórica diária foi calculado a partir da aplicação do Método de Kimbal.

$$C = 0,02083 \times CN - 1,147 \quad \text{equação (2)}$$

#### **Dimensionamento e localização do reservatório de armazenamento**

Foi investigada a definição dos locais mais adequados para a localização dos reservatórios levando-se em conta o uso e ocupação do solo no município, o sentido do fluxo no sistema de drenagem, sua distância em relação às áreas verdes para potencial aproveitamento, assim como as dimensões apropriadas para sua construção.

O dimensionamento dos reservatórios foi feito a fim de armazenar a água proveniente do sistema de drenagem.

Considerando a estocasticidade dos eventos hidrológicos, faz-se necessário o armazenamento das águas pluviais de forma a equilibrar o abastecimento em períodos chuvosos e de estiagem.

O volume dos reservatórios foi então calculado com base na demanda anual de água para a manutenção hídrica das áreas verdes, acrescido de um coeficiente de segurança de 5%. Na soma dos valores totais de demanda os resultados negativos não foram computados, pois correspondem a meses em que há excesso de água (precipitação superando a evapotranspiração).

#### **Avaliação do potencial de aproveitamento das águas pluviais de drenagem urbana em Vitória para manutenção de áreas verdes**

A avaliação do potencial de aproveitamento das águas pluviais de drenagem para manutenção das áreas verdes foi feita, principalmente, com base nos resultados obtidos a partir do cálculo das demandas potenciais de irrigação e do volume de águas pluviais no município.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Levantamento das áreas verdes potenciais para aproveitamento hídrico**

Ainda que completamente urbanizada, Vitória investiu na conquista de espaços ecológicos e de lazer, possuindo diversas áreas de manguezais, jardins, praças, e cerca de 15 parques, contabilizando aproximadamente 91 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, sendo hoje uma das capitais mais verdes do Brasil.

A manutenção dos jardins compreende os serviços de irrigação, limpeza, substituição de mudas, capina, entre outros, sendo os serviços programados de forma a atender às oito regiões administrativas da cidade. Segundo informações do site da prefeitura, a irrigação das plantas nas áreas públicas é feita com a utilização da água do Rio Camburi e das lagoas da Vale.

A seguir foram caracterizadas as áreas selecionadas para o estudo, representadas na figura 1 e descritas na tabela 1.

