UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA EM SÃO MIGUEL DO OESTE – SC

FELIPE MARTINI

Florianópolis, novembro de 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA EM SÃO MIGUEL DO OESTE – SC

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Enedir Ghisi, PhD

FELIPE MARTINI

Florianópolis 2009

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO USO DE ÁGUA DE CHUVA EM SÃO MIGUEL DO OESTE – SC

FELIPE MARTINI

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

_____
Profª. Lia Caetano Bastos
Coordenadora do TCC (UFSC)

Banca Examinadora:

_____
Prof. Enedir Ghisi, PhD
Orientador (UFSC)

_____
Engenheira Ana Kelly Marinoski
Mestranda (UFSC)

_____
Arquiteta Cláudia Donald Pereira, M.Eng.
Doutoranda (UFSC)

RESUMO

A água potável tem sido motivo de estudos em diversos países por estar escassa em diversos lugares no mudo, pois ela é um bem necessário à sobrevivência de todos os seres vivos. Para minimizar este problema, têm sido implantados sistemas de aproveitamento de água pluvial em diversas tipologias de edificações, porém nem sempre o dimensionamento do reservatório é feito adequadamente. O objetivo principal deste trabalho é determinar o potencial de economia de água potável através da utilização de água de chuva em diversas residências fictícias em São Miguel do Oeste – SC, através do Método Computacional, utilizando o programa NETUNO, e comparar os resultados com outros dois Métodos, prescritos em norma, o Método Azevedo Neto (Método Prático Brasileiro) e o Método Prático Inglês. O dimensionamento foi feito para a cidade de São Miguel do Oeste – SC, com dados de precipitação do ano de 2002. Para a introdução de dados no Método Computacional, foram feitas diversas combinações de variáveis necessárias para alimentar o programa, como área de telhado, número de moradores, demanda de água potável e demanda de água pluvial. Para achar o volume ideal, os reservatórios foram variados em intervalos de 500 litros, e o volume considerado ideal foi aquele no qual o potencial de economia aumentava 0,5% ou menos quando se aumentava o volume do reservatório em 500 litros. Feitas as simulações, os valores encontrados variaram de 2000 litros até 6500 litros para o Método computacional. No Método Prático Brasileiro o menor volume encontrado foi de 19228 litros, e o maior foi de 96138 litros, já para o Método Prático Inglês, o menor volume encontrado foi de 5723 litros e o maior foi de 28613 litros, valores muito acima dos encontrados pelo Método Computacional, cerca de 14 vezes acima para o Método Brasileiro e 4 vezes para o Método Inglês. Também foi feita uma análise econômica da instalação e utilização do sistema. Foram analisadas todas as 108 combinações, onde 11 foram consideradas economicamente viáveis, apresentando um período de retorno abaixo dos seis anos. Com isto fica visível que cada projeto tem suas peculiaridades, devendo ser feita a análise para cada caso, pois os valores encontrados para os volumes de reservatórios, períodos de retorno e custos podem ser muito diferentes, tornando o caso inviável.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Enedir Ghisi, pela orientação, atenção, e paciência neste período de estudo.

A todos os professores que fizeram parte da minha vida estudantil, pelo ensinamento que me foi passado.

Aos meus pais Olívio José Martini e Divane Terezinha Filippi Martini pelo incentivo, apoio, carinho e educação.

SUMÁRIO

RESUMO ____ iv

AGRADECIMENTOS ____ vi

SUMÁRIO ____ vii

LISTA DE FIGURAS ____ ix

LISTA DE TABELAS ____ xi

1 INTRODUÇÃO ____ 1

1.1 Considerações Iniciais ____ 1

1.2 Objetivos ____ 2

1.2.1 Objetivo Geral ____ 2

1.2.2 Objetivos Específicos ____ 3

1.3 Estrutura do trabalho ____ 3

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ____ 5

2.1 Escassez de água ____ 5

2.2 Consumo de água ____ 5

2.3 Usos Finais de água ____ 8

2.4 Qualidade da água de precipitação ____ 13

2.5 Experiências obtidas com o uso da água de chuva ____ 17

2.6 Considerações finais ____ 18

3 METODOLOGIA ____ 20

3.1 Considerações gerais ____ 20

3.2 Variáveis ____ 20

3.2.1 Área de captação ____ 20

3.2.2 Demanda de água potável ____ 20

3.2.3 Número de moradores 21
3.2.4 Demanda de água pluvial 21
3.3 Método Computacional 21
3.4 Métodos Normativos 23
3.4.1 Método prático Brasileiro 23
3.4.2 Método prático Inglês 23
3.5 Precipitação 24
3.6 Comparação dos resultados 25
3.7 Análise Econômica 25
4 RESULTADOS 29
4.1 Considerações Iniciais 29
4.2 Método Computacional 29
4.3 Métodos Normativos 38
4.3.1 Método Prático Brasileiro 38
4.3.2 Método Prático Inglês 39
4.4 Comparação dos Resultados 39
4.5 Análise Econômica 41
5 CONCLUSÕES 59
5.1 Conclusões Gerais 59
5.2 Limitações do Trabalho 60
5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros 60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Coletor com válvula de desvio horizontal (SAFERAIN, 2009)____ 16
Figura 2.2: Coletor com válvula de desvio vertical (SAFERAIN, 2009)_____ 16
Figura 3.1: Interface principal do programa NETUNO.**Erro! Indicador não definido.**
Figura 3.2: Histograma de precipitação mensal na cidade de São Miguel do Oeste - SC no ano de 2002._____ **Erro! Indicador não definido.**
Figura 4.1: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores._____ 30
Figura 4.2: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores._____ 30
Figura 4.3: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores._____ 31
Figura 4.4: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores._____ 31
Figura 4.5: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores._____ 32
Figura 4.6: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores._____ 32
Figura 4.7: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores._____ 33
Figura 4.8: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores._____ 33

Figura 4.9: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores. 34
Figura 4.10: Volumes dos reservatórios inferiores (litros) x Demanda de água pluvial (litros/dia) 38
Figura 4.11: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia). 51
Figura 4.12: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 50m². 51
Figura 4.13: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 150m². 52
Figura 4.14: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 250m². 52
Figura 4.15: Período de retorno (litros) x Demanda de água pluvial (litros/dia). 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Consumo médio de água em cada região do Brasil (2007). 6
Tabela 2.2: Consumo médio de água em cada região do Brasil (2004). 6
Tabela 2.3: Consumo médio de água potável nos Estados do Brasil. 7
Tabela 2.4: Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido. 8
Tabela 2.5: Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido. 8
Tabela 2.6: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia. 9
Tabela 2.7: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Dinamarca. 9
Tabela 2.8: Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos. 9
Tabela 2.9: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça. 10
Tabela 2.10: Uso final de água tratada para consumo doméstico em Heatherwood (Boulder - Califórnia). 10
Tabela 2.11: Usos finais de água na residência base. 11
Tabela 2.12: Usos finais de água em vários edifícios. 12
Tabela 2.13: Valores estimados de consumo diário total e mensal de água por aparelhos e atividades. 12
Tabela 2.14: Diferentes níveis de tratamento de água exigido conforme o uso. 13
Tabela 2.15: Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta. 13
Tabela 2.16: Resultados da qualidade da água de chuva segundo comparação com os parâmetros da ANA e USEPA. 14
Tabela 3.1: Estrutura tarifária da CASAN 26
Tabela 3.2: Estrutura tarifária da CELESC. 26
Tabela 4.1: Resultados dos volumes ideais para o Método Computacional. 35
Tabela 4.2: Resultados do Método Prático Brasileiro. 38
Tabela 4.3: Resultados do Método Prático Inglês. 39
Tabela 4.4: Resumo simplificado dos Métodos Normativos e Computacional. 40
Tabela 4.5: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 50m². 40
Tabela 4.6: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 150m². 41
Tabela 4.7: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 250m². 41

Tabela 4.8: Preço e quantidade aproximada dos equipamentos necessários para a instalação e utilização da água pluvial. 42
Tabela 4.9: Preços dos reservatórios em São Miguel do Oeste. 42
Tabela 4.10: Economia de água mensal. 44
Tabela 4.11: Resultados obtidos com os gastos em energia elétrica e a economia total obtida. 48
Tabela 4.12: Tabela resumo dos valores gastos com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e os volumes de reservatórios ideais e adotados. 53
Tabela 4.13: Período de retorno do investimento no sistema de água pluvial. 56

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Há muito tempo que a água está sendo motivo de preocupação no mundo, porém pouco é feito para poupá-la ou para reaproveitá-la, sendo que muitas vezes alguns países (como por exemplo o Brasil) têm que fazer o racionamento deste recurso, que é essencial para a vida humana.

A falta de água é um problema sério que assola muitos países, inclusive os mais desenvolvidos, mas é nos países em que a população tem menor poder aquisitivo que essa falta se faz mais presente e mais visível. Se fosse feita uma análise de áreas mais próximas, poderia facilmente ser encontrada aqui no Brasil a escassez de água, como é o caso da região Nordeste que abriga 29% da população e apenas 3% da água disponível. Em contra partida a região da bacia amazônica abriga menos do que 5% da população e 73% da água do país (ANA, 2001).

Apesar do sofrimento de algumas regiões brasileiras com a escassez de água, o Brasil possui uma das maiores reservas de água doce superficial, que pode chegar a 15% da água doce superficial disponível no planeta. Porém, nem toda a água é distribuída por igual, e nem se concentra no mesmo local, por isso 9% da população brasileira não tem acesso à água tratada (UNICEF, 2006).

Segundo a FAO WATER (2003), foram usados no Brasil em 2000, 71m³ *per capita* de água para uso doméstico, 215m³/pessoa para uso agrícola e 62m³/pessoa para o uso industrial. Se fosse considerada a porcentagem dos dados acima, o setor doméstico seria responsável por 20% do uso total da água, o agrícola por 62% e o industrial por 18%.

Dados mais recentes indicam que o maior consumo está na irrigação, com 69%, seguido pelo abastecimento urbano com 11%, abastecimento animal com 11%, uso industrial com 7%, e o abastecimento rural com 2% (ANA, 2009b).

Em um país típico industrializado, usa-se 30% da água de consumo doméstico em descarga de vaso sanitário, 5% em limpeza, 10% para uso na cozinha e água para beber, 20% lavagem de roupa e 35% para higiene pessoal (UNESCO, 2003). Este dado é importantíssimo, visto que grande parte da água residencial pode ser substituída por água pluvial, desde que tratada corretamente dependendo da sua utilização final.

Na América Latina chove anualmente cerca de 1600mm, porém há áreas em que a chuva se concentra mais, como é o caso da Amazônia, onde chove cerca de 2400mm por ano. Já no deserto do Atacama chove apenas 20mm anualmente (UNESCO, 2003). A precipitação média anual, na Terra, é de cerca de 860mm, o que nos dá uma breve idéia do que é deixado de aproveitar anualmente no que se refere à captação de água pluvial.

O Brasil é um dos países em que ocorre um dos maiores índices pluviométricos anuais, devido a sua área e a presença de vastas florestas, o que facilita a evaporação da água e sua precipitação.

No Brasil até aproximadamente 20 anos atrás, existiam poucas experiências com a coleta e uso da água de chuva, mas esta situação começou a mudar quando foram feitas experiências com a coleta e uso da água de chuva no semi-árido brasileiro (ABCMAC, 2007). Hoje em alguns municípios do país, já se exige a instalação de sistemas de coleta de água de chuva para novas edificações, como é o caso de Curitiba e Rio de Janeiro.

A chuva é uma fonte de água que pode ser considerada abundante e renovável, e pode ser utilizada por todas as pessoas do planeta, desde que possua parâmetros de qualidade aceitáveis aos usos destinados, alem de ser coletada e armazenada de forma correta. É com base nos dados vistos até aqui, que o foco do combate a falta de água no Brasil e no mundo deve ser a captação da água pluvial, pois com ela pode-se diminuir a quantidade de água potável utilizada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva em várias residências fictícias na cidade de São Miguel do Oeste, Santa Catarina.

1.2.2 Objetivos Específicos

Através deste trabalho, espera-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Fazer combinações entre fatores que afetam o volume de água coletada, como área de telhado, o número de pessoas que habitam a residência e o consumo diário para obtenção das residências fictícias, para que seja possível analisar os diferentes resultados que serão obtidos.
- Elaborar uma comparação com os resultados obtidos para o dimensionamento dos reservatórios por meio do método computacional, através do programa NETUNO, do Método Prático Brasileiro (empírico, citado em ABNT, 2007) e do Método Prático Inglês (empírico, citado em ABNT, 2007).
- Estimar as capacidades ideais dos reservatórios de águas pluviais para as residências fictícias, fazendo as variações dos fatores citados acima.
- Determinar os períodos de retornos que a utilização de água pluvial irá propiciar para os diversos casos.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo tem-se a introdução e os objetivos geral e específicos.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica referente a resultados de outros trabalhos sobre a captação e utilização de água de chuva no Brasil.

O terceiro capítulo é a descrição da metodologia utilizada para a obtenção da quantidade de água pluvial que pode ser aproveitada fazendo uma combinação de diferentes dados de entrada, como a área de telhado de uma residência, o número de pessoas que nela residem e o consumo diário, usando o programa NETUNO, o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês (citados em ABNT, 2007).

O quarto capítulo consiste em apresentar os resultados obtidos, através de gráficos e tabelas, analisá-los e fazer uma comparação entre os resultados obtidos através do Método Prático Brasileiro, o Método Prático Inglês, (citados em ABNT, 2007) e o do programa NETUNO.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões e limitações deste trabalho, assim como sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados vários resultados de diversos trabalhos sobre o aproveitamento e a utilização da água de chuva em residências assim como temas relacionados ao assunto.

2.1 Escassez de água

A população mundial, como já é sabido, vem crescendo a um ritmo muito alto, o que tem preocupado estudiosos há muito tempo. Thomas Malthus (1766-1834) estimou que o crescimento da população ultrapassaria o crescimento da oferta por alimentos e água, o que deixaria a população com sérios problemas, podendo até ocasionar guerras e conflitos.

Hoje há vários estudos que seguem pela mesma linha dos estudos de Malthus como é o caso do estudo feito por Ghisi (2006) que estimou a população e a disponibilidade hídrica até 2100 nas várias regiões do Brasil. Ghisi (2006) mostrou que as regiões nordeste e sudeste terão disponibilidade hídrica inferior a 2.000m³ per capita por ano a partir de 2050, a região sudeste terá disponibilidade hídrica inferior a 1.000m³ per capita por ano a partir de 2094 e na região nordeste, isto acontecerá em 2100. Já na região sul, a disponibilidade hídrica será inferior a 5.000m³ per capita por ano a partir de 2075. De acordo com a UNEP (2002), disponibilidades hídricas de 2.000 até 5.000m³ per capita por ano são consideradas baixas, de 1.000 até 2.000m³ são consideradas muito baixas, e as inferiores a 1.000m³ são consideradas catastroficamente baixas.

2.2 Consumo de água

Em 2005, o consumo de água doce mundial era cerca de 6 vezes maior que o consumo em 1990, embora a população mundial não tenha crescido na mesma proporção ao longo do século. Um dos grandes responsáveis por este aumento é o crescimento do uso da água no setor agrícola, cerca de 70% de toda a água utilizada no mundo (SOECO/MG, 2004).

De acordo com Rocha *et al*. (1998), o consumo de água está diretamente ligado a diversos fatores como o clima, padrão econômico e os hábitos da

população, o custo da água entre outros. Geralmente, o consumo aumenta conforme o número de habitantes de uma determinada cidade, ou seja, quanto maior a cidade, maior é o consumo de água registrado em litros/habitante/dia. Nas Tabelas 2.1 e 2.2 são apresentados dados sobre o consumo médio de água em cada região do Brasil em diferentes anos. Já na Tabela 2.3 são apresentados os consumos médios de água potável nos Estados do Brasil.

Tabela 2.1: Consumo médio de água em cada região do Brasil (2007).

Região	Consumo médio de água (l/hab/dia)
Norte	118,2
Nordeste	113,2
Sudeste	171,9
Sul	129,8
Centro-Oeste	141,0
Brasil	**144,2**

Fonte: SNIS (2007)

Tabela 2.2: Consumo médio de água em cada região do Brasil (2004).

Região	Consumo médio de água (l/hab/dia)
Norte	111,7
Nordeste	107,3
Sudeste	174,0
Sul	124,6
Centro-Oeste	133,6
Brasil	**141,0**

Fonte: SNIS (2004)

Como pode-se observar na Tabela 2.1 acima, existe uma diferença muito grande de consumo médio de água por habitante. A diferença entre a região Nordeste e a região Sudeste chega a atingir 58,7 litros. Os dados acima foram obtidos diretamente do SNIS, somando os consumos indicados por cada fornecedora de água de cada região.

Como pode-se notar também, em todas as regiões do Brasil menos a região sudeste o consumo aumentou de 2004 para 2007. Ao tomar-se o consumo do Brasil como um todo, percebemos um aumento também neste consumo, de 141,0 para 144,2 l/hab/dia.

Tabela 2.3: Consumo médio de água potável nos Estados do Brasil.

Estado	Consumo (litros per capita/dia)
Rio de Janeiro	232
Espírito Santo	193
Distrito Federal	188
Amapá	175
Roraima	167
São Paulo	166
Minas Gerais	143
Maranhão	142
Santa Catarina	129
Rio Grande do Sul	129
Goiás	127
Paraná	126
Rio Grande do Norte	116
Sergipe	114
Ceará	114
Tocantins	112
Paraíba	112
Bahia	112
Piauí	107
Alagoas	107
Acre	104
Mato Grosso do Sul	103
Pará	98
Rondônia	96
Pernambuco	85

Fonte: SNIS (2002)

Nota-se ao analisar a Tabela 2.3, que o consumo de água no estado do Rio de Janeiro é aproximadamente 2,7 vezes maior que o consumo em Pernambuco.

Em países europeus o consumo per capita por dia varia de 150 até 250 litros; nos Estados Unidos este consumo é superior a 300 litros por pessoa por dia (OLIVEIRA, 2004 *apud* VIDAL, 2002). Na Holanda esse consumo é de 135 litros, na Suíça o consumo é de 159 litros e na Inglaterra é de 141 litros per capita. A Tabela 2.4 apresenta alguns dados de consumo per capita de alguns países vizinhos ao Kuwait (MUKHOPADHYAY et. al, 2001).

Tabela 2.4: Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido.

País	Consumo per capita (litros/dia)
Emirados Árabes Unidos	744
Barém	526
Kuwait	481
Catar	425
Arábia Saudita	358
Omã	106
Iêmen	86

Fonte: ACSAD apud Mukhopadhyay (2001)

Como pode ser observado, a diferença de consumo entre os Emirados Árabes Unidos e o Iêmen é muito grande, chega a ter uma diferença de 658 litros/dia, o que daria para sustentar Barém e Omã juntos.

2.3 Usos Finais de água

O uso final de água nada mais é que saber o destino final da água utilizada, ou seja, saber qual aparelho sanitário ou tarefa doméstica a está consumindo. A partir disto, é feito um levantamento da porcentagem de água destinada a cada uso. Para obter os dados necessários para este levantamento, são feitas pesquisas e estudos em diversos locais do mundo.

As Tabelas 2.5 a 2.10 apresentam os usos finais da água em diversos países, assim como o total potável e o total não potável de água.

Tabela 2.5: Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido.

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia Sanitária*	37
Banhos e Lavatório	37
Lavagem de Louças	11
Lavagem de Roupas*	11
Preparação de alimentos	4
Total	100
*Total não potável	48

Fonte: SABESP (2007) apud Marinoski (2007)

Tabela 2.6: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia.

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia Sanitária*	40
Ducha	30
Limpeza*	15
Cozinha	5
Lavagem de Louças/mãos	10
Total	100
*Total não potável	55

Fonte: SABESP (2007) apud Marinoski (2007)

Tabela 2.7: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Dinamarca.

Ponto de consumo	Uso final (%)
Alimentação	5
Banhos	20
Higiene Pessoal	10
Bacia Sanitária*	20
Lavagem de Roupas*	15
Lavagem de Louças	20
Lavagem de carros, jardins*	10
Total	100
*Total não potável	45

Fonte: Tomaz (2001)

Tabela 2.8: Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos.

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia Sanitária*	27
Banhos	17
Máquina de Lavar Roupa*	22
Máquina de lavar Louça	2
Vazamentos	14
Torneiras	16
Outros	2
Total	100
*Total não potável	49

Fonte: Tomaz (2003)

Tabela 2.9: Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça.

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia Sanitária*	40
Banhos	37
Bebidas	5
Cozinhas	6
Lavagem de Roupas*	4
Limpeza de Piso	3
Jardins	3
Lavagem de Automóveis	1
Outros	1
Total	100
*Total não potável	52

Fonte: SABESP (2007) apud Marinoski (2007)

Tabela 2.10: Uso final de água tratada para consumo doméstico em Heatherwood (Boulder - Califórnia).

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia Sanitária*	26
Chuveiro	17
Banheira	2
Lavatório	15
Lavagem de Louça	3
Lavagem de Roupa*	24
Vazamento	12
Total	100
*Total não potável	50

Fonte: SABESP (2004) apud Ghisi (2006)

Conforme observado nas tabelas acima, o aparelho que mais consome água é a bacia sanitária, podendo variar seu percentual de 20 a 40%, e o total não potável tem uma variação entre 45 e 55% da água destinada ao consumo doméstico.

O que pode ser substituído por água pluvial é justamente a água não potável, e como pode ser observado, o percentual pode ultrapassar os 50%, o que geraria uma boa economia ao consumidor.

Hamzo e Barreto (2007) notaram que o consumo de água da bacia sanitária é muito alto, e avaliaram a economia de água obtida pelo uso de dispositivo seletivo de descarga em bacias sanitárias com caixa acoplada. O resultado obtido pela instalação do dispositivo foi satisfatório, obtendo-se uma economia de 44,2%. A adaptação dos usuários ao dispositivo foi rápida, e mesmo que houvesse um uso indevido deste dispositivo, a economia de água ainda poderia ser verificada.

Coelho (2008) analisou os usos finais de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau, SC. O estudo envolveu 6 residências, sedo uma escolhida como residência base. Foi feita uma divisão da porcentagem de água utilizada pelos homens e mulheres que habitam a residência. Aqui será mostrado apenas da residência base.

A Tabela 2.11 mostra os resultados da análise dos usos finais de água obtidos na residência base.

Tabela 2.11: Usos finais de água na residência base.

Aparelho sanitário	**Percentagem dos usos finais de água (%)**		
	Masculino	Feminino	Média
Torneira do banheiro	3,2	7,0	4,9
Bacia Sanitária	19,5	26,4	22,8
Chuveiro	31,4	3,9	18,5
Torneira da cozinha	0,6	31,6	15,2
Mangueira do jardim	26,9	0,0	14,2
Torneira do tanque	0,0	10,3	4,9
Máquina de lavar roupa	18,4	20,8	19,5
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: Coelho (2008)

Analisando a tabela acima, conclui-se que para esta residência o maior consumo estimado por parte do consumidor masculino é proveniente do chuveiro e da mangueira do jardim, com 31,4 e 26,9%, respectivamente. Já o consumo feminino, a maior percentagem é obtida através da torneira da cozinha e da bacia sanitária, com 31,6 e 26,4%, respectivamente. A percentagem não de água não potável utilizada pelos homens é de 64,8% e para as mulheres é de 57,5%.

Proença (2007) fez estudos em Florianópolis, Santa Catarina, dos usos finais de água em diversos edifícios comerciais. A Tabela 2.12 contém os resultados dos usos finais de água em dez edifícios comerciais obtidos por Proença (2007).

Tabela 2.12: Usos finais de água em vários edifícios.

	Ponto de consumo				
Edifício	**Bacia Sanitária**	**Torneiras**	**Limpeza**	**Outros**	**Total**
Aliança	54	8,4	2,6	35,0	100
Ewaldo Moritz	84,6	6,8	1,6	7,0	100
Granemann	64,6	27,3	2,1	6,0	100
Ilha de Santorini	79,1	14,5	4,9	1,5	100
Ilha dos Ventos	81,0	13,4	2,1	3,5	100
Manhattan	71,5	19,4	4,3	4,8	100
Olmiro Faraco	78,5	17,0	1,8	2,7	100
Pedro Xavier	54,8	23,8	18,7	2,7	100
Trajanus	55,8	38,4	1,2	4,5	100
Via Venneto	52,0	14,4	3,9	29,7	100

Fonte: Proença (2006)

Em alguns edifícios analisados, o consumo de água potável para fins não potáveis (limpeza e bacia sanitária) pode chegar até 86%, o que indica que o potencial de redução de água potável pode ser muito alto.

Marinoski (2007) determinou os usos finais de água para aparelhos e atividades no SENAI/SC, onde foram analisados todos os casos em que se utiliza água. Os resultados obtidos por Marinoski (2007) estão na Tabela 2.13.

A Tabela 2.13 mostra os valores estimados de consumo diário total e mensal de água por aparelhos e atividades.

Tabela 2.13: Valores estimados de consumo diário total e mensal de água por aparelhos e atividades.

Aparelhos	Total (L/dia)	Total (L/mês)	Percentagem do Total (%)
Torneira lavatório	1644,47	37822,80	15,68
Bebedouro	109,08	2508,84	1,04
Vaso Sanitário	5238,85	120493,50	49,94
Mictório	973,28	22385,49	9,28
Tanque (Lab.)	79,94	1838,60	0,76
Irrigação de Jardins	41,14	946,29	0,39
Lavação de Carros	172,80	3974,40	1,65
Lavação de calçadas	14,40	331,20	0,14
Limpeza de Vidros	0,54	12,50	0,01
Limpeza	420,00	9660,00	4,00
Torneira de pia de cozinha	1769,00	40687,00	16,86
Chuveiro	26,66	613,26	0,25
Total	10490,16	241273,88	100,00

Fonte: Marinoski (2007)

2.4 Qualidade da água de precipitação

Para a água pluvial poder ser utilizada, tem que haver um controle da qualidade da mesma. Esta qualidade é variável dependendo do destino que a água coletada terá.

