

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES
MULTIFAMILIARES POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA DE
VIAS PÚBLICAS**

NATÁLIA MATTOS DA SILVA

Florianópolis, Novembro de 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES
MULTIFAMILIARES POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA DE
VIAS PÚBLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Federal de Santa Catarina como
parte dos requisitos para a obtenção do título
de Engenheira Civil.

Orientador: Enedir Ghisi, PhD

NATÁLIA MATTOS DA SILVA

Florianópolis, Novembro de 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Natália Mattos da
Potencial de economia de água potável em edificações
multifamiliares por meio do uso de água de chuva captada
de vias públicas / Natália Mattos da Silva ; orientador,
Enedir Ghisi - Florianópolis, SC, 2016.
83 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

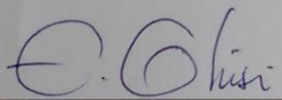
1. Engenharia Civil. 2. Aproveitamento de água de
chuva. 3. Netuno. 4. Captação de água de chuva em vias
públicas. 5. Uso racional da água. I. Ghisi, Enedir . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

**POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES
MULTIFAMILIARES POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA CAPTADA DE
VIAS PÚBLICAS**

NATÁLIA MATTOS DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado como
parte dos requisitos para obtenção do título de
ENGENHEIRA CIVIL

Banca Examinadora:



A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature appears to be 'E. Ghisi' with a horizontal line underneath it.

Prof. EneDir Ghisi, PhD
Orientador

Prof. Fernando Pelisser, Dr

Eng^a . Andréa Teston, Doutoranda do PPGEC

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcia B. Mattos da Silva e Valmir da Silva, pelo apoio incondicional, paciência e suporte necessário para que eu conseguisse buscar meus objetivos.

À minha irmã, Flávia B. Mattos da Silva, pelo companheirismo, amor e exemplo de que é possível superar qualquer desafio com dedicação.

Ao meu cunhado, Diego David Baptista, pelo apoio e incentivo ao meu crescimento e aprendizado.

Às minhas madrinhas, Maria Natividade Cordeiro e Judite Valda Cordeiro, e avó, Vera Regina Cordeiro, pelo suporte e incentivo à minha formação acadêmica.

Ao Professor, Eneir Ghisi, pela orientação, paciência e atenção ao longo de todo o período deste trabalho.

À Zuleica Beatriz Mankowski, Técnica em Informações Geográficas e Estatísticas do IBGE, pelo apoio e rapidez na busca de dados importantes para este trabalho.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite.

Aos meus amigos e colegas de estágio, pela amizade e compreensão ao longo de todo o período de estudo dentro e fora da faculdade.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para que eu chegasse até aqui com o sentimento de missão cumprida.

RESUMO

O crescente desequilíbrio entre demanda e oferta de água no país tem preocupado as novas gerações pela real possibilidade de se enfrentar problemas de escassez de recursos hídricos nos próximos anos. A garantia de que não irá faltar água para a população e de que se diminua a ocorrência de desastres devido a enchentes está atrelada à política de gestão dos recursos hídricos. Para melhor controle dessa gestão é preciso a conscientização da sociedade e a aplicação de medidas sustentáveis, sendo que uma das medidas sustentáveis no setor hídrico é o aproveitamento de água de chuva para uso em edificações. Este trabalho tem como objetivo estimar o potencial de economia de água potável em edificações multifamiliares por meio do uso de água de chuva captada de vias públicas. Foi realizado um estudo de caso, utilizando edificações e áreas de captação de vias urbanas reais de uma região central da cidade de Florianópolis. Para este estudo foi utilizado o programa Netuno 4, no qual foram simulados potenciais de economia de água potável considerando o uso da água de chuva para fins não potáveis em aparelhos como vasos sanitários, tanques, máquina de lavar roupas e limpeza geral. Foram simulados três cenários de consumo de água da população de estudo, 120l/hab.dia, 160l/hab.dia e 200l/hab.dia, tendo como variáveis os percentuais de substituição de água potável por água de chuva e diferentes áreas de captação. Na região de estudo, que possui uma área de vias pavimentadas aproximadamente igual a 9.058 m², para um volume de reservatório de 1.000.000 litros, foram obtidos potenciais de economia de água potável variando de 16,91% a 19,26%; 19,97% a 27,40% e 21,06% a 33,39%, ao considerar percentuais de substituição de água potável por água de chuva de 20%, 30% e 40%. Os maiores percentuais de economia foram encontrados para o consumo de 120l/hab.dia e os menores para um consumo de 200l/hab.dia. Com os resultados obtidos, percebe-se a importância da economia e uso racional da água, e que a captação de água de chuva em vias públicas pode ser uma alternativa para a economia de água potável em edificações, além de contribuir para a existência de uma drenagem urbana sustentável.

Palavras-chave: água de chuva; edificações multifamiliares; uso racional da água; aproveitamento de água de chuva; captação de água de chuva em vias públicas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama esquemático do fluxo da água de chuva no sistema convencional de drenagem urbana	17
Figura 2 - Detalhe de uma sarjeta triangular encontrada nas vias públicas	17
Figura 3 - Boca coletora simples ou latera	17
Figura 4 - Boca coletora com grade	18
Figura 5 - Corte de um poço de visita	18
Figura 6 - Extensão das ruas com vegetação para capturar água de chuva	20
Figura 7 - Diagrama esquemático com percentuais de consumo de água entre os setores da sociedade	22
Figura 8 - Ponto azul destacando a região central da ilha de Florianópolis	40
Figura 9 - Setor censitário código: 420540705000027	41
Figura 10 - Setor censitário código: 420540705000027	42
Figura 12 - interface do programa Netuno 4.....	47
Figura 13 - Valores de precipitação anual acumulada para o período de 2000 a 2015	50
Figura 14 - Valores de precipitação mensal acumulada para o período de Janeiro a Dezembro de 2015.....	50
Figura 15 - área de captação	51
Figura 16 – Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 24 para as simulações 1 a 9	58
Figura 17 - Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 25 para as simulações 10 a 18	59
Figura 18- Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 26 para as simulações 19 a 27	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda de água dos setores residencial, comercial e público.....	23
Tabela 2 - Valores do consumo médio per capita de água no Brasil segundo região geográfica e estados em 2014.	24
Tabela 3 - Consumo de água potável em dez edifícios do setor público de Florianópolis.....	25
Tabela 4 - Volumes de água potável (em 1.000 m ³) distribuídos por setor nos anos de 2010 a 2015	27
Tabela 5 - Uso final de água potável para consumo doméstico na América do Norte.	28
Tabela 6 - Uso final de água potável para consumo doméstico em São Paulo	29
Tabela 7 - Percentuais de consumo diário de água potável para cada uso nos blocos Baía Norte, Baía Sul e Ilha dos guarás	31
Tabela 8 - Consumo médio diário per capita para cada bloco	31
Tabela 9 - Usos finais de água potável em atividades que não necessitam de água potável em três setores.	32
Tabela 10 - Coeficiente de escoamento superficial de área impermeável	33
Tabela 11 - Qualidade da água de chuva em diferentes cidades no Brasil.....	35
Tabela 12 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para uso não potável de acordo com as recomendações da NBR 15527 (ABNT 2007).	36
Tabela 13- Áreas de captação de água de chuva	52
Tabela 14 - Evolução populacional do município de Florianópolis 2010-2016.....	53
Tabela 15 - Estimativa de evolução populacional de moradores no setor censitário em estudo	53
Tabela 16 - Consumo per capita coletado da literatura	54
Tabela 17 - Estimativa de consumo de água para o setor residencial	54
Tabela 18 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Barreto (2008).....	54
Tabela 19 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Dalsenter (2016)	55
Tabela 20 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Proença et al. (2011)	55

Tabela 21 - Tabela resumo de percentuais de substituição de água encontrados na literatura.	55
Tabela 22 - Percentuais de substituição de água potável por água de chuva a serem usados nas simulações	56
Tabela 23 - Dados de entrada utilizados no programa Netuno	57
Tabela 24 – Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 120l/hab.dia.....	58
Tabela 25 - Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 160l/hab.dia.....	59
Tabela 26 - Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 200l/hab.dia.....	60
Tabela 27 - Potenciais de economia simulados para volume de reservatório de 1.000.000 litros.....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Estrutura do trabalho	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Drenagem urbana	16
2.2 Drenagem urbana sustentável	19
2.3 Aproveitamento de água de chuva	20
2.4 Consumo de água em edificações	21
2.5 Consumo de água no setor residencial	27
2.6 Coeficiente de escoamento superficial	32
2.7 Qualidade das águas de chuva	34
2.8 Tratamento das águas de chuva	36
3. MÉTODO	40
3.1 Considerações iniciais	40
3.2 Área de estudo	40
3.2.1 Objeto de estudo	42
3.3 Levantamento de dados	42
3.3.1 Dados de séries pluviométricas	42
3.3.2 Dados da área de captação	43
3.3.3 Dados sobre número de moradores	43
3.3.4 Dados de consumo de água	44
3.3.5 Dados de percentuais de substituição de água potável por água de chuva	

3.3.6	Coeficiente de escoamento superficial.....	45
3.4	Cenários de estudo.....	45
3.5	Determinação do potencial de economia de água potável e volume do reservatório.....	46
4.	RESULTADOS	49
4.1	Considerações iniciais.....	49
4.2	Levantamento de dados.....	49
4.2.1	Séries pluviométricas.....	49
4.2.2	Área de captação.....	51
4.2.3	Número de moradores.....	52
4.2.4	Estimativa de consumo de água.....	53
4.2.5	Percentuais de substituição de água potável por água de chuva.....	54
4.3	Cenários de estudo.....	56
4.4	Determinação do potencial de economia de água potável e volume do reservatório.....	56
5.	CONCLUSÃO	64
5.1	Considerações finais do trabalho.....	64
5.2	Limitações e dificuldades do estudo.....	66
5.3	Sugestões para trabalhos futuros.....	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	74
	APÊNDICE A	75
	APÊNDICE B	78
	APÊNDICE C	81

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Cerca de 70% da superfície do planeta terra é banhada por água, sendo ela encontrada nos estados líquido (oceanos, rios, lagos, aquíferos), sólido (geleiras e neve) e gasoso (umidade do ar); entretanto, isso não quer dizer que a água seja um recurso inesgotável. No mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce corresponde somente aos 2,5% restantes, sendo que 68,9% da água doce está congelada em calotas polares do Ártico, Antártica e nas regiões montanhosas, 29,9% está compreendida nas águas subterrâneas, e somente 0,266% encontra-se nos lagos, rios e reservatórios. O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera em forma de vapor (TOMAZ, 2010).

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas (2015):

[...] O progresso em cada uma das três dimensões do desenvolvimento sustentável – social, econômico e ambiental - está vinculada aos limites impostos pela finitude e frequente vulnerabilidade dos recursos hídricos e da maneira com que esses recursos têm sido administrados para promover a prestação de serviços e bens comuns a humanidade [...]. Até 2050 a demanda de água global está prevista para aumentar em até 55% devido à crescente demanda. (UNESCO, 2015, tradução do autor).

Com o crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades, é notável o aumento da demanda de água para consumo, saneamento, irrigação, energia e urbanização, sendo que a oferta de água permanece a mesma. Sendo assim, onde em um lado existe a problemática de desequilíbrio entre oferta e demanda, em outro encontra-se a problemática das enchentes, na qual grandes volumes de água são acumulados e não aproveitados de maneira sustentável.

É importante destacar a mesma água que gera alagamentos, é a mesma água que pode ser utilizada para reduzir a demanda de água potável pela população. O estudo de planos que tenham como propósito a questão da segurança hídrica e a

preocupação com a garantia da oferta de água para o abastecimento humano e atividades produtivas é essencial na atualidade e pode ser mais simples do que se imagina.

Carvalho e Silva (2016) analisaram o efeito das elevadas precipitações ocorridas no município de Barreiras, na Bahia, e mostraram que um grande volume de chuvas ocasiona prejuízos em todos os setores: comercial, público e industrial. Ruas inteiras são destruídas em enchentes, afetando a prestação de serviços à população, bem como abastecimento de água potável e coleta de resíduos sólidos. Além disso, os alagamentos ainda são responsáveis pela proliferação de doenças, perdas humanas e materiais, e requerem anos para recuperação da região atingida.

Segundo Almeida e Costa (2014), a drenagem urbana de água de chuva tem impacto direto nas questões ambientais e na saúde pública. Em seus estudos em três bairros no município de Santana, no Amapá, a realidade do serviço de saneamento e drenagem de águas urbanas, como em grande parte das cidades brasileiras, mostrou-se deficiente e com grande potencial para disseminação de doenças de veiculação hídrica. A leptospirose, dengue, diarreias, hepatite A, e toxoplasmose são exemplos das doenças mais comuns, e se não forem adotadas medidas que promovam a melhoria ou implantação de sistemas de drenagem urbana, o combate a essas doenças torna-se muito difícil.

Conforme dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2012), a região do país onde alagamentos são mais constantes é a região Sul, seguida da região Sudeste e Nordeste. De acordo com o mesmo documento, na região Sul esses desastres são mais frequentes no verão, no mês de janeiro, porém com ocorrências bem distribuídas ao longo do ano, destacando-se um maior número de setembro a maio.

A água de chuva pode ser utilizada tanto para fins potáveis (após ser tratada adequadamente), quanto para fins não potáveis (descarga em vasos sanitários, mictórios, limpeza doméstica, lavagem de veículos e uso em torneiras de jardins).

Segundo Jabur, Benetti e Siliprandi (2011), a água de chuva pode substituir a água considerada potável em diversos usos, como por exemplo a lavagem de calçadas, rega de jardins e descarga em vasos sanitários. Utilizando as águas de chuva para estes fins, permite-se economia de água potável e garante-se que a água tratada seja apenas utilizada para consumo humano e outras atividades as quais o tratamento é fundamental a fim de evitar doenças.

Segundo Lee et al. (2000), as técnicas para coleta de água de chuva podem ser classificadas em três categorias: coleta em superfícies de telhados, coleta por meio de superfícies no solo e coleta por meio de barragens, sendo o sistema de coleta de água de chuva em superfícies de telhado considerado o mais simples.

É muito comum encontrar pesquisas sobre o uso de água de chuva proveniente da captação de água de áreas de cobertura em edificações. Neste trabalho, entretanto, pretende-se contribuir para o estudo do potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva proveniente da captação de água em superfícies do solo, mais precisamente em vias públicas urbanas.

Com a captação e posterior aproveitamento das águas circulantes em vias urbanas, pode-se criar sistemas preventivos de inundações e sistemas com potencial de substituição de água potável em edificações, indo, portanto, de encontro com as políticas nacionais de segurança hídrica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar o potencial de economia de água potável em edificações residenciais multifamiliares, através do dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva que capte a água proveniente do escoamento em vias públicas. Será feito estudo de caso em uma região localizada na área central de Florianópolis, utilizando dados populacionais, áreas de ruas, e edificações reais.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para obter o resultado pretendido, esse trabalho tem como propósito atingir os seguintes objetivos específicos:

- Estimar o potencial de economia de água potável para diferentes volumes de reservatórios de armazenamento de água de chuva;
- Determinar volume e localização do reservatório que teria que ser utilizado nesse estudo, e seu tamanho ideal para armazenamento da água de chuva captada das vias públicas.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por cinco capítulos.

No capítulo 1 é apresentada uma breve introdução sobre o tema de aproveitamento de água de chuva como uma alternativa a diminuição do consumo de água potável e prevenção de alagamentos em vias urbanas. Em seguida são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

No capítulo 2 tem-se a apresentação da revisão bibliográfica para melhor compreensão do tema de estudo deste trabalho. São abordados assuntos referentes à drenagem urbana, drenagem urbana sustentável, aproveitamento de água de chuva, consumo de água em edificações, e também são abordados temas referentes à qualidade e tratamento das águas de chuva.

No capítulo 3 é apresentado o método adotado. Apresenta-se a área e o setor de estudo, e é definido como será realizado o levantamento dos dados necessários para as análises. Sendo os mesmos referentes a dados de séries pluviométricas, área de captação, população, como será realizada a estimativa de demanda de água potável, os percentuais de substituição de água potável por água de chuva, bem como coeficientes de escoamento superficial adotados. Os cenários de estudo são abordados neste capítulo, e também é apresentado como será realizada a

determinação do potencial de economia de água potável por meio do uso de programa computacional. Por fim, explica-se como será realizada a escolha do volume ideal de reservatório.

No capítulo 4 são mostrados os resultados obtidos no estudo de caso. Esse capítulo segue a mesma estrutura do capítulo anterior ao abordar os mesmos itens, porém com maior detalhamento. Ao considerar variados cenários de estudo, serão apresentadas simulações de estimativa de economia de água potável em edificações. Cada simulação apresentará um potencial de economia diferente, sendo os mesmos devidamente analisados neste capítulo. Feitas as simulações será realizada a sugestão de volume de reservatório a ser utilizado.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e considerações finais do trabalho, bem como as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Drenagem urbana

De acordo com Almeida e Costa (2014), no Brasil, a maioria das cidades sofre com problemas de alagamentos decorrentes da ocupação desordenada das áreas de escoamento natural das águas de chuva, e da falta de um sistema efetivo de drenagem urbana. Entre as principais causas de enchentes serem recorrentes nas cidades brasileiras estão as impermeabilizações intensivas do solo e a ocupação inadequada do leito maior e das várzeas dos cursos d'água (áreas naturais de inundação), fenômenos que decorrem da ausência de planejamento urbano das cidades (PROSAB, 2006).

