

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO  
DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA REGIÃO CENTRAL DO  
RIO GRANDE DO SUL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Lília Mayumi Kaneda Seeger**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2008**

**Eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas  
pluviais na região central do do Rio Grande do Sul**

**por**

**Lília Mayumi Kaneda Seeger**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

**Orientadora: Profa Dra Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2008**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS  
PLUVIAIS NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por  
**Lília Mayumi Kaneda Seeger**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva, Dra**  
(Presidente/Orientador)

---

**Masato Kobiyama, Dr (UFSC)**

---

**Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, Dra (UFSM)**

Santa Maria, 05 de dezembro de 2008.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de certa maneira me auxiliaram na consolidação deste trabalho e, em especial:

Aos meus pais, Atsuko e Kenichi Kaneda, por serem os maiores responsáveis por minha formação e desta forma, permitirem que isto fosse possível.

Ao meu esposo Fernando, pela compreensão, companheirismo e amor acima de qualquer dificuldade. A nossa filha, Lina, razão de toda minha motivação pela vida.

A minha orientadora Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva por toda sua amizade, dedicação, orientação e otimismo para o desenvolvimento e conclusão deste estudo.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC).

As empresas Cervejaria Riograndense Ltda e Posto COOPAVER pelo fornecimento de informações gerais, cessão de dados técnicos e acesso a áreas físicas, que possibilitaram a realização deste trabalho.

Um agradecimento especial a minha amiga, Vanessa Sari, pela dedicação, apoio, colaboração e motivação para realização deste trabalho.

As minhas colegas e amigas Ana Roberta, Ana Paula, Ana Lúcia, Camille, Lorenza, Nádia, Raquel, Rúbia e Valéria, que sempre me apoiaram e motivaram.

Aos meus familiares e amigos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ/CT-Hidro - Brasil pela bolsa de estudo concedida.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

### EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

Autora: Lília Mayumi Kaneda Seeger  
Orientadora: Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 05 de dezembro de 2008

Este trabalho apresenta um estudo da eficiência do sistema de aproveitamento das águas pluviais na região central do Rio Grande do Sul e tem como objetivo geral avaliar o potencial de aproveitamento para fins não potáveis de águas provenientes de superfícies impermeáveis. O potencial hidrológico foi classificado considerando os dados pluviométricos de 30 estações da região, com séries históricas superiores a 15 anos e resultou “Muito Bom”. As atividades para aproveitamento e suas respectivas demandas foram escolhidas, determinando-se a eficiência do sistema de aproveitamento, com a utilização de diferentes áreas de captação e volumes comerciais de reservatórios. A confiabilidade volumétrica foi calculada em residência unifamiliar com a utilização de precipitações diárias e mensais da série histórica de Santa Maria (código 02953034), volumes de 10, 12 e 20 m<sup>3</sup> e áreas de 70, 100, 150, 200 e 300 m<sup>2</sup>. Foi verificado que o uso de dados diários ou mensais de precipitação conduziu a resultados próximos. Para valores mínimos há uma coincidência, inclusive, nas dimensões da área de captação e volume de armazenamento. Entretanto, para confiabilidade máxima observa-se que os resultados de volumes e áreas são maiores quando do uso de dados mensais. Por critérios comparativos procedeu-se, também, a análise da eficiência com o emprego de volumes de reservatório determinados pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) para a estação de Cacequi (código 02954001). Neste caso, determinou-se também, as áreas de captação que resultavam em melhor confiabilidade volumétrica. A análise comparativa entre as estações estudadas demonstrou que existe um crescimento mais significativo da eficiência em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento em comparação a uma menor variação da eficiência para um aumento do volume a uma dada área constante. A metodologia proposta oferece uma visão interligada da influência dos diferentes constituintes do sistema de aproveitamento, simulando o comportamento deste como um todo. Para a demanda em residências unifamiliares com área de 70 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 500 L a eficiência mínima encontrada foi 20% e a máxima de 28,33%. Já para residências multifamiliares com área de 300 m<sup>2</sup> e volume de 15000 L a mínima foi de 10% e a máxima de 17,33%.. Nos postos de combustíveis com área de 1000 m<sup>2</sup> e volume de 20000 L o valor mínimo foi de 40% e o máximo de 58%. Em indústria de cerveja com área de 7000 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 200000 L os resultados demonstraram um mínimo de 25% e máximo de 38,65%. O método apresentado possibilita a visualização gráfica da eficiência a ser obtida nos sistemas de aproveitamento para determinada área de captação, volume de reservatório e demanda já implantada. Permite ainda, verificar as dimensões a serem projetadas em termos de área de captação e volume de armazenamento, conhecida a demanda, para que se consiga atingir uma determinada eficiência pretendida. O ajuste da equação para dimensionamento do reservatório foi obtido para um coeficiente de ajuste R<sup>2</sup> de 0,9925 e Coeficiente de Nash de 0,9914. Os critérios apresentados e discutidos mostraram-se adequados resultando em eficiências consideravelmente satisfatórias ao atendimento parcial das demandas para fins não potáveis nos municípios analisados.

Palavras-chave: aproveitamento das águas pluviais; eficiência do sistema de aproveitamento.

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis  
Graduate Program in Civil Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **THE EFFICIENCY OF RAINWATER USAGE SYSTEMS IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL**

Author: Lília Mayumi Kaneda Seeger  
Advisor: Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva  
Date and Local: Santa Maria, December 5th, 2008.

This work shows a study about the system efficiency of rainwater's usage in the central region of Rio Grande do Sul and it aims to evaluate the utilization of not potable waters' potential that come from impermeable surfaces. The hydrological potential was classified very good, considering pluvial sources (rainwater) from 30 regions' station, with historical series higher than 15 years. The activities to exploitation and its respectively demands were chosen, determining the efficiency of the system usage, with the use of different areas of captation and commercial volumes of rainwater tanks. The volumetric reliability was calculated in single-family house with the use of daily and monthly precipitation from the historic series of Santa Maria (code 02953034), volumes of 10, 12 and 20 m<sup>3</sup> and areas of 70, 100, 150, 200 and 300 m<sup>2</sup>. It was verified that the use of daily or monthly sources (datas) of precipitation conducted to nearest results. There are coincidences to minimum values, including in the dimension of the area's captation and the volume of storage. However, it was observed that to maximum reliability, the volume's results and the areas are bigger when monthly sources (datas) were used. In order to compare the sources, it was analyzed the efficiency applying volumes of water tanks determined by Kobiyama and Hansen Method (2002) to Cacequi's station (code 02954001). In this case, it was also determined the captation's area that resulted in better volumetric reliability. The comparative analysis between the studied stations showed that there is a significant efficiency's development in function to the increase of the area of captation to the same volume of storage in comparison to a small variation of efficiency to the enlargement to the volume of a constant area. The methodology in this study offers an interconnected vision of the influence of the different constituents of the system usage, simulating the behavior of the system as a whole. The demands of single-family house with area of 70 m<sup>2</sup> and water tanks of 500 L the minimum of efficiency found was 20% and the maximum was 28.33%. To multi-store building with area of 300 m<sup>2</sup> and 15000 L of reservoir's volume, the minimum was 10% and the maximum was 17.33%. In Gas Stations with 1000 m<sup>2</sup> of area and volume of 20000 L, the minimum volume was 40% and the maximum 58%. In beer's industry with area of 7000 m<sup>2</sup> and reservoir volume of 20000 L, the results showed minimum of 25% and maximum of 38.65%. The method presented makes possible the graphic visualization of the efficiency to be obtained in the usage systems to determine captation area, rainwater tanks volume and the implemented demands. It also allowed to verify the dimension to be projected in relation to captation's area and the volume of storage, since the demands has been determined to reach and determine the intended efficiency. The equation's adjustment to the reservoir's sizing was obtained from a R<sup>2</sup> coefficient adjustment of 0.9925 and from Nash coefficient of 0.9914. The criteria showed and discussed revealed adequate, resulting in efficiencies quite satisfactory to partial demands to not potable waters in the analyzed cities.

Key-words: rainwater system usage; efficiency of system usage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos municípios estudados no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: IBGE 2004, adaptado).....	54
Figura 2 – Localização das estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: IBGE 2004, adaptado).....	58
Figura 3 – Comparação entre os períodos das séries históricas das estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul.....	59
Figura 4 – Regime anual de chuvas no Rio Grande do Sul. Período 1976 – 2005 (Fonte: Matzenauer <i>et. al</i> , .2007).....	73
Figura 5 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	78
Figura 6 – Volume x Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034) com base em dados diários de precipitação. ....	80
Figura 7 – Volume x Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034) com base em dados mensais de precipitação. ....	81
Figura 8 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	84
Figura 9 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	86
Figura 10 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034). ....	88
Figura 11 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Cacequi (código 02954001).....	91
Figura 12 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Cacequi (código 02954001).....	94
Figura 13 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Cacequi (código 02954001). ....	96
Figura 14 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação de Cacequi (código 02954001).....	98
Figura 15 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 10 m <sup>3</sup> e 11,76 m <sup>3</sup> e demanda de 360 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001). ....	100

Figura 16 – Relação eficiência x área de captação para os volumes de armazenamento de 30 m <sup>3</sup> e 150,47 m <sup>3</sup> e demanda de 4608 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).	102
Figura 17 – Variação da eficiência do sistema em função das áreas de captação e volumes do reservatório para demanda de 4608 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).	104
Figura 18 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 122,45 m <sup>3</sup> e demanda de 3750 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).	106
Figura 19 – Variação da eficiência do sistema em função das áreas de captação e volumes do reservatório para demanda de 3750 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).	107
Figura 20 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 1632,73 m <sup>3</sup> e demanda de 50000 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).	108
Figura 21 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para residência unifamiliar com área de 70 m <sup>2</sup> e reservatório de 500 L para as estações estudadas na região central do Rio Grande do Sul.	110
Figura 22 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para residência multifamiliar com área de 300 m <sup>2</sup> e reservatório de 15000 L para as estações estudadas na região central do Rio Grande do Sul	111
Figura 23 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis com área de 1000 m <sup>2</sup> e reservatório de 20000 L.	112
Figura 24 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para indústrias de cerveja com área de 7000 m <sup>2</sup> e reservatório de 200000 L.	113
Figura 25 – Relação volume do reservatório x volume ajustado.	114
Figura 26 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - (código 02953017).	128
Figura 27 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Santa Maria - (código 02953017).	129
Figura 28 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Santa Maria - (código 02953017).	129
Figura 29 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Santa Maria - (código 02953017).	130
Figura 30 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Caçapava do Sul (código 03053022).	131
Figura 31 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Caçapava do Sul (código 03053022).	132
Figura 32 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Caçapava do Sul (código 03053022).	132
Figura 33 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Caçapava do Sul (código 03053022).	133
Figura 34 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Saica - Cacequi (código 03055004)	134
Figura 35 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Saica - Cacequi (código 03055004).	135
Figura 36 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Saica - Cacequi (código 03055004).	135

Figura 37 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Saica - Cacequi (código 03055004). .....	136
Figura 38 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Passo São Lourenço – Cachoeira do Sul (código 02953037). .....	137
Figura 39 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037) .....	138
Figura 40 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037) .....	138
Figura 41 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037).....	139
Figura 42 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Irapuazinho – Cachoeira do Sul (código 03053018).....	140
Figura 43 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018).....	141
Figura 44 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018).....	141
Figura 45– Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018). .....	142
Figura 46 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021). .....	143
Figura 47 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021). .....	144
Figura 48 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).....	144
Figura 49 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).....	145
Figura 50 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Santa Clara do Ingai – Cruz Alta (código 02853014). .....	146
Figura 51 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014). .....	147
Figura 52 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).....	147
Figura 53 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).....	148
Figura 54 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015). .....	149
Figura 55 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).....	150
Figura 56 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).....	150
Figura 57 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015). .....	151
Figura 58 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).....	152
Figura 59 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).....	153