A seguir a Tabela 2.14 separa o uso da água em quatro grupos distintos, e especifica a necessidade de tratamento da mesma. Já a Tabela 2.15 classifica a água de acordo com o tipo da área de coleta, como por exemplo, telhados, estradas, entre outros.

Tabela 2.14: Diferentes níveis de tratamento de água exigido conforme o uso.

Uso da água da Chuva	Tratamento da Água
Rega de Jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições.
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Piscina/banho, para beber e para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: GROUP RAINDROPS (2002).

Tabela 2.15: Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta.

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Uso da água da chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas e animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizado, áreas de estacionamento	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para os usos não potáveis necessita de tratamento

Fonte: GROUP RAINDROPS (2002).

O tratamento da água pluvial pode variar muito dependendo da destinação que esta água terá. A utilização da água coletada para fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação, mas pode ser preciso certo grau de filtragem. Para um tratamento simples, podem ser usados processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Em caso de uso da água pluvial para consumo

humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004).

Segundo os trabalhos de Nery (2005) e de Mariano (2005) foi feita uma análise da água pluvial em 17 coberturas na parte urbana da cidade de Curitiba, com 3 situações diferentes: com telha cerâmica, com telha de amianto e na própria cobertura. Nery (2005) e Mariano (2005) analisaram essa água levando em conta vários parâmetros, como a temperatura, a cor, a turbidez, o pH, o total de cloro, quantidade de oxigênio dissolvido (OD), a demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Para obter os parâmetros necessários para a comparação, adotou-se para o padrão brasileiro, os valores da ANA (2005) e para os padrões internacionais, foram adotados os valores da USEPA (2004). Foram analisadas 2 amostras de água, ACH1 e ACH2 (água de chuva 1 e água de chuva 2, respectivamente).

Na Tabela 2.16 estão discriminados os resultados obtidos, assim como os padrões brasileiros e os internacionais.

Tabela 2.16: Resultados da qualidade da água de chuva segundo comparação com os parâmetros da ANA e USEPA.

Parâmetros	ACH1	ACH2	ANA 2005	USEPA 2004
pH	7,48	7,00	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
DBO (MG/l)		2,50	$\leq$ 10,00	$\leq$ 10,00
SST (mg/l)	2,85	30,00	$\leq$ 5,00	
Turbidez (NTU)	4,56	1,60	$\leq$ 2,00	$\leq$ 2,00
Colif. Totais (NPM/100 ml)	$2{,}82 \times 10^3$	> 70,00		
Colif. Fecal (NPM/100 ml)	1,54x10		ND	ND
OD (MG/l)		20,00		
DQO (MG/l)	9,80			
Cor (UC)	24,87	52,50	$\leq$ 10,00	

Fonte: PETERS (2006); 2 MAY *apud* SAUTCHUK *et al (2005)*

Apenas os valores de DBO e o pH atendem os requisitos mínimos necessários para o uso urbano. Porém, se for feito um tratamento prévio, a água pode ser usada sem problemas.

Estudos realizados por Lisboa *et al.* (1992) na cidade de Florianópolis, mostraram que 43,48% das amostras coletadas caracterizaram-se como sendo

ácidas (pH < 5,6), e 26,09% caracterizaram-se como sendo muito ácidas (pH < 5,0).

Já Milano *et al.* (1989) realizou estudos na cidade de Porto Alegre e obteve como resultados para o pH da água de chuva valores inferiores a 4,0.

Tanto o pH da água pluvial como outros valores referentes as suas características, apresentam uma variação muito grande, tornando a água própria para uso urbano ou não. Esta variação segundo Porto *et al*. (1991) se dá devido a diversos fatores, como a localização geográfica do ponto de amostragem, as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), a presença ou não de vegetação e também a presença de cargas poluidoras.

Segundo Jaques (2005), uma pesquisa realizada pela Universidade da Malásia deixou claro que após o início da chuva, somente as primeiras águas carreiam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, por isso devem ser descartadas, sendo que normalmente pouco tempo após, a mesma já adquire características de água destilada, que pode ser coletada em reservatórios fechados.

O volume do primeiro fluxo de água precipitada a ser descartado, varia de acordo com a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, a inclinação e as superfícies dos telhados, a intensidade das chuvas e o período de tempo que ocorrem (BROWN *et al.*, 2005).

Para esse primeiro volume ser descartado, há dois métodos bastante utilizados, o manual, onde o usuário desconecta o coletor a cada chuva que ocorre, e o com válvula de desvio, tanto horizontal como vertical.

As Figuras 2.1 e 2.2 mostram fotos de coletores com válvula de desvio horizontal e vertical respectivamente.

Figura 2.1: Coletor com válvula de desvio horizontal (SAFERAIN, 2009)

Figura 2.2: Coletor com válvula de desvio vertical (SAFERAIN, 2009)

Com as válvulas de desvio automáticas, o descarte das primeiras águas fica facilitado, pois o usuário não tem o incômodo de a cada chuva se dirigir ao local da válvula para fazer o desvio.

Paula e Oliveira (2005) elaboraram um estudo sobre a qualidade da água de chuva em função do tempo de detenção no reservatório na cidade de Goiânia. Este estudo analisou os parâmetros de qualidade da água armazenada em reservatório ao longo de 37 semanas. Para isto ser possível, foi instalado um sistema de recalque que conduziu a água armazenada para três outros reservatórios. O primeiro é um reservatório de 500 litros, onde a água foi armazenada sem passar por nenhuma etapa intermediária ou tratamento. Já os outros dois reservatórios constituem uma pequena estação de tratamento, neste

caso a filtração lenta. A água de chuva, bombeada, foi inicialmente, armazenada em um reservatório de 310 litros, que serviu para manter o nível mínimo de 5 cm de água sobre o leito filtrante. A água filtrada foi novamente armazenada, desta vez em um reservatório de PVC de 500 litros.

O resultado obtido foi que após o período de detenção, os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos não sofreram alterações que pudessem descartar o uso da água de chuva, contudo, mesmo que para fins não potáveis, mas que tenha o contato com o usuário, sugere-se a desinfecção da água de chuva por meio de cloração.

2.5 Experiências obtidas com o uso da água de chuva

Indícios indicam que a água da chuva vem sendo captada e armazenada há milhares de nos. Ainda hoje existem várias cisternas escavadas em rocha que eram utilizadas para o aproveitamento de água pluvial que datam de aproximadamente 3000 a.C. Um exemplo conhecido desse fato se encontra na fortaleza de Masada, em Israel (TOMAZ, 2003).

Muitos países têm tido experiências com o uso da água de chuva, obtendo resultados satisfatórios, como por exemplo os Estados Unidos, a Alemanha, o Japão e o Brasil.

Até aproximadamente 20 anos atrás, pouco se aplicava no Brasil sobre o reaproveitamento da água de chuva, porém hoje já existe a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ABCMAC, 2007).

Segundo Tomaz (2003), uma indústria de tingimento de tecido localizada na cidade de Guarulhos, estado de São Paulo, realiza a captação da água pluvial. A água é captada através de um telhado de 1.500m² e armazenada em reservatório subterrâneo de 370m³.

No Brasil, principalmente na região Nordeste, em que há períodos com pouca chuva, são adotadas medidas de prevenção a falta de água. Uma dessas medidas e provavelmente a mais usual é a cisterna, podendo ela ser enterrada ou não. Com ela, qualquer pessoa pode captar a água e armazená-la de forma correta,

desde que a cisterna esteja de acordo com as normas pertinentes ou de acordo com a orientação de profissionais. Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA (2006), para locais onde há pouca mão de obra especializada, aconselham-se cisternas não enterradas. Ainda segundo o Manual, as cisternas devem sofrer desinfecção antes do uso. A água armazenada, quando for usada para fins domésticos, deve ser previamente fervida ou clorada.

Em Blumenau – SC, foi instalado um sistema de aproveitamento de água pluvial em um hotel com 569,50 m² de área de telhado (fator que influi diretamente na captação). O volume de cisterna utilizada foi de 16.000 litros, estimando-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 litros (BELLA CALHA, 2007).

Na Alemanha, por exemplo, as autoridades públicas apóiam e incentivam ativamente o aproveitamento da água de chuva. O governo alemão está participando com apoio financeiro, oferecendo financiamentos para a construção de sistemas de captação de água pluvial, para poder no futuro diminuir o consumo de água potável, e ter uma reserva para as próximas gerações e para as novas indústrias (GROUP RAINDROPS, 2002).

No Japão em cidades como Tóquio, o governo metropolitano tem regulamentos que obrigam que todos os prédios que utilizem mais de 100m³ por dia de água não potável, ou que tenha área construída maior que 30.000m², façam utilização da água de chuva e reutilização de águas cinzas (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas) (TOMAZ, 2003).

Em 1992, iniciou-se o sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura, onde a água captada nas pistas de decolagem e aterrissagem é coletada e utilizada para descarga das bacias sanitárias dos banheiros do Aeroporto (GROUP RAINDROPS, 2002).

2.6 Considerações finais

Neste capítulo da revisão bibliográfica foram abordados diversos temas, todos relacionados a este trabalho, como por exemplo, o consumo e os usos finais de água potável. A destinação que a água terá é importante para definir qual a porcentagem de água potável que poderá ser substituída por água pluvial. Este

estudo será utilizado mais adiante, para a determinação do volume ideal pelo Método Computacional.

Além dos temas acima citados, também foram tratados temas como a escassez de água, a qualidade da água de precipitação e a experiência obtida com o uso da água de chuva.

3 METODOLOGIA

3.1 Considerações gerais

Neste capítulo foi abordado como foi possível chegar aos resultados finais deste trabalho. Para isto foram elaborados diversos temas que permitem compreender melhor o método aplicado, como a precipitação pluviométrica, a área de captação, o número de moradores considerado, as demandas de água potável e pluvial, que são variáveis utilizadas para a determinação do potencial de economia e volumes ideais dos diversos casos, utilizando o método computacional, também foram abordados neste capítulo os métodos normativos (Prático Brasileiro e Prático Inglês), a comparação dos resultados e a análise econômica.

3.2 Variáveis

3.2.1 Área de captação

Em todas as cidades do mundo, as áreas de telhado de casas e prédios são diferentes. Devido a esta variação, serão analisadas três áreas de captação (telhado): 50, 150 e 250m², que correspondem a residências de pequeno, médio e grande porte, respectivamente.

3.2.2 Demanda de água potável

Conforme visto na revisão bibliográfica, o consumo de água potável nos estados do Brasil varia muito, de 85 a 232 litros *per capita* por dia. Devido a esta variação, serão analisados os consumos de 100, 150, 200 e 250 litros *per capita* por dia.

3.2.3 Número de moradores

Como já é sabido, o número de moradores interfere diretamente no consumo de água, e é por isso que esta variável também será avaliada. Serão considerados dois, três e quatro habitantes na residência.

3.2.4 Demanda de água pluvial

Conforme já visto no capítulo anterior, os usos finais de água para as atividades que não necessitam utilizar água potável variaram bastante, tendo um mínimo de 45%. Como os levantamentos de caracterização dos usos finais de água aqui no Brasil ainda são insuficientes, foram adotadas demandas de água pluvial de 40, 50 e 60% da demanda de água potável, e seus usos são destinados para fins não potáveis.

3.3 Método Computacional

Para aplicar o método computacional foi utilizado o programa NETUNO, que foi desenvolvido para determinar o potencial de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, tais como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, rega de jardim, lavagem de roupas e de carros. O programa permite que o usuário faça simulações do potencial de economia de água potável tanto para um determinado volume de reservatório como para uma faixa de volumes. Neste trabalho foi utilizada a opção de faixa de volumes, pois o objetivo era encontrar os volumes ideais dos reservatórios inferiores.

Os volumes ideais dos reservatórios inferiores foram obtidos de forma que quando se aumenta em 500 litros o volume reservatório inferior, o potencial de economia aumenta menos de 0,5%, ou seja, quando isto acontece, o volume ideal do reservatório é o volume imediatamente anterior a este.

A capacidade do reservatório superior foi adotada como sendo igual à demanda de água pluvial diária.

O programa foi usado para calcular o potencial de economia de água potável na cidade de São Miguel do Oeste, pois foram inseridos os dados de precipitação da respectiva cidade.

Para fazer a combinação dos dados foram introduzidas as variáveis no programa e trocados os valores de uma variável por vez. Quando as opções de valores desta variável se esgotava, trocava-se outra variável, até que não houvesse mais valor a ser mudado, ou seja, foram feitas 108 combinações para as 3 áreas de telhado, 4 demandas de água potável, os 3 números de moradores e as 3 demandas de água pluvial.

Para a utilização do programa Netuno é necessário a introdução de dados como a precipitação pluviométrica diária (no caso foi usada a precipitação do ano de 2002, devido à falta de dados), demanda diária de água potável *per capita*, demanda de água pluvial, número de moradores, área de captação, volume do reservatório e coeficiente de aproveitamento (80%), 20% foram consideradas perdas da água coletada, incluindo o descarte das primeiras águas. A área de captação, demandas de água potável e pluvial, número de moradores e a precipitação foram variadas conforme citado anteriormente. A Figura 3.1 mostra a interface principal do programa NETUNO.

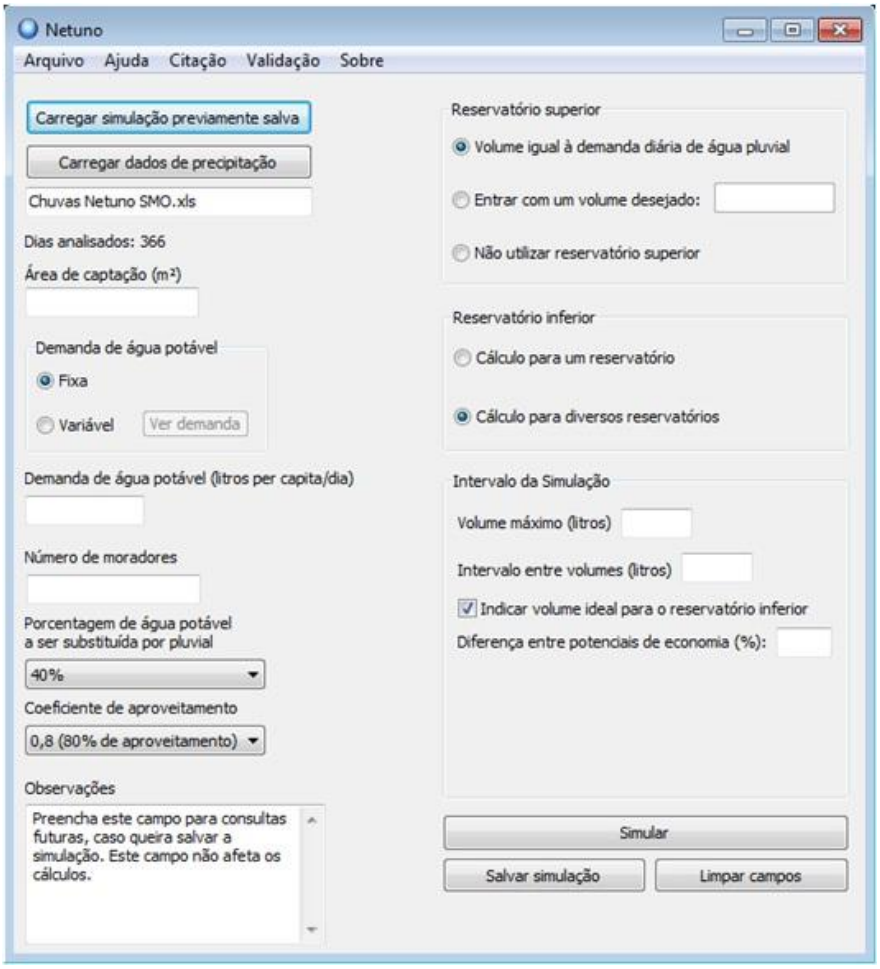

Figura 3.1: Interface principal do programa NETUNO.

3.4 Métodos Normativos

3.4.1 Método prático Brasileiro

O Método Prático Brasileiro, também conhecido como Método Azevedo Neto proposto pela NBR 15527 (ABNT, 2007) foi aplicado para que se possa fazer uma comparação entre o Método Computacional e o Método Prático Inglês. O método foi escolhido por ser o método brasileiro, e o dimensionamento ser feito em uma cidade do Brasil. Este método foi aplicado para as três áreas de telhado em questão, e foram obtidos três volumes ideais de reservatório, visto que este método leva em conta apenas a área de telhado como variável. Para achar o volume ideal do reservatório para este método, usa-se a Equação 3.1.

$$V = 0{,}042 \times P \times A \times T \qquad \text{[Eq. 3.1]}$$

Onde: V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta em projeção (m²);

T = Número de meses de pouca chuva ou seca.

A precipitação média anual utilizada foi a do ano de 2002, e é de 2289 mm, e o número de meses com pouca chuva ou seca é de 4 meses. Como a norma não estabelece parâmetros para a determinação do número de meses com pouca ou nenhuma chuva, este parâmetro foi determinado por sensibilidade analisando o histograma de precipitação mensal, onde a precipitação destes meses ficam abaixo dos 85mm.

3.4.2 Método prático Inglês

O método prático Inglês, apresentado na norma NBR 15527 (ABNT, 2007), também foi usado para fazer comparações com os resultados obtidos como os outros dois métodos, o computacional e o Método prático Brasileiro. Este

método foi escolhido por se assemelhar ao Método prático Brasileiro. Para achar o volume ideal do reservatório para este método, usa-se a Equação 3.2.

$$V = 0{,}05 \times P \times A \qquad \text{[Eq. 3.2]}$$

Onde: V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta em projeção (m²).

3.5 Precipitação

A precipitação utilizada foi a da cidade de São Miguel do Oeste – SC, do ano de 2002, em virtude da falta de dados mais recentes. Várias solicitações foram feitas na tentativa de obtenção de mais dados, porém elas não foram atendidas. A Figura 3.1 mostra o histograma de precipitação mensal no ano de 2002 na cidade de São Miguel do Oeste. No Apêndice 1 segue a tabela de dados utilizada para a confecção do histograma.

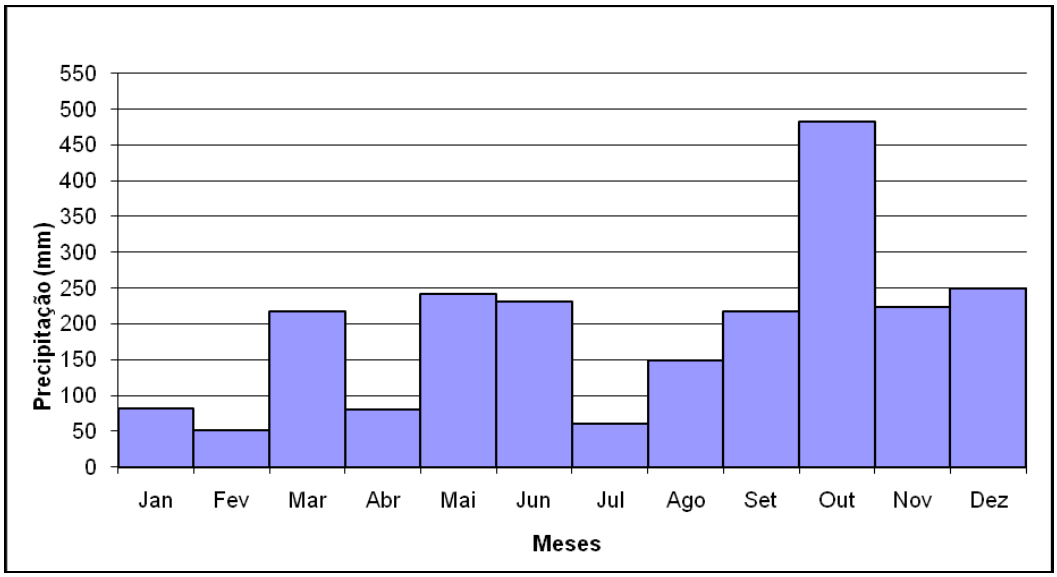

Figura 3.2: Histograma de precipitação mensal na cidade de São Miguel do Oeste - SC no ano de 2002.

3.6 Comparação dos resultados

Para a comparação dos resultados, foi feita uma tabela-resumo dos valores encontrados pelo Método Computacional, Método Prático Brasileiro e Método Prático Inglês, e foi feita uma comparação individual dos valores.

3.7 Análise Econômica

Para a determinação do período de retorno será pesquisado o custo de implantação do sistema na cidade de São Miguel do Oeste – SC. Após obter o custo de instalação mais o custo de operação do sistema de aproveitamento de água pluvial, será analisado quanto de economia poderá se conseguir com o uso deste. Após obtida a economia, será verificado em quanto tempo o uso do sistema pagará o custo. Não será analisada a depreciação do equipamento nem a mão de obra para este trabalho.

Para a determinação do período de retorno foi utilizada a função "NPER" do Microsoft Excel, onde foi inserida a taxa de juros que foi estabelecida como sendo um valor igual ao da poupança, 0,5% ao mês, o valor da economia total mensal e o valor total gasto com o sistema de aproveitamento e coleta de água pluvial. O período de retorno é determinado quando o valor gasto com o sistema é completamente sanado com a economia que se tem somando a água e a energia elétrica gasta, ou seja, quando o valor futuro é zero, considerando a taxa de 0,5% ao mês. Com a aplicação desta função, o programa determina o período de retorno em meses.

Para fazer a análise de quanto é o total do custo do equipamento em funcionamento, foi estabelecido que a bomba de recalque é a de ½ cv, considerando que é a menor bomba disponível na região e é adequada para os casos analisados, pois seu tempo de utilização é de aproximadamente 2 minutos por dia. Em São Miguel do Oeste a empresa que atua na distribuição de água é a CASAN, e segundo esta, a tarifa cobrada é exposta na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Estrutura tarifária da CASAN (CASAN, 2009)

Categoria	Faixa	m³	Água (R$)
Residencial "B"	1	até 10	23,53/mês
	2	11 a 25	4,3132/m³
	3	26 a 50	6,0513/m³
	4	maior que 50	7,2513/m³
	5	Tarifa Sazonal	9,0641/m³

Com base nestas tarifas obtêm-se os valores que serão economizados com a coleta de água pluvial, com a estimativa utilizada anteriormente de demanda de água potável. Para o cálculo da quantidade de água da potável economizada por mês foi utilizada Equação 3.3.

$$V = D_{pot} * N * \frac{P_{ec}}{100} * 30 \qquad \text{[Eq.3.3]}$$

Onde: V = Volume de água economizada por mês (litros);

D_{pot} = Demanda de água potável (litros);

N = Número de moradores;

P_{ec} = Potencial de economia de água potável (obtida através do programa Netuno) (%).

Em contrapartida ao valor economizado com água, têm-se um gasto adicional com energia elétrica vindo da utilização da bomba de recalque, que também será levado em consideração.

A Tabela 3.2 mostra a tarifa cobrada pela concessionária de energia elétrica (CELESC) em São Miguel do Oeste.

Tabela 3.2: Estrutura tarifária da CELESC (CELESC, 2009).

Faixa de Consumo	Tarifa por kWh (R$)
150	0,339666
210	0,402095

O valor da tarifa de energia elétrica cobrada em São Miguel do Oeste varia conforme a faixa de consumo, neste caso, será considerada a faixa superior a de 150, onde o valor por kWh cobrado é de 0,402095 reais, por ser o valor mais

crítico. Para se obter o valor gasto com energia elétrica, será utilizada a Equação 3.4.

$$G = Cons \times 0{,}402095 \qquad \text{[Eq. 3.4]}$$

Onde: G = Gasto em energia elétrica (R$);

Cons = Consumo médio mensal da moto bomba em kWh.

Para incluir a energia elétrica gasta por mês, foi estudado para cada caso o consumo de energia que a moto bomba utiliza. Para este estudo, foi aplicada a Equação 3.5.

$$P = \frac{Q * Hman}{75R} \qquad \text{[Eq.3.5]}$$

Onde: P = potência da Bomba em CV;

Q = vazão da bomba em litros/s.

Hman = altura real mais a altura devida à perda de carga na tubulação, neste caso foi estimada como sendo 7,5 metros (casa de 2 andares com pé direito sendo 2,7 m mais a perda de carga, que foi adotada como sendo de 2,1 m, valor obtido através de alguns estudos de casos reais);

R = rendimento da moto bomba, adotado 40%.

Após obter os custos/economias de água e energia elétrica, foi feita a subtração dos valores para chegar ao valor real de economia, e logo depois, foi realizado o cálculo do período de retorno.

Os custos das tubulações foram considerados como uma percentagem do total (15%), por se tratar de uma estimativa (FERREIRA, 2005). Como neste trabalho há diversos casos, o total que será considerado será de uma residência com um reservatório inferior de 5000 litros e um superior de 500 litros, por abranger muitos casos com folga e ser um dos valores mais críticos encontrados, ou seja, 15% do custo dos equipamentos, mais o custo de um reservatório de 5000 litros e um de 500 litros.

Para a determinação dos preços dos reservatórios haverá um orçamento para cada caso, e foram feitas combinações dos reservatórios, ou seja, se o reservatório inferior for de 2500 litros, será adotado um reservatório disponível de volume imediatamente superior. Se não dispor deste volume, será feita a combinação dos reservatórios, lembrando que além do preço dos reservatórios inferiores, foi acrescido o preço dos reservatórios superiores. Uma exemplificação do que foi dito anteriormente será feita no Capítulo 4.