Segundo dados do IBGE coletados no ano 2000, os sistemas de drenagem das cidades brasileiras são em sua grande maioria do tipo combinado, ou seja, recebem contribuição de esgoto cloacal domiciliar além das águas de chuva, o que agrega aos alagamentos uma complicação adicional: a questão de saúde pública. Com o extravasamento do sistema por falta de capacidade ou obstrução, a água acumulada apresenta grande quantidade de organismos patogênicos, que em contato com o indivíduo podem provocar doenças, como cólera, entre outras.

Em grande parte do Estado de Santa Catarina, a concessão de uso dos recursos hídricos pertence à empresa CASAN, Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, responsável pelo abastecimento urbano. Segundo informações da própria Companhia, todos os Sistemas de Esgotamentos Sanitários são completos, com coleta e tratamento, e funcionam independentes das redes pluviais. Porém, na prática, muitas vezes o esgoto é despejado diretamente na rede pluvial ou por falta de conhecimento da população, ou por meio de ligações clandestinas, comprometendo a saúde pública quando em casos de enchentes.

Mamede e Santos (2013) explicam que o sistema de drenagem convencional é composto por dois sistemas distintos, o sistema de microdrenagem e o sistema de macrodrenagem. No sistema convencional, apresentado de forma esquemática na Figura 1, a água de chuva escoam pelas sarjetas das ruas (Figura 2), desembocam nas

bocas de lobo (Figuras 3 e 4) é levada as galerias pluviais e por fim retorna ao meio ambiente ao desembocar em mares, rios, lagos ou lagoas. As galerias são construídas apenas nos casos de grandes volumes de escoamento, os quais venham a prejudicar o tráfego de veículos e pedestres, ou inundar as regiões próximas. Os poços de visita são câmaras visitáveis (Figura 5), existentes no nível da rua. São abertos para execução de trabalhos de manutenção dos trechos interligados.

Figura 1 - Diagrama esquemático do fluxo da água de chuva no sistema convencional de drenagem urbana

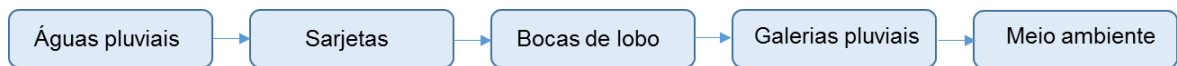
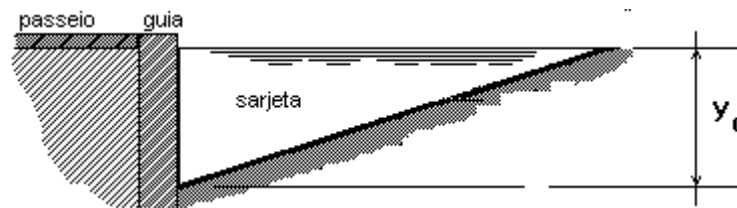
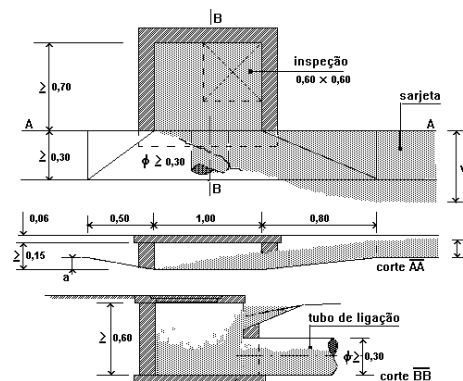


Figura 2 - Detalhe de uma sarjeta triangular encontrada nas vias públicas



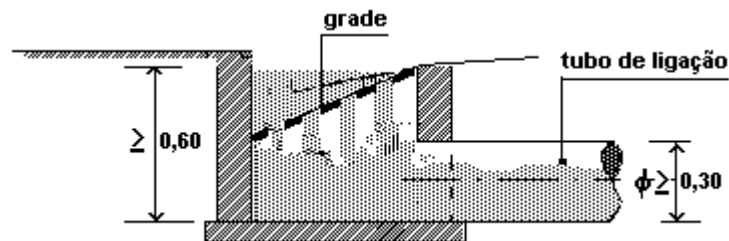
Fonte: Fernandes (2002)

Figura 3 - Boca coletora simples ou latera



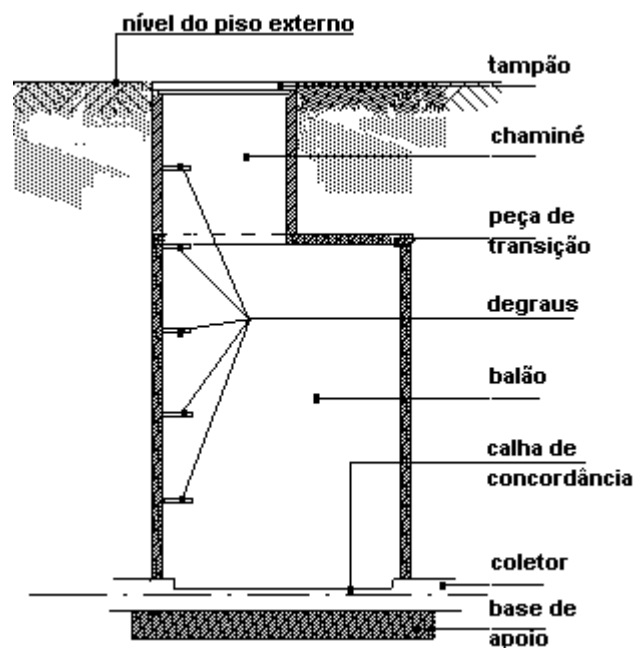
Fonte: Fernandes (2002)

Figura 4 - Boca coletora com grade



Fonte: Fernandes (2002)

Figura 5 - Corte de um poço de visita



Fonte: Fernandes (2002)

Período ou tempo de retorno se refere ao risco ao qual o sistema é projetado. Por exemplo, se o sistema é projetado para um período de retorno de 100 anos, significa que as vazões utilizadas para o dimensionamento podem ser superadas, em média, a cada 100 anos. Comumente, o sistema de microdrenagem é dimensionado para o escoamento de água de chuva cuja ocorrência tem um período de retorno de até 10 anos. Quando bem projetado, elimina praticamente os alagamentos na área urbana. O sistema de macrodrenagem é constituído por estruturas de maiores dimensões, projetado para cheias cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos.

2.2 Drenagem urbana sustentável

O manejo sustentável da água de chuva contempla três objetivos: quantidade de água, qualidade da água e preservação do meio ambiente. Devem ser minimizados os impactos no desenvolvimento, na quantidade, e qualidade das águas bem como ser maximizada a preservação do meio ambiente (TOMAZ, 2010).

De acordo com Orsi e Sarubo (2010), um sistema de drenagem urbana sustentável acontece através do retardamento e do tratamento das águas das enxurradas, por meio da implantação de pisos permeáveis, valas de infiltração/filtração, trincheiras filtrantes, bacias de retenção (piscinões), entre outros.

Segundo Orsi e Sarubo (2010), os elementos mais utilizados são:

- **Trincheiras de Infiltração:** aberturas de valas e emprego de materiais auto drenantes, como brita e areia. São recomendados em vias públicas e estacionamentos.
- **Pavimento Permeável:** solução para estacionamentos e vias públicas de tráfego leve.
- **Poço de Infiltração:** é uma abertura no solo com preenchimento de diferentes tamanhos de pedras, visando melhorar as condições para infiltração, podendo ser implantados em pequenas áreas.

Portland, a maior cidade do estado do Oregon, nos Estados Unidos, tem promovido ativamente o financiamento e educação para a gestão das águas de chuva desde 1998, e possui inúmeras aplicações verdes em toda a cidade. Tal como acontece com muitos lugares, parte da motivação para definir estratégias de sustentabilidade surge a partir de uma história de poluição e um desejo de reparar ecossistemas próximos. Kloss e Calarusse (2006) mencionam em seus estudos um caso de manejo sustentável de água de chuva, instalado em 2003, em Portland. Foram instalados canteiros com vegetação nas ruas (Figura 6) para capturar água de chuva, e ao mesmo tempo deixar o paisagismo mais atraente. Para avaliar a eficácia da tecnologia e reunir dados para futuros projetos, a cidade realizou testes de fluxo para garantir que a água seria infiltrada no caminho certo de passagem. Com a

extensão de vegetação nas ruas conseguiu-se reduzir o escoamento total em mais de 80%, retenção suficiente para proteger os locais de inundações em períodos de chuvas intensas. O projeto levou cerca de duas semanas para ser instalado e custou aproximadamente \$ 15.000.

Figura 6 - Extensão das ruas com vegetação para capturar água de chuva



Fonte: Kloss e Calarusse (2006)

Ainda segundo Kloss e Calarusse (2006), o grau de integração do sistema de drenagem à outras atividades e ao meio no qual está inserido serve como parâmetro para identificar seu nível de sustentabilidade.

O redirecionamento da água de chuva para seu aproveitamento, infiltração e evaporação, tem grande potencial para mitigar os impactos provenientes da urbanização desordenada, recarregar águas subterrâneas, evitar enchentes e diminuir o efeito das ilhas de calor.

2.3 Aproveitamento de água de chuva

A opção de captar a água de chuva acumulada em superfícies impermeáveis para posterior uso em sistemas não potáveis, tem sido amplamente estudada e tem mostrado ótimos resultados em termos de potenciais de economia de água potável. Sistemas de captação de água de chuva tem grande potencial para reduzir a carga nos sistemas de drenagens convencionais, e ainda são um exemplo de uso racional da água.

O aproveitamento de água de chuva em edificações tem se mostrado uma alternativa sustentável com grande potencial de utilização. A possibilidade de aproveitar este tipo de água para complementar o abastecimento de água em edificações possui vantagens e desvantagens.

Dentre as vantagens pode-se citar que, ao comparar com outras tecnologias para tratamento de água, esse sistema possui baixo impacto ambiental, ajuda a diminuir a demanda de água tratada, substitui parcialmente o sistema convencional de abastecimento, oferece uma reserva de água para situações de emergência ou interrupção de abastecimento público, e é importante aliado na redução de carga de drenagem e enchentes.

As desvantagens estão relacionadas a dependência da intensidade pluviométrica, ao fato de não ser reconhecida pelo setor público como uma alternativa de suprimento de água e falta de normalização no código de obras em muitas cidades.

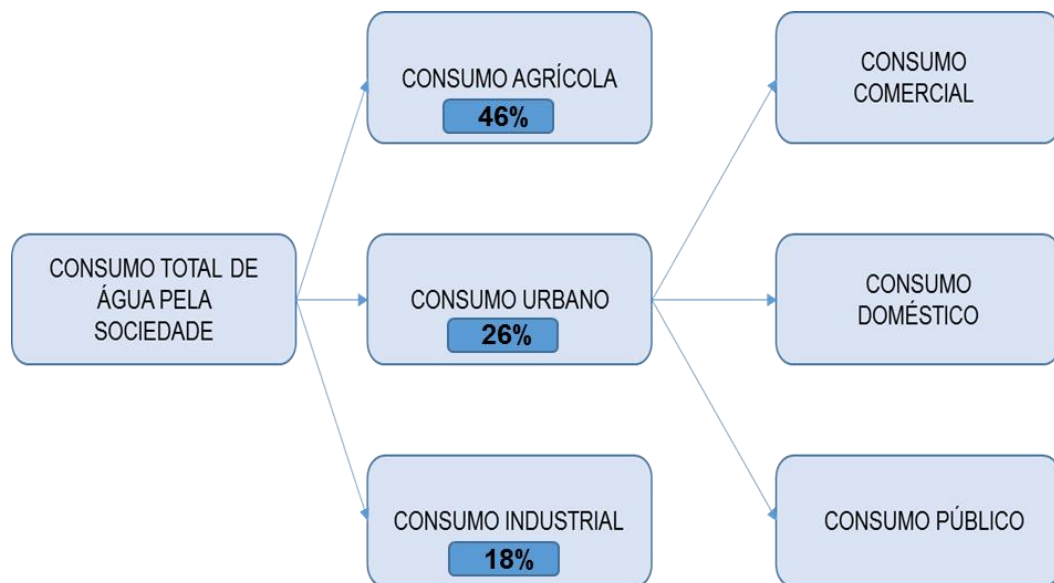
Em Florianópolis, é possível que esse cenário de falta de reconhecimento melhore nos próximos anos devido à aprovação pela Câmara Municipal de Florianópolis do Projeto de Lei complementar nº 1.231/2013. O projeto altera o código de Obras e Edificações de Florianópolis ao determinar que todas as novas edificações comerciais e residenciais com área acima de 200 m² construídas no Município deverão obrigatoriamente ter sistemas de captação de água de chuva para utilização em atividades que não exijam sua potabilidade. Conforme o projeto, as águas devem ser submetidas a tratamento sanitário para assim serem próprias para utilização em descargas de vasos sanitários, rega de jardins e limpeza de calçadas.

2.4 Consumo de água em edificações

Segundo Hafner (2007), o consumo médio de água dos brasileiros varia principalmente de acordo com a região, nível social e renda dos consumidores. O consumo médio diário de água por brasileiro chega a ser de 150 litros por dia, porém em regiões com grandes concentrações populacionais e onde a renda familiar é mais

elevada, esse número chega a atingir mais de 200 litros de água consumidos diariamente por pessoa. A Figura 7 apresenta, de forma geral, como é distribuído o consumo de água para diferentes setores da sociedade, no Brasil. Segundo informações da ANA (2007), a distribuição percentual do volume consumido entre os setores da sociedade são: agricultura irrigada 46%, consumo urbano 26% e indústria 18%.

Figura 7 - Diagrama esquemático com percentuais de consumo de água entre os setores da sociedade



Fonte: ANA (2007)

De acordo com Heller e Pádua (2006), a demanda de água em uma comunidade pode ser agrupada de acordo com o consumo doméstico, uso comercial, uso industrial e uso público (Tabela 1).

Tabela 1 - Demanda de água dos setores residencial, comercial e público.

Tipo de consumo	Distribuição
Consumo doméstico	Consumo dos moradores
	Preparação de alimentos
	Higiene pessoal
	Limpeza doméstica
	Lavagem de roupas
	Lavagem de veículos
	Descarga de vasos sanitários
	Irrigação de jardim
	Criação de animais de estimação e de animais de alimentação (aves, suínos, equinos, caprinos, etc.)
Consumo comercial	Lavanderias
	Bares
	Restaurantes
	Hotéis
	Postos de combustíveis
	Clubes
	Hospitais
Consumo industrial	Indústrias de bebidas
	Matadouros
	Frigoríficos
	Curtumes
	Indústria têxtil
Consumo público	Irrigação de jardins, canteiros e praças
	Lavagem de ruas e espaços públicos em geral
	Banheiros e lavanderias públicas
	Alimentação de fontes e chafarizes
	Limpeza de bocas de lobo e galerias pluviais
	Combate a incêndio
	Abastecimento de edifícios públicos, portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviárias

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2006)

A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades divulga anualmente o “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Em 2016 foi apresentada a vigésima edição do Diagnóstico, utilizando dados do ano de 2014, no qual foram apuradas informações sobre abastecimento de água em 5.114 municípios, totalizando uma população urbana de 168 milhões de habitantes. De acordo com os resultados desse diagnóstico, o valor médio de consumo de água no Brasil é de 162 litros por dia por habitante.

O consumo per capita é definido, no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, como a média diária, por habitante, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. A Tabela 2 mostra o consumo médio *per capita* de água segundo estado, região geográfica e Brasil.

Tabela 2 - Valores do consumo médio per capita de água no Brasil segundo região geográfica e estados em 2014.

Região/Estados	Ano 2014 (l/hab.dia)
Norte	154,2
Nordeste	118,9
Sudeste	187,9
Sul	153,6
Paraná	144,9
Rio Grande do Sul	162,9
Santa Catarina	153,5
Centro-Oeste	158,8
Brasil	162,0

Fonte: Adaptado de SNIS (2016)

Os dados presentes na Tabela 2 são fundamentais para o dimensionamento de redes de abastecimento de água e esgoto, pois fornecem projeções de demanda. Nota-se que a região sudeste apresenta o maior consumo quando comparada às demais regiões, fato que pode ser justificado devido ao uso não consciente da água ou a falta de fornecimento de dados.

Kammers e Ghisi (2006) estimaram o consumo diário de água potável nos aparelhos hidrossanitários existentes em dez edifícios do setor público de Florianópolis (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo de água potável em dez edifícios do setor público de Florianópolis.

Edifício	Consumo (litros/dia)					
	Vaso Sanitário	Mictório	Torneira	Chuveiro	Ducha	Filtro
Badesc	2.675,0	686,0	875,9	-	-	-
Celesc	13.880,9	14.980,0	3.239,2	345,0	103,5	646,6
Crea	717,1	1.540,0	765,1	11,4	-	30,8
Deter	2.078,0	-	1.051,0	-	-	-
Epagri	3.180,9	4.256,0	1.198,5	505,8	-	-
Secretaria da Agricultura	3.111,0	1.797,3	615,6	82,7	88,7	-
Secretaria da Educação	7.324,8	1.365,0	897,4	-	-	304,2
Secretaria da Segurança Pública	2.441,6	-	547,6	-	-	-
Tribunal de Contas	5.526,1	7.660,8	2.117,7	101,2	-	-
Tribunal de Justiça	22.779,4	22.779,4	4.197,6	778,2	-	567,1

Fonte: Adaptado Kammers e Ghisi (2006)

O maior consumo de água foi verificado nos vasos sanitários e mictórios, sendo também significativo o consumo nas torneiras. A predominância de consumo ficou entre 28,0 e 39,8 litros por pessoa por dia, exceto nos edifícios Celesc e Secretaria da Agricultura, que apresentaram consumo maior (67,2 e 57,3 litros/pessoa por dia, respectivamente), bem como no edifício da Secretaria da Educação, que apresentou

consumo menor (18,3 litros/pessoa/dia). Os dois primeiros edifícios citados apresentaram consumo elevado pelo fato de serem os dois únicos que possuem torres de resfriamento para ar-condicionado. A média de consumo *per capita* para os dez edifícios foi de 36,7 litros/pessoa por dia. Nesse caso, desconsiderando-se o consumo das torres, para efeitos de comparação, os consumos *per capita* nos edifícios seriam reduzidos para 54,7 e 42,1 litros/pessoa por dia, respectivamente.