Figura 60 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028). .....	153
Figura 61 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028). .....	154
Figura 62 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004).....	155
Figura 63 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004). .....	156
Figura 64 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004) .....	156
Figura 65 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004).....	157
Figura 66 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005). .....	158
Figura 67 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005).....	159
Figura 68 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005).....	159
Figura 69 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005). .....	160
Figura 70 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Jaguari –(código 02954007).....	161
Figura 71 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Jaguari –(código 02954007). .....	162
Figura 72 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Jaguari –(código 02954007). .....	162
Figura 73 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Jaguari –(código 02954007).....	163
Figura 74 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019). .....	164
Figura 75 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).....	165
Figura 76 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).....	165
Figura 77 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019). .....	166
Figura 78 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015). .....	167
Figura 79 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015). .....	168
Figura 80 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).....	168
Figura 81 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).....	169
Figura 82 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Carlos –Rosário do Sul (código 03055007). .....	170

Figura 83 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).....	171
Figura 84 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).....	171
Figura 85 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).....	172
Figura 86 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Santiago – (código 02954020). ....	173
Figura 87 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Santiago – (código 02954020).....	174
Figura 88 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Santiago – (código 02954020).....	174
Figura 89 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Santiago – (código 02954020). ....	175
Figura 90 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Florida – Santiago (código 02954030).....	176
Figura 91 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Florida–(código 02954030).....	177
Figura 92 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Florida–(código 02954030). ....	177
Figura 93 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Florida–(código 02954030). ....	178
Figura 94 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031). ....	179
Figura 95 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031). ....	180
Figura 96 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031).....	180
Figura 97 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031). ....	181
Figura 98 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).....	182
Figura 99 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).....	183
Figura 100 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007). ....	183
Figura 101 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007). ....	184
Figura 102 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006). ....	185
Figura 103 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006). ....	186
Figura 104 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006). ....	186

Figura 105 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006). .....	187
Figura 106 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018). .....	188
Figura 107 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018). .....	189
Figura 108 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018). .....	189
Figura 109 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018). .....	190
Figura 110 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032). .....	191
Figura 111 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032). .....	192
Figura 112 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032). .....	192
Figura 113 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032). .....	193
Figura 114 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012). .....	194
Figura 115 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012). .....	195
Figura 116 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012). .....	195
Figura 117 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012). .....	196
Figura 118 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017). .....	197
Figura 119 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017). .....	198
Figura 120 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017). .....	198
Figura 121 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017). .....	199
Figura 122 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020). .....	200
Figura 123 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020). .....	201
Figura 124 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020). .....	201
Figura 125 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020). .....	202
Figura 126 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Vicente do Sul (código 02954010). .....	203
Figura 127 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Vicente do Sul (código 02954010). .....	204

Figura 128 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).....	204
Figura 129 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Vicente do Sul (código 02954010). ....	205
Figura 130 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013). ....	206
Figura 131 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).....	207
Figura 132 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).....	207
Figura 133 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013). ....	208
Figura 134 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Tupanciretã (código 02953030).....	209
Figura 135 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Tupanciretã (código 02953030).....	210
Figura 136 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Tupanciretã (código 02953030). ....	210
Figura 137 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Tupanciretã (código 02953030). ....	211

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos municípios analisados no estado do Rio Grande do Sul .....	53
Tabela 2- Estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: adaptado de Hidroweb – <a href="http://www.ana.gov.br">www.ana.gov.br</a> ).....	56
Tabela 3- Coordenadas geográficas das estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: Hidroweb – <a href="http://www.ana.gov.br">www.ana.gov.br</a> ) .....	57
Tabela 4 - Relação entre as estações com períodos falhos e as utilizadas para seu preenchimento.....	61
Tabela 5 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na bacia sanitária em residência unifamiliar. ....	63
Tabela 6 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na bacia sanitária em residência multifamiliar.....	63
Tabela 7 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na lavagem de veículos em postos de combustíveis. ....	64
Tabela 8 – Parâmetros de referência para demanda não potável em indústria de cerveja.....	64
Tabela 9 - Volumes comerciais utilizados para reservatório de armazenamento.....	65
Tabela 10 - Classificação hidrológica das estações pluviométricas analisadas no Rio Grande do Sul. ....	71
Tabela 11 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 70 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02359034).....	76
Tabela 12 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 100 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	76
Tabela 13 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 150 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	77
Tabela 14 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 200 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	77
Tabela 15 – Resultados da simulação para demanda de 392,4 L e área de 300 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	77
Tabela 16 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 300 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	82
Tabela 17 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 500 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	82
Tabela 18 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 700 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	82

Tabela 19 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	83
Tabela 20 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1500 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	83
Tabela 21 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 500 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	84
Tabela 22 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	85
Tabela 23 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1500 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	85
Tabela 24 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 2000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	85
Tabela 25 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 5000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	87
Tabela 26 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 7000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	87
Tabela 27 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 9000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	87
Tabela 28 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 10000 m <sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).....	88
Tabela 29 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 70 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	89
Tabela 30 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 100 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	90
Tabela 31 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 150 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	90
Tabela 32 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 200 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	90
Tabela 33 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 300 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	91
Tabela 34 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 300 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	92
Tabela 35 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 500 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	92
Tabela 36 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 700 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	93
Tabela 37 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	93
Tabela 38 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1500 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	93
Tabela 39 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 500 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	95
Tabela 40 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1000 m <sup>2</sup> ....	95
Tabela 41 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1500 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	95
Tabela 42 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 2000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	96

Tabela 43 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 5000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	97
Tabela 44 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 7000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	97
Tabela 45 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 9000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	97
Tabela 46 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 10000 m <sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).....	98
Tabela 47 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em residência unifamiliar para um volume comercial de 10 m <sup>3</sup> e 11,76 m <sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001).....	100
Tabela 48 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em residência multifamiliar para um volume comercial de 30 m <sup>3</sup> e 150,47 m <sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001).....	102
Tabela 49 - Variação da eficiência em função dos volumes de reservatório e área de captação na estação Cacequi (código 02954001).....	103
Tabela 50 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em postos de combustíveis para um volume comercial de 40 m <sup>3</sup> e 122,45 m <sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001).....	105
Tabela 51 - Variação da eficiência em função dos volumes de reservatório e área de captação.....	107
Tabela 52 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em indústria de cerveja para um volume comercial de 800 m <sup>3</sup> e 1632,73 m <sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001).....	109

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

**ABCD** - Santo André (A), São Bernardo do Campo (B), São Caetano do Sul (C). e Diadema (D)

**a.C.** – Antes de Cristo.

**ANA** – Agência Nacional de Águas

**BHS** – Balanço Hídrico Seriado

**CAP** – Captação de Água Pluvial

**COE** – Coeficiente de Eficiência de Nash

**ENOS** – El Niño Oscilação Sul

**ES** – Espírito Santo

**IDRC** – Centro de Pesquisa de Desenvolvimento Canadense

**IOS** – Índice de Oscilação Sul

**IPAGRO** – Instituto de Pesquisas Agronômicas

**IRPAA** Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada

**ISO** – International Organization Standardization

**OMS** – Organização Mundial da Saúde

**PAE** – Produção Antes do Enchimento

**P** – Precipitação

**PR** – Paraná

**SC** – Santa Catarina

**TSM** – Temperatura da Superfície do Mar

**US\$** - dólar

**UFSC** – Universidade Federal de Santa Catarina

**WHO** – World Health Organization

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	20
2	OBJETIVO.....	23
2.1	Objetivos específicos .....	23
3	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	24
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	26
4.1	A importância da conservação da água .....	26
4.2	Aproveitamento de água da chuva.....	28
4.3	Precipitação.....	29
4.4	Classificação por Regiões Hidrológicas .....	31
4.5	Histórico mundial do aproveitamento de água da chuva.....	31
4.6	Histórico brasileiro do aproveitamento de água da chuva.....	36
4.7	Sistemas de aproveitamento de água da chuva.....	38
4.8	Qualidade da Água da Chuva .....	41
4.9	Legislações e normas relacionadas ao aproveitamento da água da chuva ....	43
4.10	Dimensionamento do reservatório de armazenamento.....	48
5	METODOLOGIA.....	53
5.1	Localização .....	53
5.2	Estações Pluviométricas .....	55
5.3	Preenchimento dos períodos falhos.....	60
5.4	Classificação hidrológica.....	62
5.5	Identificação das atividades com melhor aplicabilidade para o uso de águas pluviais.....	62
5.5.1	Residência unifamiliar.....	62

5.5.2	Residência multifamiliar .....	63
5.5.3	Postos de combustíveis .....	63
5.5.4	Indústrias de cerveja .....	64
5.6	Descarte das primeiras águas .....	64
5.7	Volumes de reservatório de armazenamento .....	64
5.8	Volumes possíveis de serem captados .....	65
5.9	Análise de simulação do reservatório, eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento das águas pluviais .....	66
5.10	Ajuste de equação para dimensionamento do reservatório de armazenamento para a região central do RS. ....	68
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	70
6.1	Classificação hidrológica .....	70
6.1.1	Residência unifamiliar .....	74
6.1.2	Residência multifamiliar .....	74
6.1.3	Postos de combustíveis .....	74
6.1.4	Indústrias de cerveja .....	74
6.2	Volumes de reservatório de armazenamento pelo método Kobiyama e Hansen (2002) - Estação Cacequi (código 02954001) .....	74
6.3	Análise de simulação do reservatório, eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento das águas pluviais .....	75
6.3.1	Estação Santa Maria – IPAGRO (código 02359034) .....	76
6.3.1.1	Residência Unifamiliar .....	76
6.3.1.1.1	Eficiência do sistema de aproveitamento .....	76
6.3.1.1.2	Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento com base em dados de precipitação diários e mensais .....	79
6.3.1.2	Residência Multifamiliar .....	81
6.3.1.3	Postos de combustíveis .....	84
6.3.1.4	Indústria de cerveja .....	86
6.3.2	Estação Cacequi (código 02954001) .....	89
6.3.2.1	Simulação de operação do reservatório de armazenamento com utilização de volumes comerciais .....	89
6.3.2.1.1	Residência Unifamiliar .....	89
6.3.2.1.2	Residência Multifamiliar .....	92
6.3.2.1.3	Postos de combustíveis .....	94
6.3.2.1.4	Indústria de cerveja .....	97
6.3.2.2	Simulação de operação do reservatório de armazenamento com utilização dos volumes obtidos pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) .....	99
6.3.2.2.1	Residência Unifamiliar .....	99
6.3.2.2.2	Residência Multifamiliar .....	101
6.3.2.2.3	Postos de combustíveis .....	104
6.3.2.2.4	Indústria de cerveja .....	108

6.3.3	Análise comparativa das eficiências médias do sistema para as estações estudadas no estado do Rio Grande do Sul.....	110
6.4	Equação de dimensionamento do reservatório de armazenamento ajustada para região central do Rio Grande do Sul .....	113
7	CONCLUSÕES .....	115
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
	ANEXO A - Estação Santa Maria (código 02359017).....	128
	ANEXO B - Estação Caçapava do Sul (código 03053022).....	131
	ANEXO C - Estação Saica - Cacequi (código 03055004) .....	134
	ANEXO D - Estação Passo São Lourenço – Cachoeira do Sul (código 02953037) ....	137
	ANEXO E - Estação Irapuazinho – Cachoeira do Sul (código 03053018).....	140
	ANEXO F - Estação Barro Vermelho– Cachoeira do Sul (código 03053021).....	143
	ANEXO G - Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).....	146
	ANEXO H - Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015) .....	149
	ANEXO I - Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028) .....	152
	ANEXO J - Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004).....	155
	ANEXO K - Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005) .....	158
	ANEXO L - Estação Jaguari – Jaguari (código 02954007).....	161
	ANEXO M - Estação Quevedos– Julio de Castilhos (código 02954019).....	164
	ANEXO N - Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015) .....	167
	ANEXO O - Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007) .....	170
	ANEXO P - Estação Santiago – Santiago (código 02954020).....	173
	ANEXO Q - Estação Florida– Santiago (código 02954030) .....	176
	ANEXO R - Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031) .....	179
	ANEXO S - Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).....	182
	ANEXO T - Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006) .....	185
	ANEXO U - Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018).....	188
	ANEXO V - Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032) .....	191
	ANEXO W - Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012) .....	194
	ANEXO X – Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017) .....	197
	ANEXO Y - Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020).....	200
	ANEXO Z - Estação São Vicente do Sul (código 02954010).....	203
	ANEXO AA - Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013) .....	206
	ANEXO BB - Estação Tupanciretã (código 02953030).....	209

# 1 INTRODUÇÃO

O problema da disponibilidade de água potável é antigo e tem se agravado ao longo dos anos, alcançando escalas globais e afetando, até mesmo a sobrevivência dos seres vivos. Suas causas estão, sobretudo, relacionadas ao aumento da população com conseqüente poluição dos mananciais. Segundo May (2003) a redução deste recurso em diversas regiões brasileiras tem sido provocada pelo desequilíbrio entre as distribuições demográfica, industrial e agrícola e a distribuição de água.