Com o aumento do volume dos reservatórios inferiores, o potencial de economia de água potável obtido através do programa NETUNO poderá sofrer alterações, porém neste trabalho ele foi considerado o mesmo, uma vez que esse aumento do volume serviria apenas para estimar o preço total de cada caso.

4 RESULTADOS

4.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos volumes ideais dos reservatórios de água pluvial do método computacional, obtidos pela combinação dos fatores apresentados anteriormente e também os volumes obtidos pelos métodos propostos. Os resultados serão apresentados em forma de gráficos para a melhor compreensão.

Além da análise econômica, neste capítulo será apresentada também a comparação entre os métodos analisados.

4.2 Método Computacional

Ao inserir as variáveis citadas anteriormente no Capítulo 3 no programa NETUNO, este através de algoritmos, gera gráficos onde aparecem todos os pontos analisados, além de mostrar os volumes ideais e o potencial de economia de água potável. Após os gráficos, foi elaborada uma tabela resumo, apenas mostrando os volumes ideais obtidos com este método.

As Figuras 4.1 até 4.9 mostram as curvas que foram utilizadas para a determinação do volume ideal dos reservatórios inferiores de alguns casos (os outros volumes foram obtidos dos gráficos semelhantes que estão no apêndice 2). Os reservatórios superiores foram considerados iguais a demanda diária de água pluvial de cada caso.

O volume ideal de cada caso está marcado no seu gráfico, sendo mostrado por um ponto “preto” em cima de sua respectiva curva.

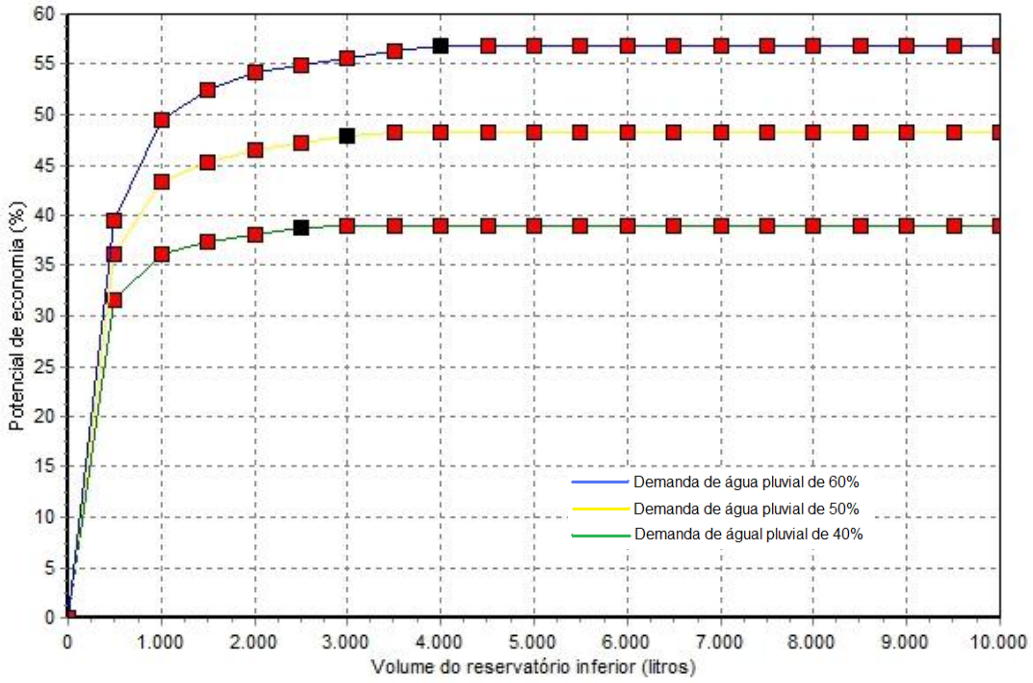

Figura 4.1: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores.

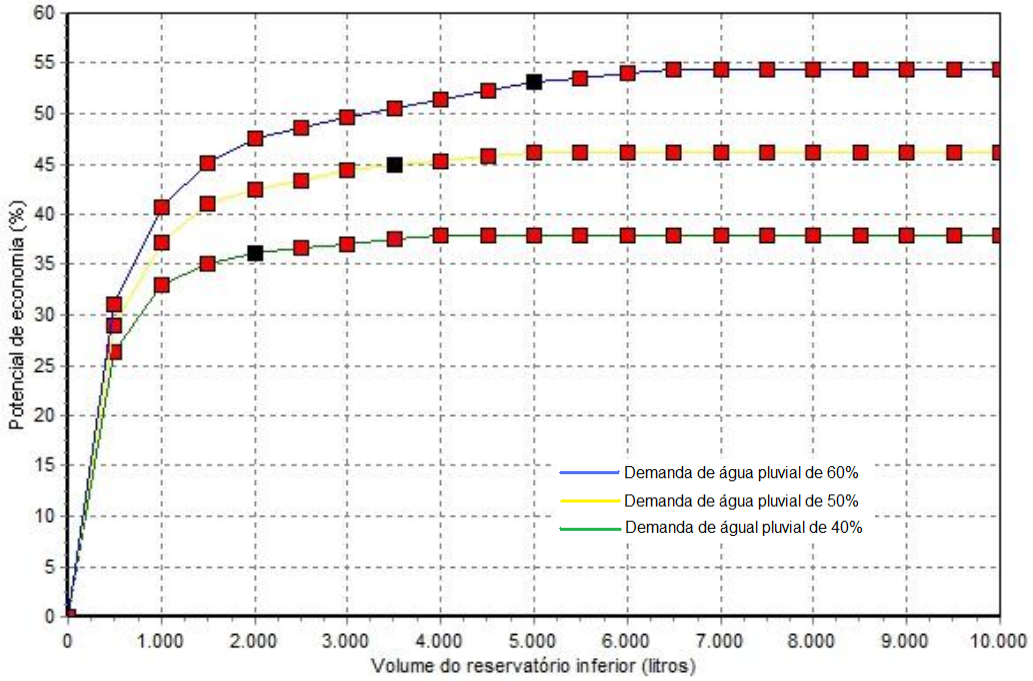

Figura 4.2: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores.

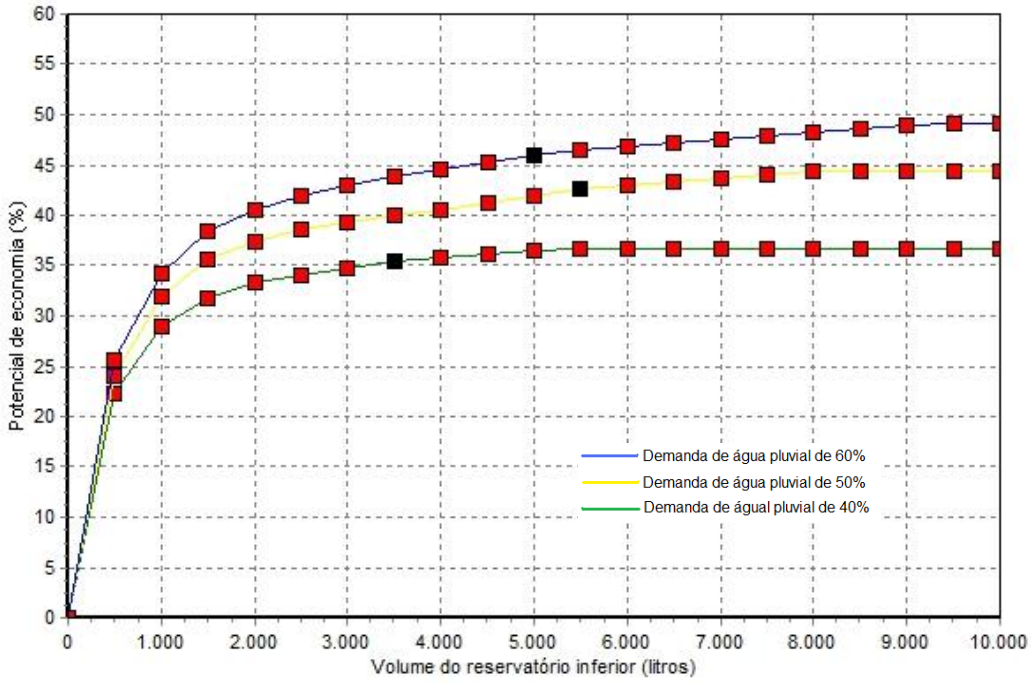

Figura 4.3: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores.

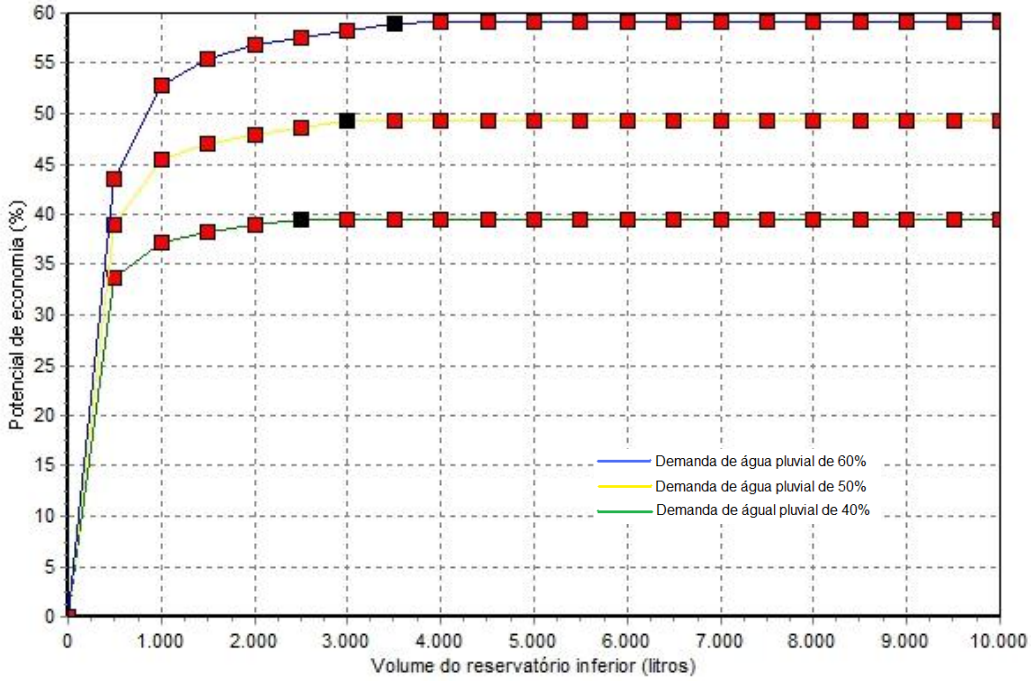

Figura 4.4: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores.

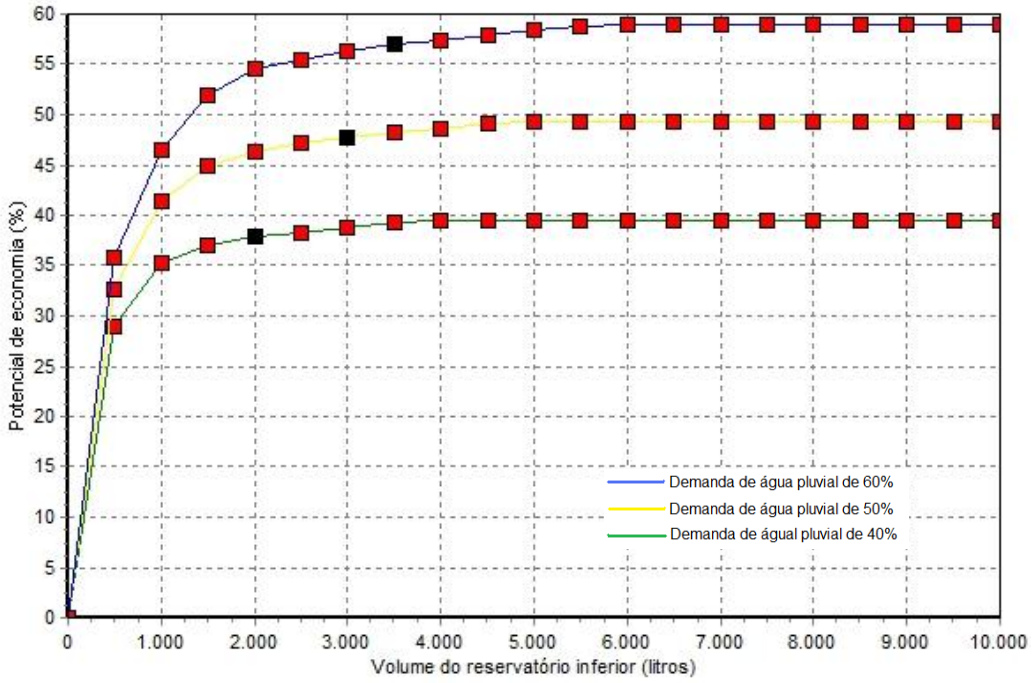

Figura 4.5: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores.

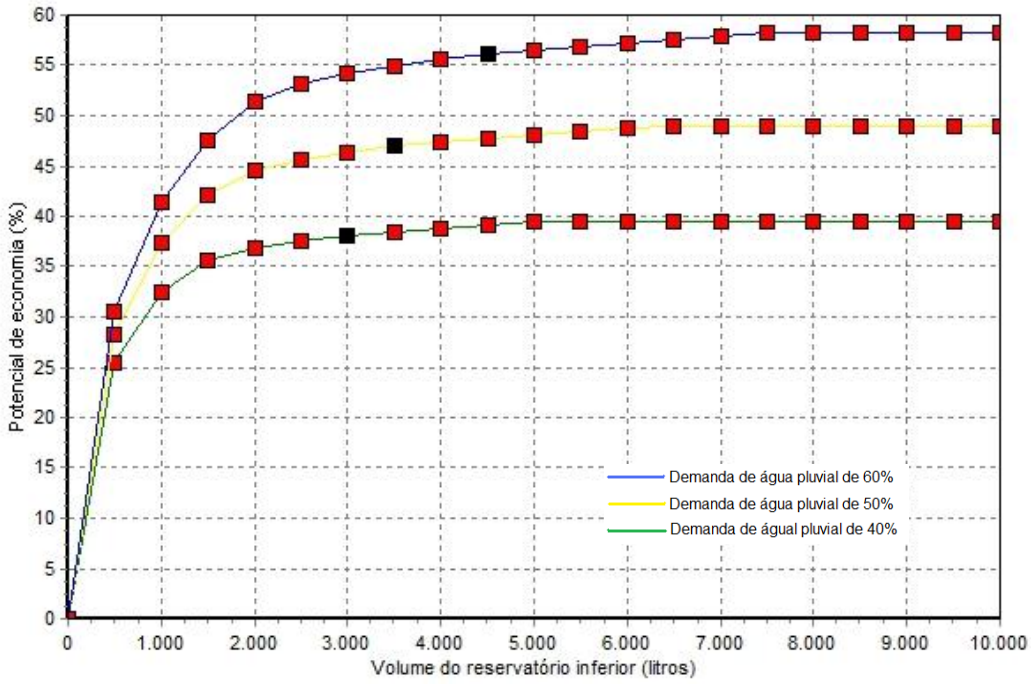

Figura 4.6: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores.

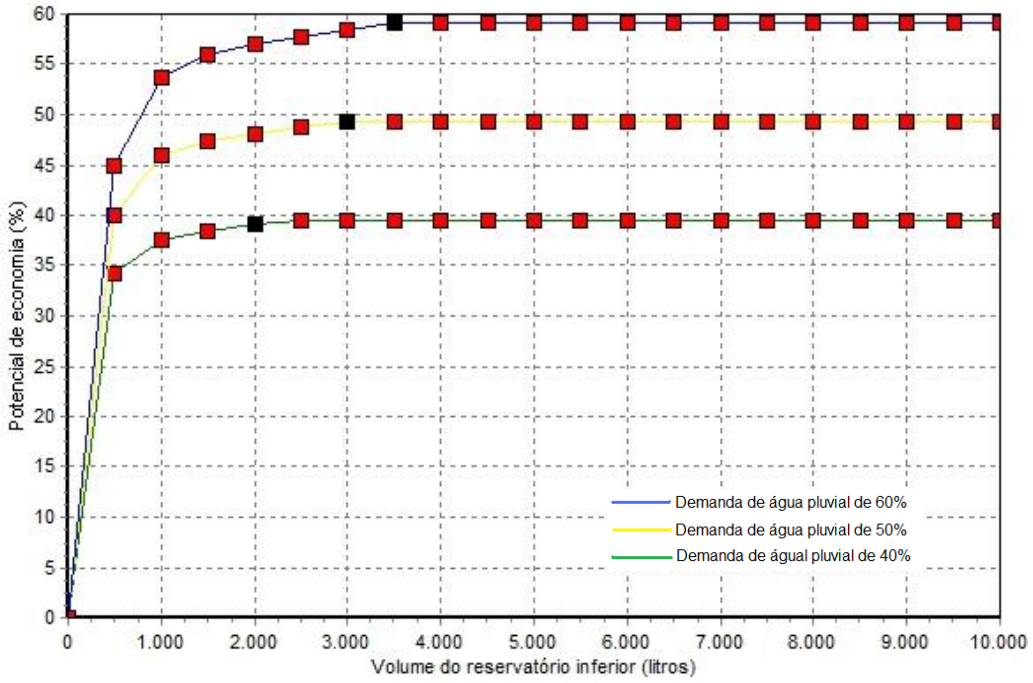

Figura 4.7: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 2 moradores.

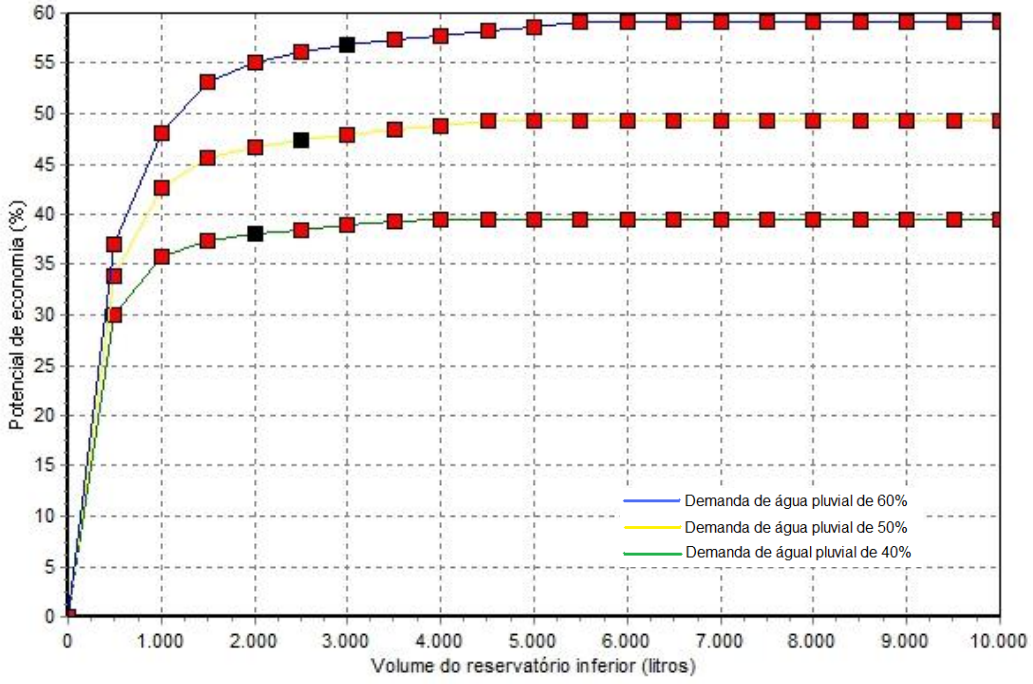

Figura 4.8: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 3 moradores.

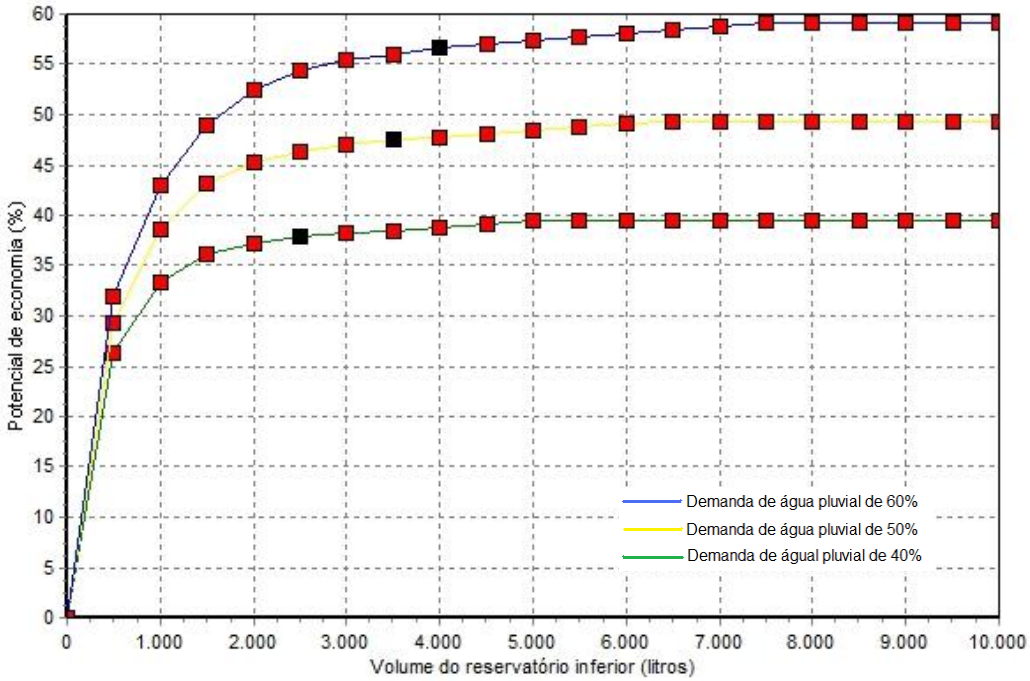

Figura 4.9: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 100 litros e com 4 moradores.

Para facilitar a interpretação, os resultados foram colocados na Tabela 4.1. Os demais casos encontram-se no Apêndice 2.

A Tabela 4.1 mostra os resultados dos volumes ideais dos reservatórios para cada caso do método computacional.

Para as áreas de telhado de 150 e 250m² os reservatórios tiveram um volume mínimo de 2000 litros e um máximo de 6500 litros, porém para a área de telhado de 50m² observa-se um mínimo de 2000 litros e um máximo de 5500 litros, menor que o máximo das outras áreas, como já era de se esperar, pois a área de captação é menor e consequentemente o volume de água coletada também é menor.

Tabela 4.1: Resultados dos volumes ideais para o Método Computacional.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)
50	100	2	40	2500
50	100	2	50	3000
50	100	2	60	4000
50	100	3	40	2000
50	100	3	50	3500
50	100	3	60	5000
50	100	4	40	3500
50	100	4	50	5500
50	100	4	60	5000
50	150	2	40	2000
50	150	2	50	3500
50	150	2	60	5000
50	150	3	40	5000
50	150	3	50	5000
50	150	3	60	5000
50	150	4	40	3500
50	150	4	50	4500
50	150	4	60	5500
50	200	2	40	3500
50	200	2	50	5500
50	200	2	60	5000
50	200	3	40	3500
50	200	3	50	4500
50	200	3	60	5500
50	200	4	40	4500
50	200	4	50	5000
50	200	4	60	4500
50	250	2	40	5500
50	250	2	50	5000
50	250	2	60	4500
50	250	3	40	4000
50	250	3	50	5000
50	250	3	60	4500
50	250	4	40	4500
50	250	4	50	4000
50	250	4	60	3500
150	100	2	40	2500
150	100	2	50	3000
150	100	2	60	3500
150	100	3	40	2000
150	100	3	50	3000
150	100	3	60	3500
150	100	4	40	3000
150	100	4	50	3500
150	100	4	60	4500

Tabela 4.1: Resultados dos volumes ideais para o Método Computacional (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)
150	150	2	40	2000
150	150	2	50	3000
150	150	2	60	3500
150	150	3	40	3000
150	150	3	50	4000
150	150	3	60	5000
150	150	4	40	3000
150	150	4	50	4000
150	150	4	60	5500
150	200	2	40	3000
150	200	2	50	3500
150	200	2	60	4500
150	200	3	40	3000
150	200	3	50	4000
150	200	3	60	5500
150	200	4	40	4000
150	200	4	50	5500
150	200	4	60	5500
150	250	2	40	3500
150	250	2	50	4500
150	250	2	60	5500
150	250	3	40	4000
150	250	3	50	5500
150	250	3	60	5500
150	250	4	40	4500
150	250	4	50	6000
150	250	4	60	6500
250	100	2	40	2000
250	100	2	50	3000
250	100	2	60	3500
250	100	3	40	2000
250	100	3	50	2500
250	100	3	60	3000
250	100	4	40	2500
250	100	4	50	3500
250	100	4	60	4000
250	150	2	40	2000
250	150	2	50	2500
250	150	2	60	3000
250	150	3	40	3000
250	150	3	50	3500
250	150	3	60	4500
250	150	4	40	3000
250	150	4	50	3500
250	150	4	60	4500

Tabela 4.1: Resultados dos volumes ideais para o Método Computacional (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)
250	200		40	2500
250	200	2	50	3500
250	200		60	4000
250	200		40	3000
250	200	3	50	3500
250	200		60	4500
250	200		40	3500
250	200	4	50	4500
250	200		60	6000
250	250		40	3000
250	250	2	50	4000
250	250		60	5000
250	250		40	3500
250	250	3	50	4500
250	250		60	5500
250	250		40	4500
250	250	4	50	5500
250	250		60	6500

Conforme observado, o volume ideal máximo necessário para os diversos casos seria de 6500 litros, e o menor volume seria de 2000 litros. Em alguns casos, para um mesmo número de moradores, enquanto a demanda de água pluvial aumenta, o volume do reservatório diminui, isto acontece porque a área de telhado não consegue coletar toda a água que precisa para a residência.