A melhor forma de conhecer o consumo e a distribuição de água em edificações comerciais é através do monitoramento de hidrômetros e aplicação de questionários e entrevistas com usuários e operadores; da busca do consumo nas especificações técnicas de aparelhos hidrossanitários e, no caso da inexistência dessa informação, realização de testes em laboratório para a determinação do consumo; da instalação de sensores de fluxo nos locais de utilização, entre outras técnicas de levantamento.

Segundo Marinoski (2008) existe uma tendência de maior desperdício de água em edificações públicas como escolas e universidades, pois o usuário não é responsável pelo pagamento da conta de abastecimento de água.

No ano de 2015 a CASAN (Companhia Catarinense de Água e Saneamento) atendeu a uma população de mais de 2,8 milhões de pessoas, em 196 municípios catarinenses, incluindo Florianópolis, e um município no Paraná. A companhia opera 231 Sistemas de Abastecimento de Água, que beneficiam 312 localidades (197 Sedes Municipais, 63 distritos e 52 vilas).

De acordo com dados do relatório anual de 2015 realizado pela CASAN, pode-se observar na Tabela 4 os volumes de água potável distribuídos por setor nos anos de 2010 a 2015 em Santa Catarina.

Tabela 4 - Volumes de água potável (em 1.000 m³) distribuídos por setor nos anos de 2010 a 2015

Volume faturado de água potável distribuído por categoria 2010-2015 (em 1.000 m³) aos municípios atendidos pela CASAN.						
Categoria	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Residencial	119.247	123.082	129.728	133.913	140.245	141.338
Comercial	14.163	14.927	14.922	15.462	16.350	16.378
Industrial	2.928	3.08	3.024	2.947	3.029	3.027
Pública	15.486	17.938	20.693	22.335	22.358	22.444
Total	151.823	159.026	168.367	174.657	181.981	183.186

Fonte: CASAN (2015)

Pode-se verificar que nos municípios catarinenses, o setor residencial é o maior responsável pelo consumo de água potável, seguido pelo setor público, comercial e industrial.

2.5 Consumo de água no setor residencial

De acordo com Hafner (2007), é mais simples identificar o padrão de consumo de água no setor residencial do que no setor comercial, devido ao fato de se ter um número fixo de moradores em uma residência. Em um restaurante, hotel, escritório ou shopping, por exemplo, é muito difícil identificar um valor médio de consumo, pois diferentes atividades são exercidas diariamente e o fluxo de pessoas nessas edificações varia muito ao longo dos dias.

A água para consumo doméstico é a água utilizada diretamente para suprir as necessidades biológicas e fisiológicas dos moradores. Vários países vêm estudando o perfil de consumo de seus habitantes.

Em seu estudo de caso em Portugal, Ferreira (2012) analisou os padrões de consumo de duas realidades distintas: edifícios de habitação social e edifícios de elevado padrão. Os resultados obtidos mostraram que cada banho nos edifícios de

alto padrão gastava em média cerca de 13,5 litros de água a mais do que cada banho nas habitações. Os moradores das habitações mostraram-se também mais responsáveis quanto ao fechamento das torneiras em momentos que não precisavam de água corrente, ou seja, 75% responderam que fechavam a torneira, enquanto apenas 40% dos moradores dos edifícios de alto padrão afirmaram praticar o mesmo.

Em 2016 foi publicada pela *American Water Works Association – Research Foundation* uma pesquisa sobre consumos finais de água em 23.749 residências unifamiliares, espalhadas por 23 localidades na América do Norte (maioria dos dados obtidos de faturas referentes ao ano de 2010). Como resultado para o consumo de água no interior das residências, obteve-se maior consumo referente à descarga de vasos sanitários, seguido por torneiras, chuveiros, máquina de lavar roupas, vazamentos, banheiras, máquina de lavar louças e outros (Tabela 5).

Tabela 5 - Uso final de água potável para consumo doméstico na América do Norte.

Ponto de Consumo	Uso final de água potável em áreas internas (%)
Vaso sanitário	24
Chuveiro	20
Torneira	19
Máquina de lavar roupa	17
Vazamentos	12
Banheira	3
Máquina de lavar louça	1
Outros	4

Fonte: Adaptado *American Water Works Association – Research Foundation (2016)*

A grande variabilidade de usos finais de água nas regiões estudadas nessa pesquisa na América do Norte foi verificada devido à forte influência das condições climáticas e meteorológicas de cada região. O estudo compreendeu residências nos Estados Unidos e Canadá, sendo relatado que o uso de água nas áreas ao ar livre é mais variável que o uso no interior das edificações. Em regiões onde o clima é mais

quente, o consumo de água é mais elevado nas áreas externas, do que em regiões com invernos rigorosos por exemplo.

No Brasil, os resultados de uma pesquisa sobre o perfil de consumo residencial e usos finais de água, realizada por Barreto (2008), na zona oeste de São Paulo, mostraram que do consumo total de uma residência, o chuveiro fica em primeiro lugar no *ranking* de maior consumo, seguido por torneiras de pias, máquina de lavar, tanquinho, tanque com saída para máquina de lavar, vaso sanitário com caixa acoplada, torneira de tanque e torneira de lavatórios (Tabela 6).

Tabela 6 - Uso final de água potável para consumo doméstico em São Paulo

Ponto de Consumo	Média de uso final de água potável em residências (%)
Chuveiro	13,9
Torneira da pia	12,0
Máquina de lavar	10,9
Tanquinho	9,2
Torneira de tanque com saída para máquina de lavar	8,3
Vaso sanitário com caixa acoplada	5,5
Torneira de lavatório	4,2
Torneira de tanque	5,4
Outros usos	30,6

Fonte: Adaptado de Barreto (2008)

Dentro da amostra coletada, Barreto (2008) identificou que o perfil socioeconômico e renda familiar dos endereços pesquisados apresentaram uma relação crescente com o consumo, ou seja, quanto maior a renda e escolaridade, maior apresenta-se o uso de água para tarefas cotidianas.

Vieira (2012) analisou a relação de interdependência entre o consumo de água e o consumo de energia em dez habitações de interesse social em Florianópolis,

Santa Catarina. O estudo teve como objetivo avaliar o potencial de economia de energia para operação de sistemas públicos de água e esgoto por meio do uso de estratégias sustentáveis de consumo de água nas habitações.

Dentre as estratégias mencionadas, o aproveitamento de água de chuva de coberturas para abastecimento de lavadoras de roupas, tanques e bacias sanitárias, demonstrou que pode atingir redução máxima de 0,02 kWh/m³, não proporcionando uma redução significativa da intensidade energética para volumes de aproveitamento inferiores a 400 L/dia. Para estimativa de usos finais de água, assumiu-se que o consumo de água durante dias de "Meia estação", dias os quais as temperaturas variaram entre 18,6°C e 24°C, representam a média dos usos finais de água durante o ano na cidade de Florianópolis. Como resultado obteve-se que as famílias com renda de até três salários mínimos consumiram em média 124 L/hab.dia, enquanto, famílias com renda entre três e cinco salários mínimos, 121 L/hab.dia, dados que mostraram que o consumo de água não esteve relacionado à renda, tampouco ao número de habitantes.

Em Florianópolis, de acordo com a Lei Complementar no 060/2000, que institui o código de obras e edificações para o município de Florianópolis, em seu artigo 220 é recomendado que se considere, no setor residencial, um consumo de 200 litros por pessoa por dia.

Dalsenter (2016) avaliou o percentual de economia de água potável através da instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para consumo não potável no Condomínio Vista Real, localizado no bairro Itacorubi, Florianópolis – SC. O condomínio possui três blocos, Baía Norte, Baía Sul e Ilha dos Guarás.

Nesse estudo foram estimados os percentuais de consumo diário de água potável em diferentes usos em cada Bloco, os mesmos são apresentados na Tabela 7. Ao saber a percentagem de consumo médio diário em diferentes aparelhos é possível definir o percentual de demanda total a ser substituída por água de chuva.

Tabela 7 - Percentuais de consumo diário de água potável para cada uso nos blocos Baía Norte, Baía Sul e Ilha dos Guarás

Uso	Média do consumo (%)		
	Baía Norte	Baía Sul	Ilha dos Guarás
Banho	21,6	21,7	21
Descarga	10,6	8,4	8,4
Escovar os dentes	16	14,7	16,6
Lavar as mãos	10,1	10,2	11,7
Lavar o rosto	3	3,3	3,9
Fazer a barba	1,6	1,6	1,8
Lavar a louça	22,4	20	20,9
Máquina de lavar louça	0,5	0,2	0,3
Cozinhar	0,9	1,7	1,6
Máquina de lavar roupa	12,5	16,7	11,8
Tanque	0,8	1,5	1,9
Total	100	100	100

Fonte: Dalsenter (2016)

Em condomínios residenciais, o consumo médio diário per capita de água é calculado dividindo-se o consumo médio mensal pelo número de moradores por apartamento, para cada bloco, desconsiderando os apartamentos desocupados. No levantamento de Dalsenter (2016), foi constatado que os três blocos possuem uma população total de 317 moradores, sendo o consumo médio diário per capita para cada bloco apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo médio diário per capita para cada bloco

Consumo médio diário (l/pessoa.dia)	
Baía Norte	171,2
Baía Sul	160,6
Ilha dos Guarás	151

Fonte: Dalsenter (2016)

O potencial de economia de água potável foi simulado com a utilização do programa computacional Netuno 4, e teve como principais dados de entrada as áreas de captação de água de chuva, demanda média diária e percentual desta demanda que poderia ser substituído por água de chuva. Os resultados desse estudo mostraram que o sistema é viável, tendo percentuais de substituição de usos potáveis de até

quase 27%, sendo 23,9% para o bloco Baía Norte, 26,6% para o bloco Baía Sul e 22,1% para o bloco Ilha dos Guarás.

Proença et al. (2011) estimaram o potencial de economia de energia em edificações residenciais, comerciais e públicas na cidade de Florianópolis por meio da redução do consumo de água potável em algumas atividades. Com o propósito de atingir o objetivo do estudo, foi necessário o levantamento dos usos finais de água potável nos três setores considerados, para o setor residencial foram estimados os usos finais de água potável em três edificações multifamiliares e duas residências unifamiliares, e para os setores público e comercial foram estudados dez edifícios públicos e dez edifícios com escritórios (Tabela 9).

Tabela 9 - Usos finais de água potável em atividades que não necessitam de água potável em três setores.

Usos finais de água potável para os setores residencial, público e comercial em Florianópolis				
Equipamentos e atividades	Usos finais de água por setor (%)			
	2 residências unifamiliares	3 edificações multifamiliares	10 edifícios públicos	10 edifícios comerciais
Vaso sanitário	28,0(*)	33,2(*)	4,5*	67,6*
Mictório	-	-	24,4(*)	-
Limpeza	-	2,9(*)	3,0(*)	2,4
Outros usos				
Rega de jardim	-	-	1,1(*)	-
Total de consumo não potável (*)	28,0	36,1	76,0	67,6

Fonte: Adaptado Proença et al. (2011)

2.6 Coeficiente de escoamento superficial

Fatores como a área de captação, precipitação local e coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff*, influenciam diretamente na quantidade de água de chuva que pode ser armazenada, e posteriormente, que pode vir a ser utilizada para substituir a demanda de água potável para fins não potáveis em edificações.

O coeficiente de escoamento superficial nada mais é do que a parcela de água que escoar pela superfície, sem ser absorvida pela vegetação, solo ou se acumular em lagos e barragens, é a relação entre o volume total escoado na seção de controle e o volume total precipitado.

Na região do semiárido Baiano, onde a precipitação média anual é de 760 mm, Souza et al. (2012) estimaram o volume de água de chuva possível de ser captado em rodovias asfálticas. Foi considerada largura média da rodovia de 6 m e coeficiente de escoamento superficial do asfalto igual a 0,875. Como resultados, obteve-se que o maior volume captado foi de 4200 m³ e o menor 105 m³, ao considerar precipitação média anual de 800 mm, 400 mm, e comprimento do trecho de asfalto igual a 1000 m e 50 m, respectivamente.

As quantidades interceptadas, armazenada na superfície, infiltrada e escoada podem variar consideravelmente de uma precipitação para outra e, conseqüentemente, o coeficiente de escoamento superficial também varia. A percentagem de chuva convertida em escoamento superficial aumenta com a intensidade e duração da precipitação.

Tucci (2000), em seu estudo que apresenta a relação do coeficiente de escoamento de bacias urbanas brasileiras em função da área impermeável e vazão máxima correspondente, estimou os valores de C_i (Coeficiente de escoamento de áreas impermeáveis) com base nos valores da Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficiente de escoamento superficial de área impermeável

Tipo de superfície	Valor médio	C_i
Cimento e asfalto	0,95	0,90 - 0,95
Paralelepípedo	0,60	0,58 - 0,81
Blockets	0,78	0,70 - 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59 - 0,79

Fonte: Tucci (2000)

2.7 Qualidade das águas de chuva

Segundo Oliveira (2005), a qualidade da água varia conforme a utilidade que se dá à mesma. Quanto mais nobre é este uso, maior a exigência quanto à qualidade. A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora (TOMAZ, 2010).

Conforme Antunes (2014), com a urbanização, o número de rodovias construídas nas cidades tem sido cada vez maior. A pavimentação destas rodovias é em sua grande parte realizada com uso de materiais impermeáveis, como o asfalto e o concreto, por exemplo, onde a água não infiltra naturalmente no solo e o ciclo hidrológico da água é de certa forma prejudicado.

A qualidade das águas de chuva muda significativamente devido ao contato com as estradas, em decorrência da grande quantidade de poluentes emitidos pelos veículos de transporte e fluxo de pedestres. Todos estes fatores aumentam a dificuldade do uso direto da água de chuva, pois podem ser prejudiciais à saúde dos consumidores. Porém é possível fazer o tratamento das águas escoadas a fim de utilizá-las.

Conforme Orsi e Sarubo (2010), as águas de chuva podem ser contaminadas pela poluição presente no ar, sendo que a carga poluidora varia conforme a região e as atividades realizadas na mesma. É possível a presença de contaminantes químicos, orgânicos e biológicos na água de chuva; como exemplo podem ser mencionados o chumbo, partículas de arsênio, entre outros elementos que alteram o PH da água deixando-o ácido.

Antunes (2014), em seu estudo para avaliar o potencial de economia de água potável em edificações por meio do aproveitamento de água de chuva captada de vias públicas, analisou a qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis e a qualidade da água da chuva captada do escoamento de uma via pública da cidade, localizada na Rua Douglas Seabra Levier, bairro Carvoeira.

Para a água de chuva de Florianópolis, Antunes (2014) observou que a mesma não é completamente pura, possui pH igual a 5,4, e concentrações de amônia, fósforo, nitrito e oxigênio dissolvido iguais a 0,41, 0,14, 0,002 e 9,0 mg/L, respectivamente. Para as nove amostras de água de chuva provenientes do escoamento de uma via pública com pavimentação de concreto asfáltico convencional (impermeável), obteve-se pH igual a 6,7 e foram encontrados 0,23, 0,11, 0,12, 0,08, 1,41, 2,11, 0,02 e 9,0 mg/L para os parâmetros alumínio, amônia, cobre, cromo, ferro, fósforo, nitrito, e oxigênio dissolvido, respectivamente.

Os resultados da análise de qualidade da água de chuva de Antunes (2014) foram comparados com os resultados mais quatro estudos realizados em diferentes vias públicas de diferentes cidades do Brasil, os mesmos são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Qualidade da água de chuva em diferentes cidades no Brasil.

Pesquisa	Antunes (2014)	Jaques (2005)	Hagemann (2009)	Annechchini (2005)	Rôdas e Steffen (2009)
Cidade	Florianópolis/SC	Florianópolis/SC	Santa Maria/RS	Vitória/ES	Campo Grande/MS
pH	5,4	5,46	5,88	6,09	6,31
O. D	9,0 mg/L	-	-	7,5 mg/L	-
Fósforo	0,14 mg/L	0,71 mg/L	-	0,048 mg/L	0,05 mg/L
Nitrito	0,002 mg/L	0,31 mg/L	-	0,009 mg/L	-
Amônia	0,41 mg/L	-	0,844 mg/L	-	-

Fonte: Antunes (2014)

Ao comparar as pesquisas de Antunes (2014) e Jaques (2005), percebe-se que os resultados obtidos para o pH da água foram muito próximos. Normalmente o pH da água varia entre 6,0 e 9,0, porém pode-se considerar os resultados inferiores a 6,0 como resultados normais. O fato de a água apresentar-se mais ácida deve-se principalmente à presença de gases (CO₂ e SO₄) soltos na atmosfera devido a ação antropogênica, aos poluentes resultantes da queima de combustíveis fósseis do tráfego de veículos.

Segundo recomendações da NBR 15527 (ABNT 2007), os parâmetros de qualidade da água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para uso não potável de acordo com as recomendações da NBR 15527 (ABNT 2007).