Seus múltiplos usos são indispensáveis à satisfação das necessidades básicas do ser humano, ao abastecimento público e industrial, à produção de energia, ao lazer e à conservação dos ecossistemas.

A água é imprescindível à manutenção da vida e também, fator de crescimento econômico, estando sua disponibilidade diretamente relacionada à possibilidade de evolução social de uma dada região. O desperdício e a poluição dos mananciais torna-se, portanto, uma grave ameaça à existência e ao desenvolvimento sustentável.

Conforme *WHO*<sup>1</sup> (2003) *apud* Viana e Cerqueira (2005), mais de um bilhão de pessoas no mundo sofrem com a indisponibilidade de água tratada para alimentação e higiene pessoal. Além disso, cerca de 1,8 bilhões não dispõem de serviços de saneamento básico e, em muitas áreas urbanas, o número de habitantes sem acesso a esse recurso tem crescido com o aumento populacional, o que demonstra a importância da reutilização como alternativa à minimização da escassez.

De acordo com Anecchini (2006) uma das soluções para esse déficit hídrico é a utilização de fontes alternativas de suprimento, como o reúso de águas servidas, a dessalinização da água do mar e o aproveitamento de água da chuva. Esta última se destaca por sua simplicidade, constituindo-se em uma das soluções mais econômicas para preservar a água potável, sendo também uma alternativa para o controle de enchentes, grave problema de regiões com grandes áreas impermeáveis.

---

<sup>1</sup> **WHO**: World Health Organization (2003), In: "The Right to Water." Cap. II, General Comment on the Right to Water, pp. 12-21.

Embora o estudo de diferentes formas de captação e armazenamento de água da chuva seja recente, os sistemas de aproveitamento já têm sido utilizados ao longo da história. Desde 4000 a.C. temos exemplos como: deserto de *Negev*, em Israel e Jordânia, a República Romana, o Império Maia, península de *Yucatán*, entre outras (SUÁREZ *et al.*, 2006).

Em seu estudo, os autores citam: África, Ásia, Europa, América do Sul, Central e do Norte, Oceania e Colômbia como locais onde os sistemas são muito utilizados. Seeger (2005) confirma que essa tecnologia vem crescendo e dando ênfase à conservação da água.

Assim, considerando:

- A problemática da disponibilidade hídrica no planeta e o potencial hidrológico brasileiro e, particularmente, do estado do Rio Grande do Sul;
- O crescimento da consciência mundial em relação à sustentabilidade versus o desenvolvimento econômico;
- A busca de fontes alternativas de suprimentos hídricos que assegurem a conservação dos aspectos quali-quantitativos dos mananciais;
- A crescente implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais;
- Que os estudos desenvolvidos até então estão mais direcionados ao dimensionamento do reservatório de armazenamento baseando-se em metodologias de abastecimento de períodos secos e regularização de vazões e, por conseqüência, fornecendo resultados pontuais, voltados a uma única demanda, volume de reservatório e área de captação;
- Que o estado do Rio Grande do Sul apresenta um grande potencial hidrológico para aproveitamento, ainda pouco estudado;
- A necessidade de se desenvolver estudos que permitam estimar, em termos médios a eficiência e confiabilidade volumétrica dos sistemas de aproveitamento oferecendo uma visão interligada da influência dos diferentes constituintes desse sistema e simulando o comportamento deste como um todo;
- Que o Grupo de Pesquisas Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (GHIDRO/UFSM) está voltado ao desenvolver de estudos que contribuam para o desenvolvimento sustentável;

Optou-se nesse estudo pelo desenvolver de uma metodologia abrangendo a análise da eficiência de aproveitamento das águas pluviais em municípios do Rio Grande do Sul, com base em registros históricos de 30 estações pluviométricas, quatro aplicabilidades distintas, variando-se áreas de captação e utilizando volumes comerciais de reservatório de armazenamento. Buscando dessa forma, oferecer um instrumento de referência e auxílio ao desenvolvimento de projetos de sistema de aproveitamento de água da chuva.

Nesse sentido, o estudo permite a visualização gráfica da eficiência a ser obtida para certa área, volume de reservatório e demanda conhecidos. Ou ainda, verificar as dimensões a serem implantadas em termos de área de captação e volume de armazenamento, conhecida a demanda, para que se consiga atingir uma determinada eficiência pretendida.

## **2 OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o potencial de aproveitamento das águas pluviais proveniente de superfícies impermeáveis para fins não potáveis na região central do Rio Grande do Sul.

### **2.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Classificar o potencial de aproveitamento de água da chuva com os dados pluviométricos da região;
- Desenvolver uma metodologia abrangendo a identificação e análise da eficiência do sistema de aproveitamento das águas pluviais em municípios do Rio Grande do Sul, com base em registros históricos de 30 estações pluviométricas, quatro aplicabilidades distintas, variando-se áreas de captação e utilizando volumes comerciais de reservatório de armazenamento.
- Fornecer um instrumento de referência e auxílio no desenvolvimento de projetos de sistema de aproveitamento de água da chuva; e
- Ajustar uma equação para o dimensionamento do reservatório de armazenamento em função da área de captação, demanda e eficiência do sistema.

### **3 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO**

Esse estudo está subdividido em oito capítulos de maneira a facilitar a compreensão do leitor no desenvolvimento das idéias aqui apresentadas.

No capítulo 1 é retratado o panorama da disponibilidade hídrica e a problemática da escassez, justificando a utilização de fontes alternativas de abastecimento como os sistemas de aproveitamento das águas pluviais.

O capítulo 2 apresenta os objetivos, geral e específicos, do trabalho desenvolvido.

O capítulo 3 traz uma revisão bibliográfica acerca da distribuição de água no planeta, formas de utilizá-la, importância de sua conservação, reúso e precipitação (classificação das precipitações, variação temporal e espacial da precipitação no estado do Rio Grande do Sul e classificação por regiões hidrológicas). Expõe ainda, informações a respeito do aproveitamento de água da chuva (histórico mundial e brasileiro e sistemas de aproveitamento), sua qualidade e dimensionamento do reservatório de armazenamento.

No capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 5 demonstra os resultados e discussões da análise de simulação do reservatório e a eficiência do sistema de aproveitamento nas estações de Santa Maria (código 02953034) e Cacequi (código 02954001) para fins não potáveis em residências unifamiliares e multifamiliares, postos de combustíveis e indústria de cerveja. Para esta última estação, proporciona, ainda, uma análise comparativa da eficiência do sistema e confiabilidade volumétrica utilizando volumes comerciais de reservatório e aqueles volumes determinados pelo método de análise estatística dos períodos de seca (KOBAYAMA e HANSEN, 2002). Determinou-se também, para essa última metodologia, as áreas de captação que resultavam em melhor confiabilidade volumétrica.

Além disso, apresenta a eficiência média do sistema de aproveitamento para as estações estudadas no estado do Rio Grande do Sul.

As conclusões do estudo podem ser visualizadas no capítulo 6 e no capítulo 7 encontram-se as referências bibliográficas consultadas.

Por fim, no capítulo 8 encontram-se os anexos com os resultados gráficos da análise de simulação do reservatório e eficiência do sistema de aproveitamento para as demais estações analisadas.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 A importância da conservação da água

Segundo a ANA (2005), atualmente, a água se constitui em um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, tendo em vista que a disponibilidade per capita vem sendo reduzida rapidamente, face ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos usos e a contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis.

Apesar da iminente crise gerada pela escassez, poucas soluções são colocadas efetivamente em prática. Em 2002, em Joanesburgo, África do Sul, houve a tentativa de votar um projeto de resolução para reduzir à metade, até 2015, o número de 1,1 bilhões de pessoas que não têm acesso à água de boa qualidade e 2,5 bilhões de pessoas que não têm acesso a saneamento básico. Contudo, o máximo obtido foi uma Declaração de Intenção, sem vincular a ela nenhum recurso e nenhum fundo financeiro (NOVAES, 2003).

O autor ressalta que recentemente, em março de 2003, foi realizado o Fórum Mundial da Água, em *Kyoto*, no Japão, para tentar reverter o risco de uma crise mundial de abastecimento, entretanto, o fórum também terminou sem grandes avanços.

É visível, pois, a necessidade de criar se leis e regulamentos, fomentando ou até obrigando a adoção de medidas capazes de levar à otimização na utilização dos recursos hídricos, uma vez que a conservação da água depende de se ir além de campanhas de conscientização. É necessário desenvolver ações educativas junto à comunidade que esclareçam sobre as maneiras de evitar o desperdício, as formas de economizar e as fontes alternativas de reaproveitamento (SECTAM, 2006).

Conforme ANA (2005), para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente projetados e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas

e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas, nas palavras-chave em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição.

No presente cenário, o interesse público tem-se voltado ao impacto dos aproveitamentos hídricos sobre o meio ambiente, em função da diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos e deterioração da qualidade das águas. Como conseqüência, projetos com múltiplas finalidades tenderam a ser desenvolvidos, valorizando-se, sobretudo, o planejamento da ocupação das bacias hidrográficas frente à ocupação dos espaços com riscos de inundação. A tendência atual envolve, pois, o desenvolvimento sustentado destes espaços, o que implica no aproveitamento racional dos recursos com o mínimo dano ao meio ambiente (TUCCI, 2002).

A coleta das águas pluviais, de acordo com Carvalho (1999), deveria ser exigida, em toda a bacia de contribuição, para todos os projetos e novos empreendimentos. Além disso, a captação e armazenamento devem ser estimulados nas edificações já existentes, priorizando grandes unidades horizontais, como galpões industriais, hipermercados, *shopping centers*, postos de gasolina e assemelhados.

Parar Tomaz (2003), o reaproveitamento de águas servidas residenciais e a captação de águas pluviais se constituem em alternativas para prolongar e conservar os mananciais hídricos. E, por conseqüência, o aumento na eficiência da utilização desse recurso irá liberar os suprimentos naturais para outros usos, tais como o crescimento da população, o estabelecimento de novas indústrias e a melhoria do meio ambiente.

De acordo com Nóbrega *et al.* (2005) a Captação de Água Pluvial (CAP) tem a vantagem de não impactar as reservas naturais, concretizando-se, pois, em uma solução viável para a escassez hídrica do mundo; uma vez que, a chuva é uma fonte de água de fácil acesso, não sendo, portanto, adequado jogá-la na rede de drenagem, pois aproveitá-la é uma das medidas contra o racionamento.

Da mesma forma, a utilização de águas de qualidade inferior (efluentes de processos industriais, águas de drenagem de pátios e agrícola, águas salobras e esgotos, particularmente os de origem doméstica), também deve, sempre que possível, ser considerada como uma fonte alternativa aos usos menos restritivos. Nesse sentido,

o emprego de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

#### **4.2 Aproveitamento de água da chuva**

As demandas de água em uma cidade podem ser destinadas a vários fins. De acordo com os dados do Banco Mundial (2000), 21% da água doce utilizada no país é destinada ao consumo doméstico e, desta percentagem, boa parte é utilizada para fins não potáveis, demandas estas que poderiam ser satisfeitas pela captação de águas pluviais, de acordo com Tomaz (2003).