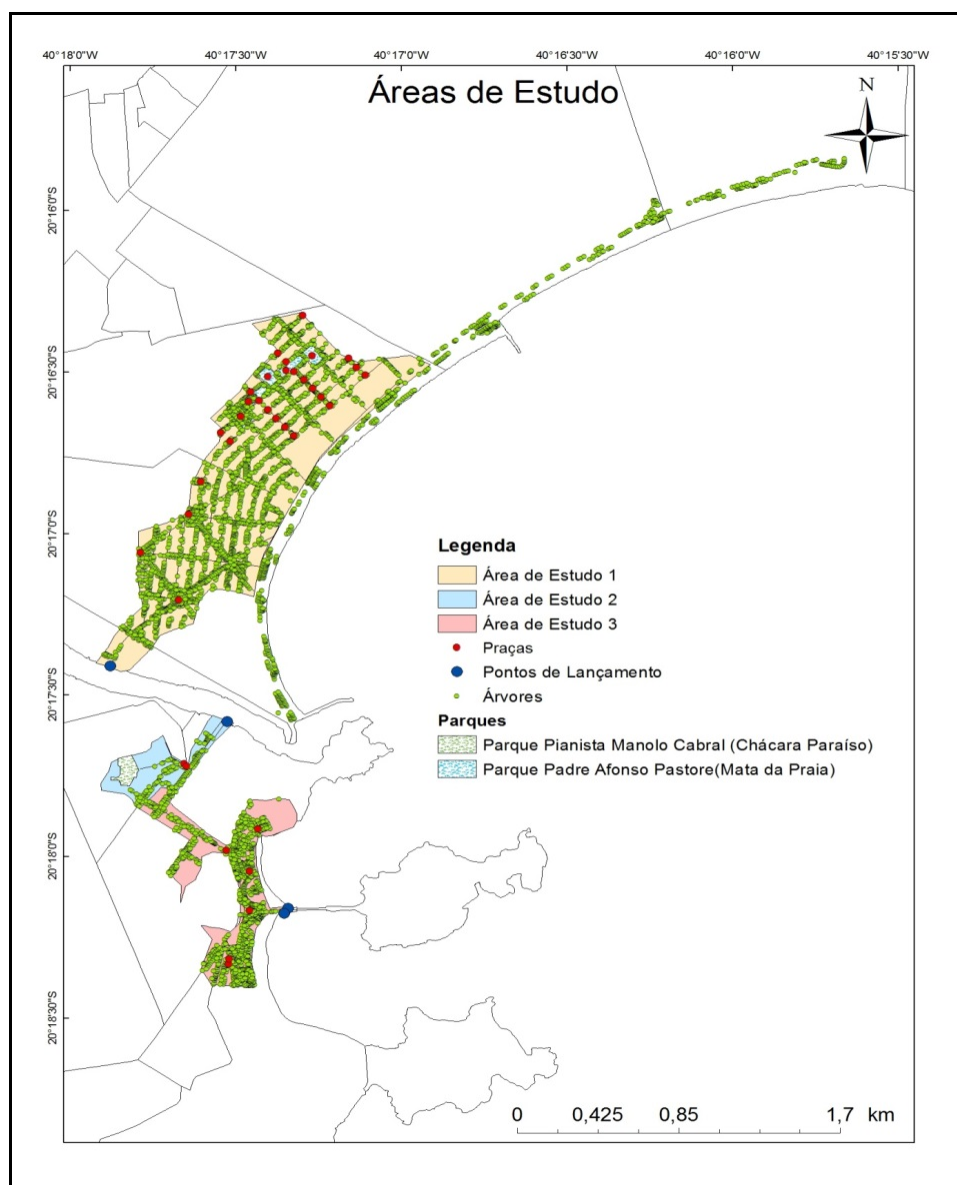


Figura 1 - Áreas de Estudo no município de Vitória - ES

Tabela 1 – Descrição das Áreas de Estudo

	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
<b>Descrição</b>	Parque Padre Afonso Pastore e Orla da praia de Camburi	Parque Pianista Manolo Cabral	Praça dos namorados, Praça da Ciência, Praça dos Desejos
<b>Área total sujeita à manutenção hídrica</b>	67.181,50 m <sup>2</sup>	15.000 m <sup>2</sup>	29.420 m <sup>2</sup>
<b>Principais características</b>	Vegetação arbórea remanescente de mata esclerófila, típica de solos de restinga, e exótica introduzida.	Possui cerca de cem mudas de árvores, entre elas palmeiras jervás, paus-ferro, cerejeiras, flamboyants e amoras roxas, dentre outras.	Possui 1.080 m <sup>2</sup> de grama esmeralda, além de 13.850 exemplares de plantas ornamentais, como alho social, capim do Texas, íris e periquito roxo gigante.
<b>Nome/área/ “C” da bacia de drenagem</b>	Carlos Orlando de Carvalho/1,1 km <sup>2</sup> /0,48	Ponte Ayrton Senna/0,13km <sup>2</sup> /0,83	Praça dos Namorados/0,29 km <sup>2</sup> /0,64

### Estimativa do volume de água para manutenção das áreas verdes

O volume de água necessário para manutenção das áreas verdes foi estimado pela diferença entre a evapotranspiração e a precipitação no local (Balanço Hídrico).

### Cálculo da evapotranspiração

A tabela 2, a seguir, apresenta a média mensal de temperatura calculada para a região a partir da série histórica de dados do INMET para o período de 1965 a 2013, totalizando 48 anos de dados.

**Tabela 2 - Dados médios de temperatura mensais e a temperatura média anual do município**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. Média	26,7	27,1	26,8	25,5	23,7	22,8	22,2	22,5	22,9	23,9	24,6	25,9

A média anual, também requerida para os cálculos, foi extraída a partir da análise dos dados da estação através do software Excel, chegando a um valor de temperatura média anual de cerca de 24,6 °C.