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço ou carbono ou galvanizado

Notas:

- 1) Para Lavagem de roupas deve ser feita análise de *Cryptosporidium parvum* anualmente.
- 2) uT = unidade de turbidez
- 3) uH = unidade Hazen

Fonte: NBR 15527 (ABNT 2007)

2.8 Tratamento das águas de chuva

Mesmo que para usos não potáveis, recomenda-se o tratamento das águas de chuva que são captadas de áreas de coberturas e de vias urbanas, pois a chuva inicial (first flush) apresenta água de menor qualidade, visto que antes de ser captada, ela passa por superfícies que contém sujeira e poluentes. Vale ressaltar que o único procedimento exigido em norma para o tratamento e melhor condição como condição para captação de água de melhor qualidade, refere-se ao descarte dos primeiros milímetros de chuva (first flush) e posterior coleta do volume excedente. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, sendo que na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Orsi e Sarubo (2010) mencionam em seu estudo sobre captação e tratamento de água de chuva, que são três os sistemas mais utilizados para desinfecção desse tipo de água, e baseiam-se na aplicação de cloro, ozônio ou raios ultravioletas. Cada

sistema possui parâmetros diferentes de aplicação e devem ser escolhidos cuidadosamente de acordo com o projeto e uso final da água.

Vieira (2012) considerou em seu estudo sobre o uso racional de água em habitações de interesse social somente o uso de sistema de desinfecção das águas de chuva por radiação ultravioleta. Esses sistemas geralmente são simples de operar, pois trabalham de forma independente, sem a necessidade de acompanhamento diário do usuário, além de produzirem água com melhor qualidade em relação a sistemas por cloração. As lâmpadas ultravioletas disponíveis no mercado atualmente apresentam vida útil aproximada de 10.000 horas e, em caso de falha, a maioria dos sistemas de desinfecção ultravioleta aciona alarme sonoro ou visual.

O Guia de Potencial de Captação de Água de Chuva do Estado do Texas (2006) descreve uma série de medidas que podem ser tomadas para garantir o sucesso do uso de água de chuva. Em primeiro lugar, galhos de árvores e vegetação que ficam nas superfícies dos telhados devem ser removidos de modo que a contaminação causada por aves e roedores não seja lavada e armazenada nos reservatórios de captação. O passo seguinte no processo é o tratamento da água com o propósito de remover os sólidos finos, sendo o nível de filtração e desinfecção necessários dependentes da qualidade da água recolhida e da finalidade para a qual ela vai ser usada.

São três os processos de tratamento da água para fins não potáveis citados no Guia do Estado do Texas (2006) : armazenagem, filtração e desinfecção. As águas de chuva podem ser armazenadas em qualquer tipo de tanque ou cisterna desde que sejam cobertos para inibir mosquitos e outros contaminantes, e devem ser protegidos também da luz para controlar o crescimento de algas. Para a filtragem são utilizados filtros de cartucho que podem ser colocados ao lado da descarga da bomba que fornece pressão ao sistema de encanamento, um número diferente de filtros pode ser utilizado para fornecer a remoção necessária de partículas. Para desinfetar a água de chuva não potável para uso interno é desejável controlar o crescimento microbiano que pode vir a causar entupimento e afetar a operação de dispositivos de descarga. A desinfecção pode ser realizada através da luz ultravioleta ou por tratamento com

cloro. A cloração pode ser realizada simplesmente adicionando cloro numa base regular, ou utilizando-se de dispositivos de injeção automática de cloro.

No Reino Unido, segundo o Guia informativo de Captação de Água de Chuva para Usos Domésticos (2010), o uso de um filtro é o primeiro passo no tratamento da água de chuva, sendo que nenhum tratamento adicional é realmente necessário se o sistema serve para ser usado para descarga de vasos sanitários e rega de jardins. Algumas medidas são indicadas para manter a qualidade da água de chuva, dentre elas pode-se citar o uso de sifões que permitem que o material flutuante possa ser removido, o uso de barreira de roedores (um dispositivo no tubo de reservatório de retenção para impedir que os roedores entrem no tanque), extração de impurezas através de um filtro flutuante dentro do reservatório e limpeza regular de calhas.

Nakada (2008) investigou uma estratégia simplificada de tratamento das águas de chuva sem descarte de primeira chuva para o seu tratamento. A estratégia consiste no emprego de amido de milho como coagulante primário pré filtração, para fins não potáveis. Foram coletadas diferentes amostras de água de chuva e empregada filtração única em meio filtrante constituído por camada única de areia em escala piloto, instalada nas dependências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP campus Rio Claro. Foi utilizado amido de milho comercial em diferentes dosagens, o emprego de amido reduz a possibilidade de ocorrência do transpasse e contribui para que sejam usadas taxas de filtração maiores que as tradicionais. Os resultados obtidos sugeriram que essa estratégia, se monitorada antes e após tratamento, constitui em um eficiente tratamento simplificado das águas de chuva.

Antunes (2014) observou a contaminação existente na água de chuva captada de vias públicas na cidade de Florianópolis, no estudo são citadas diversas formas de tratamento para esta água, tais como os pavimentos permeáveis, bacias de retenção, filtros de areia, biofiltros, entre outros.

Na cidade de Florianópolis, a área de vias pavimentadas é aproximadamente igual a 11.044.216 m². Uma das formas de tratamento mencionadas por Antunes (2014) foi a utilização de pavimentos drenantes. Ao considerar a substituição do

pavimento convencional (impermeável) por pavimento drenante, obtiveram-se potenciais de economia de água potável variando de 1,17 a 18,44% no setor residencial, 2,07 a 57,33% no setor público e 6,47 a 69,07% no setor comercial.

3. MÉTODO

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta o método utilizado neste trabalho, cujo objetivo foi estimar o potencial de economia de água potável em edificações multifamiliares por meio do uso de água de chuva captada de vias públicas.

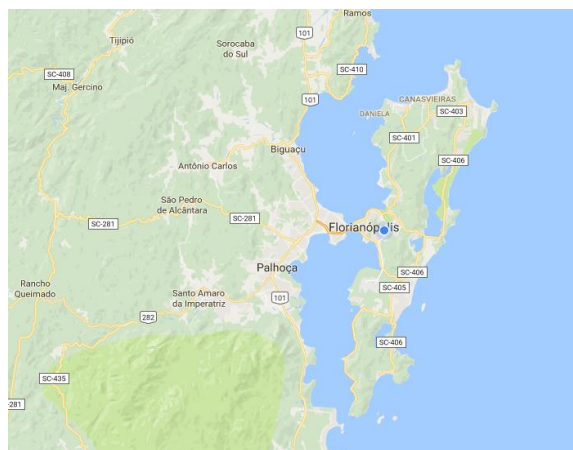
Serão descritos os procedimentos usados para caracterizar: área de estudo, objeto de estudo, dados referentes a séries pluviométricas, área de captação, número de moradores, consumo de água potável, percentuais de substituição de água potável por água de chuva e coeficiente de escoamento superficial.

Em seguida serão apresentados os cenários estudados, o método para a determinação do potencial de economia de água potável por meio da utilização de programa computacional, e análise para a determinação de volume ideal do reservatório

3.2 Área de estudo

A área de estudo está localizada na região central do município de Florianópolis (Figura 8), capital do estado de Santa Catarina.

Figura 8 - Ponto azul destacando a região central da ilha de Florianópolis



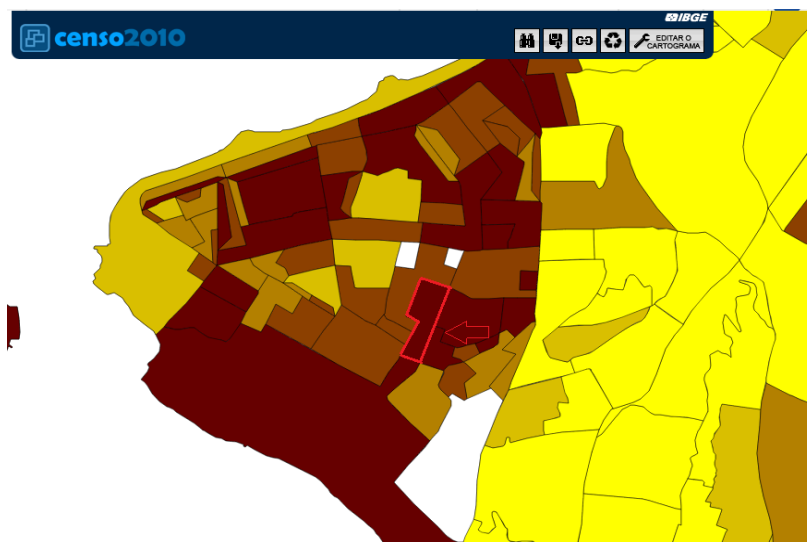
Fonte: Google Maps (2016)

A ilha de Florianópolis encontra-se entre as latitudes de 27°10' e 27°50' sul e entre os meridianos 48°20' e 48°35' de longitude oeste. A precipitação no município é bastante significativa, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Florianópolis não apresenta uma estação seca, sendo o verão a estação com maior índice pluviométrico. No verão ocorrem chuvas convectivas associadas ao aquecimento do continente.

A área escolhida para estudo encontra-se dentro dos limites de um dos setores censitários do Censo 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para o Censo 2010, foi construída uma Base Territorial, a partir da qual o País foi dividido em cerca de 314 mil setores censitários. Cada setor censitário é uma unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador.

Para esse estudo foi escolhido o setor 420540705000027 (Figuras 9 e 10), que abrange uma área de aproximadamente 46.392,48 m².

Figura 9 - Setor censitário código: 420540705000027



Fonte: IBGE (2016)

Figura 10 - Setor censitário código: 420540705000027



Fonte: IBGE (2016)

3.2.1 Objeto de estudo

Na área que abrange o setor censitário 420540705000027 encontram-se edificações comerciais, públicas e residenciais. Para este trabalho o objeto de estudo foi o setor residencial, com foco em residências do tipo apartamento.

Com os dados fornecidos pelo CENSO 2010 foi possível obter o número de domicílios unifamiliares e multifamiliares do setor censitário em estudo, fator que facilitou o levantamento de dados para esse trabalho.

3.3 Levantamento de dados

3.3.1 Dados de séries pluviométricas

Os dados sobre o índice pluviométrico diário na cidade de Florianópolis foram obtidos do trabalho de Dalsenter (2016).

Deve-se definir um valor de descarte das primeiras águas de chuva (em mm) com o propósito de garantir uma melhor qualidade da água captada. As primeiras águas contêm impurezas do ar e da lavagem de sujeira presente em superfícies de

telhados, calçadas e ruas asfaltadas. Conforme recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), foi adotado o valor de 2 mm para o descarte de precipitação inicial. Na análise da série pluviométrica foi considerado que os dias não preenchidos, foram dias sem ocorrência de precipitação.

3.3.2 Dados da área de captação

A área de captação que influencia na coleta das águas de chuva para criação do sistema de aproveitamento de água é a área referente à área de projeção horizontal de superfícies impermeáveis de vias urbanas asfaltadas.

Com o auxílio do site de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Florianópolis, realizou-se o levantamento da área utilizada para captação de água de chuva e posterior cálculo de volume de reservatório de armazenamento. Feito o levantamento da área de captação (área de vias urbanas asfaltadas) variou-se em +10% e -10% o valor da área levantada, com o propósito de considerar possíveis erros de medição. Sendo assim, foram considerados três valores de áreas de captação neste estudo.

3.3.3 Dados sobre número de moradores

O Censo fornece, o número de residentes de domicílios unifamiliares e multifamiliares classificados por faixa etária e sexo. Dados sobre população dos setores comerciais e público não são levantados, pois essas edificações não possuem uma população fixa.

A partir dos dados fornecidos pelo Censo 2010 a respeito do número de domicílios particulares permanentes do tipo apartamento com abastecimento de água da rede geral, pode-se realizar o levantamento da população existente no setor censitário em estudo, e assim estimar o consumo de água por habitante.

Visto que a pesquisa censitária foi realizada há seis anos, foram consideradas as taxas de crescimento populacional de Florianópolis nesse período. As taxas foram fornecidas pelo IBGE e foram aplicadas a população do setor residencial da área de estudo com o propósito de melhor se aproximar da população real no ano de 2016.

Feito o levantamento do número de moradores do setor residencial em estudo, foi possível realizar a estimativa de consumo de água potável por habitante.

3.3.4 Dados de consumo de água

Os dados sobre consumo de água do setor residencial tiveram como referência os estudos encontrados na revisão de literatura. Foram utilizados os dados dos trabalhos realizados por Viera (2012) e Dalsenter (2016), além de dados fornecidos pelo SNIS (2016) e valores indicados para projeto encontrados no Código de Obras e Edificações de Florianópolis.

Após análise dos valores coletados na literatura, foi decidido adotar três valores de consumo de água para este estudo: consumo mínimo, médio e máximo diário de água potável.

3.3.5 Dados de percentuais de substituição de água potável por água de chuva

Os dados de percentuais de água potável a serem substituídos por água de chuva foram estimados através da análise de estudos da literatura, dos trabalhos de Barreto (2008), Dalsenter (2016) e Proença et al. (2011).

Foi definido que o percentual total de substituição de água potável por água de chuva seria igual à soma dos percentuais de água utilizada em descarga de vasos sanitários, tanques, máquina de lavar roupas e limpeza geral.

A partir dos valores analisados na literatura foram estimados percentuais mínimo, médio e máximo de substituição de água potável.

3.3.6 Coeficiente de escoamento superficial

Neste estudo de caso a área de captação de água de chuva é a área de vias urbanas asfaltadas, dessa forma o coeficiente de escoamento superficial a ser utilizado é o do asfalto.

Segundo dados coletados na revisão de literatura, dos trabalhos de Souza et al. (2012) e Tucci (2000), o coeficiente de escoamento superficial do asfalto varia de 0,875 a 0,95. Sendo assim, foi definido o valor de 0,9 (valor encontrado dentro do intervalo de 0,875 e 0,95) para ser utilizado neste estudo.

3.4 Cenários de estudo

Foram realizadas 27 simulações, distribuídas em 3 cenários de estudo.

No cenário 1 foram realizadas 9 simulações para um consumo mínimo diário de água *per capita*, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva e 3 diferentes áreas de captação.

No cenário 2 foram realizadas 9 simulações para um consumo médio diário de água *per capita*, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva e 3 diferentes áreas de captação.

No cenário 3 foram realizadas 9 simulações para um consumo máximo diário de água *per capita*, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva e 3 diferentes áreas de captação.

Os valores de consumo, percentuais de substituição de água potável e áreas de captação que foram adotados serão apresentados no capítulo 4.

3.5 Determinação do potencial de economia de água potável e volume do reservatório

Neste estudo foi considerado que a água captada seria destinada para usos não potáveis em descarga de vasos sanitários, tanques, máquina de lavar roupas e limpeza geral.

Para os cálculos de potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água de chuva captada das vias públicas, foi utilizado o programa Netuno 4, programa computacional utilizado para simulação de sistemas de captação das águas de chuva, desenvolvido por Ghisi e Cordova (2014). Através de dados que permitem a criação adequada do sistema, são apresentados resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva e o volume do reservatório a ser utilizado.

Os dados de entrada do programa são:

- Histórico de precipitação da região em estudo;
- Área de captação (m²);
- Número de moradores;
- Demanda total de água potável (L *per capita*/dia);
- Percentual da demanda total a ser suprida por água de chuva;
- Coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff) de acordo com o tipo de superfície de captação;
- Dados de reservatório superior e reservatório inferior (nos quais considera-se que a água de chuva é armazenada no reservatório inferior, recalçada para o reservatório superior e destinada aos pontos de consumo).

A Figura 12 mostra a interface do programa Netuno 4, na qual são inseridos os dados de entrada.

Figura 11 - interface do programa Netuno 4

The screenshot shows the Netuno 4 software interface. At the top, there is a menu bar with options: Simulação, Ajuda, Citação, Validação, and Sobre. Below the menu, there are two main sections:

- Carregar simulação previamente salva:** A button to load a previously saved simulation.
- Carregar dados de precipitação:** A table with columns for 'Número de registros', 'Data inicial (yyyy-MM-dd)', and 'Descarte escoamento inicial (mm)'. The first row is highlighted in blue.
- Reservatório superior:** A section for the upper reservoir simulation options.
- Reservatório inferior:** A section for the lower reservoir simulation options, containing two radio buttons:
 - Simulação para reservatório com volume conhecido
 - Simulação para reservatórios com diversos volumes

Below these sections, there are several input fields and controls:

- Área de captação (m²):** An empty text input field.
- Demanda total de água (litros per capita/dia):** An empty text input field with a 'Variável...' button next to it.
- Número de moradores:** An empty text input field with a 'Variável...' button next to it.
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial:** A dropdown menu.
- Coefficiente de escoamento superficial:** A dropdown menu.
- Observações:** A text area with a placeholder: 'Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.' It has up and down arrow buttons.

No Netuno é possível analisar diversos volumes de reservatórios superior e inferior. Para a estimativa do volume do reservatório superior, existe a possibilidade de entrar no programa com dados referentes a volume da demanda média diária de água de chuva, volume desejado ou até escolher por não utilizar reservatório superior.

Para a estimativa do volume do reservatório inferior podem ser realizadas simulações para um reservatório de volume conhecido ou para reservatórios com diversos volumes. Ao optar por reservatórios com vários volumes é possível determinar um intervalo no qual os volumes irão variar até atingir um valor máximo.

Para este trabalho foi definido que não seria utilizado reservatório superior nas simulações, dado que cada edificação possuirá reservatórios com volumes diferenciados. O reservatório inferior é responsável pelo armazenamento e posterior distribuição de toda a água coletada de acordo com a demanda de cada edificação.

Para a estimativa do reservatório inferior foram realizadas simulações com diversos volumes, utilizando intervalos de 100.000 litros, até atingir o volume máximo de 10.000.000 litros.

Foi realizada uma análise qualitativa para a escolha do volume ideal de reservatório a ser utilizado neste estudo por meio da identificação visual de pontos de inflexão das curvas que relacionam o potencial de economia com o volume de reservatório. Optou-se por simular o reservatório com diversos volumes, até encontrar um volume em que a diferença entre potenciais de atendimento de água de chuva apresentasse variações muito pequenas a cada incremento de volume de reservatório.