Coletar e armazenar água da chuva para ser utilizada nas descargas de vasos sanitários, lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins, pode se tornar uma solução desejável, bem como, viável a minimização dos problemas de abastecimento.

A difusão dos sistemas de aproveitamento da água da chuva em residências depende, dentre outras coisas, da viabilidade econômica de suas implantações. Apesar de ser uma proposta bastante atraente ambientalmente, acredita-se que a substituição da água potável distribuída pelas concessionárias de saneamento por águas pluviais em residências, somente será difundida caso esta alternativa seja economicamente viável.

Carvalho (1999) considera que o meio urbano já possui coletores pluviais prontos em todos os telhados, em vias públicas e em pátios cimentados e sua coleta só requer um reservatório de capacidade adequada ao tamanho da área correspondente.

Portanto, o uso racional dos recursos hídricos com procedimentos como reutilização ou reúso da água, assim como a captação da água da chuva é importante e representa um passo fundamental para evitar o caos hídrico que se anuncia (JAQUES *et al.*, 2006).

### 4.3 Precipitação

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações, o que as diferencia é o estado em que a água se encontra (BERTONI e TUCCI 2002).

De acordo com os autores, a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento doméstico e industrial. A chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia, devido a sua capacidade de produzir escoamento.

Ela é um dos elementos meteorológicos de maior variabilidade tanto no período de ocorrência como na intensidade. Períodos longos sem precipitação acarretam consequências negativas como deficiência hídrica no solo, interrupção da vazão nos sistemas de drenagem e abaixamento do nível das barragens a limites críticos. Chuvas intensas e/ou vários dias consecutivos provocam inundações, erosão do solo e desmoronamentos de taludes, intensificando o transporte de sedimentos que assoreiam os leitos dos reservatórios d'água e dos rios (BURIOL *et al.* 2005).

A região sul do Brasil possui uma grande variação da precipitação no tempo, onde atuam sistemas sinóticos como a passagem de frentes frias e a ação de anticiclones. Também sofre influências físicas como a proximidade do mar e a altitude que provocam grande influência na variabilidade da precipitação (HARTER, 2004).

O Rio Grande do Sul caracteriza-se por ser uma região de grande potencial hidrológico e com uma distribuição uniforme das precipitações ao longo do ano. O estado caracteriza-se pela ausência de estação seca bem definida, isto é, ocorrem chuvas durante todos os meses do ano e não existe significativa diferença quantitativa entre o mês mais seco e o mais chuvoso. A média da precipitação total anual apresenta valores aproximados de 1700 mm. (SOTÉRIO *et al.*, 2005). Berlato (1992) corrobora com os autores, relatando que a precipitação pluvial é bem distribuída em todas as estações do ano (primavera 26%, verão 24%, outono 25% e inverno 25%).

Os eventos chuvosos no estado estão condicionados aos sistemas de circulação extratropicais em função de sua latitude, sendo a situação climática resultante da

dinâmica das massas de ar e suas correntes perturbadas. Dessa forma, é condicionada pela dinâmica atmosférica em relação ao relevo, onde sua compartimentação é responsável pela distribuição espacial das precipitações.

Moreno (1961) afirma ainda que além de sua formação pelo deslocamento de frentes, o regime pluviométrico do estado é acentuado pela orografia. Para altas altitudes as chuvas ocorrem em volumes maiores, pois o relevo obriga a elevação das massas de ar, as quais se resfriam, condensando-se e ocasionando essas chuvas. Exemplo disso são as grandes precipitações que ocorrem nas encostas e bordo do Planalto. Por outro lado, onde a orografia inexistente as chuvas ocorrem em menor volume, caso do litoral do estado.

Para Oliveira (1986) devido sua posição latitudinal o estado sofre grande influência de sistemas de latitudes médias, sendo os sistemas frontais os mais freqüentes causadores de chuvas durante o ano todo.

Entre os sistemas de grande escala, que afetam o sul do Brasil, pode se destacar o fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS).

O El Niño é o fenômeno climático de preocupação mundial que causa variações e flutuações periódicas em escalas sazonal e interanual, resultante da interação entre o oceano e atmosfera (DINIZ, 2008). Conforme Harter (2004) está associado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial entre a Costa Peruana e o Pacífico Oeste próximo à Austrália.

Além da temperatura do mar, o fenômeno ENOS pode ser medido pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que é a diferença entre a pressão ao nível do mar do Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica em baixos níveis, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais da região. Valores negativos e positivos da IOS são indicadores da ocorrência do El Niño e La Niña respectivamente (OLIVEIRA, 2001).

A fase quente do fenômeno El Niño é caracterizada pela elevação da temperatura das águas da região oriental do Oceano Pacífico Tropical acima da média da região, juntamente com a ocorrência de pressões atmosféricas abaixo da normal na

região de Taiti e acima da normal em Darwin. Na fase fria (La Niña) o comportamento das componentes oceânicas e atmosféricas é o inverso (HARTER, 2004).

Variações de temperatura do ar e da precipitação pluvial em diversas regiões do planeta caracterizam as principais conseqüências do fenômeno. A fase quente está associada aos períodos secos nas regiões tropicais e aos períodos quentes e úmidos nos extratropicais. Já a fase fria é caracterizada por eventos contrários: períodos úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles (HARTER, 2004 *apud* GRANTS e RICHARD, 1991).

#### **4.4 Classificação por Regiões Hidrológicas**

Azevedo Netto (1991) classifica as regiões hidrológicas conforme o potencial da precipitação média anual (P) em:

- Baixo:  $P < 1.000$  mm;
- Razoável:  $1.000 \text{ mm} \leq P < 1.500$  mm;
- Muito Bom:  $1.500 \text{ mm} \leq P \leq 2.000$  mm;
- Excelente:  $P > 2.000$  mm.

A análise dessa classificação em regiões hidrológicas permite antever o potencial de aproveitamento das águas pluviais para as regiões em que se deseja promover um estudo de viabilidade desses sistemas.

#### **4.5 Histórico mundial do aproveitamento de água da chuva**

O aproveitamento da água da chuva praticado de maneira simples e sustentável demonstra que é possível utilizar os recursos naturais de forma equilibrada, possibilitando a renovação e manutenção de suas fontes.

Para Giacchini (2005), nos locais assolados por estiagens prolongadas, esse aproveitamento pode ser questão de sobrevivência humana, pois em muitos casos esta é a única fonte de água, inclusive para fins potáveis. Já para as cidades que enfrentam problemas com as enchentes, armazenar esse recurso na própria edificação significa,

possivelmente, a redução de custos com a drenagem das águas pluviais, evitando mortes e doenças possibilitando também, que os recursos financeiros do poder público sejam destinados para outros setores.

Ainda segundo o autor, nas atividades empresariais, comerciais e industriais aproveitar águas pluviais representa economia de água tratada, redução de custo, podendo, da mesma forma, contribuir para a obtenção da certificação ambiental na norma ISO 14001.

A utilização dessa fonte alternativa em residências e condomínios promove a racionalização do consumo de água potável, a economia de energia e a conseqüente redução das despesas, podendo, inclusive, despertar para a importância da precaução do desperdício desse recurso.

Giacchini (2005) destaca ainda que, na maioria das edificações, esse aproveitamento é tecnicamente viável em função do fim a que se destina a água coletada. Destaca inclusive que, do ponto de vista econômico, se trata de um sistema relativamente simples e certamente será compensável no decorrer do tempo.

Segundo Fendrich (2002), a captação de água da chuva é um processo antigo e muito utilizado em regiões áridas e semi-áridas como é o caso do Nordeste Brasileiro.

A história revela evidências de aproveitamento há pelo menos 2000 a.C. nas vilas Romanas, onde as cidades eram desenhadas de modo a utilizar essas águas como principal fonte para beber e uso doméstico. Essa tecnologia também tem uma longa história (a cerca de 2000 anos) na Ásia, África e norte do Egito (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Palmier (2001) corrobora, relatando práticas de aproveitamento que datam de milênios em países como a Arábia Saudita, Catar, Emirados Árabes, Iêmen, Omã e Tunísia.

Nas Américas, Gnadlinger (2000) salienta as práticas pré-colombianas datadas da época da civilização Maia e Asteca. A região habitada por esses povos constitui, hoje, um berço de antigas e tradicionais tecnologias de coleta de águas pluviais. No século X existia ali uma agricultura baseada no aproveitamento pluvial, onde a água potável para a população das encostas era fornecida por cisternas com diâmetro aproximado de 5 m e capacidade de 20.000 a 45.000 L, chamadas *Chultuns*. Estas

cisternas eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável e acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m<sup>2</sup>. Nos vales, os sistemas de coleta utilizados eram as *aguadas* (reservatórios cavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e *aquaditas* (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000 L). A água armazenada destinava-se a irrigação de árvores frutíferas e bosques, além de possibilitar o plantio de verduras e milho em pequenas áreas.

Atualmente, o aproveitamento de água da chuva ganha proporções de relevância extrema em virtude da problemática da insuficiência hídrica que assola as diferentes regiões do globo.

No mundo árabe, onde a escassez é uma condição freqüente, diversos sistemas de captação foram e estão sendo desenvolvidos. No Irã podem ser encontrados os *Abanbars*, tradicional sistema de captação comunitário (GNADLINGER, 2000). Em Israel, no deserto de *Negev*, as águas pluviais provenientes das encostas são utilizadas para fins domésticos e agrícolas através de seu armazenamento em tanques, permitindo, dessa forma, a habitação e o cultivo em áreas com menos de 100 mm de precipitação por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em comunidades do *Sri Lanka*, apesar do elevado índice de precipitação média observado no país, devido a sua variabilidade espacial, uma grande parte da população está sujeita as situações de escassez. A partir de 1995, programas do governo federal subsidiam sistemas de armazenamento com capacidade de 5.000 L e providos de um sistema de filtro que garantem a qualidade da água captada (PALMIER, 2001).

No continente asiático, esses sistemas de aproveitamento estão presentes em diversos países em virtude do grande incentivo governamental à utilização de fontes alternativas e métodos inovadores que atenuem o natural déficit hídrico da região, atuando ainda, no controle de inundações.

Cingapura que tem limitados recursos de terra e uma demanda crescente por água é um exemplo dessa realidade. No Aeroporto de *Changi* encontra-se o maior sistema de coleta de água do país. A chuva das pistas e das áreas verdes circunvizinhas são desviadas para dois reservatórios. Um deles é projetado para equilibrar os fluxos durante grandes precipitações coincidentes com marés altas e o

outro é usado para coletar precipitações normais. A água é utilizada, principalmente, para fins não potáveis, tais como no sistema de incêndio e descarga dos banheiros. Esta coleta e tratamento de água respondem por 28 a 33% da água total usada, resultando em uma economia de aproximadamente US\$ 390.000 por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na *Ryogoku Kokugikan Sumo-wrestling Arena*, construído em 1985 na Cidade de Sumida, a água da chuva é captada de uma cobertura de 8.400 m<sup>2</sup> e escoada para uma cisterna de 1.000 m<sup>3</sup>, sendo utilizada para descargas nos banheiros e ar condicionados. Seguindo este exemplo, muitos dos novos estabelecimentos públicos começaram a introduzir sistemas de utilização de água da chuva. Em Tóquio, aproximadamente 750 edifícios privados e públicos introduziram sistemas de aproveitamento pluvial (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Segundo Angelo *et al* (2000) o Estádio japonês *Tokyo Dome* é um dos projetos arquitetônicos de aproveitamento de água mais criativos do mundo. O teto do *Tokyo Dome*, *Big Egg* como é conhecido, é feito de plástico ultra-resistente que pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante para coletar as chuvas. A água ali captada vai para um reservatório no subsolo, onde é tratada e distribuída para o sistema de combate a incêndio do prédio. Um terço da água empregada no *Tokyo Dome* provém desse sistema de aproveitamento.