A evapotranspiração foi calculada a partir da aplicação das equações 3, 4 e 5, e está apresentada na tabela 3.

$$ETP = 16 \times \left( \frac{10 \times T_i}{I} \right)^a \quad \text{equação (3)}$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T_i}{5} \right)^{1,5} \quad \text{equação (4)}$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \quad \text{equação (5)}$$

**Tabela 3 - Valores utilizados e obtidos no cálculo da Evapotranspiração pelo método de Thornthwaite**

Mês	T <sub>i</sub> (°C)	I	a	ETP (mm/mês)
Janeiro	26,65	130,82	3,0275	137,93
Fevereiro	27,12	130,82	3,0275	145,40
Março	26,80	130,82	3,0275	140,25
Abril	25,53	130,82	3,0275	121,09
Maio	23,73	130,82	3,0275	97,12
Junho	22,78	130,82	3,0275	85,72
Julho	22,17	130,82	3,0275	78,98
Agosto	22,52	130,82	3,0275	82,81
Setembro	22,95	130,82	3,0275	87,69
Outubro	23,93	130,82	3,0275	99,60
Novembro	24,61	130,82	3,0275	108,39
Dezembro	25,86	130,82	3,0275	125,94

Onde, ETP é a evapotranspiração potencial (mm/mês); T<sub>i</sub> é a temperatura média mensal do mês i (°C); I é o índice de calor da região; a é o coeficiente, também relacionado à temperatura.

Os valores da evapotranspiração foram também estimados com a utilização do nomograma elaborada por Palmer & Havens e adaptado por Camargo, que substituiu o índice de calor pela temperatura média anual. Os valores obtidos encontram-se na tabela 4, e, na tabela 5, já com aplicação dos fatores de correção tabelados.



**Tabela 4 - Resultados encontrados com a utilização do nomograma**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
ETP	138	140	135	128	102	88	81	86	91	103	114	134

**Tabela 5 - Resultados obtidos com a utilização do nomograma e após correção**

Mês	ETP	Fator de correção	ETP Corrigida
Janeiro	138	1,14	157,32
Fevereiro	140	1	140
Março	135	1,05	141,75
Abril	128	0,97	124,16
Maio	102	0,96	97,92
Junho	88	0,91	80,08
Julho	81	0,95	76,95
Agosto	86	0,99	85,14
Setembro	91	1	91
Outubro	103	1,08	111,24
Novembro	114	1,09	124,26
Dezembro	134	1,15	154,1

Foram utilizados nos cálculos seguintes os valores de ETP obtidos método de Palmer & Havens adaptado por Camargo, por apresentar os valores mais críticos.

#### **Análise do regime pluviométrico da área de estudo**

A tabela 6 apresenta o resumo da análise estatística dos dados de alturas de chuva mensais obtidos das informações diárias do período compreendido entre 1925 e 2013, totalizando 90 anos de coleta de dados do INMET.

**Tabela 6 - Análises estatísticas dos dados pluviométricos no município de Vitória – ES no período de 1925 a 2013**

Mês	Desv. Padrão	Máxima	Mínima	Média
Janeiro	100,63	471,50	8,50	133,36
Fevereiro	63,14	320,40	0,20	82,99
Março	100,50	496,30	6,30	133,26
Abril	76,95	384,00	1,60	108,28
Maio	56,99	280,40	1,30	79,88
Junho	62,38	327,00	1,00	60,26
Julho	49,22	328,30	2,00	66,62
Agosto	44,03	238,40	3,30	52,88
Setembro	53,92	270,70	0,80	74,39
Outubro	83,74	406,40	10,50	124,30
Novembro	107,32	662,80	35,30	194,75
Dezembro	124,53	713,90	0,00	197,01
Total	295,44	2022,20	639,40	1307,98

Na série analisada, a precipitação anual média ao longo dos 90 anos foi de 1.307,98 mm, caracterizando uma região de pluviosidade média. O desvio padrão das precipitações anuais foi de 295,44 mm e os valores máximo e mínimo observados foram 2022,20 (1983) e 639,40 mm (1963) respectivamente. A figura 25 e a figura 26 apresentam os valores das precipitações anuais e os valores médios dos totais mensais equivalente a cada mês, respectivamente.

A Figura 2 apresenta a análise do histórico da pluviometria na região de estudo no período de 1925 a 2013.