4. RESULTADOS

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta a mesma estrutura do capítulo 3. São apresentados os resultados referentes ao estudo de caso realizado na região central de Florianópolis.

4.2 Levantamento de dados

4.2.1 Séries pluviométricas

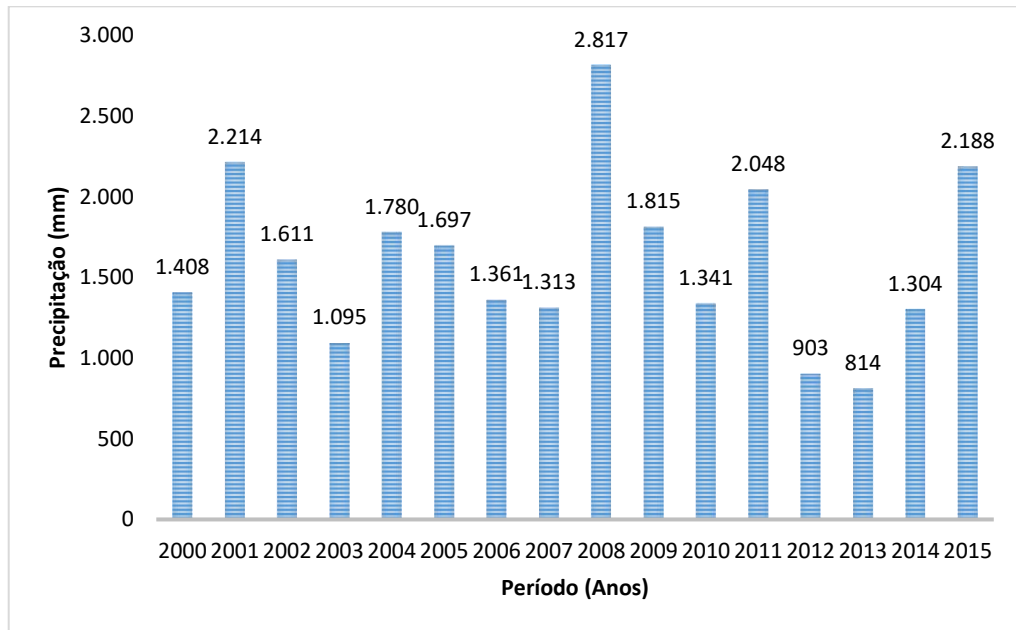
Por serem recentes, os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos através do trabalho de Dalsenter (2016). Conforme descrito na metodologia, os valores de precipitação a serem utilizados datam do período de 01/01/2000 a 03/05/2016. Dalsenter (2016) coletou dados de precipitações diárias de uma série histórica de dezesseis anos realizada pela estação meteorológica da Epagri/Ciram. A estação está localizada no bairro Itacorubi, sendo os dados referentes ao período do dia 1 de janeiro de 2000 a 3 de maio de 2016.

Para que possam ser realizadas as simulações no programa Netuno e calcular o potencial de economia de água potável na área de estudo, estes registros devem estar em formato CSV (Valores Separados por Vírgulas), com um dado por linha (GHISI; CORDOVA, 2014).

Através dos dados fornecidos foi possível verificar o histórico do comportamento das precipitações na cidade de Florianópolis/SC. No período analisado a precipitação média diária foi de 4,75 mm/dia, precipitação média mensal de 146 mm/mês e a precipitação média anual foi de 1607 mm.

A Figura 13 apresenta os valores de precipitação média anual em Florianópolis e a Figura 14 apresenta a precipitação mensal acumulada para o ano de 2015.

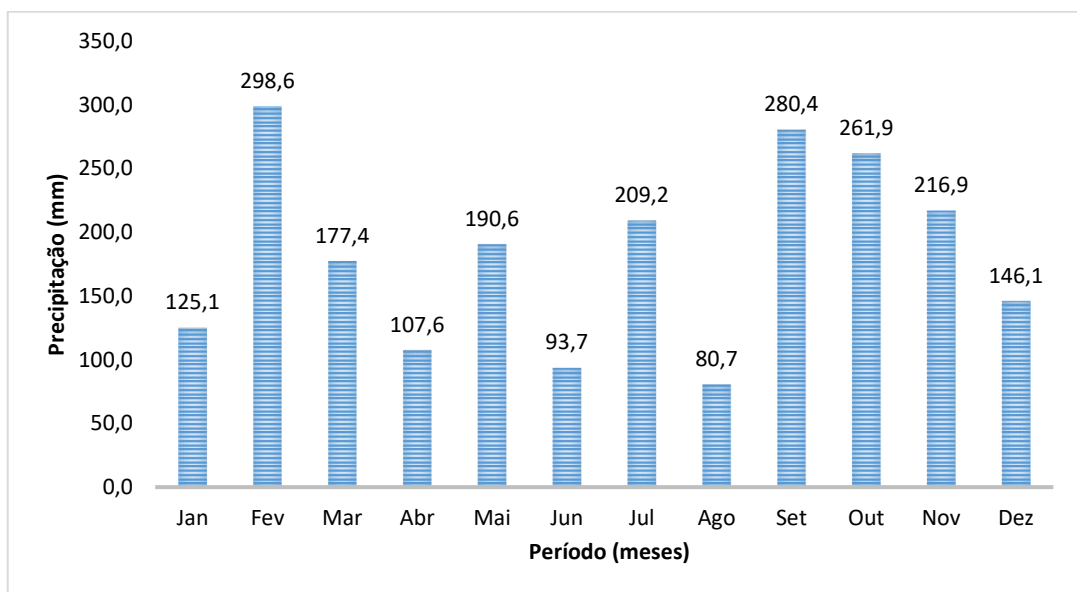
Figura 12 - Valores de precipitação anual acumulada para o período de 2000 a 2015



Fonte: Dalsenter (2016)

Ao analisar a precipitação anual acumulada percebe-se que os anos de 2001, 2008 e 2015 apresentaram os maiores valores de precipitações médias anuais. O ano de 2008 foi marcado por enchentes que ocorreram depois do período de grandes chuvas durante o mês de novembro.

Figura 13 - Valores de precipitação mensal acumulada para o período de Janeiro a Dezembro de 2015



Fonte: Dalsenter (2016)

Feito o levantamento da área de captação (área de vias urbanas asfaltadas) chegou-se ao valor de 9.058 m². Como esse valor pode não ser exato devido a possíveis erros de medição, são utilizadas, além do valor medido, variações de +10% e -10% da área calculada.

Dessa forma, três áreas de captação são consideradas, sendo as mesmas apresentadas na Tabela 13. As áreas das ruas Padre Miguelino e parte da rua Anita Garibaldi não foram medidas pois o pavimento ali existente não é asfalto, e sim paralelepípedo.

Tabela 13- Áreas de captação de água de chuva

Área das vias públicas	Área de captação (m ²) -10%	Área de captação (m ²)	Área de captação (m ²) +10%
	A1	A2	A3
Ruas	8.152	9.058	9.964

4.2.3 Número de moradores

Segundo dados fornecidos no website do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor censitário em estudo apresenta 262 domicílios do tipo apartamento abastecidos pela rede geral de abastecimento de água.

A pesquisa censitária realizada em 2010 nesses domicílios obteve como resultado uma população de 634 habitantes.

Com o propósito de obter um valor mais recente, foram fornecidas pelo IBGE as taxas de crescimento populacional de Florianópolis no período de 2010 a 2016 para estimar a população real no ano de 2016.

A população do município de Florianópolis em 2010 era de 421.240 habitantes. Em 2016, após aplicar as taxas de crescimento à população total do município, chega-se ao valor de aproximadamente 477.800 habitantes (Tabela 14).

Na Tabela 15 é realizado o mesmo procedimento de cálculo, porém com a população residente no setor censitário código 420540705000027.

Tabela 14 - Evolução populacional do município de Florianópolis 2010-2016

Taxas de crescimento (%)		Ano	População (hab)
2010/2011	1,44	2011	427.306
2011/2012	1,37	2012	433.160
2012/2013	4,65	2013	453.302
2013/2014	1,82	2014	461.552
2014/2015	1,77	2015	469.721
2015/2016	1,72	2016	477.800

Tabela 15 - Estimativa de evolução populacional de moradores no setor censitário em estudo

Taxas de crescimento (%)		Ano	População (hab)
2010/2011	1,44	2011	643
2011/2012	1,37	2012	652
2012/2013	4,65	2013	682
2013/2014	1,82	2014	694
2014/2015	1,77	2015	707
2015/2016	1,72	2016	719

Sendo assim, de forma a utilizar um número exato, a população utilizada para esse estudo é de 719 habitantes.

4.2.4 Estimativa de consumo de água

Os dados sobre consumo per capita de água do setor residencial foram retirados da bibliografia, conforme mencionado no capítulo três. A Tabela 16 apresenta de forma resumida os dados coletados para esse estudo.

Tabela 16 - Consumo per capita coletado da revisão de literatura

Consumo per capita em l/hab.dia	Mínimo	Médio	Máximo
SNIS (2016) – Santa Catarina	–	153,5	–
Vieira (2012)	124	–	–
Dalsenter (2016)	151,0	160,6	171,2
Código de Obras de Florianópolis	–	–	200

Com os valores da literatura como referência, percebeu-se que o consumo per capita de água varia entre 124 l/hab.dia e 200 l/hab.dia. Portanto, foram adotados os valores (Tabela 17) para a criação dos três cenários de consumo de água potável, sendo esses os dados que foram utilizados para a realização das simulações no programa Netuno

Tabela 17 - Estimativa de consumo de água para o setor residencial

Consumo estimado em l/hab.dia		
Mínimo	Médio	Máximo
120	160	200

4.2.5 Percentuais de substituição de água potável por água de chuva

Segundo mencionado no capítulo três desse trabalho, os dados de percentuais de água potável a serem substituídos por água de chuva foram estimados com base na análise da literatura. As Tabelas 18 a 21 apresentam os percentuais totais de substituição de água potável utilizada em descarga de vasos sanitários, tanques, máquina de lavar roupas e limpeza geral.

Tabela 18 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Barreto (2008)

Ponto de Consumo	Média de uso final de água potável em residências (%)
Tanquinho	9,2
Vaso sanitário com caixa acoplada	5,5
Torneira de tanque	5,4
Total de consumo não potável	20,1

Fonte: Barreto (2008)

Tabela 19 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Dalsenter (2016)

Ponto de consumo	Média do consumo (%)		
	Ilha dos Guarás	Baía Norte	Baía Sul
Descarga	8,4	10,6	8,4
Máquina de lavar roupa	11,8	12,5	16,7
Tanque	1,9	0,8	1,5
Total de consumo não potável	22,1	23,9	26,6

Fonte: Dalsenter (2016)

Tabela 20 - Percentual total de substituição de água potável por água de chuva segundo dados de Proença et al. (2011)

Pontos de consumo	Usos finais de água (%)
	Residências multifamiliares
Vaso sanitário	33,2
Limpeza	2,9
Total de consumo não potável	36,1

Fonte: Proença et al. (2011)

A partir da análise dos valores totais de consumo de água potável encontrados na literatura, notou-se que os valores de substituição de água potável por água de chuva variam de 20,1% a 36,1%, conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Tabela resumo de percentuais de substituição de água encontrados na literatura.

Estudos de percentuais de substituição de água potável por água de chuva	Média de uso final de água potável em residências (%)
Barreto (2008)	20,1
Dalsenter (2016)	22,1
	23,9
	26,6
Proença et al. (2011)	36,1

Sendo assim, foi definido que os percentuais a serem utilizados nas simulações realizadas no programa Netuno foram os três valores apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Percentuais de substituição de água potável por água de chuva a serem usados nas simulações

Percentuais de substituição de água potável por água de chuva usados nas simulações		
20%	30%	40%

4.3 Cenários de estudo

Conforme mencionado no capítulo 3, aqui serão apresentados os valores utilizados para cada simulação.

No cenário 1 foram realizadas 9 simulações para um consumo de água de 120l/hab.dia, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva, 20%, 30% e 40%, e 3 diferentes áreas de captação (mencionadas na seção 4.2.2).

No cenário 2 foram realizadas 9 simulações para um consumo de água de 160l/hab.dia, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva, 20%, 30% e 40%, e 3 diferentes áreas de captação (mencionadas na seção 4.2.2).

No cenário 3 foram realizadas 9 simulações para um consumo de água de 200l/hab.dia, tendo como variáveis: 3 percentuais de substituição de água potável por água de chuva, 20%, 30% e 40%, e 3 diferentes áreas de captação (mencionadas na seção 4.2.2).

4.4 Determinação do potencial de economia de água potável e volume do reservatório

Os potenciais de economia de água potável para diferentes volumes de reservatório de armazenamento de água de chuva serão obtidos por meio de simulações realizadas no programa Netuno. Os dados de entrada determinados

anteriormente que serão utilizados no programa são apresentados de forma resumida na Tabela 23.

Tabela 23 - Dados de entrada utilizados no programa Netuno

Dados de entrada utilizados no programa Netuno			
Dados diários de séries pluviométricas	2000 a 2016		
Número de registros de precipitações	5.967		
Descarte inicial (mm)	2		
Área de captação das vias públicas (m ²)	A1 8.152	A2 9.058	A3 9.963
Coefficiente de escoamento superficial do asfalto	0,9		
Número de moradores (hab)	719		
Percentual da demanda total de água potável a ser substituída por água de chuva (%)	20	30	40
Consumo de água (l/hab.dia)	120	160	200
Volume máximo (litros)	10.000.000		
Intervalo entre Volumes (litros)	100.000		

Com os dados da Tabela 23 foi possível realizar 27 simulações, sendo 9 simulações para cada um dos três cenários de consumo diário de água potável, conforme explicado na seção 3.4.

Para facilitar a explicação e visualização dos resultados obtidos nas simulações realizadas, serão apresentadas as Tabelas 24 a 26 e Figuras 16 a 18, as quais mostram os potenciais de economia de água potável em relação ao consumo de água estimado, obtidos para cada volume de reservatório (utilizando intervalos de 1.000.000 litros), e percentuais de substituição de 20%, 30% e 40%. As Tabelas completas geradas pelo programa Netuno, utilizando os intervalos de 100.000 litros, são encontradas no apêndice deste trabalho.

Tabela 24 – Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 120l/hab.dia

CENÁRIO 1 - Consumo de 120 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área de captação(m ²)	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.000.000	19,03	19,16	19,26	26,48	27,04	27,40	30,84	32,25	33,39
2.000.000	19,55	19,56	19,57	27,92	28,29	28,58	33,24	34,61	35,61
3.000.000	19,73	19,75	19,76	28,75	29,06	29,22	34,22	35,71	36,74
4.000.000	19,92	19,93	19,95	29,15	29,31	29,41	34,78	36,34	37,45
5.000.000	20,00	20,00	20,00	29,34	29,49	29,59	35,17	36,94	38,04
6.000.000	20,00	20,00	20,00	29,53	29,68	29,78	35,39	37,50	38,40
7.000.000	20,00	20,00	20,00	29,71	29,87	29,98	35,59	37,90	38,58
8.000.000	20,00	20,00	20,00	29,91	30,00	30,00	35,78	38,15	38,77
9.000.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,96	38,34	38,96
10.000.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,15	38,52	39,14

Figura 15 – Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 24 para as simulações 1 a 9

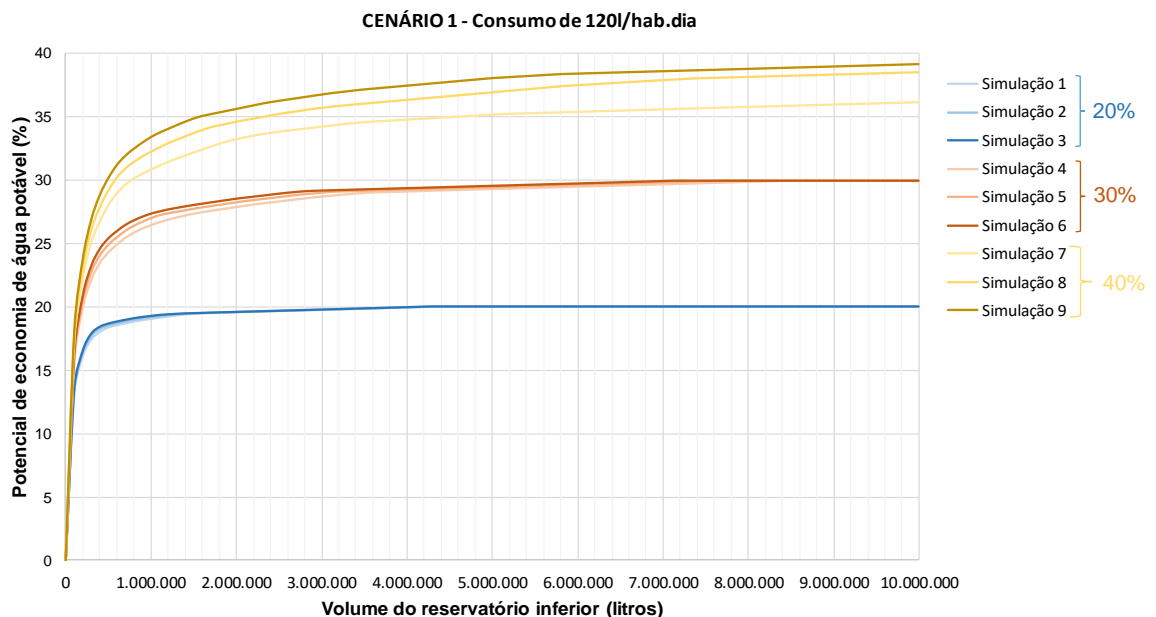


Tabela 25 - Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 160l/hab.dia

CENÁRIO 2 - Consumo de 160 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Área de captação(m ²)	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.000.000	18,24	18,45	18,61	23,13	24,19	25,04	25,31	27,13	28,67
2.000.000	19,03	19,22	19,34	24,93	25,96	26,71	27,00	29,06	30,89
3.000.000	19,47	19,54	19,57	25,66	26,78	27,56	27,61	29,95	32,05
4.000.000	19,61	19,68	19,71	26,08	27,26	28,08	28,01	30,49	32,63
5.000.000	19,75	19,82	19,85	26,38	27,70	28,53	28,17	30,82	33,00
6.000.000	19,89	19,96	19,99	26,54	28,13	28,80	28,17	30,96	33,23
7.000.000	20,00	20,00	20,00	26,69	28,42	28,94	28,17	31,11	33,38
8.000.000	20,00	20,00	20,00	26,83	28,61	29,08	28,17	31,14	33,53
9.000.000	20,00	20,00	20,00	26,97	28,75	29,22	28,17	31,14	33,68
10.000.000	20,00	20,00	20,00	27,11	28,89	29,36	28,17	31,14	33,83