Na Tailândia, a água da chuva dos telhados é armazenada em jarros com capacidades, de 100 a 3.000 L, equipados com tampa, torneira e dreno de barro. Este é um dos meios mais apropriados e baratos para obtenção de água com boa qualidade para se beber. O tamanho mais popular é 2.000 L que assegura água suficiente para uma casa de seis pessoas durante a estação seca, que pode durar até seis meses (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Conforme o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA, 2004) no Planalto de Loess, norte e nordeste da China, as águas subterrâneas são escassas e as precipitações baixas, condicionando o desenvolvimento agrícola da região. Há incentivos governamentais que propiciam a utilização de fontes alternativas de suprimento hídrico, como o aproveitamento de águas pluviais. Em virtude dessa problemática, o governo local colocou em prática o projeto determinado "121", onde: 1

significa (uma) área de captação de água da chuva, 2 (dois) reservatórios de água e 1 (um) lote para o cultivo de plantas comercializáveis. A área de captação tem uma inclinação que permite o transporte gravitacional da água para os tanques subterrâneos que abastecem os sistemas de irrigação das verduras. A medida solucionou o problema de escassez hídrica de 260 mil famílias e supriu a necessidade de dessedentação de 1,18 milhões de animais.

Na Província de Capiz, nas Filipinas, foi iniciado em 1989, um programa para captação de água da chuva com a ajuda do Centro de Pesquisa de Desenvolvimento Internacional Canadense (IDRC). Este programa possibilitou a construção de aproximadamente 500 reservatórios de armazenamento de águas pluviais concebidos em ferro cimento, com capacidades que variam de 2 a 10 m<sup>3</sup> (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em Bangladesh, desde 1997, foram instalados aproximadamente 1000 sistemas que coletam água da chuva no país, principalmente em áreas rurais. A água é coletada em tanques com capacidades de 500 à 3.200 L. Construídos em materiais variados, como ferro-cimento e tijolo (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na Europa, principalmente na Alemanha, são muitos os exemplos de aplicação de novas tecnologias em áreas urbanas. O objetivo inicial dos sistemas de captação pluvial era o combate às enchentes urbanas, decorrentes da impermeabilização do solo, que impede a infiltração da água. Cerca de cinquenta empresas européias são especializadas na fabricação de equipamentos para coleta, filtragem e armazenamento da água de chuva. Só na Alemanha, cerca de 100 mil sistemas de captação são instalados por ano (SICKERMANN, 2000).

No estádio *Millenium Dome*, em Londres, a água da chuva é coletada a partir de uma cobertura de fibra de vidro com uma área de 100.000 m<sup>2</sup>, que permite captar um volume de água para suprir 20% da demanda diária dos 500 m<sup>3</sup> utilizados nos banheiros (Lazarova et al., 2003).

Na ilha do Havaí, EUA, no *U.S. National Volcano Park*, foram construídos sistemas de aproveitamento de águas pluviais para prover o abastecimento de 1.000 trabalhadores e residentes do parque e 10.000 visitantes que transitam pelo local, diariamente. Esse sistema inclui a captação da área de um telhado de 4000 m<sup>2</sup> e de

mais de 20000 m<sup>2</sup> provenientes de superfície. As águas são armazenadas em 2 tanques de concretos reforçados, com capacidade de 3.800 m<sup>3</sup> cada, e 18 tanques de madeira, sequóia canadense com capacidade de 95 m<sup>3</sup> cada. Foi construída ainda, uma estação de tratamento e bombeamento de água para proporcionar aos usuários água de boa qualidade (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Existem também exemplos de captação de água da chuva em barcos, principalmente veleiros, onde o toldo que protege os tripulantes do sol pode ser usado como estrutura de coleta de água da chuva, a qual em seguida é transferida para um tanque ou reservatório (DUARTE, 1999).

#### **4.6 Histórico brasileiro do aproveitamento de água da chuva**

O sistema de coleta e armazenamento de água da chuva no Brasil constitui técnica popular, principalmente nas regiões semi-áridas como o nordeste brasileiro, onde o regime de precipitação é baixo e necessita-se armazenar água para suprir as demandas potáveis. Pereira *et al* (1983) coloca que nos anos em que a precipitação é considerada irregular, em períodos de estiagem, as chuvas embora variáveis no tempo e no espaço, caem suficientemente para suprir as demandas ao longo do ano, caso sejam armazenadas.

O Nordeste brasileiro conta com programas governamentais para a construção de cisternas rurais, como é o caso do estado de Pernambuco. Trata-se do Programa Convivência com a Seca, prevendo entre diversas ações de infra-estrutura hídrica, a construção de 13.000 cisternas, localizadas nas Regiões do Sertão e Agreste do Estado (LIBERAL e PORTO, 1999).

Para Azevedo Netto (1991), a coleta dessas águas, em sistemas individuais de abastecimento, tem sido uma prática usual há muitos anos em regiões desprovidas de redes públicas de fornecimento, sobretudo, em pequenas comunidades.

Já nas grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre, entre outras, essa captação está associada às freqüentes enchentes que acarretam problemas sociais, ambientais e econômicos de grandes proporções.

Segundo Sickermann (2003), em algumas cidades foram criadas Leis Municipais tornando obrigatória a retenção da água da chuva nas edificações, por determinado período, objetivando a prevenção dessas enchentes.

No cenário atual, o aproveitamento de água da chuva surge como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos.

Recentemente, com o surgimento de Leis que tratam da captação para a contenção de cheias em várias cidades do Brasil, os sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais tem se difundido rapidamente e os exemplos estão aumentando significativamente.

Rebello (2004) ressalta que até os anos 30, no Brasil, não eram raras as casas com reservatórios para armazenamento, porém, com o passar dos anos, este método tornou-se obsoleto em razão da construção das redes de abastecimento.

A Lavanderia da Paz, em São Paulo, é um exemplo desses sistemas implantados. Há 30 anos ela utiliza a captação de águas pluviais empregando-a nos processos de lavagem (Sickermann, 2003).

Conforme Piazza (1983), no estado de Santa Catarina, a primeira utilização comprovada de água da chuva é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratonos, situada na ilha de Ratonos. Por estar desprovida de fonte de água, foi construída, nesta ilha, uma cisterna que coletava a água dos telhados para diversas finalidades, inclusive para o consumo das tropas.

May (2004 *apud* Ghanayen 2001) afirma que na ilha de Fernando de Noronha, onde não existem redes de distribuição de água, essa captação vem sendo realizada desde 1943, garantindo assim o abastecimento da população.

No Brasil algumas empresas também já adotam o sistema de aproveitamento das águas pluviais como forma de minimizar os gastos com o consumo de água canalizada e assumirem uma posição de destaque frente às políticas ambientais e sociais. Carlon (2005) destaca empresas como a Ford do Brasil, a fabricante de acessórios metálicos para automóveis Keko, a empresa chilena Masisa - localizada em Ponta Grossa-PR, a Tecksid do Brasil - empresa de fundição do grupo Fiat, a empresa

paulista de transporte coletivo Santa Brígida, as lojas da rede varejista americana Wall Mart Store em Curitiba/PR, entre outros como postos de combustíveis, etc.

Esses sistemas de aproveitamento estão presentes também em empreendimentos residenciais e comerciais como na rede Accor de Hotéis (Hotel Íbis Paulínia, em São Paulo e o Hotel Íbis, de Blumenau-SC), na Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no edifício residencial Clarice Lispector da construtora Plaenge construído em Cuiabá, etc.

#### **4.7 Sistemas de aproveitamento de água da chuva**

Os sistemas para aproveitamento de água da chuva podem ser definidos como aqueles que captam a água da superfície na qual esta escoar, encaminhando-a para um tratamento, quando necessário, para uma reservação e posterior uso (PETERS, 2006).

Estima-se a economia de 30% da água pública quando se utiliza águas pluviais conforme Tomaz (2003). Ghisi e Oliveira (2007) confirmaram esta estimativa encontrando resultados de economia de água superior a este valor em residências no estado de Santa Catarina.

O potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento pluvial nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo avaliado por Ghisi *et al* (2007) através de uma amostra de 195 cidades indicam que o potencial de economia de água potável é de 41%, variando de 12% para 79% em média, indicando a possibilidade do aproveitamento destas águas para fins potáveis e não potáveis.

Para Fendrich (2002), a substituição das águas potáveis de sistemas de abastecimento público pelas águas pluviais da drenagem urbana, proporciona economia na tarifa mensal de água e esgotos, gerando a otimização da utilização dos mananciais de abastecimento e garantindo a sua exploração por um maior espaço de tempo.

O autor desenvolveu um projeto completo de um sistema de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais, numa casa unifamiliar com 4 habitantes, e área de coleta (telhado) de 51 m<sup>2</sup>. A aplicabilidade do projeto de um sistema dessa natureza foi verificada utilizando-se precipitações pluviométricas médias

de uma série histórica de 19 anos (1982 – 2000). A economia média anual na tarifa de água potável nessa casa variou do valor mínimo de 16,28%, no ano da maior estiagem registrada (1985), até o valor máximo de 28,52%, no ano de 1990, o de melhor distribuição temporal das chuvas, ou seja, a situação mais favorável à coleta e utilização das águas pluviais.

Appan (1999), em estudos quantitativos e qualitativos realizados em uma região de Singapura com precipitação média anual de 2250 mm, obteve uma economia de 12,4% no consumo de água quando da utilização de águas pluviais coletadas da cobertura de edifícios.

De acordo com Santos (2002), a configuração básica desses sistemas de aproveitamento consta da área de captação (telhado, laje, piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), da unidade de tratamento da água quando este é necessário (reservatório de autolimpeza, filtros desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser imprescindível um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição.

É notório nos países em via de desenvolvimento, encontrar sistemas mais simples, enquanto nos países desenvolvidos há uma maciça presença de sistemas complexos, com diversos cuidados na ordem quantitativa. Pode-se citar: o dimensionamento correto dos elementos e, na ordem qualitativa, os dispositivos que garantam uma melhor qualidade à água da chuva captada (PETERS, 2006).

Para Oliveira (2004), uma das dificuldades na captação de água da chuva está justamente em projetar estruturas de sua coleta e armazenamento, evitando um super dimensionamento no tamanho dos reservatórios ou na área de captação utilizada, bem como uma subutilização do sistema.

Annechhini *et al.* (2006) afirma que na realização desse aproveitamento requer atenção à questão do potencial de utilização em edificações, o qual está intrinsecamente ligado à relação produção versus demanda.

Aconselha-se, portanto, o estudo do potencial quantitativo de utilização da água da chuva em áreas urbanas, promovendo uma análise da demanda por água não potável e dos volumes possíveis de serem captados.

O sucesso ou fracasso de um sistema de aproveitamento desse nível depende, em grande parte, da quantidade de água captável do sistema. Essa, por sua vez, varia de acordo com alguns dos componentes deste sistema, como a área de captação e o volume de armazenamento da água da chuva, sendo influenciada ainda pelo índice pluviométrico da região e pelo coeficiente de escoamento superficial (Boers e Bem-Asher, 1982). É interessante, nesses casos, realizar uma análise da eficiência do sistema de aproveitamento visando à minimização dos custos de desenvolvimento do projeto desses sistemas de aproveitamento.

Herrmann e Schmida (2002) relatam a análise da eficiência de sistemas de aproveitamento de água da chuva em residência uni e multifamiliar na cidade de Bochum, Alemanha, apresentando diversos perfis gráficos. O objetivo do estudo foi verificar a viabilidade do aproveitamento dessas águas em bacias sanitárias e quantificar a eficiência do sistema sobre o sistema de drenagem urbana, utilizando dados históricos de precipitação de um período de 10 anos. No primeiro caso, apresentaram eficiência do sistema de aproveitamento alternando os volumes de armazenamento e áreas de captação, enquanto que no estudo da influência sobre a drenagem urbana, consideraram a situação *de overflow* variando o volume de armazenamento e verificando a quantidade de água captada por m<sup>2</sup> que era efetivamente consumida. A partir dessas relações foram gerados diferentes cenários de *overflow*, possibilitando a identificação do volume de água da chuva a ser escoado e, portanto, sua influência sobre o sistema de drenagem.