Os resultados obtidos não variaram linearmente conforme houve a mudança das variáveis.

A Figura 4.10 mostra um gráfico dos volumes dos reservatórios inferiores (litros) x Demanda de água pluvial (litros/dia), para demonstrar a não linearidade dos resultados.

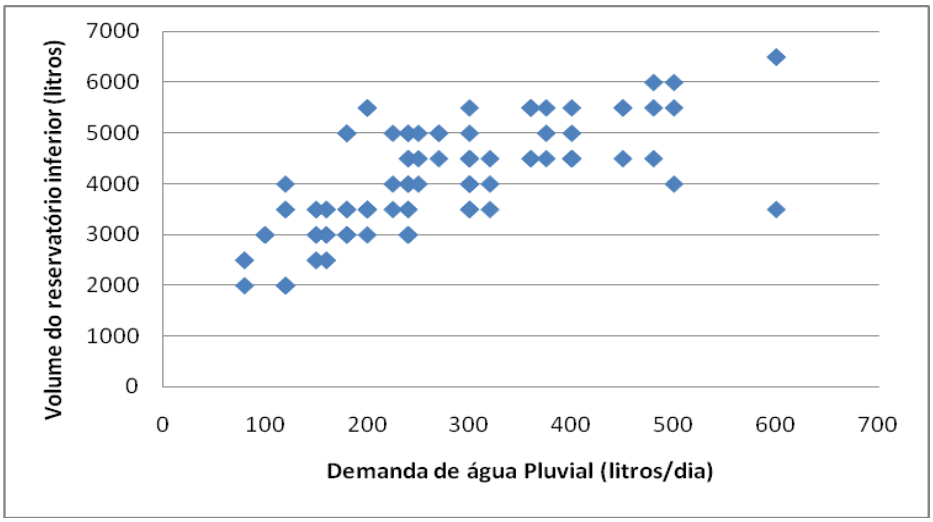

Figura 4.10: Volumes dos reservatórios inferiores (litros) x Demanda de água pluvial (litros/dia)

4.3 Métodos Normativos

4.3.1 Método Prático Brasileiro

A Tabela 4.2 mostra os resultados obtidos com o Método Prático Brasileiro para diferentes áreas de telhado solicitadas, conforme mostrado no capítulo anterior. A precipitação média anual (P) é de 2289 mm e o número de meses com pouca ou nenhuma chuva (T) é de 4 meses, como foi explicado anteriormente no item 3.4.1.

Tabela 4.2: Resultados do Método Prático Brasileiro.

Área de telhado (m²)	Volume (l)
50	19228
150	57683
250	96138

Como pode-se observar acima, o volume ideal do reservatório de água pluvial segundo o Método Brasileiro para uma área de telhado de 50m² é de 19228 litros, e para uma área de 250m² é de 96138 litros. Neste caso a área de telhado tem uma influência muito grande sobre o resultado do reservatório. Se a área de telhado fosse aumentada de 50m² para 250m², o volume do reservatório aumentaria 76910 litros, quatro vezes o valor do reservatório de uma casa com 50m² de área de telhado.

4.3.2 Método Prático Inglês

Para o Método Prático Inglês, o cálculo do volume é um pouco mais compacto, uma vez que não se precisa do número de meses com pouca ou nenhuma chuva. A precipitação utilizada foi a mesma, 2289mm.

Ao substituir as áreas de telhado na Equação 3.2, obtêm-se a Tabela 4.3, que mostra os resultados dos volumes ideais de água pluvial, obtidos com o Método Prático Inglês.

Tabela 4.3: Resultados do Método Prático Inglês.

Área de telhado (m²)	Volume (l)
50	5723
150	17168
250	28613

Os resultados obtidos no Método Prático Inglês variaram desde 5723 litros para uma área de telhado de 50m² a até 28613 litros para uma área de telhado de 250m².

Em comparação com o Método Prático Brasileiro, este método tem os resultados consideravelmente menores, sendo justificado pelo clima diferente dos dois países.

Para a área de 50m² os métodos (Prático Inglês e Prático Brasileiro) apresentam uma diferença de 13505 litros, e para a área de 250m² a diferença sobe para 67526 litros.

4.4 Comparação dos Resultados

Para a comparação dos resultados entre os dois Métodos Normativos e o Método Computacional foi elaborada uma tabela para facilitar a interpretação dos resultados. A Tabela 4.4 mostra os resultados de maneira simplificada dos métodos analisados. No apêndice 3, encontra-se a tabela completa.

Tabela 4.4: Resumo simplificado dos volumes de reservatórios encontrados para os Métodos Normativos e Computacional.

Área de telhado (m²)	Método Computacional (l)	Método Prático Brasileiro (l)	Método Prático Inglês (l)
50	2000 até 5500	19228	5723
150	2000 até 6500	57683	17168
250	2000 até 6500	96138	28613

Conforme observado na tabela acima, os Métodos Normativos possuem apenas 3 volumes de reservatório cada um, um para cada área de telhado, já o Método Computacional possui vários resultados para a mesma área de telhado, devido a consideração de diversas variáveis, já citadas no capítulo 3.

Com base no que foi falado acima, pode-se observar que o Método Computacional pode ser considerado mais preciso que os outros dois métodos.

Para a área de 50m² o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês já ficaram acima dos valores obtidos pelo Método Computacional, superestimando os valores ideais necessários para cada caso. A Tabela 4.5 mostra a diferença do maior valor e do menor valor obtido entre os métodos para uma área de telhado de 50m².

Tabela 4.5: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 50m².

Diferenças entre os Métodos	Maior Diferença	Menor Diferença
Diferença entre o Método computacional e o Prático Inglês (l)	3723	223
Diferença entre o Método computacional e o Prático Brasileiro (l)	17228	13728
Diferença entre o Método Prático Inglês e o Prático Brasileiro (l)	13505	13505

A Tabela 4.5 mostra como é grande a diferença principalmente entre o Método Computacional e o Método Prático Brasileiro, que chega a 17228 litros, aproximadamente 8,5 vezes o valor do Método Computacional.

Para a área de 150m² o que se notou foi que o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês ficaram todos novamente acima dos valores obtidos pelo Método Computacional, aumentando o valor das diferenças entre os métodos. A Tabela 4.6 mostra a diferença do maior valor e do menor valor obtido entre os métodos para uma área de telhado de 150m².

Tabela 4.6: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 150m².

Diferenças entre os Métodos	Maior Diferença	Menor Diferença
Diferença entre o Método computacional e o Prático Inglês (l)	15168	10668
Diferença entre o Método computacional e o Prático Brasileiro (l)	55683	51183
Diferença entre o Método Prático Inglês e o Prático Brasileiro (l)	40515	40515

Conforme observado, as diferenças entre o Método Computacional e o Método Prático Brasileiro aumentaram consideravelmente, aproximadamente de 17000 litros para 55000 litros. A diferença entre o Método Computacional e o Método Prático Inglês também aumentaram, porém em uma proporção menor, de aproximadamente 3700 litros para 15000 litros.

Como era de se esperar, para a área de telhado de 250m² o Método Prático Brasileiro e o Inglês superestimaram os volumes dos reservatórios, com os valores do Método Prático Brasileiro sendo superiores aos do Método Prático Inglês.

A Tabela 4.7 mostra a diferença do maior valor e do menor valor obtido entre os métodos para uma área de telhado de 250m².

Tabela 4.7: Diferença do maior e menor volume de reservatório entre os métodos para uma área de telhado de 250m².

Diferenças entre os Métodos	Maior Diferença	Menor Diferença
Diferença entre o Método computacional e o Prático Inglês (l)	26613	22113
Diferença entre o Método computacional e o Prático Brasileiro (l)	94138	89638
Diferença entre o Método Prático Inglês e o Prático Brasileiro (l)	67526	67526

As diferenças obtidas entre os métodos aumentam bastante conforme a área de telhado aumenta, a maior diferença encontrada neste caso ainda é muito grande, aproximadamente 94000 litros, cerca de 47 vezes o valor do menor reservatório obtido com o uso do Método Computacional.

4.5 Análise Econômica

Para a determinação do período de retorno, foi feita uma análise do custo dos equipamentos na cidade de São Miguel do Oeste, além de uma análise do

custo da água e energia elétrica que seria necessária para o funcionamento do sistema.

Os equipamentos utilizados para fazer a captação, coleta e distribuição da água pluvial disponíveis em São Miguel do Oeste são os seguintes:

- Bomba de recalque ½ cv;
- Calha;
- Tubulações;
- Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva;
- Reservatórios.

As tubulações foram consideradas como uma percentagem do total (15%), por se tratar de uma estimativa (FERREIRA, 2005), conforme explicado no Capítulo 3.

Os preços pesquisados dos equipamentos citados acima estão descritos na Tabela 4.8, e foram obtidos em uma loja de materiais de construção na cidade de São Miguel do Oeste.

Tabela 4.8: Preço e quantidade aproximada dos equipamentos necessários para a instalação e utilização da água pluvial.

Equipamentos	Quantidade	Preço (R$)
Bomba de Recalque ½ cv	1 unidade	139,00
Calha	30 m	416,00
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	1 unidade	615,50
Tubulações	-	350,54
	Total:	1521,04

Também foram pesquisados os preços dos reservatórios de fibra de vidro disponíveis no mercado local. Foram encontrados 3 reservatórios, o de 2000, 3000 e 5000 litros, para servir de reservatório inferior. Os reservatórios superiores de fibra de vidro disponíveis são de 200, 300 e 500 litros. A Tabela 4.9 mostra os preços encontrados para estes reservatórios.

Tabela 4.9: Preços dos reservatórios em São Miguel do Oeste.

Reservatórios (Litros)	Preço (R$)
200	85,90
300	106,96
500	122,40
2000	511,50
3000	638,60
5000	1044,00

Um exemplo simples será feito para exemplificar como será feita a combinação dos reservatórios. Para este exemplo adotou-se um reservatório inferior de 6000l, onde pela indisponibilidade deste volume, seria adotado um reservatório de 5000 litros e um de 2000 litros, e o custo seria a soma dos dois, ou seja, R$ 1555,50. O custo total seria este valor obtido mais o custo do reservatório superior e mais R$ 1521,04 que é o custo dos equipamentos necessários para a instalação e utilização da água pluvial. Não será considerado o custo da mão de obra para a instalação do sistema, devido a dificuldade de determinar a quantidade de dias a serem trabalhados e o custo desta mão de obra.

A tabela completa do valor gasto com o sistema de aproveitamento de água pluvial será mostrada mais adiante.

A Tabela 4.10 mostra os resultados obtidos com a economia de água por mês, sem levar em consideração os gastos com os equipamentos e com a energia elétrica.

Tabela 4.10: Economia de água mensal.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água potável gasta mensalmente (l)	Demanda de água Pluvial Máxima (%)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia por mês de água (l)	Economia por mês de água (R$)
50	100	2	6000	40	38,79	2327,4	0,00
50	100	2	6000	50	47,94	2876,4	0,00
50	100	2	6000	60	56,82	3409,2	0,00
50	100	3	9000	40	36,16	3254,4	0,00
50	100	3	9000	50	44,88	4039,2	0,00
50	100	3	9000	60	53,12	4780,8	0,00
50	100	4	12000	40	35,40	4248,0	18,32
50	100	4	12000	50	42,64	5116,8	22,07
50	100	4	12000	60	45,99	5518,8	23,80
50	150	2	9000	40	36,16	3254,4	0,00
50	150	2	9000	50	44,88	4039,2	0,00
50	150	2	9000	60	53,12	4780,8	0,00
50	150	3	13500	40	35,41	4780,4	20,62
50	150	3	13500	50	39,54	5337,9	23,02
50	150	3	13500	60	43,55	5879,3	25,36
50	150	4	18000	40	29,29	5272,2	22,74
50	150	4	18000	50	34,22	6159,6	26,57
50	150	4	18000	60	38,38	6908,4	29,80
50	200	2	12000	40	35,40	4248,0	18,32
50	200	2	12000	50	42,64	5116,8	22,07
50	200	2	12000	60	45,99	5518,8	23,80
50	200	3	18000	40	29,29	5272,2	22,74
50	200	3	18000	50	34,22	6159,6	26,57
50	200	3	18000	60	38,38	6908,4	29,80
50	200	4	24000	40	26,59	6381,6	27,53
50	200	4	24000	50	29,41	7058,4	30,44
50	200	4	24000	60	30,51	7322,4	31,58
50	250	2	15000	40	34,11	5116,5	22,07
50	250	2	15000	50	37,59	5638,5	24,32
50	250	2	15000	60	41,06	6159,0	26,56
50	250	3	22500	40	26,88	6048,0	26,09
50	250	3	22500	50	30,67	6900,8	29,76
50	250	3	22500	60	31,94	7186,5	31,00
50	250	4	30000	40	23,11	6933,0	41,95
50	250	4	30000	50	24,16	7248,0	43,86
50	250	4	30000	60	24,07	7221,0	43,70
150	100	2	6000	40	39,45	2367,0	0,00
150	100	2	6000	50	49,22	2953,2	0,00
150	100	2	6000	60	58,86	3531,6	0,00
150	100	3	9000	40	37,88	3409,2	0,00
150	100	3	9000	50	47,75	4297,5	0,00
150	100	3	9000	60	56,99	5129,1	0,00
150	100	4	12000	40	38,05	4566,0	19,69
150	100	4	12000	50	46,94	5632,8	24,30
150	100	4	12000	60	56,13	6735,6	29,05

Tabela 4.10: Economia de água mensal (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água potável gasta mensalmente (l)	Demanda de água Pluvial Máxima (%)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia por mês de água (l)	Economia por mês de água (R$)
150	150	2	9000	40	37,88	3409,2	0,00
150	150	2	9000	50	47,75	4297,5	0,00
150	150	2	9000	60	56,99	5129,1	0,00
150	150	3	13500	40	37,60	5076,0	21,89
150	150	3	13500	50	46,73	6308,6	27,21
150	150	3	13500	60	55,84	7538,4	32,51
150	150	4	18000	40	36,12	6501,6	28,04
150	150	4	18000	50	44,87	8076,6	34,84
150	150	4	18000	60	53,81	9685,8	41,78
150	200	2	12000	40	38,05	4566,0	19,69
150	200	2	12000	50	46,94	5632,8	24,30
150	200	2	12000	60	56,13	6735,6	29,05
150	200	3	18000	40	36,12	6501,6	28,04
150	200	3	18000	50	44,87	8076,6	34,84
150	200	3	18000	60	53,81	9685,8	41,78
150	200	4	24000	40	35,42	8500,8	36,67
150	200	4	24000	50	43,71	10490,4	45,25
150	200	4	24000	60	49,60	11904,0	51,34
150	250	2	15000	40	37,55	5632,5	24,29
150	250	2	15000	50	56,57	8485,5	36,60
150	250	2	15000	60	55,49	8323,5	35,90
150	250	3	22500	40	35,90	8077,5	34,84
150	250	3	22500	50	44,44	9999,0	43,13
150	250	3	22500	60	50,65	11396,3	49,15
150	250	4	30000	40	34,15	10245,0	62,00
150	250	4	30000	50	41,07	12321,0	74,56
150	250	4	30000	60	45,36	13608,0	82,35
250	100	2	6000	40	39,10	2346,0	0,00
250	100	2	6000	50	49,32	2959,2	0,00
250	100	2	6000	60	59,07	3544,2	0,00
250	100	3	9000	40	38,01	3420,9	0,00
250	100	3	9000	50	47,43	4268,7	0,00
250	100	3	9000	60	56,85	5116,5	0,00
250	100	4	12000	40	37,81	4537,2	19,57
250	100	4	12000	50	47,46	5695,2	24,56
250	100	4	12000	60	56,72	6806,4	29,36
250	150	2	9000	40	38,01	3420,9	0,00
250	150	2	9000	50	47,43	4268,7	0,00
250	150	2	9000	60	56,85	5116,5	0,00
250	150	3	13500	40	37,90	5116,5	22,07
250	150	3	13500	50	47,01	6346,4	27,37
250	150	3	13500	60	56,64	7646,4	32,98
250	150	4	18000	40	36,90	6642,0	28,65
250	150	4	18000	50	45,63	8213,4	35,43
250	150	4	18000	60	54,46	9802,8	42,28

Tabela 4.10: Economia de água mensal (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água potável gasta mensalmente (l)	Demanda de água Pluvial Máxima (%)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia por mês de água (l)	Economia por mês de água (R$)
250	200	2	12000	40	37,81	4537,2	19,57
250	200	2	12000	50	47,46	5695,2	24,56
250	200	2	12000	60	56,72	6806,4	29,36
250	200	3	18000	40	36,90	6642,0	28,65
250	200	3	18000	50	45,63	8213,4	35,43
250	200	3	18000	60	54,46	9802,8	42,28
250	200	4	24000	40	36,15	8676,0	37,42
250	200	4	24000	50	44,70	10728,0	46,27
250	200	4	24000	60	53,66	12878,4	55,55
250	250	2	15000	40	37,55	5632,5	24,29
250	250	2	15000	50	47,06	7059,0	30,45
250	250	2	15000	60	56,39	8458,5	36,48
250	250	3	22500	40	36,50	8212,5	35,42
250	250	3	22500	50	45,15	10158,8	43,82
250	250	3	22500	60	53,76	12096,0	52,17
250	250	4	30000	40	35,76	10728,0	64,92
250	250	4	30000	50	43,92	13176,0	79,73
250	250	4	30000	60	51,69	15507,0	93,84

Com base na tabela acima, pode-se economizar até 93,84 reais por mês em água, com a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Para os casos em que o consumo de água não chega a 10m³ por mês, não compensa financeiramente a instalação do equipamento, uma vez que não haverá economia, pois nestes casos a taxa mínima imposta pela CASAN continuará a ser paga. Porém, vale ressaltar a grande importância que a coleta de água de chuva tem para o meio ambiente.

Para a obtenção do volume de água economizada por mês, foi utilizada a Equação 3.3, apresentada no capítulo anterior.

Para a utilização da moto bomba, foi aplicada a equação 3.5, e foi obtida a vazão de 2,0 l/s.

Para encher o reservatório diariamente, no caso mais crítico estudado para obter o período de retorno há 4 pessoas morando na residência, utilizando 250 litros per capita por dia, sendo que 60% desta água é pluvial, ou seja, para encher o reservatório todo dia, a moto bomba teria que bombear 600 litros de água coletada para o reservatório superior.

Para estimar o tempo de uso da moto bomba, foi dividido os 600 litros do reservatório pela vazão da bomba, o que resultou em 5 minutos por dia. Ao final do mês, o tempo de utilização da moto bomba é de 2,5 horas.

O consumo médio da moto bomba seria o tempo de utilização multiplicado pela potência em kW, que daria como resultado 0,945 kWh mensal (lembrando que 1CV = 756,13W, e a bomba utilizada é de ½ cv).

Para determinação do preço por mês gasto com a utilização da moto bomba, multiplicou-se o consumo em kWh pelo preço estabelecido pela CELESC. O preço total mensal foi de aproximadamente R$ 0,38.

Para cada caso estudado foi aplicado este método, e os resultados estão dispostos na Tabela 4.11, que mostra os resultados dos gastos mensais de energia elétrica devido à utilização da moto bomba e a economia total obtida (água + energia elétrica).

Tabela 4.11: Resultados obtidos com os gastos em energia elétrica e a economia total obtida.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Potencial de Economia de água Potável (%)	Economia por mês de água (R$)	Gasto por mês de energia elétrica (R$)	Economia total mensal (R$)
50	100	2	38,79	0,00	0,05	-0,05
50	100	2	47,94	0,00	0,06	-0,06
50	100	2	56,82	0,00	0,08	-0,08
50	100	3	36,16	0,00	0,08	-0,08
50	100	3	44,88	0,00	0,10	-0,10
50	100	3	53,12	0,00	0,11	-0,11
50	100	4	35,40	18,32	0,10	18,22
50	100	4	42,64	22,07	0,13	21,94
50	100	4	45,99	23,80	0,15	23,65
50	150	2	36,16	0,00	0,08	-0,08
50	150	2	44,88	0,00	0,10	-0,10
50	150	2	53,12	0,00	0,11	-0,11
50	150	3	35,41	20,62	0,11	20,50
50	150	3	39,54	23,02	0,14	22,88
50	150	3	43,55	25,36	0,17	25,19
50	150	4	29,29	22,74	0,15	22,59
50	150	4	34,22	26,57	0,19	26,38
50	150	4	38,38	29,80	0,23	29,57
50	200	2	35,40	18,32	0,10	18,22
50	200	2	42,64	22,07	0,13	21,94
50	200	2	45,99	23,80	0,15	23,65
50	200	3	29,29	22,74	0,15	22,59
50	200	3	34,22	26,57	0,19	26,38
50	200	3	38,38	29,80	0,23	29,57
50	200	4	26,59	27,53	0,20	27,32
50	200	4	29,41	30,44	0,25	30,19
50	200	4	30,51	31,58	0,30	31,28
50	250	2	34,11	22,07	0,13	21,94
50	250	2	37,59	24,32	0,16	24,16
50	250	2	41,06	26,56	0,19	26,37
50	250	3	26,88	26,09	0,19	25,90
50	250	3	30,67	29,76	0,24	29,53
50	250	3	31,94	31,00	0,29	30,71
50	250	4	23,11	41,95	0,25	41,70
50	250	4	24,16	43,86	0,32	43,54
50	250	4	24,07	43,70	0,38	43,32
150	100	2	39,45	0,00	0,05	-0,05
150	100	2	49,22	0,00	0,06	-0,06
150	100	2	58,86	0,00	0,08	-0,08
150	100	3	37,88	0,00	0,08	-0,08
150	100	3	47,75	0,00	0,10	-0,10
150	100	3	56,99	0,00	0,11	-0,11
150	100	4	38,05	19,69	0,10	19,59
150	100	4	46,94	24,30	0,13	24,17
150	100	4	56,13	29,05	0,15	28,90

Tabela 4.11: Resultados obtidos com os gastos em energia elétrica e a economia total obtida (continuação) .

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Potencial de Economia de água Potável (%)	Economia por mês de água (R$)	Gasto por mês de energia elétrica (R$)	Economia total mensal (R$)
150	150	2	37,88	0,00	0,08	-0,08
150	150	2	47,75	0,00	0,10	-0,10
150	150	2	56,99	0,00	0,11	-0,11
150	150	3	37,60	21,89	0,11	21,78
150	150	3	46,73	27,21	0,14	27,07
150	150	3	55,84	32,51	0,17	32,34
150	150	4	36,12	28,04	0,15	27,89
150	150	4	44,87	34,84	0,19	34,65
150	150	4	53,81	41,78	0,23	41,55
150	200	2	38,05	19,69	0,10	19,59
150	200	2	46,94	24,30	0,13	24,17
150	200	2	56,13	29,05	0,15	28,90
150	200	3	36,12	28,04	0,15	27,89
150	200	3	44,87	34,84	0,19	34,65
150	200	3	53,81	41,78	0,23	41,55
150	200	4	35,42	36,67	0,20	36,46
150	200	4	43,71	45,25	0,25	44,99
150	200	4	49,60	51,34	0,30	51,04
150	250	2	37,55	24,29	0,13	24,17
150	250	2	56,57	36,60	0,16	36,44
150	250	2	55,49	35,90	0,19	35,71
150	250	3	35,90	34,84	0,19	34,65
150	250	3	44,44	43,13	0,24	42,89
150	250	3	50,65	49,15	0,29	48,87
150	250	4	34,15	62,00	0,25	61,74
150	250	4	41,07	74,56	0,32	74,24
150	250	4	45,36	82,35	0,38	81,97
250	100	2	39,10	0,00	0,05	-0,05
250	100	2	49,32	0,00	0,06	-0,06
250	100	2	59,07	0,00	0,08	-0,08
250	100	3	38,01	0,00	0,08	-0,08
250	100	3	47,43	0,00	0,10	-0,10
250	100	3	56,85	0,00	0,11	-0,11
250	100	4	37,81	19,57	0,10	19,47
250	100	4	47,46	24,56	0,13	24,44
250	100	4	56,72	29,36	0,15	29,21
250	150	2	38,01	0,00	0,08	-0,08
250	150	2	47,43	0,00	0,10	-0,10
250	150	2	56,85	0,00	0,11	-0,11
250	150	3	37,90	22,07	0,11	21,95
250	150	3	47,01	27,37	0,14	27,23
250	150	3	56,64	32,98	0,17	32,81
250	150	4	36,90	28,65	0,15	28,50
250	150	4	45,63	35,43	0,19	35,24
250	150	4	54,46	42,28	0,23	42,05

Tabela 4.11: Resultados obtidos com os gastos em energia elétrica e a economia total obtida (continuação) .