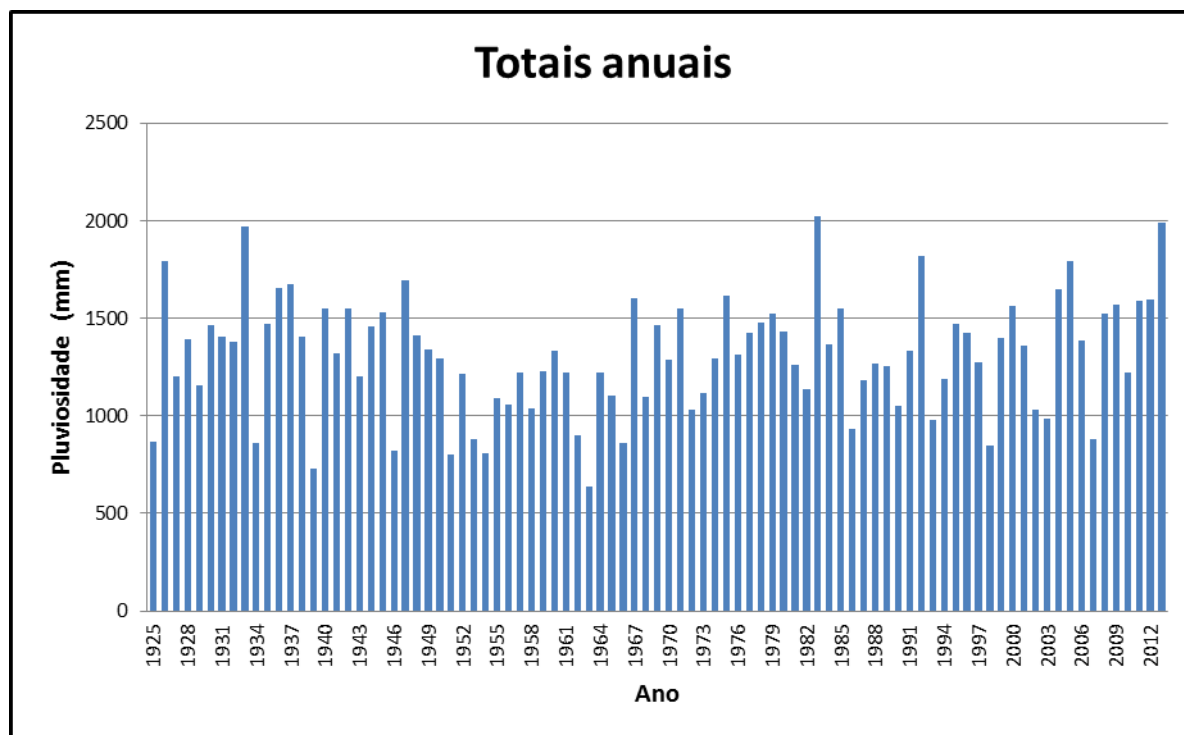


Figura 2 - Totais anuais precipitados no município de Vitória – ES no período de 1925 a 2013

Ao analisar as precipitações médias mensais e totais anuais da estação observou-se que o período de chuvas no município ocorre de outubro a março, com diminuição da média mensal no mês de fevereiro, que apresenta média próxima à do período seco, que compreende de abril a setembro.

### Cálculo do balanço hídrico

Os valores de demanda para irrigação foram estimados conforme a tabela 7 a baixo, onde, os valores negativos representam excedente hídrico, enquanto os valores positivos representam os valores requeridos para irrigação.



Tabela 7 - Cálculo da demanda para irrigação

Mês	ETP (mm)	Altura pluviométrica (mm)	Demanda para irrigação (mm)	Volume Área 1 (m³)	Volume Área 2 (m³)	Volume Área 3 (m³)
Jan	157,32	133,36	23,96	1609,67	359,40	704,90
Fev	140	82,99	57,01	3830,02	855,15	1677,23
Mar	141,75	133,26	8,49	570,37	127,35	249,78
Abr	124,16	108,28	15,88	1066,84	238,20	467,19
Mai	97,92	79,88	18,04	1211,95	270,60	530,74
Jun	80,08	60,26	19,82	1331,54	297,30	583,10
Jul	76,95	66,62	10,33	693,98	154,95	303,91
Ago	85,14	52,88	32,26	2167,28	483,90	949,09
Set	91	74,39	16,61	1115,88	249,15	488,67
Out	111,24	124,3	-13,06	-877,39	-195,90	-384,23
Nov	124,26	194,75	-70,49	-4735,62	-1057,35	-2073,82
Dez	154,1	197,01	-42,91	-2882,76	-643,65	-1262,41
Total	1383,92	1307,98	75,94	13597,54	3036,00	5954,61

A figura 3 representa o Balanço hídrico para a região, demonstrando um déficit hídrico durante a maior parte do ano, com ausência de demanda para irrigação somente nos meses de Outubro à Dezembro.