Nos processos de captação e aproveitamento, o reservatório de armazenamento é a parte mais onerosa do sistema, sendo que o custo varia de acordo com o tipo e tamanho do reservatório. Portanto, escolher a melhor opção para o reservatório e determinar suas dimensões apropriadas são itens fundamentais para tornar o sistema de aproveitamento de água da chuva exeqüível e viável economicamente (ANNECCHINI *et al.* 2006).

A literatura mostra que o período de retorno médio desses sistemas é de, aproximadamente, 10 anos (CHILTON *et al.*, 1999). Embora esse período possa parecer longo e, até mesmo, inviável economicamente, a decisão de construir um sistema desses, em residências com pequena área de captação, não será tomada com

o objetivo maior de economizar dinheiro. O que se pretende é garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e auxiliando no controle de enchentes.

Dessa forma, Nóbrega *et al.* (2005), confirmam que além de ser um fator de economia em que se poupa água proveniente de empresas de abastecimento, o uso de sistemas de aproveitamento concretiza-se como uma forma de preservação dos mananciais. Ele caracteriza-se como um meio simples e eficaz para atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez, a qual, atualmente, encontra-se amenizada devido as chuvas atípicas, mas que será inevitável.

#### **4.8 Qualidade da Água da Chuva**

A chuva traz consigo os componentes presentes na atmosfera e são esses elementos que irão interferir na qualidade dessa água, o que varia de acordo com a região.

Guilherme e Mattos (2005) confirmam que na maioria das localidades do mundo, especialmente em áreas rurais e em pequenas cidades, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos e não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas, que é a água natural disponível de melhor qualidade, salvo raras exceções.

Regiões densamente industrializadas poderão ter o problema da chuva ácida, pois compostos como óxidos de enxofre e nitrogênio oriundos das emissões industriais e veiculares são transportados pelos ventos, sofrem transformações e são carreados pela chuva constituindo a deposição úmida desses elementos. Além disso, a água da chuva é afetada pelo material que se encontra sobre a superfície de captação, esses materiais são ali depositos no período de estiagem através do efeito da deposição seca que ocorre por ação da gravidade. Portanto, a chuva ao cair além de lavar a atmosfera traz consigo também os materiais presentes na superfície de captação como folhas e fezes de pássaros (ANNECCHINI, 2006).

A região do Brasil que vai do Estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul tem potencial para chuvas ácidas, que são aquelas cujo pH é menor que 5,6. Por este

motivo só devem ser utilizadas para fins não potáveis, principalmente em regiões industriais, onde ocorre grande poluição atmosférica (Tomaz, 1998).

Tomaz (2003) e May (2004), em seus estudos, discorrem a respeito de alguns cuidados que devem ser tomados quando da coleta da água da chuva, visando à garantia da qualidade da água no reservatório de armazenamento. Deve-se evitar a entrada de folhas e materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento final, utilizando para isto um sistema de filtro com telas ou grades. Além disso, sabe-se que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos, indicando assim a sua remoção através do processo denominado de auto-limpeza da água da chuva. Esse processo geralmente é realizado utilizando-se um reservatório de volume conhecido.

Tomaz (2003) recomenda que sejam consideradas as perdas iniciais, com a eliminação de um milímetro de chuva. Recomendação semelhante é sugerida por Kobiyama e Hansen (2002), que consideram que os dias com precipitação inferior a 1,0 mm/dia sejam considerados dias secos (sem chuva).

A contaminação da água de chuva geralmente ocorre na superfície de captação (telhado, solo ou outra superfície preparada ou natural) ou quando está armazenada de forma não protegida. Portanto, a qualidade e a segurança sanitária das águas de cisternas dependem, principalmente, das condições da superfície de captação e da proteção sanitária do tanque, segundo Guilherme e Mattos (2005).

Em resumo, o problema não se resume à avaliação quantitativa do sistema, mas também a qualitativa. Assim, os requisitos de qualidade, bem como a segurança sanitária, estão diretamente relacionados com o uso que será dado à água. Quando a cisterna é para uso doméstico, a água deve atender aos padrões de potabilidade, no Brasil estabelecido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004.

O tratamento dado à água pode ser variado, dependendo do uso que se queira dar a esta. Quanto mais nobre o uso, maior o nível de tratamento deve ser aplicado à água.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações da ANA classifica as águas de reúso em quatro classes, especificando condições mínimas e padrões de qualidade e sugere para os usos em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e

fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); lavagem de roupas e de veículos a classe 1, desta legislação.

Por outro lado, a Resolução CONAMA 357/05 sugere que a água utilizada para fins não potáveis (irrigação de jardins, campos de esporte e lazer), com os quais o público possa vir a ter contato direto, deve atender os requisitos da classe 2.

Hagemann e Gastaldini (2008) realizaram uma avaliação da qualidade da água da chuva na cidade de Santa Maria – RS e concluíram que a água coletada diretamente da chuva apresentou melhor qualidade que a água coletada dos telhados o que reforça a idéia que as maiores alterações na qualidade da água da chuva ocorrem após sua passagem pela superfície de captação.

Apesar disso, os autores relatam que tanto a água coletada diretamente como a que passa pelo telhado extrapolaram alguns limites das legislações, o que pode dificultar seu emprego sem nenhum tratamento e dependendo do uso que se pretende fazer.

#### **4.9 Legislações e normas relacionadas ao aproveitamento da água da chuva**

No Brasil o crescimento da conscientização da preservação do meio ambiente tornou necessária a criação de medidas que visem proteger e preservar os recursos hídricos. Com esse objetivo, alguns municípios de nosso país aprovaram e instituíram leis, visando regulamentar questões referentes ao meio ambiente, a citar a porcentagem de área impermeabilizada máxima de uma propriedade, a obrigatoriedade do armazenamento da água da chuva, a cobrança pela disposição da água da chuva em galerias pluviais públicas, etc. Entre as legislações, a mais promissora e eficaz medida, é a cobrança pelo uso da água, nas cidades onde tenham comitês formados.

#### ***Lei nº 9984, de 17 de julho de 2000.***

ANA – Agência Nacional de Águas

#### **CAPÍTULO I**

Art.1º - Esta Lei cria a Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema

Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo regras para a sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos.

## CAPÍTULO II

Art.4º-

IV- Outorgar por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da união...

VIII- Implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da união...

### ***Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002.***

Município de São Paulo.

Torna Obrigatória a execução de reservatório para águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.

Art.1º - Nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup> deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992.

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

Observação: Esta Lei não deixa claro, no seu texto, o significado de área impermeabilizada, nem os parâmetros para permeabilidade.

### ***Lei nº 5617 de 09 de novembro de 2000.***

Município: Guarulhos – SP

## CAPÍTULO XII – Do escoamento das águas

Art. 190º – Todos os conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas, com área superior a 1ha (um hectare) a serem aprovados pela Municipalidade, deverão apresentar estudo de

viabilidade técnica e financeira para a construção de reservatório de retenção ou retenção para prevenir inundações.

A acrescentar no Art. 190º: “...prevenir inundações e possibilitar o aproveitamento desta água para usos não potáveis.”

Art. 200º – A água da chuva contida no reservatório de retenção ou retenção, poderá ser reutilizada para regar jardins, lavagem de passeios ou utilizada como água industrial.

Alterar e acrescentar no Art. 200º: “utilizada” em vez de “reutilizada” e acrescentar “.....reutilizada para rega de jardins, descarga de vaso sanitário.....”

Art. 201º – Será obrigatória a construção de reservatórios de retenção em lotes urbanos, edificados existentes ou no licenciamento da obra, conforme parâmetros a seguir relacionados:

Caso I: área de 125 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 500L;

Caso II: área de 250 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 1000L;

Caso III: área de 300 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 1500L;

Caso IV: área de 500 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 2500L;

Caso V: área de 600 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 3500L;

Caso VI: área maior que 600 m<sup>2</sup>, o volume de retenção é 6 L/m<sup>2</sup>.

***Lei nº 7606, de 23 de dezembro de 1997.***

Município: Santo André – SP

Art. 1º - Esta lei institui e regula a taxa de drenagem de águas pluviais, dispondo sobre sua hipótese de incidência, base de cálculo, lançamento e arrecadação.

Art. 2º - A taxa de drenagem é devida em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização, pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macro drenagem existentes no Município.

Art. 4º - O custo decorrente da prestação de serviços de operação e manutenção dos sistemas de micro e macro drenagem será dividido proporcionalmente entre cada usuário, segundo a contribuição volumétrica das águas advindas de seu respectivo imóvel, lançadas ao sistema de drenagem urbana.

Observação: Esta Lei faz indiretamente com que o usuário dê uma destinação alternativa e adequada às águas advindas da sua propriedade, aproveitando estas ou não, pois dada a difícil situação financeira que nosso país atravessa, é conveniente que se evite mais este gasto.

***Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.***

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, vem desde o ano 2000, desenvolvendo estudos visando constituir uma norma que possa vir a dar diretrizes para a captação e o uso das águas pluviais. Esta Norma tem por objetivo oferecer diretrizes e técnicas para a captação e uso local de águas pluviais, dentro do objetivo de uso racional de recursos hídricos. Nos locais onde haja sistema local de tratamento de esgotos, é desejável que seja consultada também a Norma sobre o reúso de efluente tratado, de modo a haver maior economia e racionalização de recursos financeiros (ABNT, 2000).

***Lei nº 4393 de 16 de setembro de 2004.***

Rio de Janeiro

Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas de chuva.

***Lei nº 4248 de 16 de dezembro de 2003.***

Rio de Janeiro

Institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do estado do Rio de Janeiro.

***Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008.***

Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Capítulo I

Parágrafo único. O Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas objetiva a promoção de medidas necessárias à conservação, à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da

água nas edificações, bem como à conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida.

### Capítulo III

#### DO REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS

Art. 7º O reaproveitamento das águas destina-se a diminuir a demanda de água, aumentando as condições de atendimento e reduzindo a possibilidade de inundações.

Art. 8º As ações de reaproveitamento das águas compreendem basicamente:

I – a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas; e

II – a captação, o armazenamento e a utilização de águas servidas.

Art. 9º A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água, tais como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins.

Art. 10. As águas servidas serão captadas, direcionadas por meio de encanamento próprio e conduzidas a reservatórios destinados a abastecer as descargas de vasos sanitários ou mictórios.

### Capítulo IV

Art. 15. O não-cumprimento do disposto nesta Lei implica negativa de licenciamento para as edificações a serem executadas a partir da sua vigência.

No estado do Rio Grande do Sul o governador Germano Rigotto lançou o Programa Estadual de Captação e Manejo de Água da Chuva (Pecmac). O programa visa buscar alternativas usando a água da chuva em diversos projetos de captação e armazenamento, com a participação de entidades como Defesa Civil do Estado, Crea, Farsul, Fiergs, Famurs, Fepam, Fetag, Irga, Secretarias de Estado (da Agricultura, de Obras, do Meio Ambiente), além de pequenos agricultores, entre outros. A construção de reservatórios para captação da água da chuva em condomínios e residências e a construção de cisternas em meio rural são exemplos de ações previstas no programa. A água armazenada pode ser utilizada para lavar calçadas, banheiros, carros, além de molhar plantas e saciar a sede de animais (GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL, 2006).

**Lei nº 10785 de setembro de 2003**

Curitiba, Paraná.

Obriga todos os novos condomínios residenciais a incorporarem nos novos projetos de construção à captação, armazenamento e utilização de água da chuva para múltiplos usos em substituição a água clorada: vasos sanitários, lavagem de veículos, roupas, rega de jardim, etc.