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Potencial de Economia de água Potável (%)	Economia por mês de água (R$)	Gasto por mês de energia elétrica (R$)	Economia total mensal (R$)
250	200	2	37,81	19,57	0,10	19,47
250	200	2	47,46	24,56	0,13	24,44
250	200	2	56,72	29,36	0,15	29,21
250	200	3	36,90	28,65	0,15	28,50
250	200	3	45,63	35,43	0,19	35,24
250	200	3	54,46	42,28	0,23	42,05
250	200	4	36,15	37,42	0,20	37,22
250	200	4	44,70	46,27	0,25	46,02
250	200	4	53,66	55,55	0,30	55,24
250	250	2	37,55	24,29	0,13	24,17
250	250	2	47,06	30,45	0,16	30,29
250	250	2	56,39	36,48	0,19	36,29
250	250	3	36,50	35,42	0,19	35,23
250	250	3	45,15	43,82	0,24	43,58
250	250	3	53,76	52,17	0,29	51,89
250	250	4	35,76	64,92	0,25	64,66
250	250	4	43,92	79,73	0,32	79,42
250	250	4	51,69	93,84	0,38	93,46

Como pode-se observar, o gasto com energia elétrica é muito pequeno, não representando efetivamente um acréscimo muito alto na conta de luz. O valor negativo observado na tabela é devido ao fato que os casos em que o consumo de água é inferior a 10m³, ou seja, não há economia de água, apenas gastos com o funcionamento da moto bomba.

O maior valor analisado (R$93,46) que pode ser economizado, seria para uma casa com área de telhado de 250m² com 4 pessoas morando na residência, utilizando 250 litros per capita/dia (30m³ de água potável utilizada mensalmente), e sendo substituída 60% da água utilizada por água pluvial (potencial de economia de 51,69%).

A partir da Tabela 4.11 foram elaborados gráficos. A Figura 4.11 mostra um gráfico de economia de água mais energia elétrica (R$) x demanda de água pluvial (litros/dia) para todas as áreas de telhado, já as Figuras 4.12 até 4.14, mostram gráficos de economia de água mais energia elétrica (R$) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 50, 150 e 250m² respectivamente.

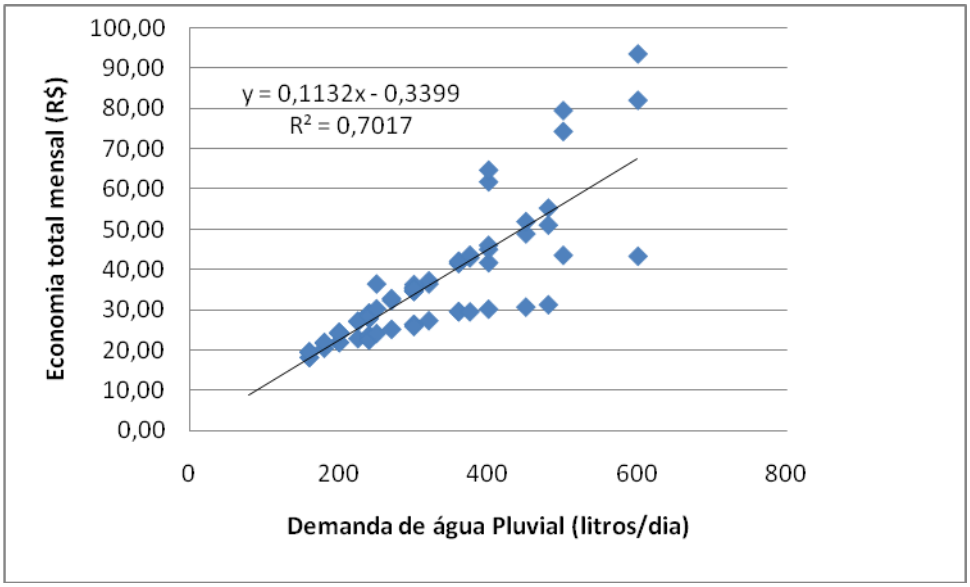

Figura 4.11: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia).

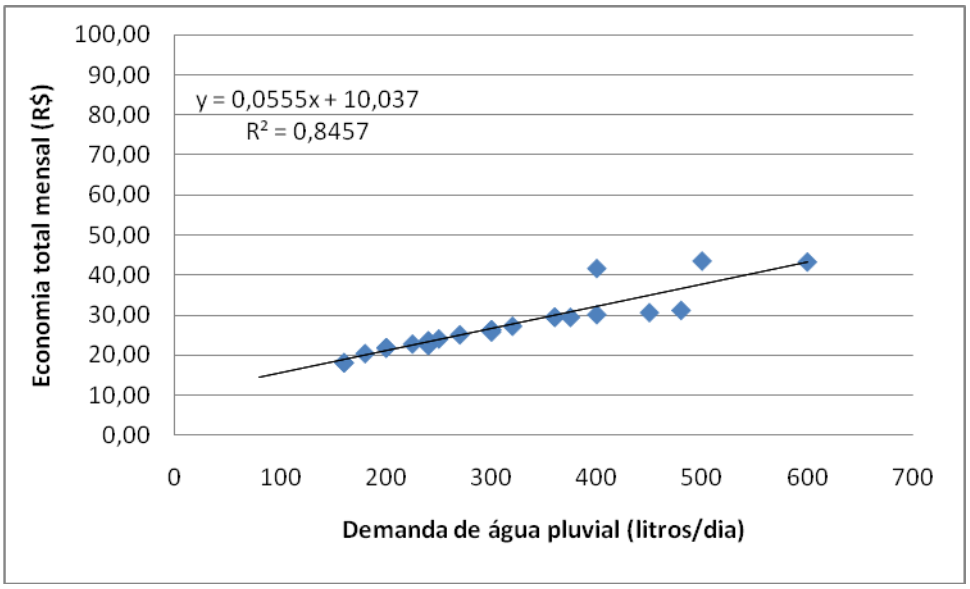

Figura 4.12: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 50m².

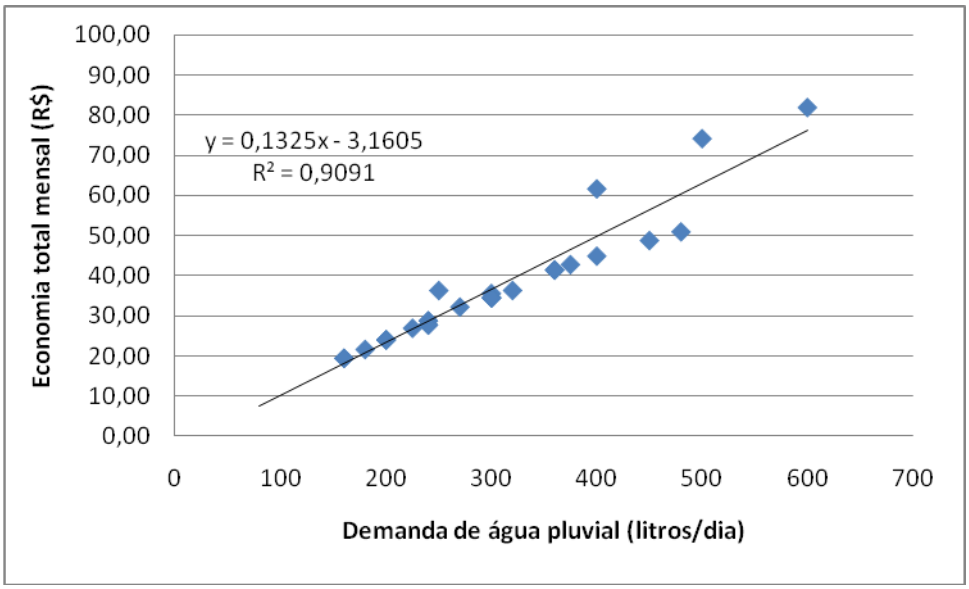

Figura 4.13: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 150m².

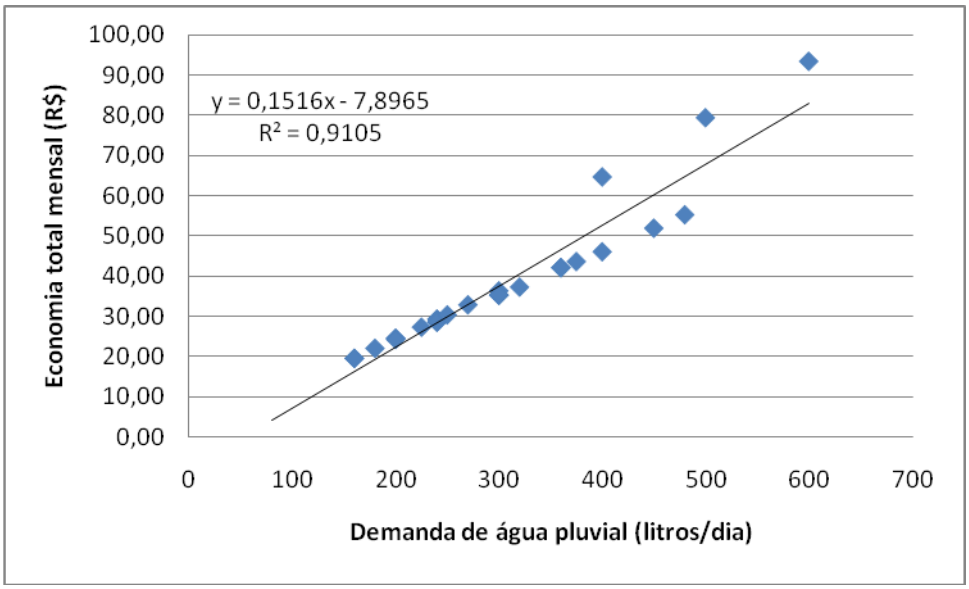

Figura 4.14: Economia mensal de água mais energia elétrica (litros) x demanda de água pluvial (litros/dia) para área de telhado de 250m².

Estes gráficos mostram que há uma linearidade com os valores obtidos com a economia de água mensal, os valores em que os pontos se afastaram do que seria a melhor reta são valores que mudaram a faixa de consumo da CASAN.

Este gráfico mostra também, que geralmente quanto maior a demanda de água pluvial, maior é a economia obtida mensalmente.

A Tabela 4.12 mostra os valores dos gastos com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e os volumes de reservatórios ideais e adotados.

Tabela 4.12: Tabela resumo dos valores gastos com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e os volumes de reservatórios ideais e adotados.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)		Volume do reservatório superior (l)		Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)
				Utilizado	Ideal	Utilizado	Ideal	
50	100	2	40	3000	2500	200	80	1988,51
50	100	2	50	3000	3000	200	100	2245,54
50	100	2	60	5000	4000	200	120	2650,94
50	100	3	40	2000	2000	200	120	2118,44
50	100	3	50	5000	3500	200	150	2650,94
50	100	3	60	5000	5000	200	180	2650,94
50	100	4	40	5000	3500	200	160	2650,94
50	100	4	50	5500	5500	200	200	2773,34
50	100	4	60	5000	5000	300	240	2672,00
50	150	2	40	2000	2000	200	120	2118,44
50	150	2	50	5000	3500	200	150	2650,94
50	150	2	60	5000	5000	200	180	2650,94
50	150	3	40	5000	5000	200	180	2650,94
50	150	3	50	5000	5000	300	225	2672,00
50	150	3	60	5000	5000	300	270	2672,00
50	150	4	40	5000	3500	300	240	2672,00
50	150	4	50	5000	4500	300	300	2672,00
50	150	4	60	5500	5500	500	360	2809,84
50	200	2	40	5000	3500	200	160	2650,94
50	200	2	50	5500	5500	200	200	2773,34
50	200	2	60	5000	5000	300	240	2672,00
50	200	3	40	5000	3500	300	240	2672,00
50	200	3	50	5000	4500	300	300	2672,00
50	200	3	60	5500	5500	500	360	2809,84
50	200	4	40	5000	4500	500	320	2687,44
50	200	4	50	5000	5000	500	400	2687,44
50	200	4	60	5000	4500	500	480	2687,44
50	250	2	40	5500	5500	200	200	2773,34
50	250	2	50	5000	5000	300	250	2672,00
50	250	2	60	5000	4500	300	300	2672,00
50	250	3	40	5000	4000	300	300	2672,00
50	250	3	50	5000	5000	500	375	2687,44
50	250	3	60	5000	4500	500	450	2687,44
50	250	4	40	5000	4500	500	400	2687,44
50	250	4	50	5000	4000	500	500	2687,44
50	250	4	60	5000	3500	700	600	2773,34
150	100	2	40	3000	2500	200	80	2245,54
150	100	2	50	3000	3000	200	100	2245,54
150	100	2	60	5000	3500	200	120	2650,94
150	100	3	40	2000	2000	200	120	2118,44
150	100	3	50	3000	3000	200	150	2245,54
150	100	3	60	5000	3500	200	180	2650,94
150	100	4	40	3000	3000	200	160	2245,54
150	100	4	50	5000	3500	200	200	2650,94
150	100	4	60	5000	4500	300	240	2672,00

Tabela 4.12: Tabela resumo dos valores gastos com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e os volumes de reservatórios ideais e adotados (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)		Volume do reservatório superior (l)		Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)
				Utilizado	Ideal	Utilizado	Ideal	
150	150	2	40	2000	2000	200	120	2118,44
150	150	2	50	3000	3000	200	150	2245,54
150	150	2	60	5000	3500	200	180	2650,94
150	150	3	40	3000	3000	200	180	2245,54
150	150	3	50	5000	4000	300	225	2672,00
150	150	3	60	5000	5000	300	270	2672,00
150	150	4	40	3000	3000	300	240	2266,60
150	150	4	50	5000	4000	300	300	2672,00
150	150	4	60	5500	5500	500	360	2809,84
150	200	2	40	3000	3000	200	160	2245,54
150	200	2	50	5000	3500	200	200	2650,94
150	200	2	60	5000	4500	300	240	2672,00
150	200	3	40	3000	3000	300	240	2266,60
150	200	3	50	5000	4000	300	300	2672,00
150	200	3	60	5500	5500	500	360	2809,84
150	200	4	40	5000	4000	500	320	2687,44
150	200	4	50	5500	5500	500	400	2809,84
150	200	4	60	5500	5500	500	480	2809,84
150	250	2	40	5000	3500	200	200	2650,94
150	250	2	50	5000	4500	300	250	2672,00
150	250	2	60	5500	5500	300	300	2778,96
150	250	3	40	5000	4000	300	300	2672,00
150	250	3	50	5500	5500	500	375	2809,84
150	250	3	60	5500	5500	500	450	2809,84
150	250	4	40	5000	4500	500	400	2687,44
150	250	4	50	7000	6000	500	500	3198,94
150	250	4	60	7000	6500	700	600	3284,84
250	100	2	40	2000	2000	200	80	2118,44
250	100	2	50	3000	3000	200	100	2245,54
250	100	2	60	5000	3500	200	120	2650,94
250	100	3	40	2000	2000	200	120	2118,44
250	100	3	50	3000	2500	200	150	2245,54
250	100	3	60	3000	3000	200	180	2245,54
250	100	4	40	3000	2500	200	160	2245,54
250	100	4	50	5000	3500	200	200	2650,94
250	100	4	60	5000	4000	300	240	2672,00
250	150	2	40	2000	2000	200	120	2118,44
250	150	2	50	3000	2500	200	150	2245,54
250	150	2	60	3000	3000	200	180	2245,54
250	150	3	40	3000	3000	200	180	2245,54
250	150	3	50	5000	3500	300	225	2672,00
250	150	3	60	5000	4500	300	270	2672,00
250	150	4	40	3000	3000	300	240	2266,60
250	150	4	50	5000	3500	300	300	2672,00
250	150	4	60	5000	4500	500	360	2687,44

Tabela 4.12: Tabela resumo dos valores gastos com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial e os volumes de reservatórios ideais e adotados (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório inferior do Método Computacional (l)		Volume do reservatório superior (l)		Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)
				Utilizado	Ideal	Utilizado	Ideal	
250	200	2	40	3000	2500	200	160	2245,54
250	200	2	50	5000	3500	200	200	2650,94
250	200	2	60	5000	4000	300	240	2672,00
250	200	3	40	3000	3000	300	240	2266,60
250	200	3	50	5000	3500	300	300	2672,00
250	200	3	60	5000	4500	500	360	2687,44
250	200	4	40	5000	3500	500	320	2687,44
250	200	4	50	5000	4500	500	400	2687,44
250	200	4	60	7000	6000	500	480	3198,94
250	250	2	40	3000	3000	200	200	2245,54
250	250	2	50	5000	4000	300	250	2672,00
250	250	2	60	5000	5000	300	300	2672,00
250	250	3	40	5000	3500	300	300	2672,00
250	250	3	50	5000	4500	500	375	2687,44
250	250	3	60	5500	5500	500	450	2809,84
250	250	4	40	5000	4500	500	400	2687,44
250	250	4	50	5500	5500	500	500	2809,84
250	250	4	60	7000	6500	700	600	3284,84

Em muitos dos casos analisados o volume dos reservatórios ideais não coincidem com os reservatórios utilizados, pela falta de opção do mercado.

A Tabela 4.13 mostra o tempo em que o investimento feito é reembolsado, ou seja, o período de retorno.

Com a instalação do sistema de utilização de água pluvial, o maior período de retorno encontrado foi de 21,5 anos, e o menor período foi de 3,2 anos.

A instalação e utilização do sistema foram consideradas viáveis quando o investimento feito não demorou mais que 6 anos para retornar, ou seja, quando o período de retorno encontrado não superou os 6 anos (este período de retorno foi estabelecido por opinião pessoal, podendo este variar de acordo com cada projetista ou cliente). Dos 108 casos analisados, 11 se mostraram viáveis.

Tabela 4.13: Período de retorno do investimento no sistema de água pluvial.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água pluvial máxima (%)	Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)	Economia total mensal (R$)	Período de retorno (anos)
50	100	2	40	1988,51	-0,05	-
50	100	2	50	2245,54	-0,06	-
50	100	2	60	2650,94	-0,08	-
50	100	3	40	2118,44	-0,08	-
50	100	3	50	2650,94	-0,10	-
50	100	3	60	2650,94	-0,11	-
50	100	4	40	2650,94	18,22	21,5
50	100	4	50	2773,34	21,94	16,6
50	100	4	60	2672,00	23,65	13,8
50	150	2	40	2118,44	-0,08	-
50	150	2	50	2650,94	-0,10	-
50	150	2	60	2650,94	-0,11	-
50	150	3	40	2650,94	20,50	17,2
50	150	3	50	2672,00	22,88	14,5
50	150	3	60	2672,00	25,19	12,5
50	150	4	40	2672,00	22,59	14,8
50	150	4	50	2672,00	26,38	11,7
50	150	4	60	2809,84	29,57	10,7
50	200	2	40	2650,94	18,22	21,5
50	200	2	50	2773,34	21,94	16,6
50	200	2	60	2672,00	23,65	13,8
50	200	3	40	2672,00	22,59	14,8
50	200	3	50	2672,00	26,38	11,7
50	200	3	60	2809,84	29,57	10,7
50	200	4	40	2687,44	27,32	11,2
50	200	4	50	2687,44	30,19	9,8
50	200	4	60	2687,44	31,28	9,3
50	250	2	40	2773,34	21,94	16,6
50	250	2	50	2672,00	24,16	13,3
50	250	2	60	2672,00	26,37	11,7
50	250	3	40	2672,00	25,90	12,0
50	250	3	50	2687,44	29,53	10,1
50	250	3	60	2687,44	30,71	9,5
50	250	4	40	2687,44	41,70	6,5
50	250	4	50	2687,44	43,54	6,1
50	250	4	60	2773,34	43,32	6,4
150	100	2	40	2245,54	-0,05	-
150	100	2	50	2245,54	-0,06	-
150	100	2	60	2650,94	-0,08	-
150	100	3	40	2118,44	-0,08	-
150	100	3	50	2245,54	-0,10	-
150	100	3	60	2650,94	-0,11	-
150	100	4	40	2245,54	19,59	14,1
150	100	4	50	2650,94	24,17	13,2
150	100	4	60	2672,00	28,90	10,3

Tabela 4.13: Período de retorno do investimento no sistema de água pluvial (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água pluvial máxima (%)	Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)	Economia total mensal (R$)	Período de retorno (anos)
150	150	2	40	2118,44	-0,08	-
150	150	2	50	2245,54	-0,10	-
150	150	2	60	2650,94	-0,11	-
150	150	3	40	2245,54	21,78	12,0
150	150	3	50	2672,00	27,07	11,3
150	150	3	60	2672,00	32,34	8,8
150	150	4	40	2266,60	27,89	8,7
150	150	4	50	2672,00	34,65	8,1
150	150	4	60	2809,84	41,55	6,9
150	200	2	40	2245,54	19,59	14,1
150	200	2	50	2650,94	24,17	13,2
150	200	2	60	2672,00	28,90	10,3
150	200	3	40	2266,60	27,89	8,7
150	200	3	50	2672,00	34,65	8,1
150	200	3	60	2809,84	41,55	6,9
150	200	4	40	2687,44	36,46	7,6
150	200	4	50	2809,84	44,99	6,2
150	200	4	60	2809,84	51,04	5,3
150	250	2	40	2650,94	24,17	13,2
150	250	2	50	2672,00	36,44	7,6
150	250	2	60	2778,96	35,71	8,2
150	250	3	40	2672,00	34,65	8,1
150	250	3	50	2809,84	42,89	6,6
150	250	3	60	2809,84	48,87	5,6
150	250	4	40	2687,44	61,74	4,1
150	250	4	50	3198,94	74,24	4,0
150	250	4	60	3284,84	81,97	3,7
150	100	2	40	2118,44	-0,05	-
150	100	2	50	2245,54	-0,06	-
150	100	2	60	2650,94	-0,08	-
150	100	3	40	2118,44	-0,08	-
150	100	3	50	2245,54	-0,10	-
150	100	3	60	2245,54	-0,11	-
150	100	4	40	2245,54	19,47	14,3
150	100	4	50	2650,94	24,44	13,0
150	100	4	60	2672,00	29,21	10,1
250	150	2	40	2118,44	-0,08	-
250	150	2	50	2245,54	-0,10	-
250	150	2	60	2245,54	-0,11	-
250	150	3	40	2245,54	21,95	11,9
250	150	3	50	2672,00	27,23	11,2
250	150	3	60	2672,00	32,81	8,7
250	150	4	40	2266,60	28,50	8,4
250	150	4	50	2672,00	35,24	7,9
250	150	4	60	2687,44	42,05	6,4

Tabela 4.13: Período de retorno do investimento no sistema de água pluvial (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água pluvial máxima (%)	Custo do sistema de aproveitamento de água pluvial (R$)	Economia total mensal (R$)	Período de retorno (anos)
250	200	2	40	2245,54	19,47	14,3
250	200	2	50	2650,94	24,44	13,0
250	200	2	60	2672,00	29,21	10,1
250	200	3	40	2266,60	28,50	8,4
250	200	3	50	2672,00	35,24	7,9
250	200	3	60	2687,44	42,05	6,4
250	200	4	40	2687,44	37,22	7,4
250	200	4	50	2687,44	46,02	5,7
250	200	4	60	3198,94	55,24	5,7
250	250	2	40	2245,54	24,17	10,4
250	250	2	50	2672,00	30,29	9,7
250	250	2	60	2672,00	36,29	7,6
250	250	3	40	2672,00	35,23	7,9
250	250	3	50	2687,44	43,58	6,1
250	250	3	60	2809,84	51,89	5,2
250	250	4	40	2687,44	64,66	3,9
250	250	4	50	2809,84	79,42	3,2
250	250	4	60	3284,84	93,46	3,2

A Figura 4.15 mostra um gráfico do período de retorno (anos) x demanda de água pluvial (litros/dia), obtidos a partir da Tabela 4.13.

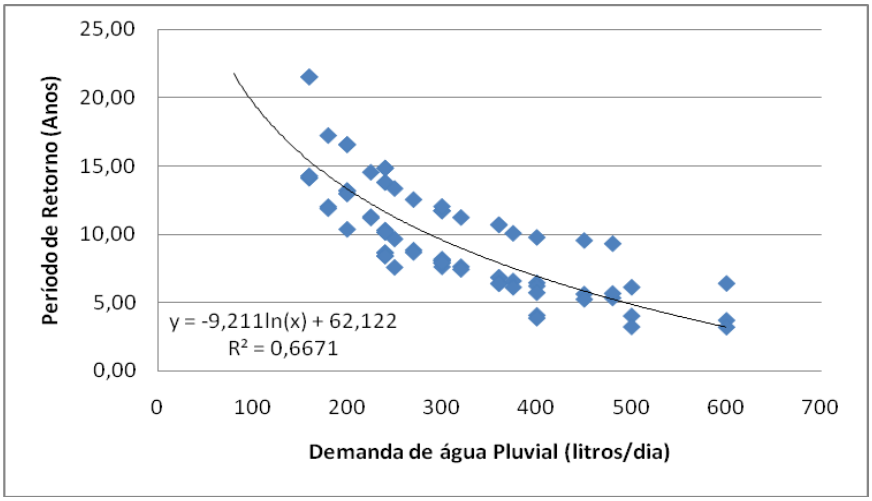

Figura 4.15: Período de retorno (litros) x Demanda de água pluvial (litros/dia).

Conforme observado no gráfico acima, de uma forma geral, quanto maior a demanda de água pluvial, menor o período de retorno observado, ou seja, quanto mais água potável for substituída por pluvial, menor o tempo de retorno do investimento observado. Também nota-se que este decréscimo no período de retorno não é linear.

5 CONCLUSÕES

5.1 Conclusões Gerais

Este trabalho apresentou uma análise do dimensionamento do volume ideal de diversos reservatórios para diferentes casos na cidade de São Miguel do Oeste – SC, além de uma comparação entre um Método Computacional (programa NETUNO) e dois Métodos Normativos, o Brasileiro e o Inglês.

O Método Computacional apresentou volumes de reservatórios muito inferiores aos volumes encontrados pelos Métodos Normativos analisados, uma vez que estes não utilizam vários fatores como a demanda de água pluvial, o número de moradores da residência, a demanda de água potável e o fator de perdas.