Figura 16 - Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 25 para as simulações 10 a 18

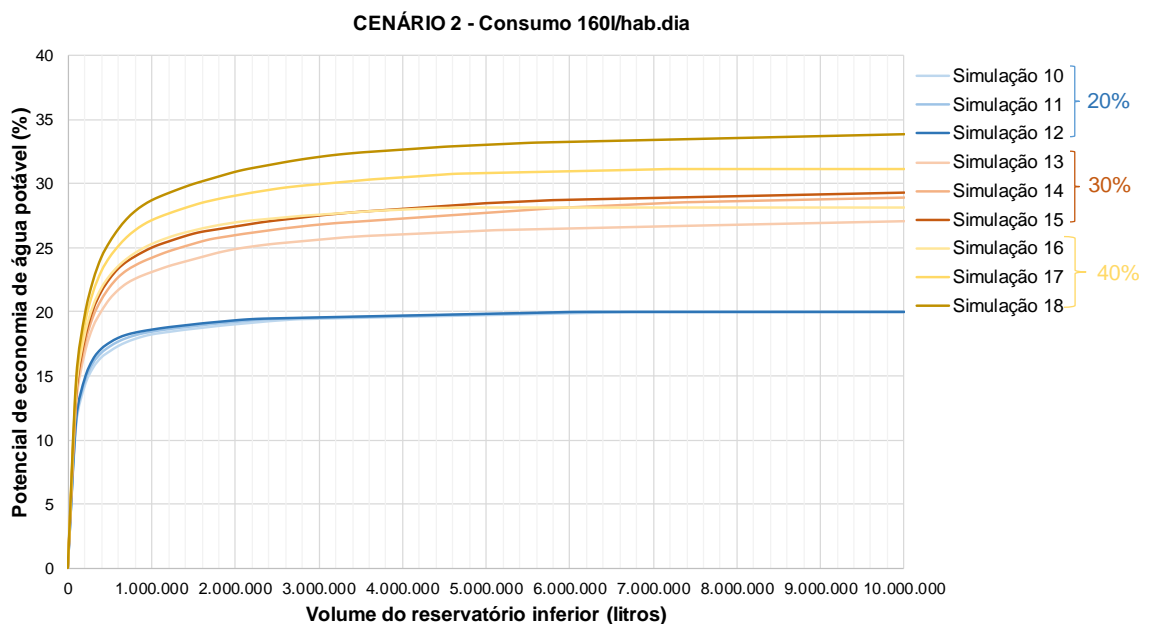
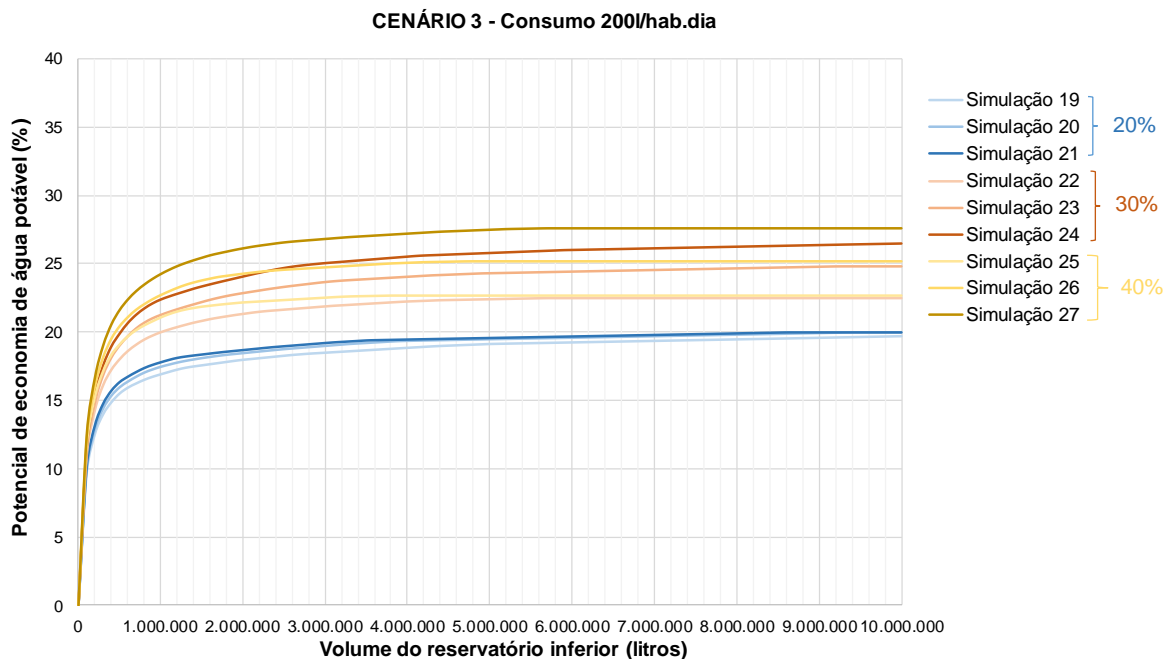


Tabela 26 - Resultados do dimensionamento do reservatório e respectivos potenciais de economia de água potável para o cenário de consumo de 200l/hab.dia

CENÁRIO 3 - Consumo de 200 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
1.000.000	16,91	17,48	17,81	19,97	21,29	22,37	21,06	22,68	24,23
2.000.000	17,98	18,48	18,71	21,31	22,89	24,06	22,16	24,25	26,11
3.000.000	18,50	19,01	19,22	21,86	23,70	25,04	22,51	24,71	26,80
4.000.000	18,85	19,38	19,48	22,22	24,08	25,51	22,66	25,04	27,19
5.000.000	19,13	19,50	19,59	22,38	24,34	25,78	22,66	25,15	27,47
6.000.000	19,25	19,61	19,70	22,47	24,46	26,00	22,66	25,15	27,58
7.000.000	19,36	19,72	19,81	22,47	24,58	26,12	22,66	25,15	27,58
8.000.000	19,47	19,83	19,93	22,47	24,70	26,24	22,66	25,15	27,58
9.000.000	19,59	19,95	20,00	22,47	24,82	26,36	22,66	25,15	27,58
10.000.000	19,71	20,00	20,00	22,47	24,85	26,47	22,66	25,15	27,58

Figura 17- Representação gráfica dos resultados apresentados na Tabela 26 para as simulações 19 a 27



Ao analisar as Tabelas 24 a 26 e Figuras 16 a 18 apresentadas pode-se visualizar que a partir do volume de 1.000.000 litros, o potencial de economia para os percentuais de substituição de 20 %, 30% e 40% em todos os cenários tende a variar menos. Com essa análise é possível concluir que um aumento do volume do reservatório não ocasiona um aumento significativo no percentual de economia.

Como exemplo de que o aumento do volume interfere muito pouco no aumento do potencial de economia, a partir de um certo volume, pode-se observar a simulação 1 realizada para o Cenário 1. Ao utilizar um reservatório de 2.000.000 litros e percentual de substituição de 20%, obtém-se potencial de economia de 19,55%, enquanto que para um reservatório de 1.000.000 litros, considerando o mesmo cenário, o potencial de economia é de 19,03%, ou seja, apenas 0,52% a mais de economia para um incremento de 1.000.000 de litros. Portanto, adotar um reservatório de 2.000.000 litros (ou até mesmo, valores de volume de reservatórios maiores) não seria uma boa escolha. Apesar de ser possível atender quase 100% da demanda de substituição de água potável por água de chuva com esse grande volume de reservatório, o sistema estaria sendo super dimensionado ao adotar esse volume. É válido notar também que uma análise mais detalhada de viabilidade econômica, principalmente para o potencial de economia de 20%, poderia resultar em um reservatório com volume ideal até menor do que 1.000.000 litros.

Como não foi realizada análise econômica para esse estudo, ao observar que a partir do volume de 1.000.000 litros os potenciais de economia tendem a variar menos com o aumento de volume, é válido adotar este volume de reservatório para esse estudo. A Tabela 27 apresenta os potenciais de economia resultantes das simulações para os três cenários ao considerar um reservatório de 1.000.000 litros.

Tabela 27 - Potenciais de economia simulados para volume de reservatório de 1.000.000 litros

Volume 1.000.000 litros	Potencial de economia de água potável (%)								
	20%			30%			40%		
Percentual de substituição									
Consumo diário (l/hab.dia)	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
120	19,03	19,16	19,26	26,48	27,04	27,40	30,84	32,25	33,39
160	18,24	18,45	18,61	23,13	24,19	25,04	25,31	27,13	28,67
200	16,91	17,48	17,81	19,97	21,29	22,37	21,06	22,68	24,23

Os altos percentuais de economia de água potável encontrados devem-se principalmente ao fato de a área de captação ser grande, bem como ao fato de o asfalto possuir um alto coeficiente de escoamento superficial, motivo pelo qual ele não absorve grande parte da água passante.

Na Tabela 27 pode-se observar que para o percentual de 20% de substituição de água potável por água de chuva, os percentuais de potencial de economia variaram de 16,91% a 19,26%, ou seja, para o potencial de 19,26%, conclui-se que há água de chuva suficiente para atender 96,3% da demanda total por este tipo de água.

Para o percentual de 30% de substituição, os percentuais de potencial de economia variaram de 19,97% a 27,40 %, sendo que para o potencial de 27,40%, conclui-se que há água de chuva suficiente para atender 91,33% da demanda total por este tipo de água.

E por fim para o percentual de 40% de substituição, os percentuais de potencial de economia variaram de 21,06% a 33,39%, sendo que para o caso de 33,39%, conclui-se que há água de chuva suficiente para atender 83,47% da demanda total por este tipo de água.

Verificou-se que a economia alcançada no consumo de água potável proporcionada pela instalação de um reservatório subterrâneo apresenta impacto percentual tanto maior quanto menor o consumo de água per capita considerado, fator

que só reafirma a importância da economia de água e a constante conscientização dos consumidores no seu uso adequado.

Portanto, para o exemplo apresentado pode-se concluir que um reservatório de 1.000.000 de litros atenderia a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva na região em estudo.

Conceitualmente, a localização do reservatório deve ser próxima aos pontos mais baixos da bacia de drenagem considerada, de maneira a possibilitar a captação das águas por gravidade. Na região de estudo foi observado que um dos pontos mais baixos se encontra na região próxima à Catedral Metropolitana de Florianópolis, dessa forma, é interessante mencionar que poderia ser instalado um reservatório com 500 m² de área superficial e 2 m de profundidade. Porém, como as ruas adjacentes a Catedral Metropolitana também possuem declividades, é válido considerar inclusive a possibilidade de instalação de reservatórios com volumes menores ao longo do comprimento dessas vias.

5. CONCLUSÃO

5.1 Considerações finais do trabalho

O cenário futuro dos recursos hídricos no Brasil tem se mostrado preocupante devido à crescente desproporção entre demanda e oferta de água gerada pelas crescentes taxas de crescimento populacional e econômico no País. Dado esse cenário, e o fato de que problemas de enchentes também são recorrentes, principalmente na região sul do país, torna-se fundamental o estudo de ações para a gestão dos recursos hídricos com o propósito de aumentar a disponibilidade de água para suprir demandas, bem como prevenir desastres.

Para o controle dessa gestão, é preciso a conscientização da sociedade e a aplicação de medidas sustentáveis. Uma dessas medidas é o aproveitamento de água de chuva que foi o tema apresentado neste estudo.

Este trabalho teve como objetivo simular os potenciais de economia de água potável em edificações multifamiliares por meio do uso de água de chuva captada de vias públicas. O estudo teve foco em uma região no centro de Florianópolis onde se utilizou dados reais de área das vias públicas, população e edificações existentes.

O levantamento de informações para esse estudo consistiu na coleta de dados da área de captação, número de moradores dos 262 apartamentos localizados na região, dados de precipitação em Florianópolis, além da estimativa de consumo per capita e de percentuais de usos finais de água potável para uso em vasos sanitários, tanques, máquinas de lavar roupa e limpeza geral.

A área de estudo contemplou um dos setores censitários do Brasil, e teve como população de estudo os moradores de edificações multifamiliares. O levantamento da população do setor escolhido foi facilitado devido ao repasse das informações levantadas pelo CENSO 2010, caso o levantamento fosse realizado manualmente, o tempo de pesquisa teria sido muito maior e mais trabalhoso.

Após o levantamento de dados, foram criados três cenários para serem simulados no programa Netuno. Cada cenário foi definido por diferentes valores de demanda de água potável: 120, 160 e 200l/hab.dia. Dentro de cada cenário foram variados os percentuais de substituição de água potável por água de chuva (20, 30 e 40%) e as áreas de captação (+10% e -10% da área total levantada). No total foram realizadas vinte e sete simulações.

Ao analisar as curvas dos gráficos (volume de reservatório x potencial de economia de água potável) gerados pelo programa Netuno observou-se que conforme aumenta-se o consumo diário de água potável, menor é a economia.

Percebeu-se também que para valores de reservatórios acima de 1.000.000 litros, os valores dos potenciais de economia começaram a ter variações muito pequenas quando comparados com volumes maiores simulados. Fato que indicou que ao adotar o volume de 1.000.000 litros para todos os cenários, já se conseguiria atingir valores satisfatórios de potenciais de economia de água potável sem super dimensionar o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Ao considerar como ideal, neste caso, o volume de 1.000.000 litros para o reservatório, comparou-se os percentuais de economia obtidos em todas as simulações e chegou-se à conclusão de que quanto menor for o consumo, maiores serão os potenciais de economia. Ou seja, o menor consumo diário (120 l.hab/dia) apresentou o máximo percentual de economia de água potável para o percentual de substituição sugerido. Para o percentual de 20% de substituição de água potável por água de chuva, consegue-se atender até 96,3% da demanda total por este tipo de água, para o percentual de 30% de substituição consegue-se atender até 91,33% e para o percentual de 40% consegue-se atender até 83,47%. Com esse resultado de potencial de economia, percebe-se a importância da economia e do uso racional da água.

No processo de elaboração deste trabalho foi comum encontrar estudos sobre o tema de aproveitamento das águas de chuva por meio da captação de água em superfícies de cobertura, como lajes e telhados, porém poucos estudos relacionados

à captação em vias públicas foram encontrados. Este dado levou a concluir que o trabalho buscou inovar no quesito superfície de captação.

Por fim, os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que a captação de água de chuva em vias públicas pode ser uma alternativa para a economia de água potável em edificações, além de contribuir para a existência de uma drenagem urbana sustentável.

5.2 Limitações e dificuldades do estudo

Ao longo da realização deste trabalho foram encontradas algumas dificuldades, sendo elas:

- Inexistência de plantas atualizadas do sistema de drenagem da área de estudo;
- O IBGE auxiliou fornecendo dados de população e número de apartamentos, porém não forneceu a quantidade de edificações e a população por edificação separadamente. Logo, não foi possível calcular os volumes dos reservatórios superiores, e sim um reservatório inferior único capaz de atender a demanda total das edificações;
- Devido ao pouco tempo de pesquisa, não foi realizada análise da qualidade das águas passantes nas ruas em estudo. Visto que a água pode conter óleo, metais pesados e outras características de contaminação, deve ser realizada esta análise para posterior utilização, mesmo que seja para fins não potáveis.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

É válido sugerir para próximos estudos:

- Análise de viabilidade econômico-financeira da implementação a fim de complementar o estudo sobre potencial de economia de água potável;

- Dimensionamento de sistema de recalque para abastecimento da água coletada em vias urbanas. Análise de perdas de carga devido ao atrito nas tubulações de sucção e recalque da bomba;
- Análise de implantação deste sistema em novas edificações, como seria feita a instalação de tubulação de distribuição;
- Estimar o potencial de economia de água potável em edificações do setor público e comercial;
- Realizar estudo considerando captação de água de chuva em superfícies de calçadas;
- Criar critérios de rateio da água captada de acordo com as edificações. Visto que a água é um bem público, é interessante analisar o critério de divisão da mesma, se seria proporcional ao consumo ou dividida igualmente;
- Realizar análise da qualidade das águas de chuva nas vias urbanas estudadas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos.** São Paulo, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil.** Caderno de Recursos Hídricos. CONEJO, J. G. L. (Coord.), MATOS, B. A. (Coord. Exec.), v. 2, 126 p., 2007.

American Water Works Association - Research Foundation, 2016. **Residential end uses of water, version 2: Executive Report.** Disponível em:<<http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4309A.pdf>> Acesso em Julho de 2016.

ALMEIDA, D. S de.; COSTA, I. T da. **A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana.** Trabalho de conclusão do curso de graduação em ciências ambientais da Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2014.