**4.10 Dimensionamento do reservatório de armazenamento**

Um dos maiores desafios na implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais passa pela definição do volume do reservatório de armazenamento. Atualmente, o dimensionamento desses reservatórios é feito com a utilização de métodos de regularização de vazão, tradicionalmente utilizados para o dimensionamento de reservatórios para abastecimento público ou geração de energia.

Para facilitar o dimensionamento dos reservatórios foram desenvolvidos modelos matemáticos que facilitam a sua determinação. Vários métodos são conhecidos conforme descritos abaixo:

- Método de Rippl: é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem. Segundo Garcez (1974) este método é baseado no diagrama de massa do sistema e é utilizado para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumulá-la para abastecimento, aproveitamento hidrelétrico, irrigação, controle de enchentes e regularização de cursos d'água;
- Modelo Comportamental: segundo Anecchini (2006), este modelo simula a operação do reservatório num período de tempo, simulando fluxos de massa com algoritmos que descrevem a operação de um reservatório. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa são baseados em intervalos de tempo (minutos, horas, dias ou meses).
- Método de Simulação de Monte Carlo: de acordo com Lopes e Santos (2002), é um método baseado na simulação de variáveis aleatórias. É considerado simples e flexível e pode ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade.

Ele consiste em gerar séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento de demanda (Tomaz, 2003).

- Método Interativo: é uma adaptação do Método de Rippl, proposto por Anecchini (2006) em seu estudo. Esse método faz um cálculo do volume de chuva captável por mês e por ano do sistema, colocando os resultados à disposição do programador para que este possa usá-los como base para não estimar um volume maior que o necessário.

A NBR 15527 (2007) oferece requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, aplicado a usos em que a água pode ser utilizada após tratamento adequado como, por exemplo, descarga em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. A norma apresenta ainda, as seguintes metodologias de cálculo para dimensionamento de reservatório: Método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Netto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano.

Anecchini *et al.* (2006), comparou diferentes modelos de dimensionamento de reservatório para armazenamento de água da chuva, promovendo um estudo de compatibilização de demanda por água não potável e precipitação na cidade de Vitória (ES). Os modelos estudados foram o Método de Rippl, Método Interativo e método do Modelo Comportamental de algoritmo - PAE (Produção Antes do Enchimento). Os resultados demonstraram que o menor volume de reservação, com um percentual satisfatório de atendimento à demanda, foi obtido quando se utilizou o Modelo Comportamental de algoritmo PAE, resultando em um volume de 5,0 m<sup>3</sup> com atendimento de 100 % da demanda residencial (4,9 m<sup>3</sup>/mês).

Ainda segundo os autores, o Método de Rippl não se mostrou adequado ao dimensionamento, pois resultou em volumes exagerados para o reservatório de armazenamento, quando comparado aqueles obtidos pelos demais métodos analisados, os quais se demonstraram mais realistas, propondo volumes menores de reservação, sem perder a eficiência ao atendimento da demanda.

Silva e Tassi (2006) realizaram análises comparativas preliminares entre duas metodologias de dimensionamento de reservatórios para abastecimento doméstico, com definição do número de dias em que o reservatório encontrou-se vazio. Para o dimensionamento baseado na análise estatística dos períodos de seca (Kobiyama e Hansen, 2002), as séries históricas foram analisadas de forma a identificar o número máximo de dias consecutivos sem chuvas em cada ano, ajustando-se, posteriormente, a distribuição estatística de Gumbel aos dados. Dessa forma, para cada um dos postos pluviométricos, selecionaram-se o número máximo de dias secos para os períodos de retorno de três, cinco e dez anos. O volume do reservatório foi obtido a partir da multiplicação do número de dias sem chuva (para o tempo de retorno selecionado) pela demanda diária necessária. Já o dimensionamento baseado no método da simulação hidrológica de transformação de chuva em vazão afluente ao reservatório foi realizado com a utilização do modelo Schaake (Tassi e Villanueva, 2005; Tassi, 2002). Neste caso, a precipitação efetiva foi calculada pelo método do *Curve Number* do *Soil Conservation Service*. Para as autoras, o método apresentado por Kobiyama e Hansen (2002) mostrou-se mais adequado, uma vez que, o reservatório não foi super dimensionado e, em raras vezes, ficou vazio se comparado com aquele dimensionado através do método da transformação chuva-vazão que apresentou grande número de falhas, além de resultar em praticamente o dobro de volume para o reservatório de armazenamento.

O estudo de Jaques *et al.*(2006) para o dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva em residência unifamiliar para fins não potáveis foi realizado pelo método de Weibull para um período de retorno de três anos, que determina o número máximo de dias consecutivos sem chuva para Florianópolis – 24 dias.

Oliveira (2004) apresenta um dimensionamento do reservatório com base no Balanço Hídrico Seriado (BHS) que é uma formulação matemática a qual usa a série histórica de precipitação diária para auxiliar no dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva. Assim possibilita a visualização do comportamento do reservatório ao longo do ano, além do volume de água economizado. Dessa forma, geram-se ábacos para o dimensionamento dos sistemas

de aproveitamento, considerando consumos constantes e variando os valores de área de captação e tamanho do reservatório, sempre observando o suprimento da demanda considerada; obtendo-se então, diversos valores para a área de captação e tamanho do reservatório, os quais são plotados em gráficos linearizados de área de captação versus tamanho do reservatório, formando assim ábacos com curva de consumo, de acordo com a série histórica de precipitação utilizada. Estes ábacos consideram diferentes situações, desde um abastecimento total (deficiência zero - sistema autônomo) até um suprimento parcial (sistema misto com abastecimento por outras fontes) e a análise gerada por eles é a base do dimensionamento de sistemas de aproveitamento pluvial bastando ao usuário saber a área de captação e o consumo diário, obtendo assim o tamanho para o seu do reservatório.

Mierzwa *et al* (2007) desenvolveu um estudo detalhado para avaliação do potencial do aproveitamento de águas pluviais para utilização no processo produtivo em uma indústria metalúrgica do ABCD paulista. Apresentando variações de demanda e volume do reservatório, relacionando-os com os custos de implantação, o método prioriza o máximo aproveitamento das águas no período mais chuvoso, que vai de outubro a fevereiro, resultando em um maior potencial para a redução da demanda de água provenientes de fontes habituais.

Para os autores, o dimensionamento oriundo de métodos tradicionais, baseados no conceito de regularização de vazão, levam ao super dimensionamento dos reservatórios de armazenamento e, por conseqüência, à inviabilidade construtiva desses sistemas. O método desenvolvido, por sua vez, coloca-se como uma fonte alternativa e não como a única fonte de abastecimento originando reservatórios de menor volume por priorizar o atendimento parcial da demanda nos períodos em que a água da chuva está mais disponível.

Outra forma de se obter o volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais é arbitrar um valor inicial para este e, após realizar uma **simulação do reservatório**, verificar o que acontece com a água que sobrar (overflow) e com a água que faltará (suprimento externo). O básico da análise de simulação do reservatório é que ele constitui-se um método por tentativas e erros. Supõe-se conhecido o volume do reservatório, bem como, a demanda. Nesta situação, McMahon (1993) sugere o cálculo

baseado na equação da continuidade para um reservatório finito. Segundo o autor, duas hipóteses básicas devem ser satisfeitas, reservatório cheio no início da contagem do tempo e os dados históricos serem representativos para as condições futuras. Para ele, o método é simples de ser usado e facilmente entendido, estando seu uso relacionado a séries históricas diárias ou mensais. Além disso, o método considera que os problemas sazonais e períodos críticos de seca são ponderados na análise da série histórica.

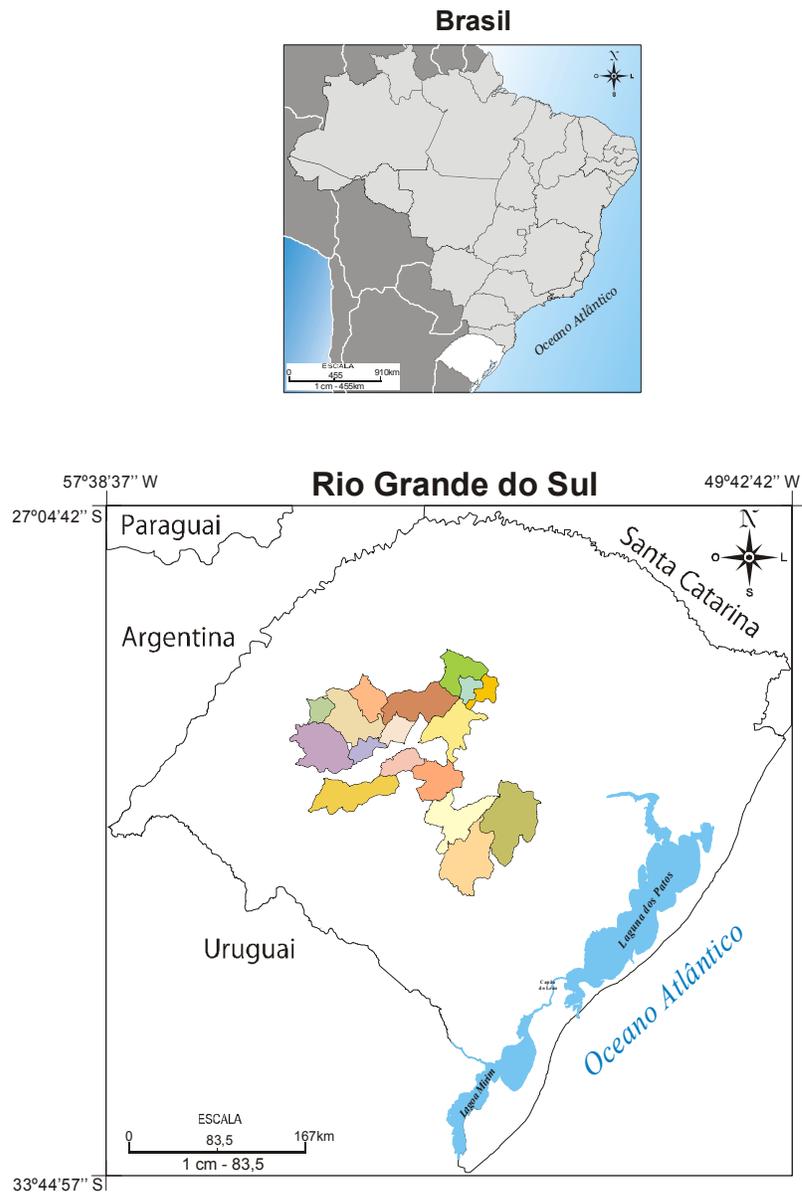
## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Localização

Esta pesquisa foi desenvolvida no estado do Rio Grande do Sul, representada na Figura 1, contemplando o estudo de 16 municípios, conforme descrição na Tabela 1.

**Tabela 1 - Relação dos municípios analisados no estado do Rio Grande do Sul**

<b>Município</b>
1 - Cacequi
2 - Cachoeira do Sul
3 - Caçapava do Sul
4 - Cruz Alta
5 - Jaguari
6 - Júlio de Castilhos
7 - Restinga Seca
8 - Rosário do Sul
9 - São Francisco de Assis
10 - São Gabriel
11- São Pedro do Sul
13 - São Sepé
14 - São Vicente do Sul
15 - Santa Maria
16 - Santiago
17 - Tupanciretã



**Figura 1 – Localização dos municípios estudados no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: IBGE 2004, adaptado)**

## 5.2 Estações Pluviométricas

A disponibilidade de águas pluviais para os municípios foi avaliada segundo registros históricos diários de precipitação de estações pluviométricas disponíveis no banco de dados da ANA. Na escolha dessas séries foi considerado um mínimo de 15 anos de dados e com registro histórico em intervalo próximo. A utilização desse período permite uma análise representativa da influência dos fenômenos climáticos nas regiões brasileiras.