As capacidades ideais dos reservatórios com a aplicação do Método Computacional, como já era esperado, tiveram valores diferentes para cada caso, fazendo com que o projetista tenha que analisar todos os casos. Já para os Métodos normativos analisados, o volume ideal tem um valor para cada área de telhado, e esses valores levam a um superdimensionamento dos reservatórios, se comparados com o Método Computacional. Os métodos normativos vistos neste trabalho têm que ser cuidadosamente analisados antes de adotar algum deles para o dimensionamento de algum caso, pois os volumes obtidos por eles ficaram muito acima do esperado.

A partir dos resultados obtidos com o Método Computacional, que foi considerado o método mais adequado para o estudo realizado em São Miguel do Oeste, por utilizar mais variáveis (citadas acima) em seu cálculo, foi calculado o período de retorno para todos os 108 casos, onde destes, 11 foram considerados viáveis no sentido econômico, utilizando uma taxa mensal de 0,5% (igual a da poupança), pois apresentaram uma recuperação do investimento antes dos 6 anos, período este considerado viável.

O caso analisado que apresenta o menor período de retorno (3,2 anos) é uma casa com 250m² de área de telhado, com 4 moradores e demanda de água pluvial de 60%. Também tem o mesmo período de retorno uma casa com 250m² de área de telhado, com 4 moradores e demanda de água pluvial de 50%. Este

período de retorno é igual, pois para o primeiro caso o custo do sistema é maior e a economia mensal também, e no segundo caso o custo do sistema é menor e a economia mensal também é menor.

No sentido de preservação dos recursos hídricos, o sistema de aproveitamento de água pluvial é uma importante medida alternativa para preservar os mananciais de água potável para o futuro.

5.2 Limitações do Trabalho

As limitações encontradas para a elaboração deste trabalho são as seguintes:

- Falta de dados pluviométricos para a cidade de São Miguel do Oeste, uma vez que a solicitação enviada à EPAGRI não foi atendida;
- Os valores obtidos como economia de água também podem variar, pois há casos em que o consumidor passa de uma faixa tarifária para outra, com a economia de água, e este caso não foi considerado, as faixas tarifárias foram consideradas fixas.

5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

Após a conclusão do trabalho, algumas sugestões para trabalhos futuros podem ser mencionadas, tais como:

- Aplicação dos métodos descritos neste trabalho em outras cidades;
- Comparação dos resultados obtidos neste trabalho com outros métodos.
- Aplicação deste método levando em consideração a passagem de faixas de consumo da CASAN, não a considerando fixa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCMAC – Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/. Acesso em Outubro de 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em http://www.ana.gov.br. Acesso em Maio de 2009.

BELLA CALHA. Disponível em: http://www.bellacalha.com.br. Acessado em outubro de 2009.

BROWN, C.; JAN G.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** Texas Water Development Board. Third Edition. Austin, Texas, 2005. Disponível em: http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rd edition.pdf Acessado em maio de 2008.

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Disponível em: http://www.casan.com.br. Acessado em agosto de 2009.

CELESC. Centrais Elétricas de Santa Catarina. Disponível em: http://www.celesc.com.br. Acessado em agosto de 2009.

COELHO, G. M. **Avaliação dos usos finais de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau - SC. 2007.** Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2008.

FAO WATER. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em http://www. fao.org/nr/water. Acessado em junho de 2009.

Federal Office of Environment of Switzerland. Disponível em http://www.sig-ge.ch/fr/vous/priv/statisques/eau_conso.eng.asp. Acesso em Agosto de 2009.

FERREIRA, D. F**. Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas para Fins não Potáveis em um Condomínio Residencial Localizado em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a participação no Concurso Público do Edital Nº 026/DDP/2006. Florianópolis, 2006.

GHISI, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V. L. Netuno 2.1. **Programa computacional.** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/. 2009.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

HAMZO, S. T.; BARRETO, D. . **Avaliação da economia de água obtida pelo uso de dispositivo seletivo de descarga em bacias sanitárias com caixa acoplada.** Dissertação de Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2007.

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

LISBOA, H. DE MELO; COSTA, R. H. R. e WALTORTT, L. M. B., **Análise da Qualidade das Águas de chuva no Campus Universitário da UFSC no período de Maio de 1991 a Janeiro de 1992.** Florianópolis, UFSC, 1992.

MARIANO L. S. **Caracterização da Qualidade da Água Pluvial para Diferentes Materiais de Cobertura das Edificações.** Evento de Iniciação Científica. Curitiba, UFPR, 2005.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP,
Anais....CD Rom, 2004.

MILANO, L.B.M.; LUCA, S.J.; ROSAURO, N.M.L.; & CASTRO, C.M.B. **Análise da Qualidade da Água de Chuva na Região Metropolitana de Porto Alegre e Fatores Meteorológicos Associados.** Revista Brasileira de Engenharia, caderno de Recursos Hídricos, vol. 7. no. 2, 1989.

MUKHOPADHYAY, A.; AKBER, A.; AL-AWADI, E. Analysis of freshwater consumption patterns in the private residences of Kuwait. **Urban Water**, v.3, n. 1-2, p.53-62, mar.-jun. 2001.

National Statistics of England. Disponível em http://www.statistics.gov.uk. Acesso em agosto de 2009.

NERY, E. K . F. **Caracterização qualitativa das águas pluviais.** Curitiba. 60p. Monografia – Curso de Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Paraná, 2005.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água de chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** Florianópolis. 109p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (2006).

PROENÇA, L. C. **Usos finais de água em edifícios de escritórios localizados em Florianópolis.** Relatório de Iniciação Científica. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água. Brasília: (1998). Ministério do Planejamento e Orçamento/ Secretária de Política Urbana. 38p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. DTA E1)

SABESP. Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. Disponível em http://www.sabesp.com.br. Acesso em Maio de 2009.

SAFERAIN. Saferain First Flush Diversion Valve. Disponível em http://www.saferain.com.au. Acesso em Maio de 2009

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Programa de Modernização do Setor Saneamento – 2002. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em Maio de 2009

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Programa de Modernização do Setor Saneamento – 2004. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em Maio de 2009

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Programa de Modernização do Setor Saneamento – 2005. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em Maio de 2009

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Programa de Modernização do Setor Saneamento – 2007. Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em Maio de 2009

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. Digihouse Editoração Eletrônica, São Paulo, 1997.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água - Interface das Instalações Prediais.** Navegar Editora, São Paulo, 2000.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos.** Navegar Editora, São Paulo, 2001.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2003.

UNEP. United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 3. Disponível em http://www.unep.org.jp. Acesso em Maio de 2009.

UNICEF. United Nations International Children's Emergency Fund. Disponível em: http://www.unicef.org. Acessado em Maio de 2009.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Disponível em http://www.unesco.org. Acesso em Maio de 2009.

USEPA. **Guidelines for Water Reuse.** Washington D.C (2004).

APÊNDICES

Apêndice 1:

Precipitação ocorrida em São Miguel do Oeste no ano de 2002.

Data	Dia																															TOTAL ANUAL	TOTAL MENSAL	MESES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
jan/02	0	0	0	0	0	8,8	0	0	0	13,8	0,4	0	2,1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6	1,5	17,8	9,5	21,8	0	0,5	0	2.289	81	Jan
fev/02	18,2	2,2	0	0	0	3,9	1,9	0	0	0	0	0	13,1	10	0,3	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					52	Fev
mar/02	0	0	0	1,5	0	32,9	70,6	1,7	0	0	0	0	66,7	0	5,3	0	0	0	0,9	0,7	0	0	0	0	13,5	0	0	23,7	0	0	0		218	Mar
abr/02	8,7	0,1	0	0	0	0	0	3,2	0,7	0	0	0	1,9	0	0	2,2	19,2	7,4	0,7	13	7,2	0	0	0	0	0	16,6	0	0	0			81	Abr
mai/02	0	0	0	0	0	37,6	0	0,4	3	0	0	0	0	0	0	67	0	29,6	41,1	7,2	30,6	1,2	0	0	0	0	0	0	4,1	20,3	0		242	Mai
jun/02	0	0	0	0	0	0	0	63,7	80,9	3,3	7,5	27	9,6	14,7	3,1	0,5	0	16	3,9	0	0	0,2	0	0	0	0							230	Jun
jul/02								1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,7	21	0	0	0	10,8	2,1	0,4	0	0	9,3		61	Jul
ago/02	31,1	1,2	7,1	0	1,5	4,7	0	0	32,3	3,4	0	0	0	2,7	6,3	0,2	0	0	0	0	17,4	2,9	3,3	3,4	0	0	0	0	23,4	7,5	0		148	Ago
set/02	0	0	0	0	0	1,9	16,4	0	0	0	0	21,5	38	41,7	1,6	2,4	57,2	0,4	15,9	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			218	Set
out/02	18,7	0	76,3	12,3	0	37,1	0	0	10,9	22,5	1,4	11,3	2	11,3	0,3	0	21,2	0	0	25,5	30,3	2,1	0	0	28,3	44,3	47,7	14	0	51,2	14,5		483	Out
nov/02	0	0	0	48,6	1,8	0	0	0	0	45	2,3	0	0	0	0	0,4	0	0	48	0	6,3	8,6	7,2	0	0	13,6	0	21,8	9,6	11			224	Nov
dez/02	0	17,4	0	1	2,6	1	39,4	5,2	0	2	0	6,2	0	0	0	18,4	0	0	0	21,8	45,6	0	4,5	82,3	2,4	0	0	0	0	0	0		250	Dez
																																MÉDIA=	191	

Apêndice 2:

Reservatórios ideais e potenciais de economia para os diversos casos.

As Figuras 1 até 27 mostram os resultados dos volumes ideais dos reservatórios obtidos com a utilização do Método Computacional para os casos não mostrados no Capítulo 4.

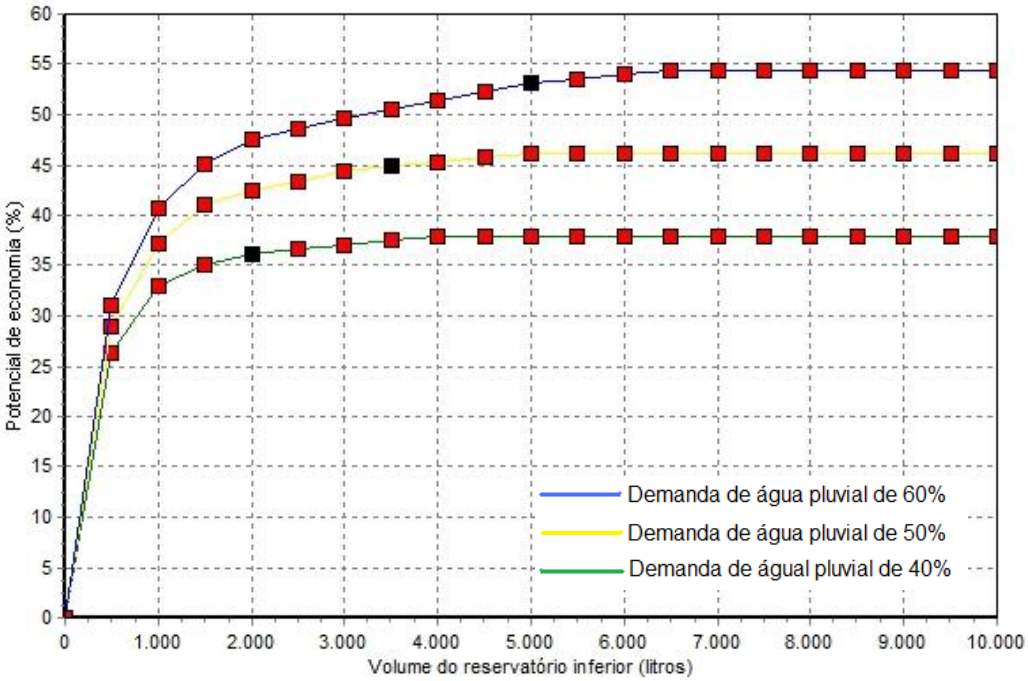

Figura 1: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 150 litros e com 2 moradores.

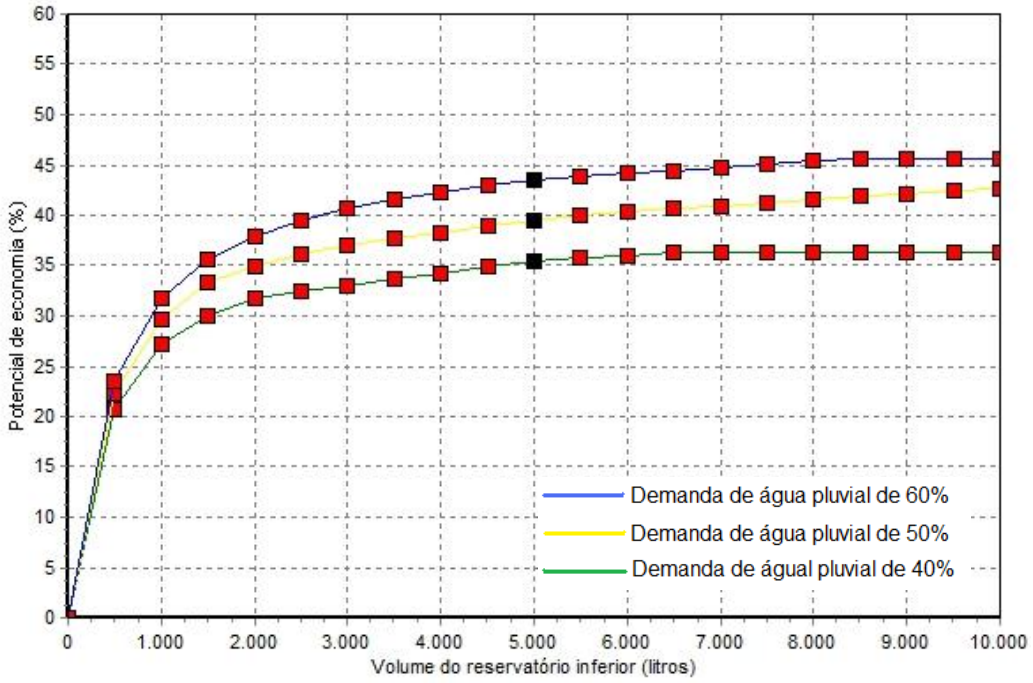

Figura 2: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 150 litros e com 3 moradores.

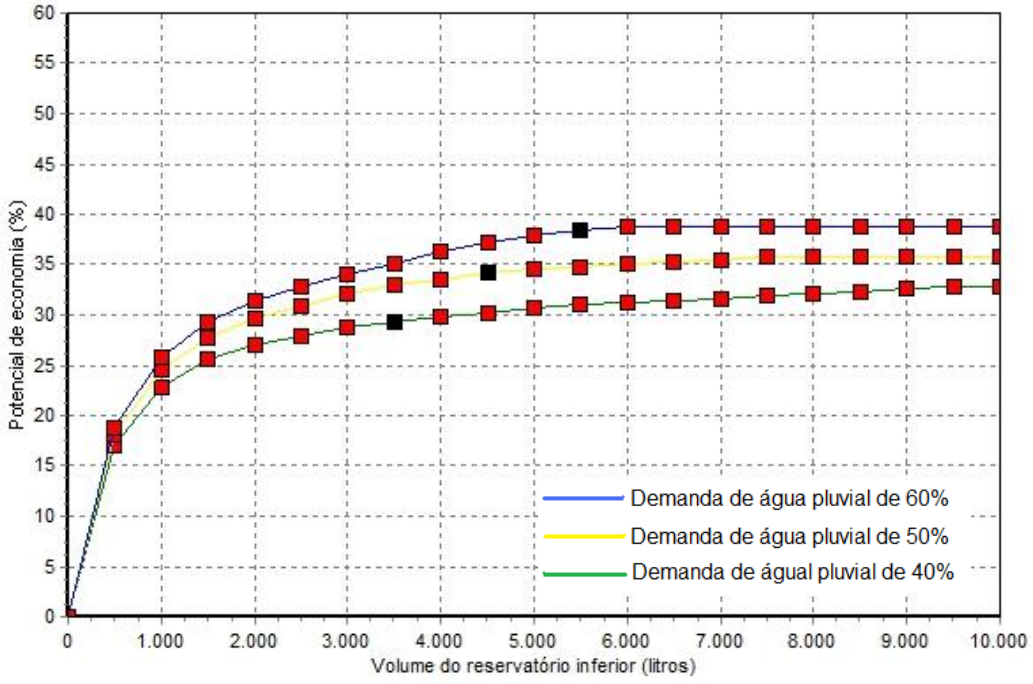

Figura 3: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 150 litros e com 4 moradores.

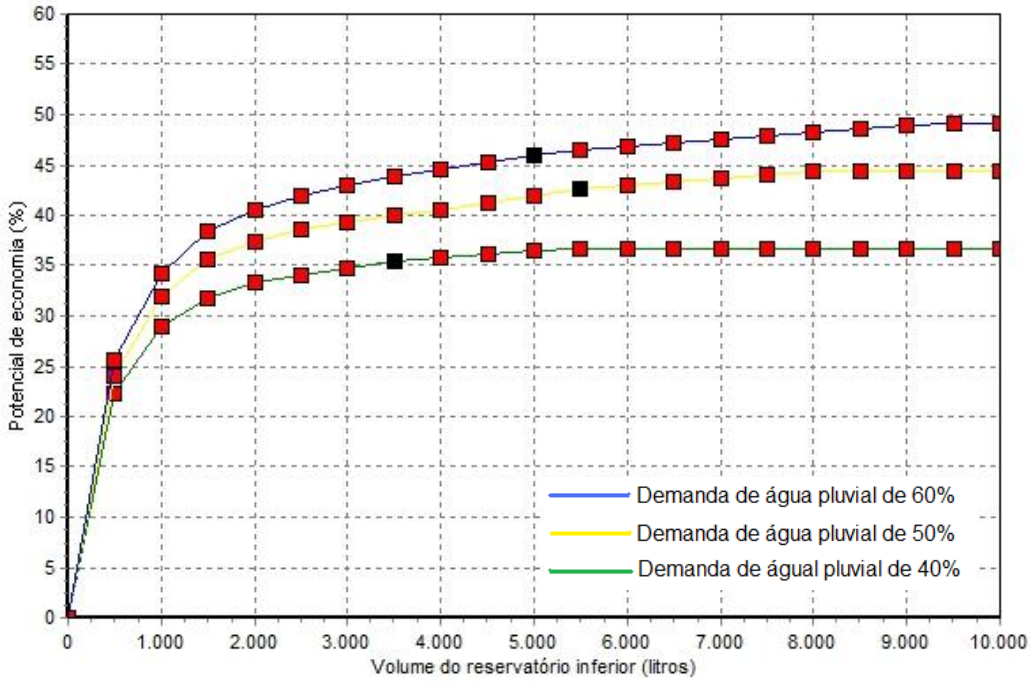

Figura 4: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 200 litros e com 2 moradores.

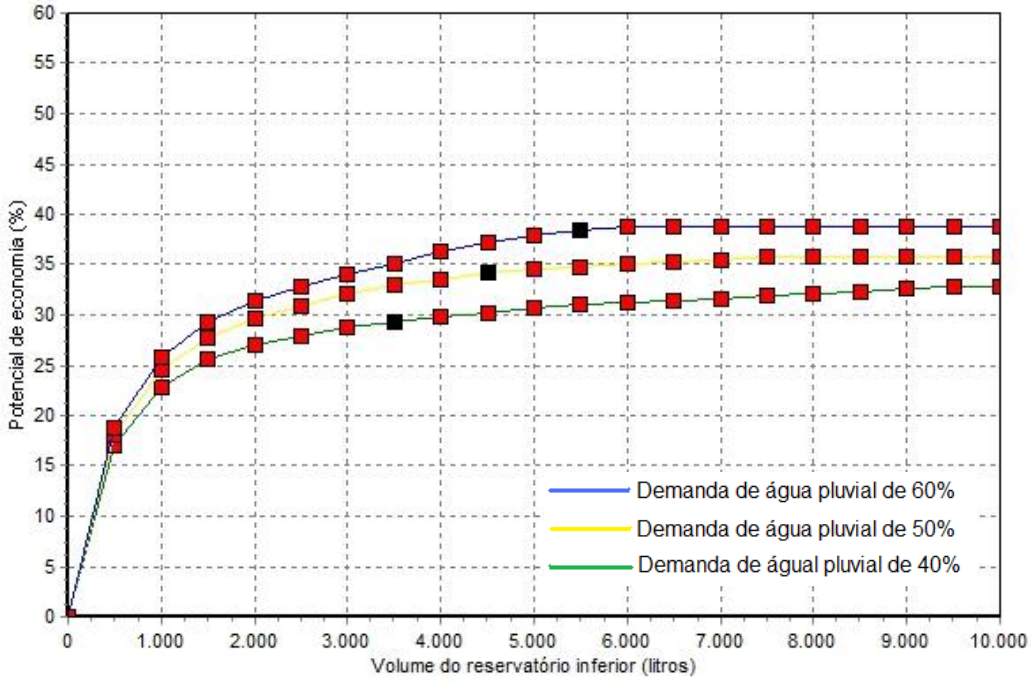

Figura 5: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 200 litros e com 3 moradores.

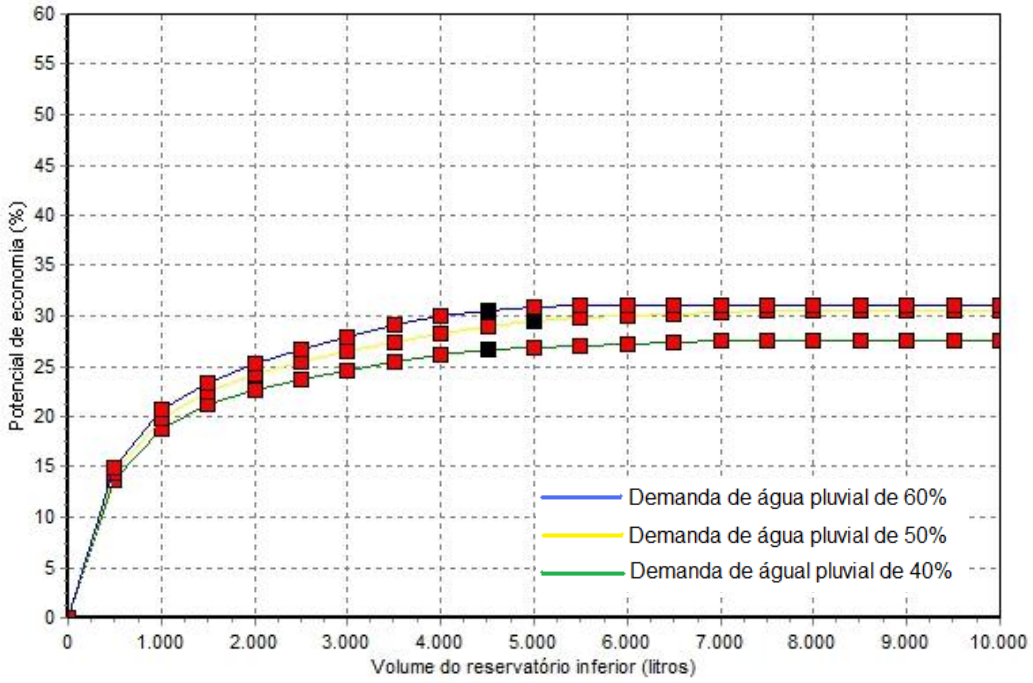

Figura 6: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 200 litros e com 4 moradores.

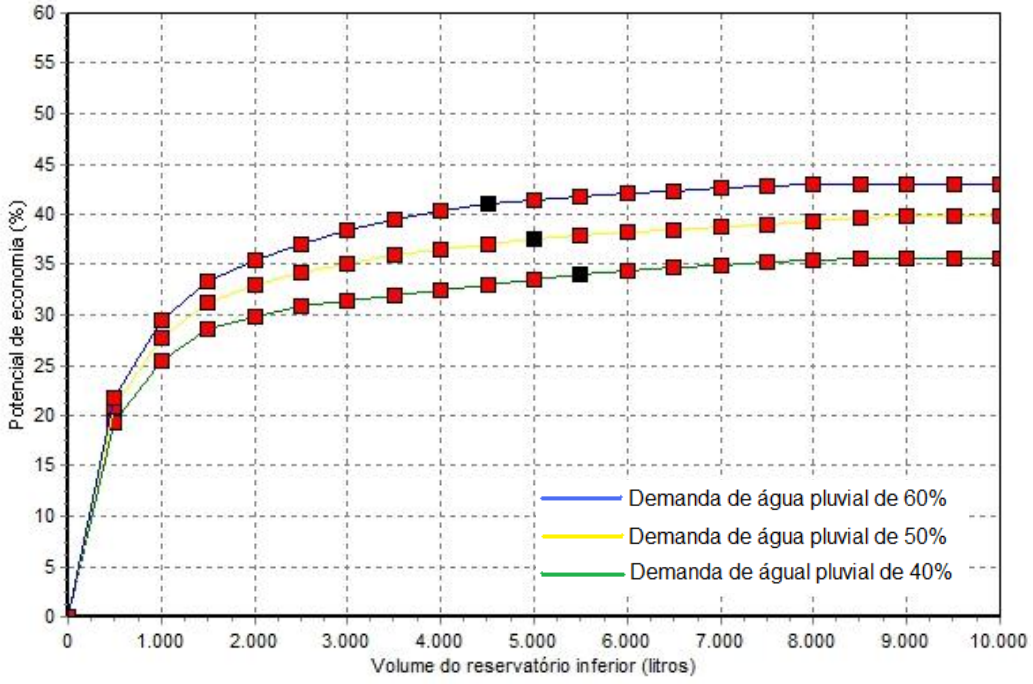

Figura 7: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 250 litros e com 2 moradores.