ANTUNES, L.N. **Potencial de economia de água potável em edificações por meio do aproveitamento de água de chuva captada de vias públicas.** Relatório (Iniciação Científica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

BARRETO, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008

BRASIL. **Lei complementar nº 1,231/2013, de 01 de fevereiro de 2016.** Estabelece alteração no Código de Obras e Edificações de Florianópolis ao determinar que todas as novas edificações comerciais e residenciais com área acima de 200m² construídas no Município deverão ter captação das águas de chuva para reuso de forma obrigatórias. Florianópolis, 2016.

BRASIL. **Lei Complementar nº 060/2000, de 28 de agosto de 2003.** Institui o código de obras e edificações de Florianópolis e dá outras providências. Florianópolis, 2003.

BRASIL. **Programa Drenagem Urbana Sustentável.** Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 23 p. 2006.

CARVALHO, J.L.V de; SILVA, F.S.; **Efeitos das precipitações ocorridas em janeiro de 2016 no município de Barreiras – BA.** IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cruz das Almas, Bahia – 13 a 16 de julho de 2016.

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Relatório Anual 2015.** Florianópolis, 2015. p.26 Disponível em:

http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Relatorios_Anuais/2015.pdf#700

Acesso em outubro de 2016.

CEPED/UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil.** Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: Ceped/UFSC, 2012.

DALSENTER, M. E. V. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC.** Trabalho de conclusão do curso de graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

DETONI, T. L.; DONDONI, P. C.; PADILHA, E. A. **A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, 09 a 11 de outubro de 2007.

FERNANDES, C. **Microdrenagem – Um estudo inicial.** DEC/CCT/UFPB. Campina Grande, 2002, 196p.

FERREIRA, F. A. A. **Referenciais para os níveis de consumo de água sustentáveis em edifícios de habitação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil- Especialização em construções civis) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2012.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 - Manual do Usuário**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2014.

GHISI, E; OLIVEIRA, S. M. de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, Elsevier, 2007.

GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; **Sustentabilidade em Edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. p. 41

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) -Programa de Pós-Graduação em Engenharias da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**, Cap 3. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>Acesso em junho de 2016.

JABUR, A.S.; BENETTI, H.S.; SILIPRANDI, E.M. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis**. VII Congresso Nacional de Excelência em gestão. Rio de Janeiro, RJ, 12 e 13 de Agosto de 2011.

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

KLOSS, C.; CALARUSSE, C. **“Rooftops to rivers: Green strategies for controlling stormwater and combined sewer overflows”**. Natural Resources Defense Council. vi [47]f. 2006.

LEE, KwanTun et al. **Probabilistic design of storage capacity for rainwater cisterna systems**.v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000.

MAMEDE, B.B.; SANTOS, L.B. **Automação em drenagem pluvial e controle de enchentes: aproveitamento das águas nos grandes centros urbanos**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 457-475, 2013.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2 p. 67 - 84, abr. – jun. 2008.

NAKADA, L.Y.K. **Tratamento de água pluvial para fins não potáveis com utilização de amido de milho como coagulante em filtração cíclica em escala de laboratório**. Trabalho de conclusão de curso do curso de graduação em engenharia ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro-SP, 2008.

OLIVEIRA, S. M de. **Aproveitamento da água de chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em palhoça**. Trabalho de conclusão do curso de graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

ORSI, M do. C.V. L.; SARUBO, R.S. **Captação e tratamento de águas pluviais para uso não potável**. Revista Científica da Faculdade de Tecnologia de Tatuí, São Paulo, vol. 2, nº 1, 2010.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E.; TAVARES, D. F.; COELHO, G. M. Potential for electricity savings by reducing potable water consumption in a city scale. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 11, p. 960-965, 2011.

PMF. Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico**. Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/23_02_2011_14.10.48.ef4fafff9080123c24722cf58ca7eb78.pdf> Acesso em julho de 2016.

PROSAB. **Programa de Pesquisa de Saneamento Básico, 2006**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/arquivos_legados/fundos_setoriais/acao_transversal/documentos/Texto_completo_PROSAB.PDF>. Acesso em Julho de 2016.

SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2014**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Básico, Brasília, 2016.

SOUZA, M. C.; SANTOS, D. B.; RIOS, M. L.; SILVA NETO, M. D.; AZEVEDO, D. O.; BATISTA, R. O. Indicadores da qualidade e estimativa de captação de água pluvial em rodovias asfaltadas do Semiárido Baiano. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.71-80, set./dez. 2012.

TEXAS RAINWATER HARVESTING EVALUATION COMMITTEE. **Rainwater harvesting potential and guidelines for Texas**. Austin, 2006. Disponível em: <<http://www.twdb.texas.gov/innovativewater/rainwater/doc/RainwaterCommitteeFinalReport.pdf>>. Acesso em Setembro de 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2010

TUCCI, C. E. M. **Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.5, n.1, p.61-68, jan/mar. 2000

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2015**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>> Acesso em Abril de 2016.

UNITED KINGDOM ENVIRONMENT AGENCY. **Harvesting Rainwater for Domestic Uses: an information guide**. Bristol, 2010. Disponível em: <<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328084622/http://cdn.environment-agency.gov.uk/geho1110bten-e-e.pdf>>. Acesso em Setembro de 2016.

VIEIRA, A.S. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.Florianópolis,2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Cenário de estudo 1

CENÁRIO 1 - Consumo de 120 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100.000	13,14	13,38	13,57	15,63	15,99	16,30	17,20	17,67	18,08
200.000	16,10	16,34	16,52	19,99	20,50	20,91	22,30	23,10	23,75
300.000	17,39	17,67	17,87	22,17	22,77	23,28	25,11	26,10	26,89
400.000	18,00	18,23	18,41	23,51	24,12	24,62	26,75	27,89	28,82
500.000	18,34	18,51	18,66	24,34	24,94	25,45	28,04	29,21	30,16
600.000	18,53	18,67	18,82	24,95	25,52	26,02	28,95	30,21	31,19
700.000	18,68	18,83	18,96	25,49	26,05	26,51	29,64	30,93	31,92
800.000	18,82	18,96	19,08	25,89	26,44	26,87	30,13	31,45	32,47
900.000	18,93	19,06	19,18	26,22	26,76	27,16	30,51	31,89	32,96
1.000.000	19,03	19,16	19,26	26,48	27,04	27,40	30,84	32,25	33,39
1.100.000	19,13	19,24	19,34	26,72	27,27	27,57	31,15	32,60	33,74
1.200.000	19,21	19,32	19,38	26,92	27,42	27,73	31,45	32,92	34,03
1.300.000	19,29	19,38	19,42	27,10	27,54	27,85	31,70	33,19	34,33
1.400.000	19,37	19,42	19,46	27,25	27,66	27,97	31,94	33,46	34,60
1.500.000	19,42	19,46	19,48	27,39	27,78	28,08	32,17	33,71	34,85
1.600.000	19,46	19,48	19,50	27,51	27,89	28,18	32,41	33,96	35,05
1.700.000	19,49	19,50	19,52	27,62	27,99	28,28	32,65	34,18	35,20
1.800.000	19,51	19,52	19,54	27,72	28,09	28,38	32,87	34,34	35,33
1.900.000	19,53	19,54	19,56	27,82	28,19	28,48	33,07	34,47	35,47
2.000.000	19,55	19,56	19,57	27,92	28,29	28,58	33,24	34,61	35,61
2.100.000	19,57	19,58	19,59	28,02	28,39	28,66	33,38	34,75	35,75
2.200.000	19,58	19,60	19,61	28,12	28,47	28,74	33,51	34,87	35,89
2.300.000	19,60	19,62	19,63	28,20	28,55	28,82	33,62	34,99	36,03
2.400.000	19,62	19,64	19,65	28,28	28,63	28,90	33,73	35,10	36,14
2.500.000	19,64	19,65	19,67	28,36	28,71	28,97	33,82	35,22	36,25
2.600.000	19,66	19,67	19,69	28,44	28,79	29,05	33,90	35,33	36,35
2.700.000	19,68	19,69	19,70	28,52	28,87	29,11	33,98	35,43	36,45
2.800.000	19,70	19,71	19,72	28,60	28,94	29,17	34,06	35,53	36,55
2.900.000	19,71	19,73	19,74	28,68	29,00	29,20	34,14	35,63	36,65
3.000.000	19,73	19,75	19,76	28,75	29,06	29,22	34,22	35,71	36,74
3.100.000	19,75	19,77	19,78	28,81	29,12	29,24	34,30	35,79	36,84
3.200.000	19,77	19,78	19,80	28,87	29,15	29,26	34,38	35,87	36,92
3.300.000	19,79	19,80	19,82	28,93	29,17	29,28	34,45	35,92	37,00

CENÁRIO 1 - Consumo de 120 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
3.400.000	19,81	19,82	19,83	28,99	29,19	29,30	34,51	35,98	37,08
3.500.000	19,83	19,84	19,85	29,04	29,21	29,32	34,57	36,04	37,15
3.600.000	19,84	19,86	19,87	29,07	29,23	29,33	34,62	36,10	37,21
3.700.000	19,86	19,88	19,89	29,09	29,25	29,35	34,66	36,16	37,27
3.800.000	19,88	19,90	19,91	29,11	29,27	29,37	34,70	36,22	37,33
3.900.000	19,90	19,91	19,93	29,13	29,29	29,39	34,74	36,28	37,39
4.000.000	19,92	19,93	19,95	29,15	29,31	29,41	34,78	36,34	37,45
4.100.000	19,94	19,95	19,97	29,17	29,32	29,43	34,81	36,40	37,50
4.200.000	19,96	19,97	19,99	29,19	29,34	29,45	34,85	36,46	37,56
4.300.000	19,98	19,99	20,00	29,21	29,36	29,46	34,89	36,52	37,62
4.400.000	20,00	20,00	20,00	29,23	29,38	29,48	34,93	36,58	37,68
4.500.000	20,00	20,00	20,00	29,25	29,40	29,50	34,97	36,64	37,74
4.600.000	20,00	20,00	20,00	29,27	29,42	29,52	35,01	36,70	37,80
4.700.000	20,00	20,00	20,00	29,28	29,44	29,54	35,05	36,76	37,86
4.800.000	20,00	20,00	20,00	29,30	29,45	29,56	35,09	36,82	37,92
4.900.000	20,00	20,00	20,00	29,32	29,47	29,58	35,13	36,88	37,98
5.000.000	20,00	20,00	20,00	29,34	29,49	29,59	35,17	36,94	38,04
5.100.000	20,00	20,00	20,00	29,36	29,51	29,61	35,21	37,00	38,08
5.200.000	20,00	20,00	20,00	29,38	29,53	29,63	35,23	37,06	38,12
5.300.000	20,00	20,00	20,00	29,40	29,55	29,65	35,25	37,11	38,16
5.400.000	20,00	20,00	20,00	29,41	29,57	29,67	35,27	37,17	38,20
5.500.000	20,00	20,00	20,00	29,43	29,58	29,69	35,29	37,23	38,24
5.600.000	20,00	20,00	20,00	29,45	29,60	29,71	35,31	37,29	38,28
5.700.000	20,00	20,00	20,00	29,47	29,62	29,73	35,33	37,35	38,32
5.800.000	20,00	20,00	20,00	29,49	29,64	29,74	35,35	37,41	38,36
5.900.000	20,00	20,00	20,00	29,51	29,66	29,76	35,37	37,46	38,38
6.000.000	20,00	20,00	20,00	29,53	29,68	29,78	35,39	37,50	38,40
6.100.000	20,00	20,00	20,00	29,54	29,70	29,80	35,41	37,54	38,42
6.200.000	20,00	20,00	20,00	29,56	29,71	29,82	35,43	37,58	38,44
6.300.000	20,00	20,00	20,00	29,58	29,73	29,84	35,45	37,62	38,45
6.400.000	20,00	20,00	20,00	29,60	29,75	29,86	35,47	37,66	38,47
6.500.000	20,00	20,00	20,00	29,62	29,77	29,88	35,49	37,70	38,49
6.600.000	20,00	20,00	20,00	29,64	29,79	29,90	35,51	37,74	38,51
6.700.000	20,00	20,00	20,00	29,66	29,81	29,92	35,53	37,78	38,53
6.800.000	20,00	20,00	20,00	29,67	29,83	29,94	35,55	37,82	38,55
6.900.000	20,00	20,00	20,00	29,69	29,85	29,96	35,57	37,86	38,57
7.000.000	20,00	20,00	20,00	29,71	29,87	29,98	35,59	37,90	38,58

CENÁRIO 1 - Consumo de 120 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
7.100.000	20,00	20,00	20,00	29,73	29,89	30,00	35,61	37,93	38,60
7.200.000	20,00	20,00	20,00	29,75	29,91	30,00	35,63	37,97	38,62
7.300.000	20,00	20,00	20,00	29,77	29,93	30,00	35,65	38,01	38,64
7.400.000	20,00	20,00	20,00	29,79	29,95	30,00	35,67	38,04	38,66
7.500.000	20,00	20,00	20,00	29,81	29,97	30,00	35,68	38,06	38,68
7.600.000	20,00	20,00	20,00	29,83	29,98	30,00	35,70	38,08	38,70
7.700.000	20,00	20,00	20,00	29,85	30,00	30,00	35,72	38,10	38,71
7.800.000	20,00	20,00	20,00	29,87	30,00	30,00	35,74	38,12	38,73
7.900.000	20,00	20,00	20,00	29,89	30,00	30,00	35,76	38,13	38,75
8.000.000	20,00	20,00	20,00	29,91	30,00	30,00	35,78	38,15	38,77
8.100.000	20,00	20,00	20,00	29,93	30,00	30,00	35,80	38,17	38,79
8.200.000	20,00	20,00	20,00	29,95	30,00	30,00	35,81	38,19	38,81
8.300.000	20,00	20,00	20,00	29,97	30,00	30,00	35,83	38,21	38,83
8.400.000	20,00	20,00	20,00	29,99	30,00	30,00	35,85	38,23	38,84
8.500.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,87	38,24	38,86
8.600.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,89	38,26	38,88
8.700.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,91	38,28	38,90
8.800.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,93	38,30	38,92
8.900.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,94	38,32	38,94
9.000.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,96	38,34	38,96
9.100.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	35,98	38,36	38,98
9.200.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,00	38,38	38,99
9.300.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,02	38,39	39,01
9.400.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,04	38,41	39,03
9.500.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,06	38,43	39,05
9.600.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,07	38,45	39,07
9.700.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,09	38,47	39,09
9.800.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,11	38,49	39,11
9.900.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,13	38,51	39,12
10.000.000	20,00	20,00	20,00	30,00	30,00	30,00	36,15	38,52	39,14

APÊNDICE B

Cenário de estudo 2

CENÁRIO 2 - Consumo de 160 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
100.000	11,20	11,43	11,64	12,90	13,25	13,56	13,91	14,35	14,75
200.000	14,17	14,49	14,74	16,72	17,33	17,81	18,15	18,95	19,63
300.000	15,61	15,99	16,30	18,83	19,57	20,17	20,45	21,48	22,37
400.000	16,44	16,80	17,12	20,06	20,92	21,62	21,87	23,15	24,22
500.000	16,92	17,29	17,60	21,03	21,91	22,62	22,84	24,26	25,43
600.000	17,32	17,68	17,96	21,72	22,66	23,39	23,57	25,09	26,39
700.000	17,64	17,95	18,21	22,23	23,20	23,94	24,14	25,79	27,19
800.000	17,88	18,17	18,38	22,60	23,59	24,35	24,61	26,34	27,81
900.000	18,08	18,33	18,51	22,88	23,92	24,72	24,99	26,78	28,29
1.000.000	18,24	18,45	18,61	23,13	24,19	25,04	25,31	27,13	28,67
1.100.000	18,34	18,56	18,71	23,36	24,45	25,30	25,58	27,41	28,97
1.200.000	18,43	18,65	18,80	23,59	24,69	25,53	25,82	27,65	29,23
1.300.000	18,52	18,73	18,88	23,78	24,90	25,75	26,03	27,88	29,48
1.400.000	18,61	18,81	18,95	23,95	25,09	25,95	26,21	28,10	29,72
1.500.000	18,68	18,88	19,03	24,13	25,29	26,14	26,37	28,30	29,94
1.600.000	18,76	18,96	19,10	24,31	25,47	26,29	26,53	28,50	30,14
1.700.000	18,83	19,03	19,16	24,48	25,64	26,40	26,66	28,65	30,33
1.800.000	18,90	19,10	19,22	24,65	25,75	26,50	26,79	28,80	30,52
1.900.000	18,97	19,16	19,28	24,80	25,86	26,60	26,90	28,94	30,71
2.000.000	19,03	19,22	19,34	24,93	25,96	26,71	27,00	29,06	30,89
2.100.000	19,09	19,28	19,40	25,03	26,06	26,81	27,09	29,17	31,05
2.200.000	19,15	19,34	19,44	25,13	26,15	26,92	27,16	29,29	31,18
2.300.000	19,21	19,39	19,47	25,22	26,24	27,02	27,22	29,40	31,30
2.400.000	19,27	19,43	19,48	25,30	26,33	27,11	27,28	29,50	31,42
2.500.000	19,32	19,46	19,50	25,37	26,42	27,19	27,34	29,60	31,54
2.600.000	19,36	19,48	19,51	25,43	26,50	27,26	27,40	29,69	31,65
2.700.000	19,41	19,49	19,53	25,49	26,57	27,34	27,46	29,77	31,76
2.800.000	19,44	19,51	19,54	25,55	26,65	27,41	27,52	29,83	31,87
2.900.000	19,45	19,52	19,56	25,61	26,72	27,48	27,56	29,89	31,96
3.000.000	19,47	19,54	19,57	25,66	26,78	27,56	27,61	29,95	32,05
3.100.000	19,48	19,55	19,59	25,72	26,84	27,63	27,65	30,01	32,14
3.200.000	19,50	19,57	19,60	25,78	26,90	27,69	27,70	30,07	32,22
3.300.000	19,51	19,58	19,61	25,84	26,94	27,75	27,74	30,13	32,28