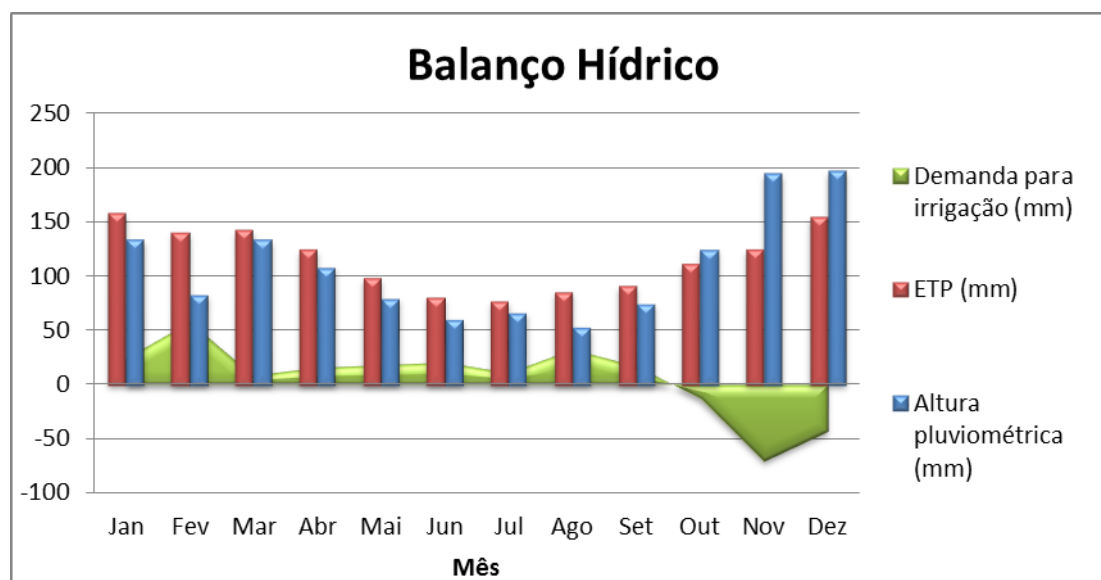


Figura 3 - Representação do Balanço Hídrico e Demanda de irrigação no município de Vitória – ES

A partir dos resultados obtidos, ao dividir o volume necessário para manutenção hídrica por suas respectivas áreas verdes, observa-se que seriam necessários cerca de 0,2 m³/m² de água para atender a demanda das áreas verdes no município.

#### Determinação do volume de água de drenagem

O volume das águas de drenagem foi calculado para cada Área de Estudo, caracterizadas na tabela 8, obtendo-se os resultados apresentados na tabela 9.

**Tabela 8 - Principais dados das áreas de estudo**

Local	Área (km <sup>2</sup> )	C
Área de Estudo 1	1,1	0,48
Área de Estudo 2	0,13	0,83
Área de Estudo 3	0,29	0,64

**Tabela 9 – Volumes médios de escoamento gerados nas áreas de estudo**

Mês	Volume de Água - Área de Estudo 1 (m <sup>3</sup> )	Volume de Água - Área de Estudo 2 (m <sup>3</sup> )	Volume de Água - Área de Estudo 3 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	57062,21	11661,01	20058,23
Fevereiro	39240,80	8198,74	13870,59
Março	50993,67	10420,19	17923,89
Abril	53010,47	11265,63	18819,07
Maio	32928,80	6817,82	11612,72
Junho	30581,53	6249,52	10749,87
Julho	30764,80	6286,97	10814,29
Agosto	26193,39	5352,78	9207,37
Setembro	32558,57	6851,68	11529,60
Outubro	49328,04	10080,48	17339,55
Novembro	77036,17	16663,68	27473,36
Dezembro	86311,05	18037,66	30510,55
<b>TOTAL</b>	<b>566009,52</b>	<b>117886,16</b>	<b>199909,10</b>

#### Dimensionamento e locação dos reservatórios de armazenamento

Os resultados de avaliação do volume de escoamento e da demanda de manutenção das áreas verdes em estudo mostraram que há disponibilidade de volume de águas pluviais escoadas pelo sistema de drenagem muito superior à demanda necessária.