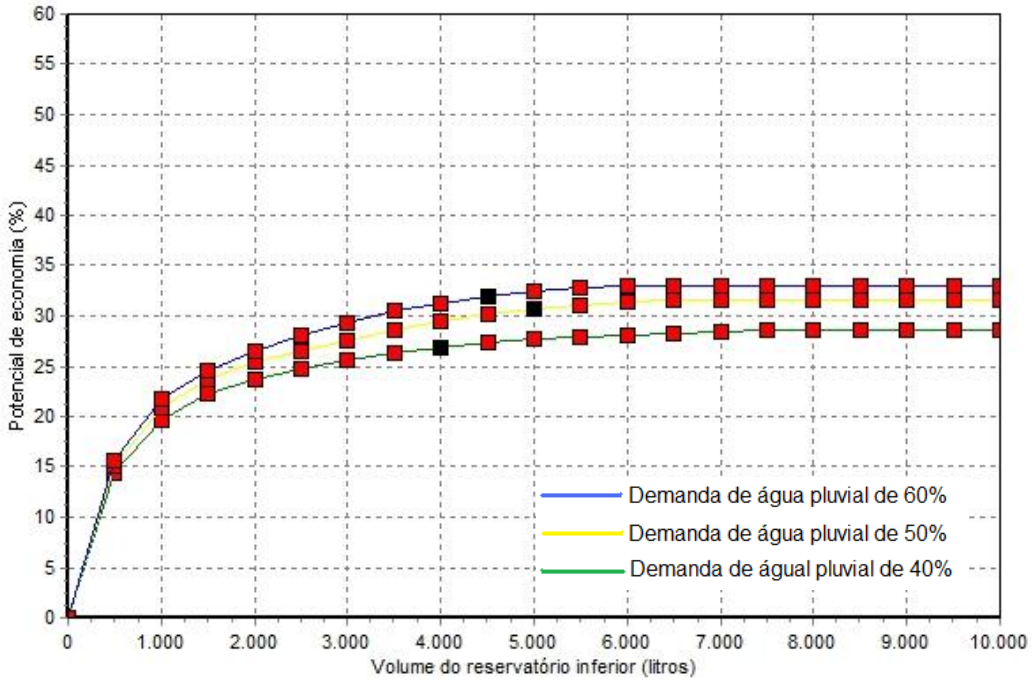

Figura 8: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 250 litros e com 3 moradores.

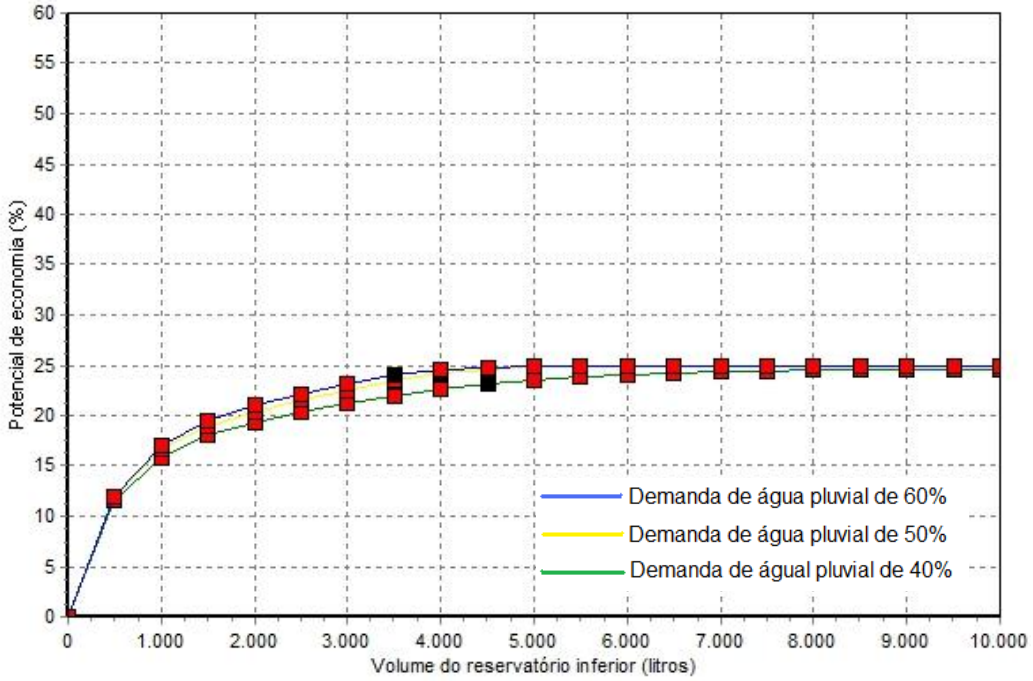

Figura 9: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 50m², demanda de água potável de 250 litros e com 4 moradores.

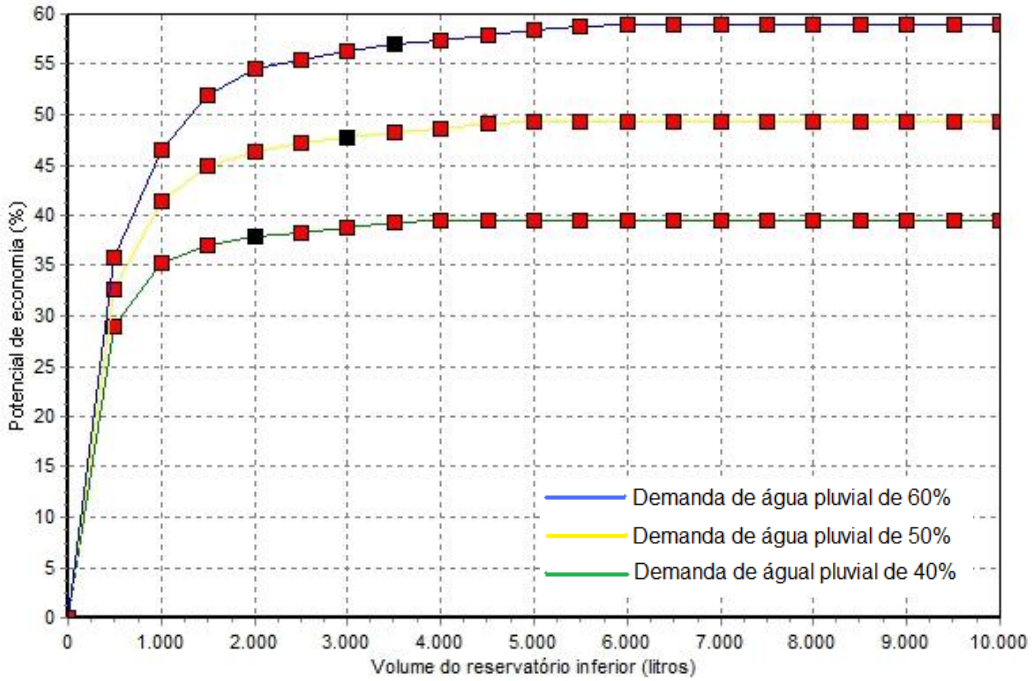

Figura 10: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 150 litros e com 2 moradores.

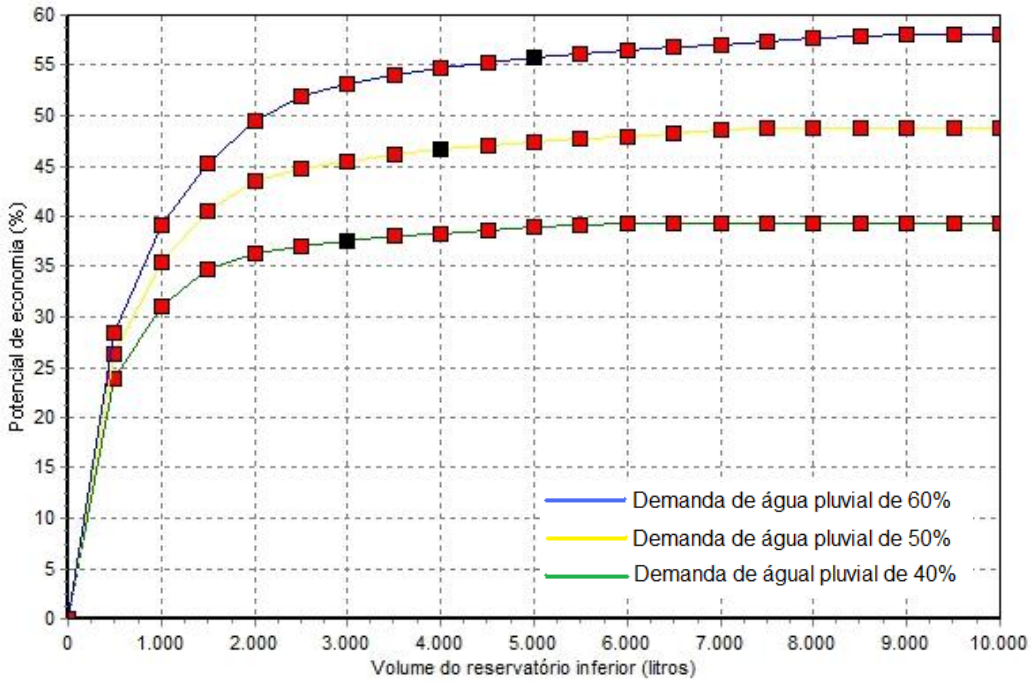

Figura 11: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 150 litros e com 3 moradores.

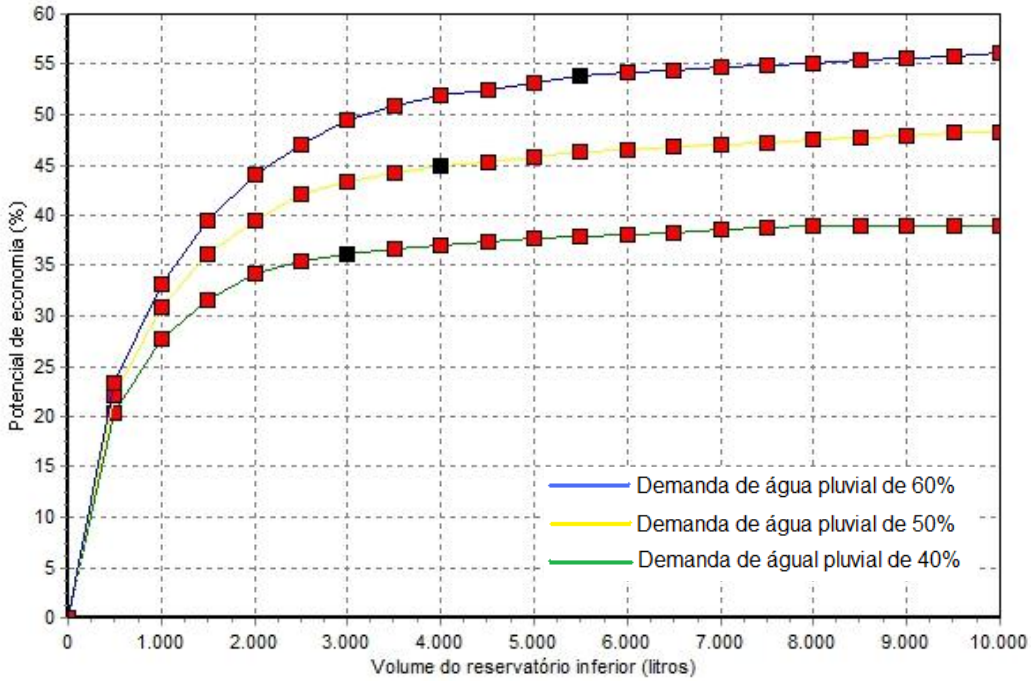

Figura 12: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 150 litros e com 4 moradores.

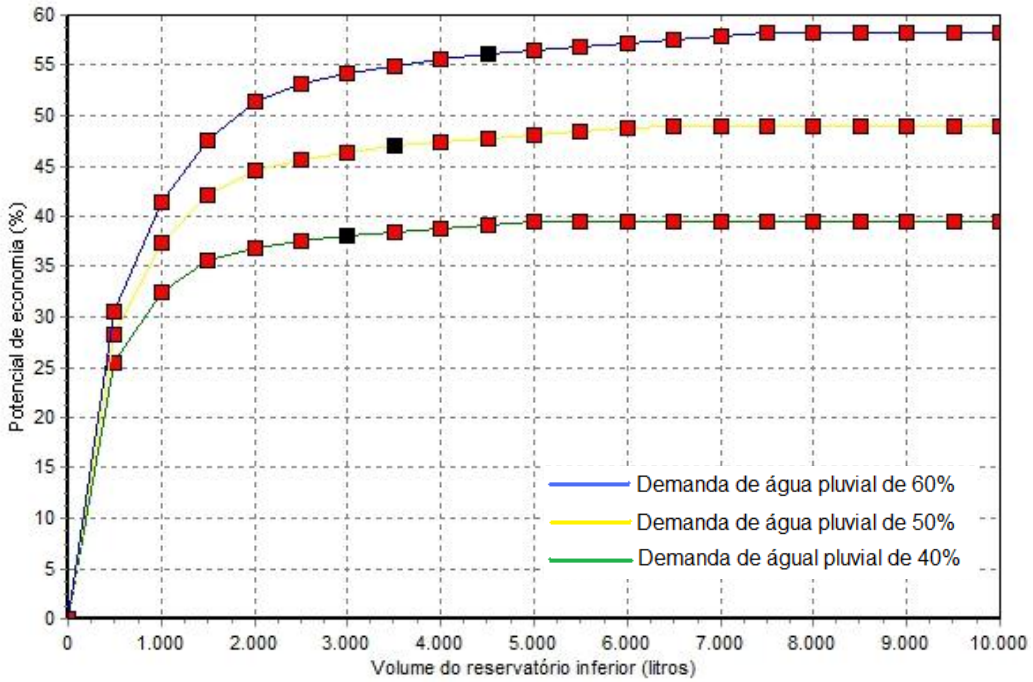

Figura 13: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 200 litros e com 2 moradores.

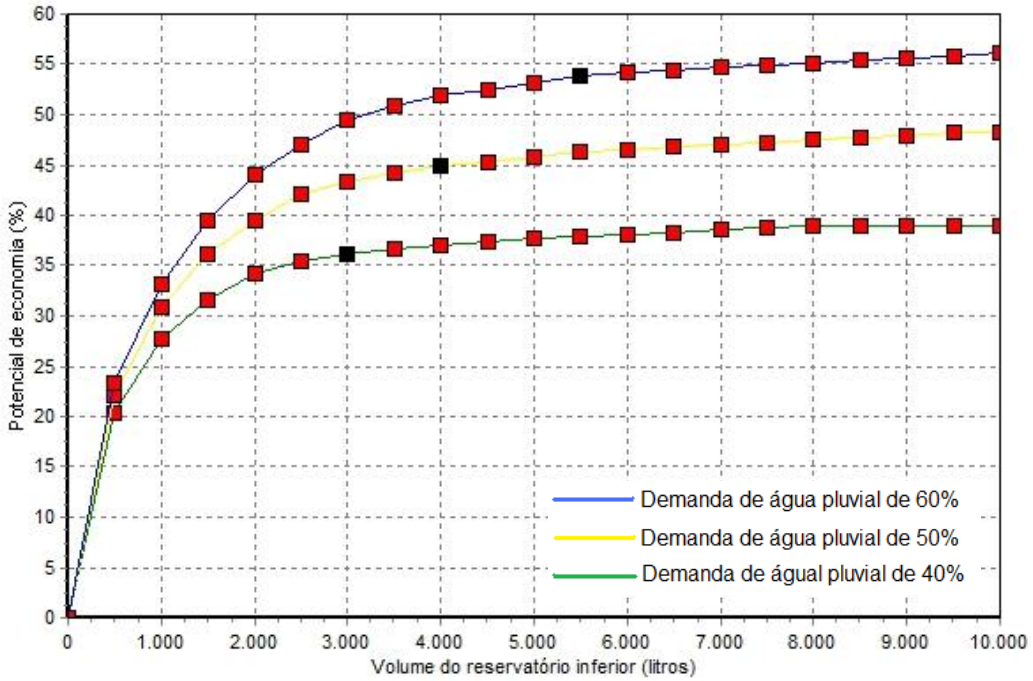

Figura 14: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 200 litros e com 3 moradores.

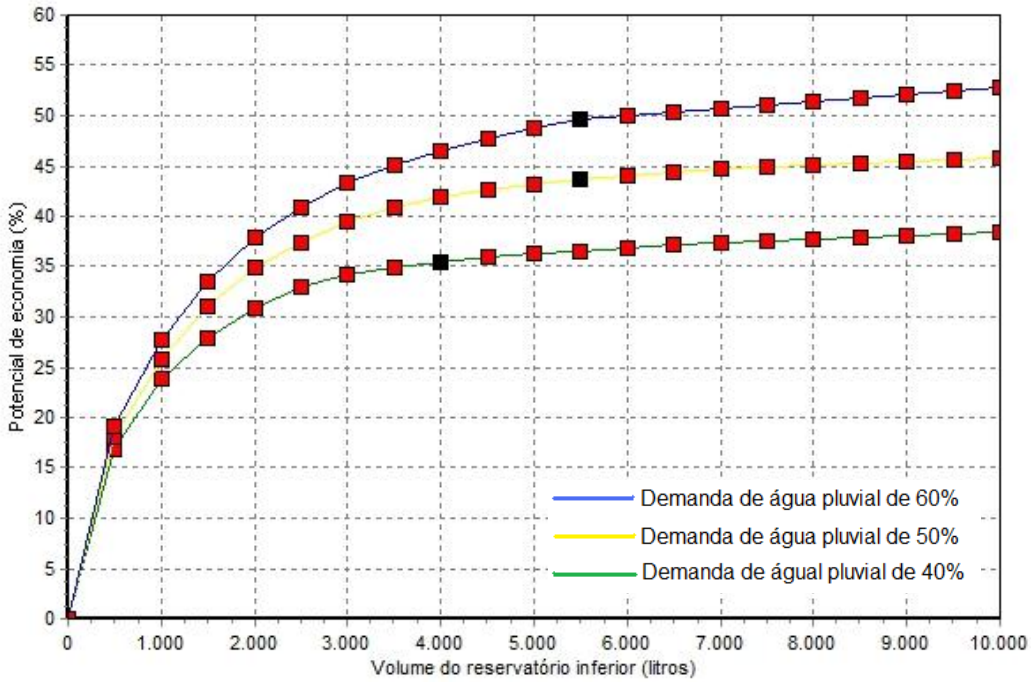

Figura 15: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 200 litros e com 4 moradores.

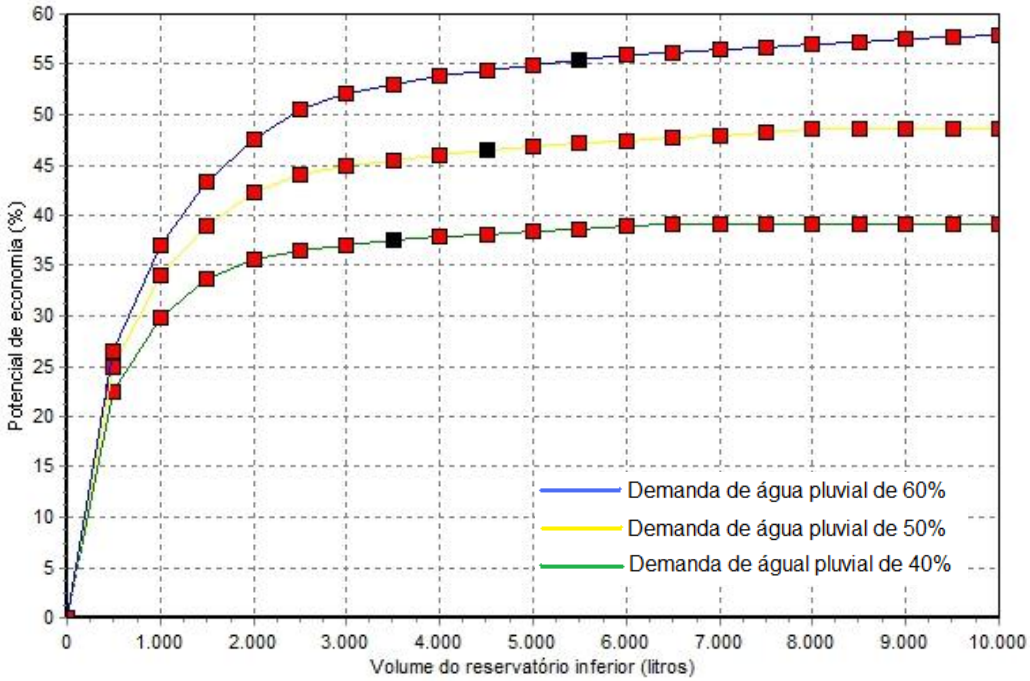

Figura 16: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 250 litros e com 2 moradores.

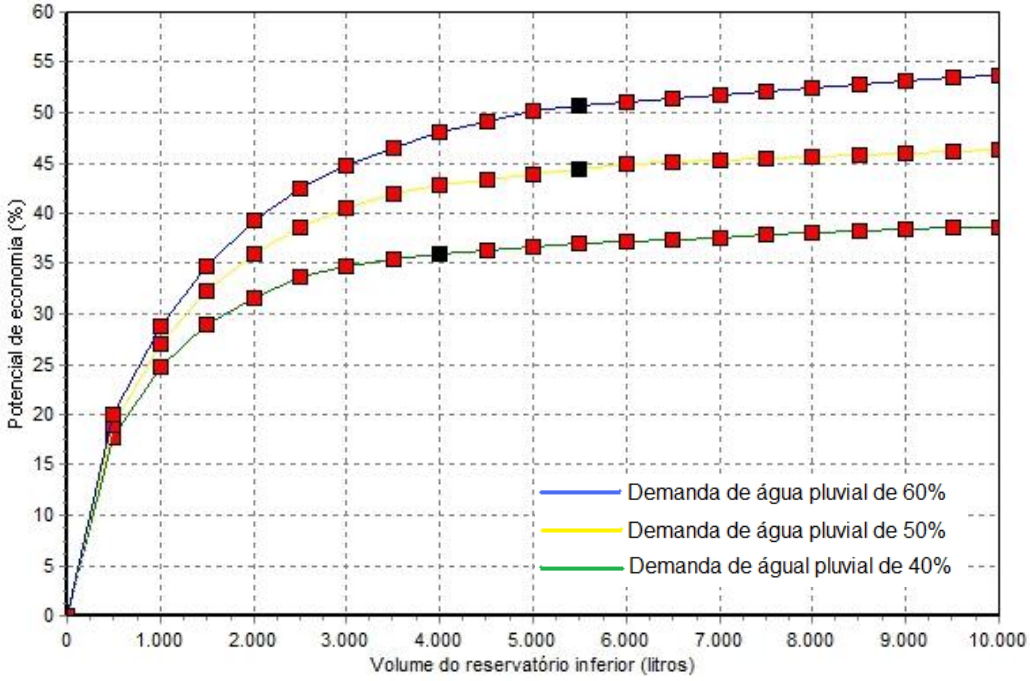

Figura 17: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 250 litros e com 3 moradores.

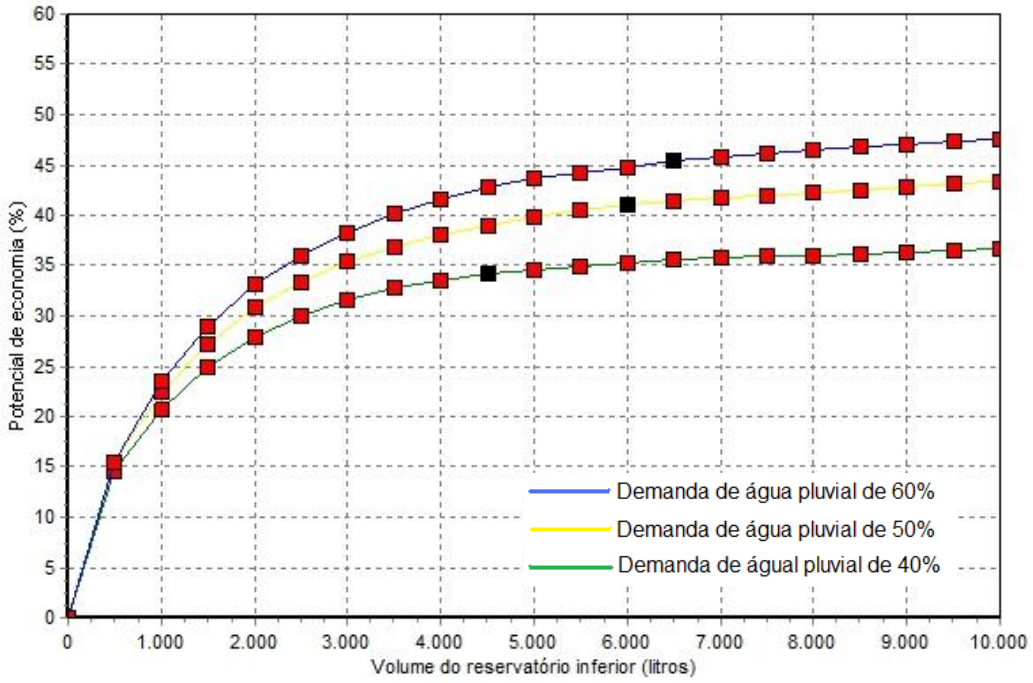

Figura 18: Curvas Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 150m², demanda de água potável de 250 litros e com 4 moradores.