CENÁRIO 2 - Consumo de 160 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
3.400.000	19,53	19,59	19,63	25,89	26,99	27,81	27,79	30,19	32,34
3.500.000	19,54	19,61	19,64	25,93	27,03	27,86	27,83	30,25	32,40
3.600.000	19,55	19,62	19,65	25,97	27,08	27,91	27,88	30,31	32,45
3.700.000	19,57	19,64	19,67	26,00	27,12	27,95	27,92	30,36	32,49
3.800.000	19,58	19,65	19,68	26,02	27,17	27,99	27,95	30,40	32,54
3.900.000	19,60	19,66	19,70	26,05	27,21	28,04	27,98	30,44	32,58
4.000.000	19,61	19,68	19,71	26,08	27,26	28,08	28,01	30,49	32,63
4.100.000	19,62	19,69	19,72	26,11	27,30	28,13	28,04	30,53	32,67
4.200.000	19,64	19,70	19,74	26,14	27,34	28,17	28,07	30,58	32,71
4.300.000	19,65	19,72	19,75	26,17	27,39	28,22	28,10	30,62	32,76
4.400.000	19,66	19,73	19,77	26,20	27,43	28,26	28,12	30,67	32,80
4.500.000	19,68	19,75	19,78	26,23	27,48	28,31	28,14	30,71	32,85
4.600.000	19,69	19,76	19,79	26,26	27,52	28,35	28,15	30,76	32,88
4.700.000	19,71	19,77	19,81	26,29	27,57	28,40	28,16	30,78	32,91
4.800.000	19,72	19,79	19,82	26,32	27,61	28,44	28,17	30,79	32,94
4.900.000	19,73	19,80	19,84	26,35	27,66	28,49	28,17	30,81	32,97
5.000.000	19,75	19,82	19,85	26,38	27,70	28,53	28,17	30,82	33,00
5.100.000	19,76	19,83	19,86	26,41	27,75	28,56	28,17	30,84	33,03
5.200.000	19,78	19,84	19,88	26,42	27,79	28,59	28,17	30,85	33,06
5.300.000	19,79	19,86	19,89	26,44	27,84	28,62	28,17	30,87	33,09
5.400.000	19,80	19,87	19,91	26,45	27,88	28,65	28,17	30,88	33,12
5.500.000	19,82	19,89	19,92	26,47	27,93	28,68	28,17	30,89	33,15
5.600.000	19,83	19,90	19,94	26,48	27,97	28,71	28,17	30,91	33,17
5.700.000	19,85	19,92	19,95	26,50	28,01	28,74	28,17	30,92	33,19
5.800.000	19,86	19,93	19,96	26,51	28,06	28,77	28,17	30,94	33,20
5.900.000	19,87	19,94	19,98	26,53	28,10	28,78	28,17	30,95	33,22
6.000.000	19,89	19,96	19,99	26,54	28,13	28,80	28,17	30,96	33,23
6.100.000	19,90	19,97	20,00	26,56	28,16	28,81	28,17	30,98	33,25
6.200.000	19,92	19,99	20,00	26,57	28,19	28,83	28,17	30,99	33,26
6.300.000	19,93	20,00	20,00	26,59	28,22	28,84	28,17	31,01	33,28
6.400.000	19,95	20,00	20,00	26,60	28,25	28,85	28,17	31,02	33,29
6.500.000	19,96	20,00	20,00	26,62	28,28	28,87	28,17	31,03	33,31
6.600.000	19,98	20,00	20,00	26,63	28,31	28,88	28,17	31,05	33,32
6.700.000	19,99	20,00	20,00	26,65	28,34	28,90	28,17	31,06	33,34
6.800.000	20,00	20,00	20,00	26,66	28,36	28,91	28,17	31,08	33,35
6.900.000	20,00	20,00	20,00	26,68	28,39	28,92	28,17	31,09	33,37
7.000.000	20,00	20,00	20,00	26,69	28,42	28,94	28,17	31,11	33,38

CENÁRIO 2 - Consumo de 160 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
7.100.000	20,00	20,00	20,00	26,71	28,45	28,95	28,17	31,12	33,40
7.200.000	20,00	20,00	20,00	26,72	28,48	28,97	28,17	31,14	33,41
7.300.000	20,00	20,00	20,00	26,74	28,51	28,98	28,17	31,14	33,43
7.400.000	20,00	20,00	20,00	26,75	28,53	28,99	28,17	31,14	33,44
7.500.000	20,00	20,00	20,00	26,76	28,54	29,01	28,17	31,14	33,46
7.600.000	20,00	20,00	20,00	26,78	28,56	29,02	28,17	31,14	33,47
7.700.000	20,00	20,00	20,00	26,79	28,57	29,04	28,17	31,14	33,49
7.800.000	20,00	20,00	20,00	26,81	28,59	29,05	28,17	31,14	33,50
7.900.000	20,00	20,00	20,00	26,82	28,60	29,06	28,17	31,14	33,52
8.000.000	20,00	20,00	20,00	26,83	28,61	29,08	28,17	31,14	33,53
8.100.000	20,00	20,00	20,00	26,85	28,63	29,09	28,17	31,14	33,54
8.200.000	20,00	20,00	20,00	26,86	28,64	29,11	28,17	31,14	33,56
8.300.000	20,00	20,00	20,00	26,88	28,66	29,12	28,17	31,14	33,57
8.400.000	20,00	20,00	20,00	26,89	28,67	29,13	28,17	31,14	33,59
8.500.000	20,00	20,00	20,00	26,90	28,68	29,15	28,17	31,14	33,60
8.600.000	20,00	20,00	20,00	26,92	28,70	29,16	28,17	31,14	33,62
8.700.000	20,00	20,00	20,00	26,93	28,71	29,18	28,17	31,14	33,63
8.800.000	20,00	20,00	20,00	26,94	28,73	29,19	28,17	31,14	33,65
8.900.000	20,00	20,00	20,00	26,96	28,74	29,20	28,17	31,14	33,66
9.000.000	20,00	20,00	20,00	26,97	28,75	29,22	28,17	31,14	33,68
9.100.000	20,00	20,00	20,00	26,99	28,77	29,23	28,17	31,14	33,69
9.200.000	20,00	20,00	20,00	27,00	28,78	29,25	28,17	31,14	33,71
9.300.000	20,00	20,00	20,00	27,01	28,80	29,26	28,17	31,14	33,72
9.400.000	20,00	20,00	20,00	27,03	28,81	29,27	28,17	31,14	33,74
9.500.000	20,00	20,00	20,00	27,04	28,82	29,29	28,17	31,14	33,75
9.600.000	20,00	20,00	20,00	27,06	28,84	29,30	28,17	31,14	33,77
9.700.000	20,00	20,00	20,00	27,07	28,85	29,32	28,17	31,14	33,78
9.800.000	20,00	20,00	20,00	27,08	28,87	29,33	28,17	31,14	33,80
9.900.000	20,00	20,00	20,00	27,10	28,88	29,34	28,17	31,14	33,81
10.000.000	20,00	20,00	20,00	27,11	28,89	29,36	28,17	31,14	33,83

APÊNDICE C

Cenário de estudo 3

CENÁRIO 3 - Consumo de 200 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
100.000	9,73	9,97	10,17	10,95	11,29	11,59	11,67	12,09	12,45
200.000	12,55	12,91	13,20	14,29	14,88	15,39	15,25	16,00	16,66
300.000	13,99	14,43	14,78	16,11	16,88	17,55	17,14	18,14	19,00
400.000	14,87	15,36	15,73	17,23	18,17	18,95	18,33	19,50	20,55
500.000	15,51	15,98	16,36	18,00	19,05	19,88	19,08	20,41	21,60
600.000	15,94	16,39	16,75	18,60	19,73	20,66	19,68	21,07	22,37
700.000	16,24	16,75	17,09	19,06	20,30	21,25	20,13	21,61	22,98
800.000	16,51	17,05	17,39	19,44	20,72	21,72	20,48	22,02	23,46
900.000	16,73	17,28	17,62	19,73	21,04	22,09	20,78	22,38	23,88
1.000.000	16,91	17,48	17,81	19,97	21,29	22,37	21,06	22,68	24,23
1.100.000	17,09	17,64	17,99	20,17	21,50	22,59	21,30	22,96	24,54
1.200.000	17,26	17,79	18,13	20,35	21,70	22,79	21,49	23,21	24,81
1.300.000	17,39	17,91	18,23	20,51	21,89	22,98	21,64	23,43	25,04
1.400.000	17,49	18,02	18,31	20,67	22,06	23,17	21,75	23,60	25,24
1.500.000	17,57	18,12	18,38	20,80	22,23	23,33	21,85	23,76	25,42
1.600.000	17,66	18,20	18,45	20,93	22,40	23,48	21,92	23,89	25,60
1.700.000	17,74	18,29	18,52	21,04	22,54	23,63	21,99	24,01	25,74
1.800.000	17,82	18,36	18,59	21,13	22,67	23,77	22,05	24,09	25,87
1.900.000	17,91	18,42	18,65	21,23	22,78	23,91	22,10	24,17	26,00
2.000.000	17,98	18,48	18,71	21,31	22,89	24,06	22,16	24,25	26,11
2.100.000	18,04	18,54	18,76	21,39	22,98	24,20	22,19	24,32	26,22
2.200.000	18,10	18,60	18,82	21,47	23,08	24,33	22,23	24,39	26,31
2.300.000	18,16	18,66	18,88	21,53	23,17	24,46	22,26	24,44	26,39
2.400.000	18,22	18,72	18,94	21,57	23,26	24,58	22,30	24,49	26,47
2.500.000	18,27	18,77	18,99	21,62	23,34	24,68	22,33	24,54	26,55
2.600.000	18,33	18,82	19,03	21,67	23,42	24,78	22,37	24,57	26,60
2.700.000	18,38	18,87	19,08	21,72	23,49	24,85	22,40	24,61	26,66
2.800.000	18,43	18,92	19,13	21,77	23,56	24,92	22,44	24,64	26,70
2.900.000	18,46	18,96	19,18	21,81	23,63	24,98	22,47	24,68	26,75
3.000.000	18,50	19,01	19,22	21,86	23,70	25,04	22,51	24,71	26,80
3.100.000	18,53	19,06	19,27	21,91	23,75	25,08	22,54	24,75	26,85
3.200.000	18,57	19,11	19,30	21,94	23,80	25,13	22,57	24,78	26,89
3.300.000	18,60	19,15	19,34	21,98	23,84	25,18	22,60	24,82	26,94

CENÁRIO 3 - Consumo de 200 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
3.400.000	18,64	19,19	19,38	22,01	23,87	25,23	22,61	24,86	26,97
3.500.000	18,68	19,23	19,41	22,05	23,91	25,27	22,62	24,89	27,01
3.600.000	18,71	19,26	19,43	22,08	23,94	25,32	22,63	24,93	27,04
3.700.000	18,75	19,30	19,44	22,12	23,98	25,37	22,65	24,96	27,08
3.800.000	18,78	19,33	19,45	22,15	24,01	25,42	22,66	25,00	27,12
3.900.000	18,82	19,36	19,47	22,19	24,05	25,46	22,66	25,02	27,15
4.000.000	18,85	19,38	19,48	22,22	24,08	25,51	22,66	25,04	27,19
4.100.000	18,89	19,39	19,49	22,24	24,12	25,56	22,66	25,07	27,22
4.200.000	18,93	19,40	19,50	22,27	24,15	25,59	22,66	25,09	27,26
4.300.000	18,96	19,42	19,51	22,29	24,19	25,62	22,66	25,10	27,29
4.400.000	18,99	19,43	19,52	22,31	24,21	25,64	22,66	25,11	27,33
4.500.000	19,02	19,44	19,53	22,32	24,24	25,66	22,66	25,13	27,35
4.600.000	19,04	19,45	19,55	22,34	24,26	25,68	22,66	25,14	27,38
4.700.000	19,06	19,46	19,56	22,35	24,28	25,71	22,66	25,15	27,40
4.800.000	19,09	19,48	19,57	22,36	24,31	25,73	22,66	25,15	27,42
4.900.000	19,11	19,49	19,58	22,37	24,33	25,75	22,66	25,15	27,45
5.000.000	19,13	19,50	19,59	22,38	24,34	25,78	22,66	25,15	27,47
5.100.000	19,15	19,51	19,60	22,40	24,35	25,80	22,66	25,15	27,50
5.200.000	19,16	19,52	19,61	22,41	24,37	25,82	22,66	25,15	27,52
5.300.000	19,17	19,53	19,62	22,42	24,38	25,85	22,66	25,15	27,53
5.400.000	19,18	19,54	19,64	22,43	24,39	25,87	22,66	25,15	27,54
5.500.000	19,19	19,55	19,65	22,44	24,40	25,89	22,66	25,15	27,56
5.600.000	19,21	19,57	19,66	22,46	24,41	25,92	22,66	25,15	27,57
5.700.000	19,22	19,58	19,67	22,47	24,43	25,94	22,66	25,15	27,58
5.800.000	19,23	19,59	19,68	22,47	24,44	25,96	22,66	25,15	27,58
5.900.000	19,24	19,60	19,69	22,47	24,45	25,99	22,66	25,15	27,58
6.000.000	19,25	19,61	19,70	22,47	24,46	26,00	22,66	25,15	27,58
6.100.000	19,26	19,62	19,71	22,47	24,47	26,01	22,66	25,15	27,58
6.200.000	19,27	19,63	19,72	22,47	24,49	26,02	22,66	25,15	27,58
6.300.000	19,28	19,64	19,74	22,47	24,50	26,03	22,66	25,15	27,58
6.400.000	19,29	19,65	19,75	22,47	24,51	26,05	22,66	25,15	27,58
6.500.000	19,31	19,67	19,76	22,47	24,52	26,06	22,66	25,15	27,58
6.600.000	19,32	19,68	19,77	22,47	24,53	26,07	22,66	25,15	27,58
6.700.000	19,33	19,69	19,78	22,47	24,55	26,08	22,66	25,15	27,58
6.800.000	19,34	19,70	19,79	22,47	24,56	26,09	22,66	25,15	27,58
6.900.000	19,35	19,71	19,80	22,47	24,57	26,11	22,66	25,15	27,58
7.000.000	19,36	19,72	19,81	22,47	24,58	26,12	22,66	25,15	27,58

CENÁRIO 3 - Consumo de 200 l/hab.dia									
Percentual de substituição	20%			30%			40%		
Simulação	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Área de captação	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Volume do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)			Potencial de economia de água potável (%)		
7.100.000	19,37	19,73	19,83	22,47	24,59	26,13	22,66	25,15	27,58
7.200.000	19,38	19,74	19,84	22,47	24,60	26,14	22,66	25,15	27,58
7.300.000	19,39	19,75	19,85	22,47	24,62	26,15	22,66	25,15	27,58
7.400.000	19,41	19,77	19,86	22,47	24,63	26,17	22,66	25,15	27,58
7.500.000	19,42	19,78	19,87	22,47	24,64	26,18	22,66	25,15	27,58
7.600.000	19,43	19,79	19,88	22,47	24,65	26,19	22,66	25,15	27,58
7.700.000	19,44	19,80	19,89	22,47	24,66	26,20	22,66	25,15	27,58
7.800.000	19,45	19,81	19,90	22,47	24,68	26,21	22,66	25,15	27,58
7.900.000	19,46	19,82	19,92	22,47	24,69	26,23	22,66	25,15	27,58
8.000.000	19,47	19,83	19,93	22,47	24,70	26,24	22,66	25,15	27,58
8.100.000	19,48	19,84	19,94	22,47	24,71	26,25	22,66	25,15	27,58
8.200.000	19,50	19,86	19,95	22,47	24,72	26,26	22,66	25,15	27,58
8.300.000	19,51	19,87	19,96	22,47	24,74	26,27	22,66	25,15	27,58
8.400.000	19,52	19,88	19,98	22,47	24,75	26,28	22,66	25,15	27,58
8.500.000	19,53	19,89	19,99	22,47	24,76	26,30	22,66	25,15	27,58
8.600.000	19,54	19,90	20,00	22,47	24,77	26,31	22,66	25,15	27,58
8.700.000	19,55	19,92	20,00	22,47	24,78	26,32	22,66	25,15	27,58
8.800.000	19,56	19,93	20,00	22,47	24,80	26,33	22,66	25,15	27,58
8.900.000	19,58	19,94	20,00	22,47	24,81	26,34	22,66	25,15	27,58
9.000.000	19,59	19,95	20,00	22,47	24,82	26,36	22,66	25,15	27,58
9.100.000	19,60	19,96	20,00	22,47	24,83	26,37	22,66	25,15	27,58
9.200.000	19,61	19,97	20,00	22,47	24,84	26,38	22,66	25,15	27,58
9.300.000	19,62	19,99	20,00	22,47	24,85	26,39	22,66	25,15	27,58
9.400.000	19,63	20,00	20,00	22,47	24,85	26,40	22,66	25,15	27,58
9.500.000	19,65	20,00	20,00	22,47	24,85	26,41	22,66	25,15	27,58
9.600.000	19,66	20,00	20,00	22,47	24,85	26,43	22,66	25,15	27,58
9.700.000	19,67	20,00	20,00	22,47	24,85	26,44	22,66	25,15	27,58
9.800.000	19,68	20,00	20,00	22,47	24,85	26,45	22,66	25,15	27,58
9.900.000	19,69	20,00	20,00	22,47	24,85	26,46	22,66	25,15	27,58
10.000.000	19,71	20,00	20,00	22,47	24,85	26,47	22,66	25,15	27,58