A tabela 10 apresenta os volumes obtidos, que garantiriam o armazenamento de água suficiente para a irrigação das áreas durante os períodos de estiagem.

**Tabela 10 - Volumes requeridos para o dimensionamento dos reservatórios**

	Área de Estudo 1	Área de Estudo 2	Área de Estudo 3
Volume necessário (m <sup>3</sup> )	13597,5	3036	5954,61
Coefficiente de segurança	5%	5%	5%
Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )	14277	3188	6252

#### Localização e configuração dos reservatórios

- Área 1 - Parque Padre Afonso Pastore e Orla da praia de Camburi

As áreas sugeridas para implantação dos reservatórios são a rotatória no encontro das Avenidas Carlos Orlando Carvalho e Luiz Manoel Vellozo (Reservatório 1) e a Praça Philogomiro Lannes (Reservatório 2), em Jardim da Penha (figura 4). A Praça Philogomiro Lannes possui área aproximada de 4.680 m<sup>2</sup>, onde é proposto um reservatório cilíndrico com 70 m de diâmetro e 3,50 m de profundidade, resultando em uma capacidade de retenção de até 13.469 m<sup>3</sup>. Já na rotatória, que possui cerca de 510 m<sup>2</sup>, é proposto um reservatório de 25 m de diâmetro e 3,00 m de profundidade, com capacidade de 1.472 m<sup>3</sup>, totalizando assim uma reserva de até 14.941 m<sup>3</sup> na bacia.



Figura 4 – Áreas para implantação dos reservatórios (Área 1)

- Área 2 – Parque Pianista Manolo Cabral

As áreas sugeridas para implantação dos reservatórios são o entorno do Parque Pianista Manolo Cabral (figura 5), na Praia do Canto. Os locais 1, 2 e 3 possuem áreas aproximadas de 120, 290 e 630 m<sup>2</sup>, respectivamente, sendo proposto para os reservatórios 1 e 2 uma profundidade de 3 m e para o reservatório 3 cerca de 3,5 m, resultando em uma capacidade total de retenção de até 3.435 m<sup>3</sup>.



Figura 5 – Áreas para implantação dos reservatórios (Área 2)

- Área 3 – Jardins e Praça dos namorados

As áreas sugeridas para implantação dos reservatórios são algumas das quadras construídas nas praças, como mostra a figura 6, na Enseada do Suá. Com áreas aproximadas de 240, 1.560 e 1.460 m<sup>2</sup>, respectivamente. É proposto que os reservatórios possuam 2 m de profundidade, resultando em uma capacidade de retenção de até 6.520 m<sup>3</sup>.

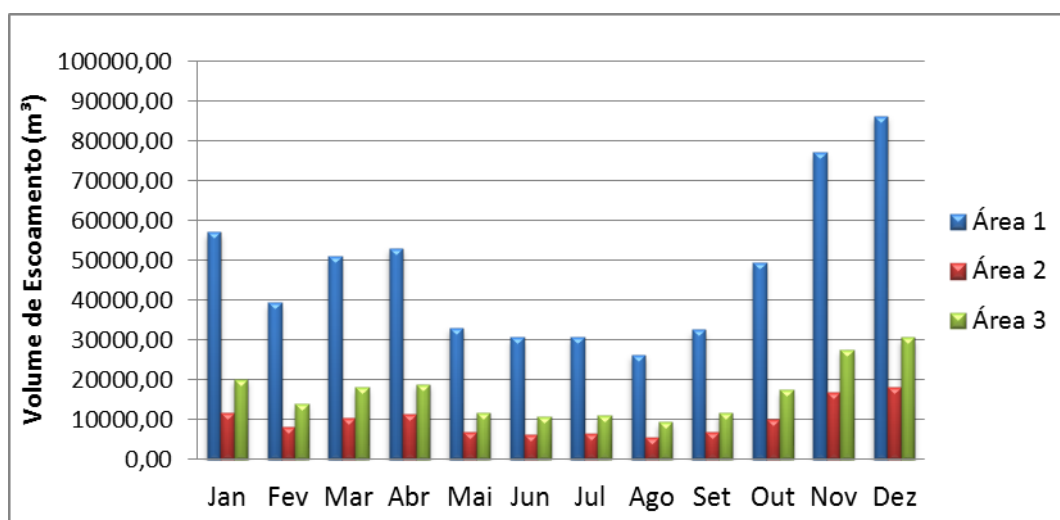


**Figura 6 - Áreas para implantação dos reservatórios (Área 3)**

#### **Avaliação do potencial de aproveitamento das águas pluviais de drenagem urbana em vitória para manutenção de áreas verdes**