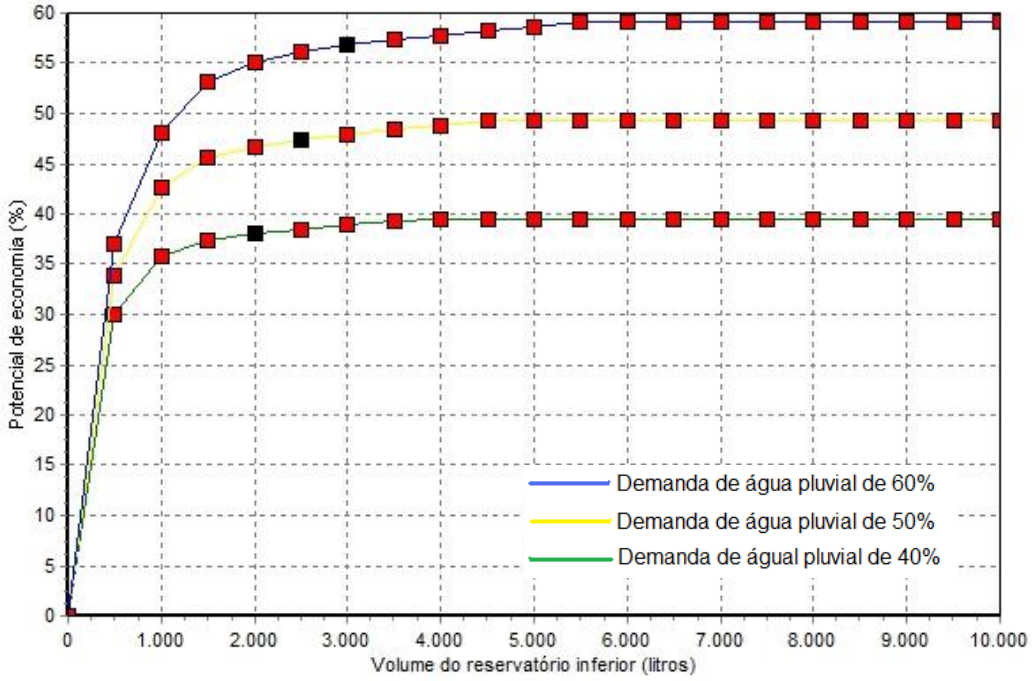

Figura 19: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 150 litros e com 2 moradores.

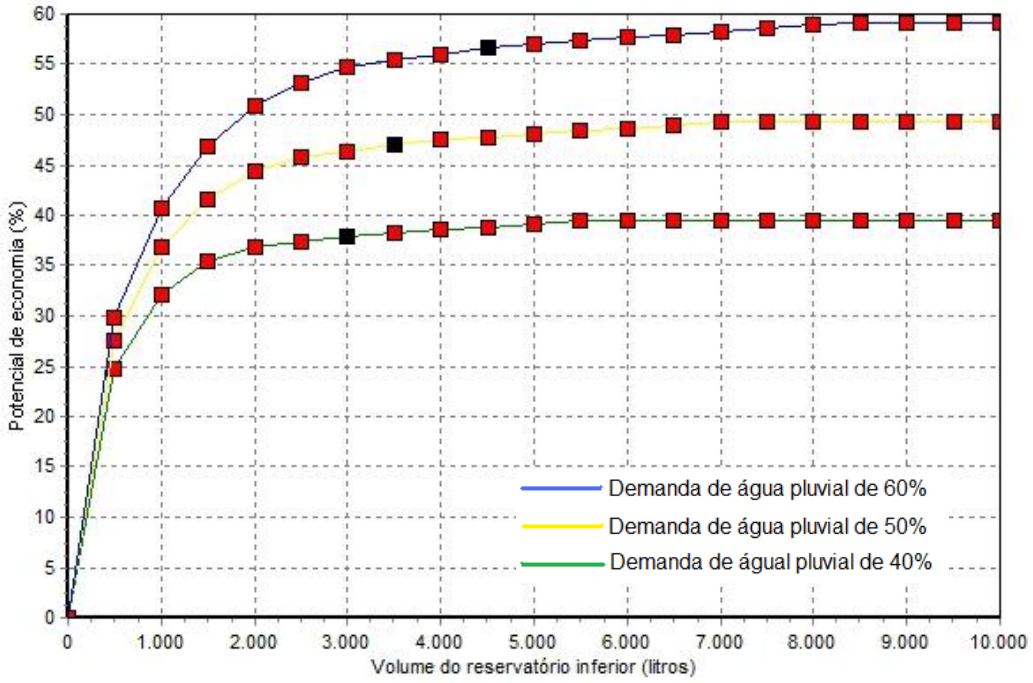

Figura 20: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 150 litros e com 3 moradores.

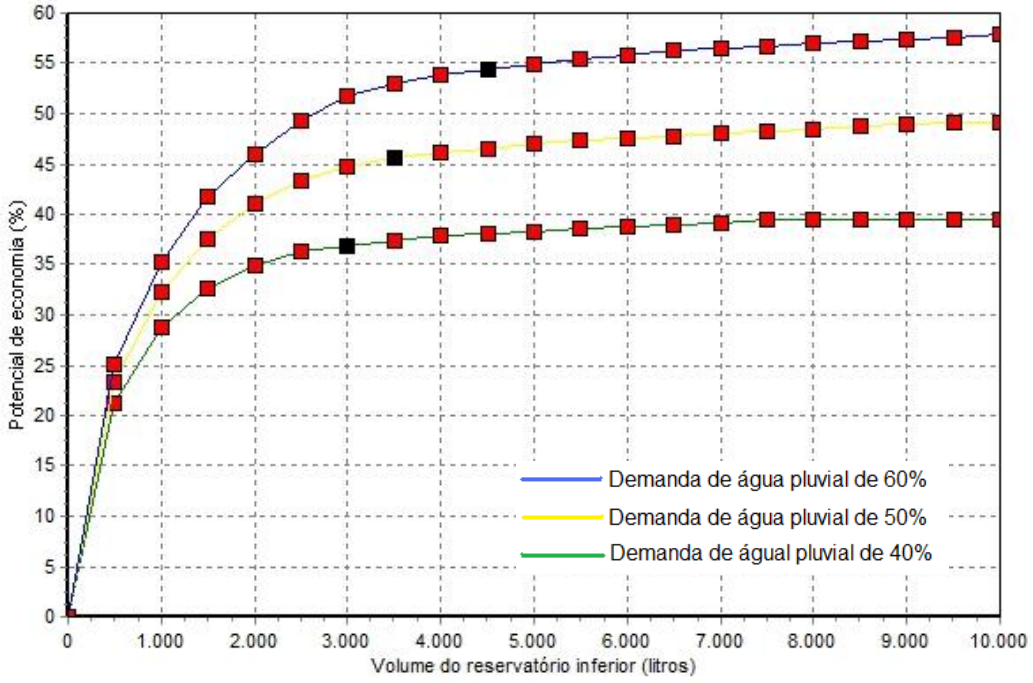

Figura 21: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 150 litros e com 4 moradores.

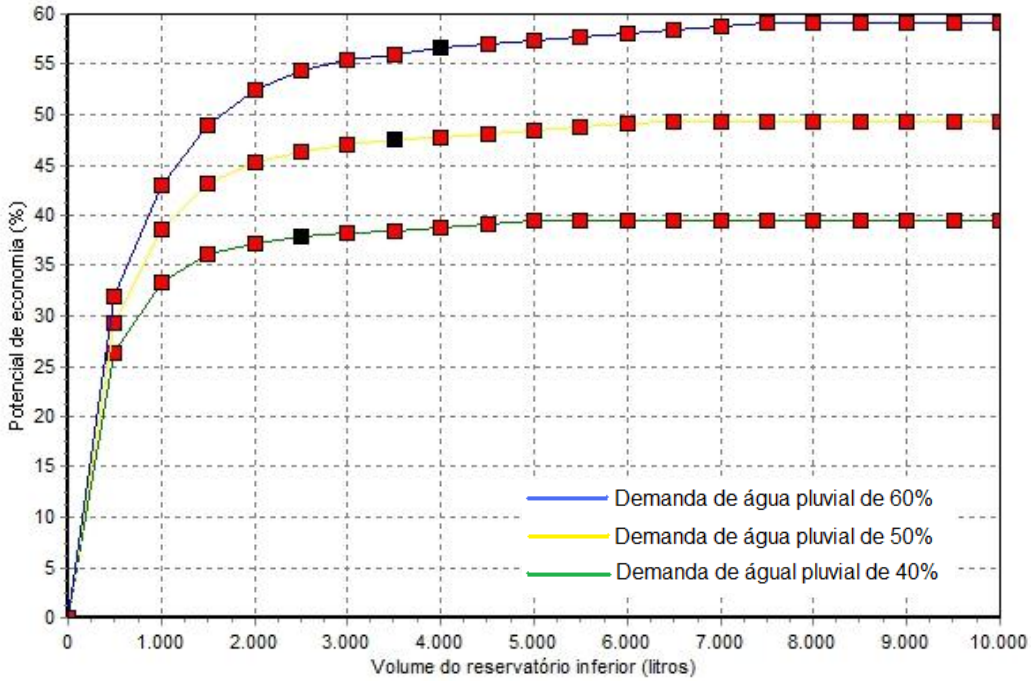

Figura 22: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 200 litros e com 2 moradores.

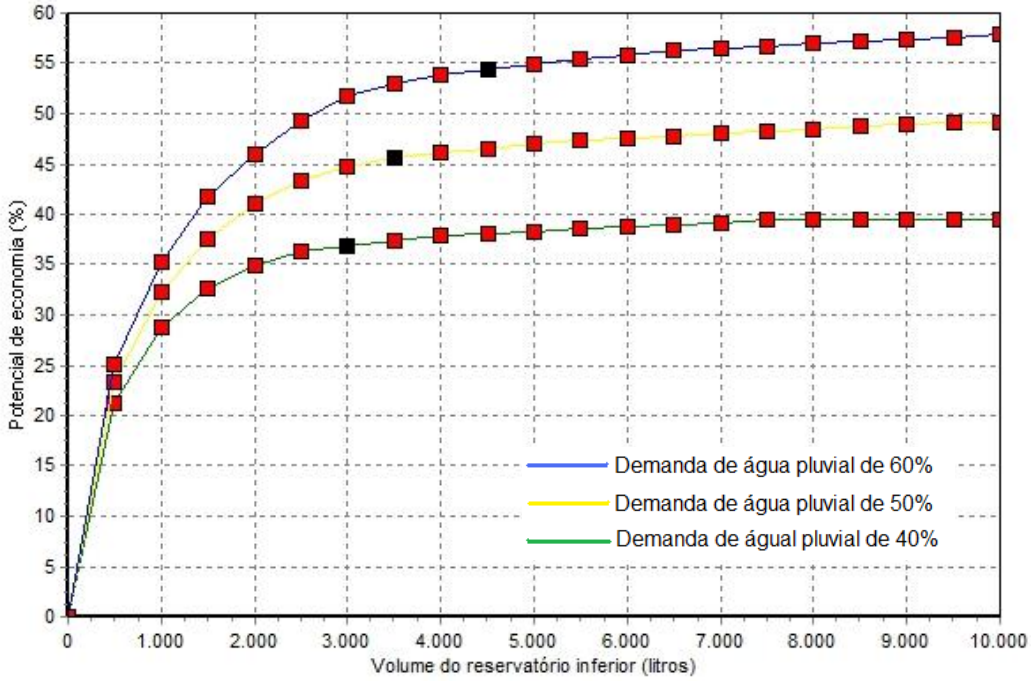

Figura 23: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 200 litros e com 3 moradores.

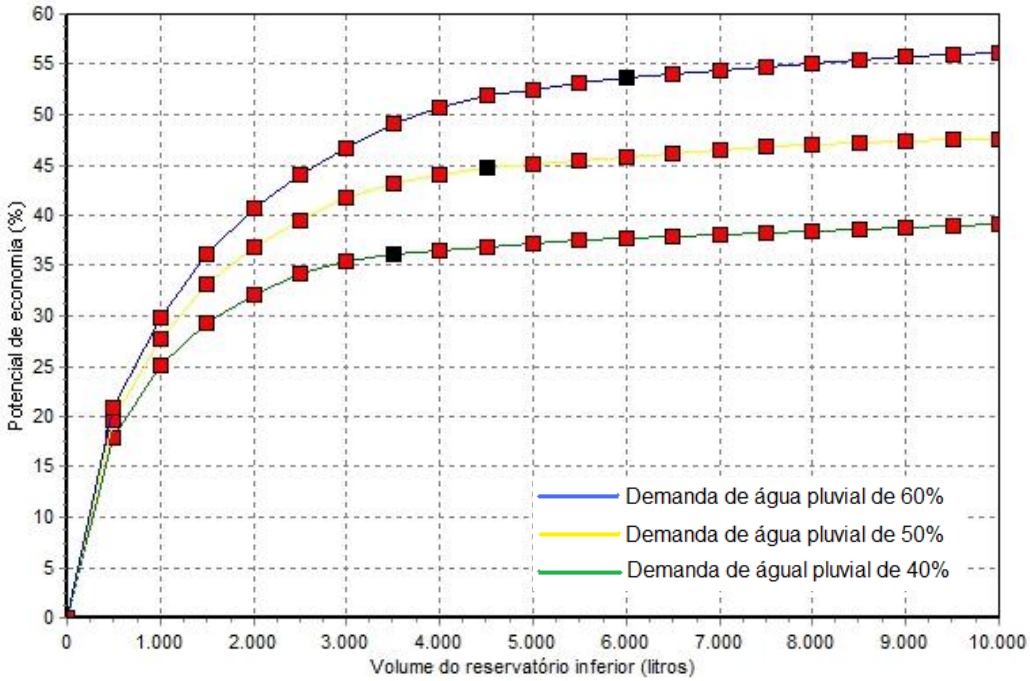

Figura 24: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 200 litros e com 4 moradores.

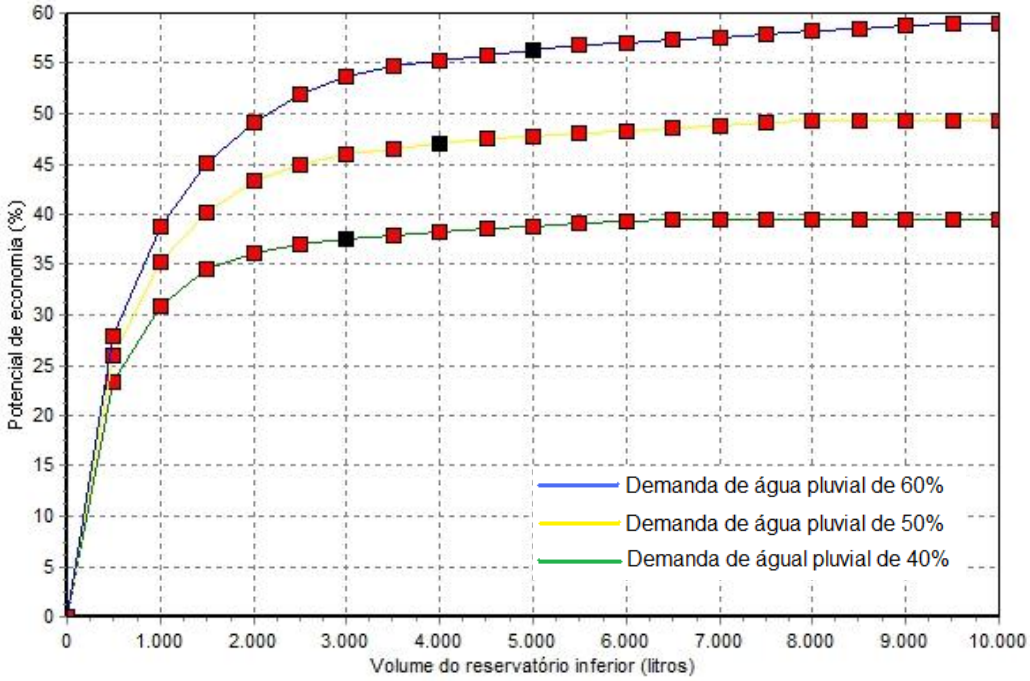

Figura 25: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 250 litros e com 2 moradores.

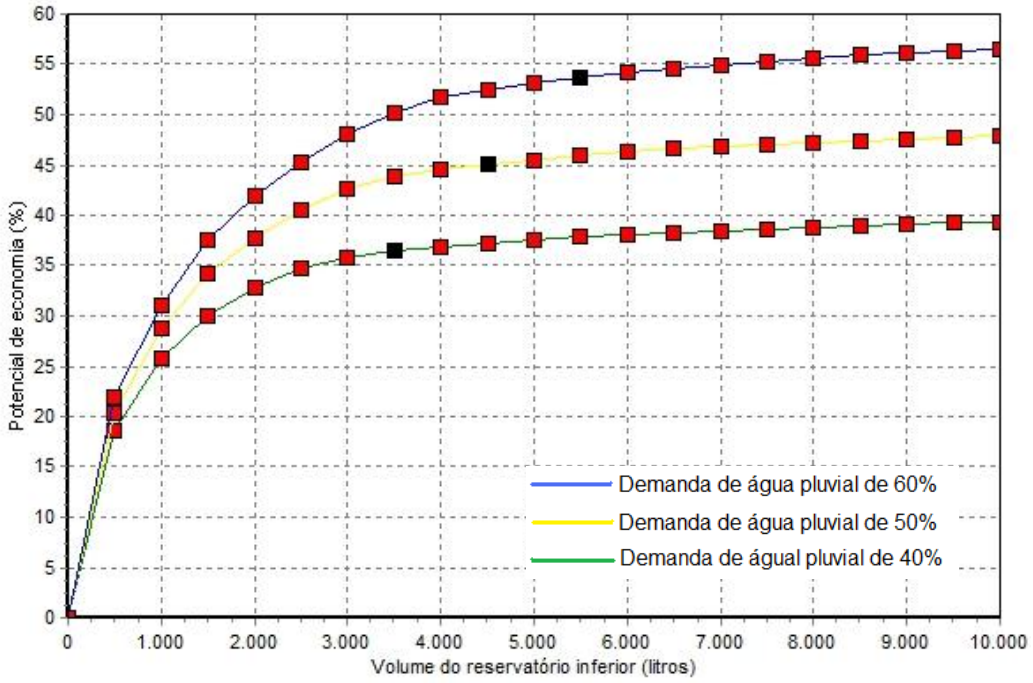

Figura 26: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 250 litros e com 3 moradores.

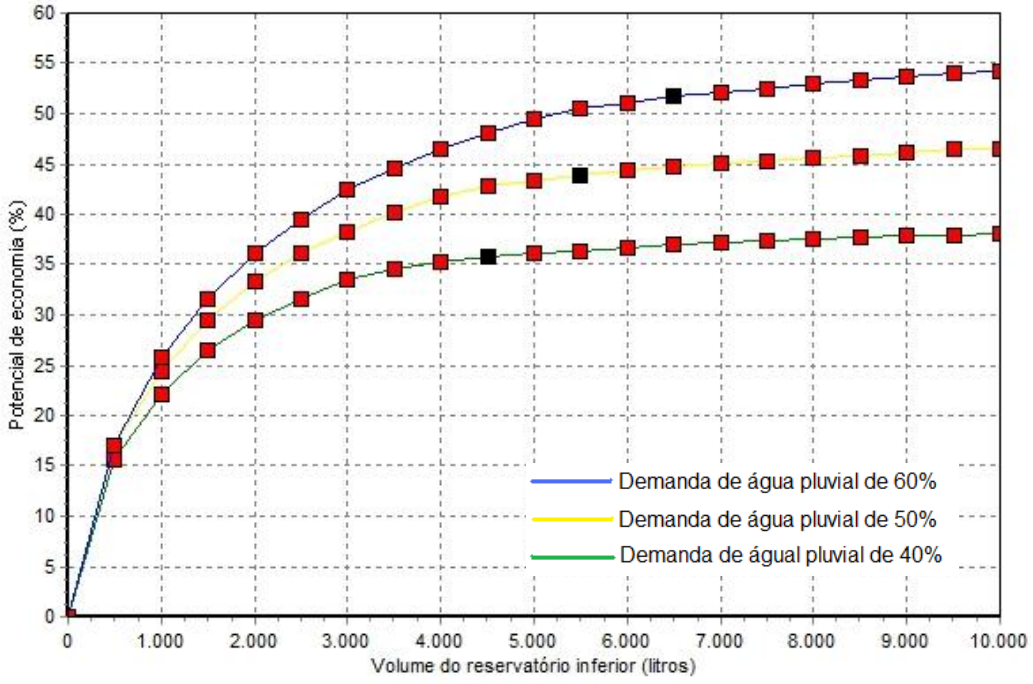

Figura 27: Potenciais de economia de água potável e volumes ideais dos reservatórios inferiores de uma residência com área de telhado de 250m², demanda de água potável de 250 litros e com 4 moradores.

Apêndice 3:

Tabela completa dos volumes dos reservatórios inferiores estimados pelos 3 métodos analisados.

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório Método Computacional (l)	Método Prático Brasileiro (l)	Método Prático Inglês (l)
50	100	2	40	2500	19228	5723
50	100	2	50	3000	19228	5723
50	100	2	60	4000	19228	5723
50	100	3	40	2000	19228	5723
50	100	3	50	3500	19228	5723
50	100	3	60	5000	19228	5723
50	100	4	40	3500	19228	5723
50	100	4	50	5500	19228	5723
50	100	4	60	5000	19228	5723
50	150	2	40	2000	19228	5723
50	150	2	50	3500	19228	5723
50	150	2	60	5000	19228	5723
50	150	3	40	5000	19228	5723
50	150	3	50	5000	19228	5723
50	150	3	60	5000	19228	5723
50	150	4	40	3500	19228	5723
50	150	4	50	4500	19228	5723
50	150	4	60	5500	19228	5723
50	200	2	40	3500	19228	5723
50	200	2	50	5500	19228	5723
50	200	2	60	5000	19228	5723
50	200	3	40	3500	19228	5723
50	200	3	50	4500	19228	5723
50	200	3	60	5500	19228	5723
50	200	4	40	4500	19228	5723
50	200	4	50	5000	19228	5723
50	200	4	60	4500	19228	5723
50	250	2	40	5500	19228	5723
50	250	2	50	5000	19228	5723
50	250	2	60	4500	19228	5723
50	250	3	40	4000	19228	5723
50	250	3	50	5000	19228	5723
50	250	3	60	4500	19228	5723
50	250	4	40	4500	19228	5723
50	250	4	50	4000	19228	5723
50	250	4	60	3500	19228	5723
150	100	2	40	2500	57683	17168
150	100	2	50	3000	57683	17168
150	100	2	60	3500	57683	17168
150	100	3	40	2000	57683	17168
150	100	3	50	3000	57683	17168
150	100	3	60	3500	57683	17168
150	100	4	40	3000	57683	17168
150	100	4	50	3500	57683	17168
150	100	4	60	4500	57683	17168

Tabela completa dos volumes dos reservatórios inferiores estimados pelos 3 métodos analisados (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório Método Computacional (l)	Método Prático Brasileiro (l)	Método Prático Inglês (l)
150	150	2	40	2000	57683	17168
150	150	2	50	3000	57683	17168
150	150	2	60	3500	57683	17168
150	150	3	40	3000	57683	17168
150	150	3	50	4000	57683	17168
150	150	3	60	5000	57683	17168
150	150	4	40	3000	57683	17168
150	150	4	50	4000	57683	17168
150	150	4	60	5500	57683	17168
150	200	2	40	3000	57683	17168
150	200	2	50	3500	57683	17168
150	200	2	60	4500	57683	17168
150	200	3	40	3000	57683	17168
150	200	3	50	4000	57683	17168
150	200	3	60	5500	57683	17168
150	200	4	40	4000	57683	17168
150	200	4	50	5500	57683	17168
150	200	4	60	5500	57683	17168
150	250	2	40	3500	57683	17168
150	250	2	50	4500	57683	17168
150	250	2	60	5500	57683	17168
150	250	3	40	4000	57683	17168
150	250	3	50	5500	57683	17168
150	250	3	60	5500	57683	17168
150	250	4	40	4500	57683	17168
150	250	4	50	6000	57683	17168
150	250	4	60	6500	57683	17168
150	100	2	40	2000	96138	28613
150	100	2	50	3000	96138	28613
150	100	2	60	3500	96138	28613
150	100	3	40	2000	96138	28613
150	100	3	50	2500	96138	28613
150	100	3	60	3000	96138	28613
150	100	4	40	2500	96138	28613
150	100	4	50	3500	96138	28613
150	100	4	60	4000	96138	28613
250	150	2	40	2000	96138	28613
250	150	2	50	2500	96138	28613
250	150	2	60	3000	96138	28613
250	150	3	40	3000	96138	28613
250	150	3	50	3500	96138	28613
250	150	3	60	4500	96138	28613
250	150	4	40	3000	96138	28613
250	150	4	50	3500	96138	28613
250	150	4	60	4500	96138	28613

Tabela completa dos volumes dos reservatórios inferiores estimados pelos 3 métodos analisados (continuação).

Área de telhado (m²)	Demanda de água potável (l)	Número de moradores	Demanda de água Pluvial (%)	Volume do reservatório Método Computacional (l)	Método Prático Brasileiro (l)	Método Prático Inglês (l)
250	200	2	40	2500	96138	28613
250	200	2	50	3500	96138	28613
250	200	2	60	4000	96138	28613
250	200	3	40	3000	96138	28613
250	200	3	50	3500	96138	28613
250	200	3	60	4500	96138	28613
250	200	4	40	3500	96138	28613
250	200	4	50	4500	96138	28613
250	200	4	60	6000	96138	28613
250	250	2	40	3000	96138	28613
250	250	2	50	4000	96138	28613
250	250	2	60	5000	96138	28613
250	250	3	40	3500	96138	28613
250	250	3	50	4500	96138	28613
250	250	3	60	5500	96138	28613
250	250	4	40	4500	96138	28613
250	250	4	50	5500	96138	28613
250	250	4	60	6500	96138	28613