O volume de deflúvio superficial gerado em áreas urbanas, particularmente com os modelos atuais de pavimentação que caracterizam a ocupação urbana e que elevam demasiadamente o coeficiente de runoff, é de uma magnitude que não pode continuar a ser desprezada como fonte viável de aproveitamento. São grandes os volumes escoados pelo sistema de drenagem, que são diretamente direcionados para o mar ou canais que levem até este.

A figura 7 retrata os volumes gerados nas áreas que foram objeto de estudo neste trabalho, e que são apenas pequenas frações da extensão do território urbano. Uma compensação ao aumento da impermeabilização das áreas urbanas consistiria na instituição regulamentada pelo Poder Público do aproveitamento das águas de drenagem na manutenção das infraestruturas urbanas às quais se aplica, respaldado pelas restrições qualitativas de cada uso.



**Figura 7 - Volumes de escoamento totais mensais gerados nas áreas de estudo**

No caso do estudo das áreas verdes empreendido na presente investigação, os dados provaram, segundo o ponto de vista hidrológico, que é viável o uso das águas pluviais do sistema de drenagem, pois há disponibilidade quantitativa para o atendimento da manutenção, e esta representa apenas uma pequena fração

do volume gerado nas bacias estudadas, sem levar em conta o volume total de escoamento gerado a partir da superfície territorial do município.

Em todas as áreas estudadas os volumes escoados seriam suficientes para atender a demanda de manutenção hídrica das áreas verdes, a qual representa menos de 2% do total de escoamento gerado, podendo este ser empregado em outros usos como lavagem de vias e reserva para combate a incêndios. Embora não seja um dos usos prioritários dos recursos hídricos, a irrigação de parques e jardins possibilita a harmonização paisagística, a qual confere qualidade de vida à população.

Paralelamente aos grandes volumes de escoamentos pluviais gerados em áreas urbanas está a crescente demanda hídrica populacional que configura um cenário preocupante de escassez de água. Neste cenário em que deve ser priorizado o abastecimento humano e a dessedentação de animais, a proposição de se utilizar as águas do sistema de drenagem para a manutenção hídrica das áreas verdes pressupõe a não utilização de água de melhor qualidade para este fim, reservando-a para os usos mais restritivos. Tal proposição torna-se uma decisão de gestão consciente na racionalização do uso dos recursos hídricos, com um olhar institucional voltado para o aproveitamento dos grandes volumes de água que vem sendo perdido sem qualquer proveito. Os maiores entraves a este aproveitamento encontram-se nos custos envolvidos na construção de reservatórios e na necessidade de tratamento prévio desta água devido à contaminação pelo lançamento clandestino de esgoto ao longo da rede de drenagem. Entretanto, a urgência do aproveitamento hídrico alternativo em frente à escassez enfrentada é de relevante consideração.

Contudo a viabilização do aproveitamento das águas pluviais urbanas do sistema de drenagem requer estruturas específicas auxiliares para tratamento e adequação aos critérios de segurança do uso, as quais podem combinar caixas de areia, grades, decantadores e estruturas de retenção de óleos e graxas. Tais medidas contribuem para a melhoria da qualidade da água no reservatório, propiciando o seu uso para fins não potáveis.

Embora a qualidade da água no sistema de drenagem mostre-se inferior ao necessário para sua aplicação mesmo que em usos não potáveis como a irrigação, a proposição de melhorias na rede, a fiscalização quanto ao lançamento clandestino de esgoto no sistema, realização de investimentos na educação ambiental da população quanto à disposição inadequada de resíduos sólidos, e, de forma mais específica, o aprimoramento de processos de tratamento da água armazenada e manutenção e operação dos reservatórios, poderia tornar esta aplicação não somente viável como também rentável sob vários aspectos.

Justifica-se a intensificação de estudos e investimentos para o aproveitamento destes grandes volumes de água que vêm sendo desperdiçado, seja pelo lançamento direto ao mar ou outro corpo receptor, ou pela contaminação por esgotos domésticos lançados ao longo da rede de drenagem.

## CONCLUSÕES

O município de Vitória – ES, segundo o levantamento realizado neste estudo, apresenta um grande número de áreas verdes às quais é aplicável a manutenção hídrica a partir de volumes de água provenientes do escoamento superficial contribuintes ao sistema de drenagem.

A estimativa das demandas para manutenção hídrica de áreas verdes nas bacias de estudo mostrou que o volume necessário à esta manutenção nas 3 áreas alcançou 13.598 m<sup>3</sup>, 3.036 m<sup>3</sup> e 5.955 m<sup>3</sup> respectivamente para A1, A2 e A3. A demanda anual para a manutenção hídrica das áreas verdes é de aproximadamente 0,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de água.

O volume de escoamento gerado nas áreas de estudo demonstra o grande quantitativo de água que não tem sido aproveitado como fonte hídrica para fins não potáveis, com totais anuais de 566.009 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 1, 117.886 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 2 e 199.909 m<sup>3</sup> na Área de Estudo 3. A comparação destes volumes frente às demandas de irrigação estudadas evidencia a necessidade de proposição de outros usos para o volume de deflúvio, uma vez que os volumes necessários para manutenção das áreas verdes nos locais de estudo correspondem a menos de 2% do escoamento gerado.

A construção de reservatórios constitui o principal entrave para implantação do projeto, devido aos altos custos referentes à construção de estruturas subterrâneas, e a inviabilidade da implantação de reservatórios



abertos, uma vez que não existem grandes áreas disponíveis no município. Os altos custos, no entanto, se justificam pelos benefícios do aproveitamento das águas pluviais e, até mesmo, pela diminuição de alagamentos através da atenuação de vazões de pico.

Foi proposta a construção de dois reservatórios na Área de Estudo 1, na rotatória no encontro das Avenidas Carlos Orlando Carvalho e Luiz Manoel Vellozo e na Praça Philogomiro Lannes (Reservatório 2), em Jardim da Penha, totalizando uma reserva de até 14.941 m<sup>3</sup> na bacia. Na Área de Estudo 2 foram propostos 3 reservatórios no entorno do Parque Pianista Manoel Cabral, na Praia do Canto, resultando em uma capacidade total de retenção de até 3.435 m<sup>3</sup>. Na Área de Estudo 3 foi proposta a construção de três reservatórios em alguma das quadras construídas nas praças, com uma capacidade de retenção de até 6.520 m<sup>3</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/> >. Acesso em: 3 mar. 2014.
2. AMBIENTE, M. D. M. Política de águas e Educação Ambiental: processos dialógicos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos: MMA 2011.
3. BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. Belo Horizonte:ABRH, 2011. 318 p. ISBN 8588686155.
4. ESPÍRITO SANTO EM FOCO. Vitória: uma das cidades mais verdes do Brasil. Vitória, 2010. Disponível em: < [http://nu.vitoria-es-brasil.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=347&Itemid=615](http://nu.vitoria-es-brasil.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=347&Itemid=615) >. Acesso em: 20 de set. de 2015.
5. HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação. (Programa de pós-graduação em engenharia civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009. 141 p.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades. 2014. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=320530&search=espírito-santo> >. Acesso em: 22 out. 2014.
8. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, BDMEP. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 22 out. 2014.
9. OLIVEIRA, F. T. A. Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa (Portugal), 2008. 110 p.
10. TUCCI, C. E. M.. Água no meio urbano. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Água Doce, 1997. cap. 14, 40 p.
11. VITÓRIA. Plano Diretor de Drenagem Urbana - PDDU. Vitória, 2012. Disponível em: < <http://www.pddu.capixabao.com/pg/10997/entenda-o-pddu/> >. Acesso em: 17 set. 2014.
12. VITÓRIA. História de Vitória. Vitória, 2014. Disponível em: < [http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/historia-de-vitoria#a\\_historiadevitoria](http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/historia-de-vitoria#a_historiadevitoria) >. Acesso em: 17 set. 2014.
13. VITÓRIA. Parques. 2014. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/parques>>. Acesso em: 20 set. 2014.
14. VITÓRIA. Plantio e poda de árvores podem ser solicitados pelo Fala Vitória 156. 2014. Disponível em: < <http://www.vitoria.es.gov.br/cidadao/plantio-e-poda-de-arvores-podem-ser-solicitados-pelo-fala-vitoria-156> >. Acesso em: 20 set. 2014