Quanto maior o número de anos da série histórica, melhor será a consideração do período de seca. Entretanto não existe um número de anos ideal.

As estações pluviométricas selecionadas encontram-se discriminadas na Tabela 2 e suas coordenadas geográficas encontram-se na Tabela 3. No total foram analisadas 30 estações no Rio Grande do Sul, cuja localização pode ser visualizada na Figura 2.

A comparação entre os períodos das séries históricas (Figura 3) para as estações analisadas demonstrou que em sua maioria elas estão compreendidas entre 1980 a 2005, revelando uma proximidade temporal entre estas séries; o que viabilizou o estudo comparativo entre os dados pluviométricos.

Tabela 2- Estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: adaptado de Hidroweb – [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br))

Código da Estação	Nome da Estação	Município	Período de dados (anos)	Período		Falhas (dias)
				Início	Fim	
02853014	Santa Clara do Ingaí	Cruz Alta	61	01/09/1944	01/12/2005	141
02853015	Três Capões	Cruz Alta	19	01/01/1961	31/10/1980	0
02853028	Anderson Clayton	Cruz Alta	23	01/04/1978	31/12/2001	100
02854013	São Bernardo	Tupaciretá	22	22/01/1983	31/12/2005	67
02953015	Restinga Seca	Restinga Seca	26	27/02/1951	18/8/1977	92
02953017	Santa Maria	Santa Maria	27	01/01/1939	31/12/1966	333
02953030	Tupaciretá	Tupaciretá	25	01/07/1976	31/12/2001	219
02953034	Santa Maria - IPAGRO	Santa Maria	33	01/01/1963	31/12/1996	2
02953037	Passo São Lourenço	Cachoeira do Sul	19	01/05/1986	31/12/2005	41
02954001	Cacequi	Cacequi	62	09/04/1943	31/12/2005	30
02954004	Ernesto Alves	Jaguari	46	17/07/1959	31/12/2005	0
02954005	Furnas do Segredo	Jaguari	39	08/08/1966	31/12/2005	4
02954007	Jaguari	Jaguari	48	01/10/1957	31/12/2005	31
02954010	Ponte Toropi	São Vicente do Sul	26	20/09/1957	31/11/1983	473
02954019	Quevedos	Julio de Castilhos	29	16/05/1976	31/01/2005	292
02954020	Santiago	Santiago	29	01/08/1976	31/12/2005	144
02954030	Florida	Santiago	22	21/01/1983	31/12/2005	4
02954031	Esquina dos Lima (Sta. Bárbara)	Santiago	19	22/01/1983	31/12/2002	13
02954032	Ponte Toropi II	São Pedro do Sul	21	01/05/1984	31/12/2005	105
02955006	Ponte da Miracatu	São Francisco de Assis	36	23/09/1969	31/12/2005	73
02955007	Unistalda	Santiago	36	13/09/1969	31/12/2005	250
03053012	São Sepé	São Sepé	41	28/04/1943	31/12/1984	0
03053017	Passo dos Freires	São Sepé	24	28/05/1981	31/12/2005	30
03053018	Irapuazinho	Cachoeira do Sul	22	26/01/1983	31/12/2005	220
03053020	São Sepé- Montante	São Sepé	21	01/10/1984	31/12/2005	2
03053021	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	19	29/04/1986	31/12/2005	4
03053022	Caçapava do Sul	Caçapava do Sul	19	01/04/1986	31/12/2005	2
03054018	Ponte São Gabriel	São Gabriel	20	01/07/1985	31/12/2005	6
03055004	Saica	Cacequi	29	01/10/1976	31/12/2005	72
03055007	São Carlos	Rosário do Sul	19	24/04/1986	31/12/2005	86

**Tabela 3- Coordenadas geográficas das estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul** (Fonte: Hidroweb – [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br))

Código da Estação	Nome da Estação	Município	Coordenadas Geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude
02853014	Santa Clara do Ingaí	Cruz Alta	-28:43:43	-53:11:9	390
02853015	Três Capões	Cruz Alta	-28:49:0	-53:30:0	350
02853028	Anderson Clayton	Cruz Alta	-28:39:31	-53:36:17	440
02854013	São Bernardo	Tupanciretã	-28:54:19	-54:3:54	530
02953015	Restinga Seca	Restinga Seca	-29:48:0	-53:22:0	36
02953017	Santa Maria	Santa Maria	-29:43:27	-53:43:12	95
02953030	Tupanciretã	Tupanciretã	-29:5:8	-53:49:19	469
02953034	Santa Maria - IPAGRO	Santa Maria	-29:41:24	-53:48:42	153
02953037	Passo São Lourenço	Cachoeira do Sul	-30:0:31	-53:0:58	20
02954001	Cacequi	Cacequi	-29:52:40	-54:49:25	100
02954004	Ernesto Alves	Jaguari	-29:21:57	-54:44:5	300
02954005	Furnas do Segredo	Jaguari	-29:21:32	-54:30:3	300
02954007	Jaguari	Jaguari	-29:29:25	-54:41:20	100
02954010	Ponte Toropi	São Vicente do Sul	-29:40:0	-54:28:0	40
02954019	Quevedos	Julio de Castilhos	-29:51:7	-54:4:3	408
02954020	Santiago	Santiago	-29:11:12	-54:51:21	420
02954030	Flórida	Santiago	-29:15:5	-54:35:52	370
02954031	Esquina dos Lima (Sta. Bárbara)	Santiago	-29:4:40	-54:30:31	420
02954032	Ponte Toropi II	São Pedro do Sul	-29:39:12	-54:25:53	40
02955006	Ponte da Miracatu	São Francisco de Assis	-29:27:32	-55:17:25	100
02955007	Unistalda	Santiago	-29:2:51	-55:9:4	380
03053012	São Sepé	São Sepé	-30:11:0	-53:33:0	60
03053017	Passo dos Freires	São Sepé	-30:26:7	-53:42:45	200
03053018	Irapuazinho	Cachoeira do Sul	-30:29:19	-53:7:9	120
03053020	São Sepé- Montante	São Sepé	-30:11:36	-53:33:47	60
03053021	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	-30:8:27	-53:9:43	100
03053022	Caçapava do Sul	Caçapava do Sul	-30:19:50	-53:32:8	420
03054018	Ponte São Gabriel	São Gabriel	-30:21:22	-54:19:5	120
03055004	Saica	Cacequi	-30:1:46	-55:5:32	90
03055007	São carlos	Rosário do Sul	-30:12:17	-55:29:31	160

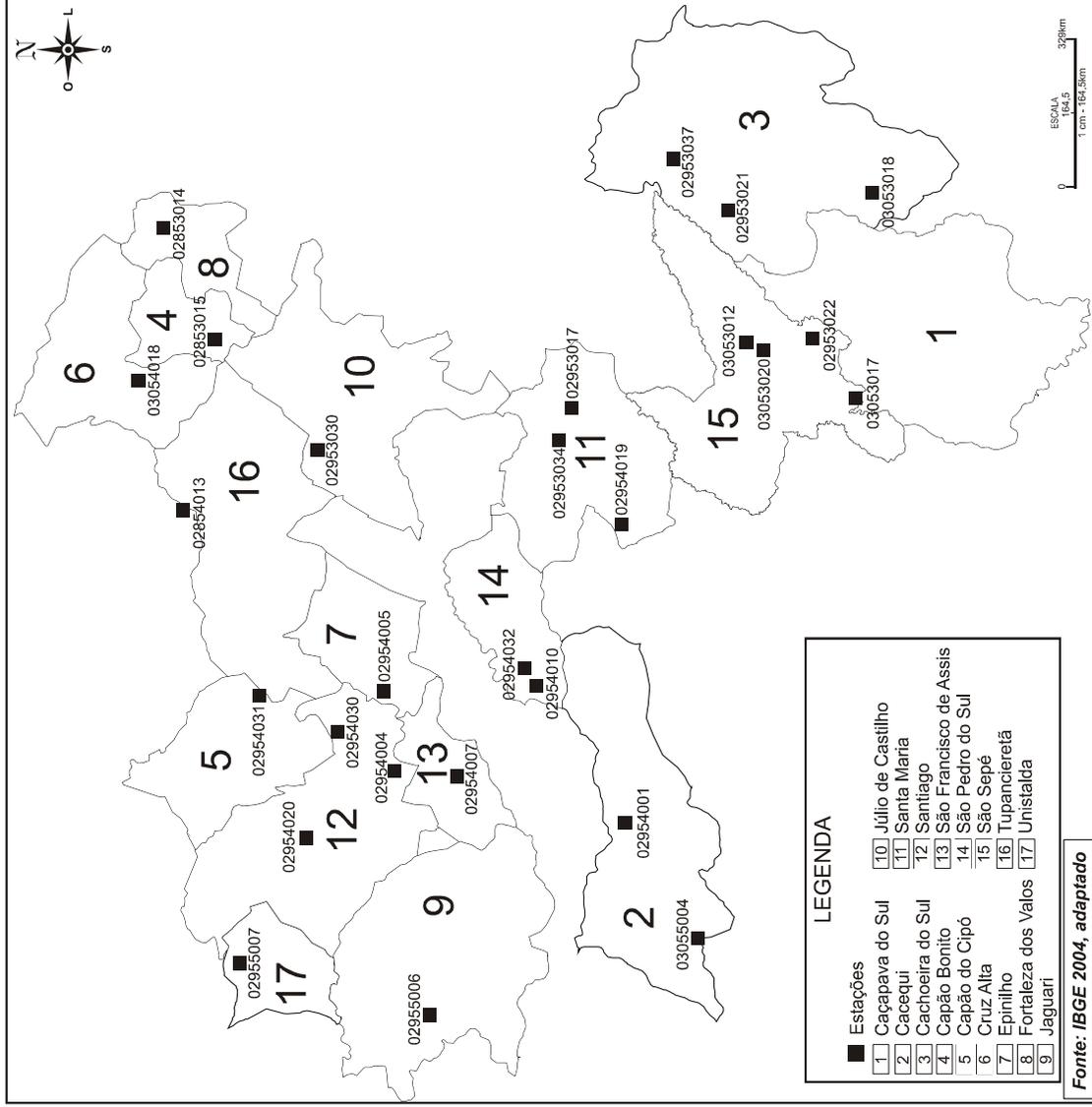


Figura 2 – Localização das estações pluviométricas analisadas no estado do Rio Grande do Sul (Fonte: IBGE 2004, adaptado)



### 5.3 Preenchimento dos períodos falhos

Muitas estações pluviométricas apresentam falhas em seus registros devido a problemas operacionais (observador ou aparelho). Entretanto, como há necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas devem ser preenchidas. A bibliografia apresenta vários métodos para preenchimentos de falhas. Contudo, a maioria deles é indicado para preenchimento de valores mensais. Como as séries utilizadas eram diárias, somente foram consideradas as estações com até 30 dias consecutivos de falha, retirando-se os períodos iniciais ou finais que apresentavam falhas a fim de evitar a necessidade de seu preenchimento.

No estudo em questão considerou-se mais representativo para o preenchimento a utilização, quando possível, daqueles mesmos valores registrados por estações pluviométricas dentro do mesmo município. Dessa forma, para uma dada estação **X**, com dia falho, substitui – se este valor pela precipitação equivalente do mesmo dia da estação **Y** do mesmo município ou daquela espacialmente mais próxima e com níveis pluviométricos aproximados.

A Tabela 4 identifica a relação entre as estações com períodos falhos e aquelas utilizadas para seu preenchimento. Das 30 estações pluviométricas estudadas, 21 apresentaram falhas nos registros e destas, oito foram preenchidas com a utilização de postos pluviométricos situados em diferentes municípios, em decorrência da ausência de períodos temporais coincidentes dentro de um mesmo município.

Tabela 4 - Relação entre as estações com períodos com falhas e as utilizadas para seu preenchimento.

Estação com falha				Estação utilizada para preenchimento				Diferença*
Código	Nome da Estação	Município	P <sub>média anual</sub> (mm)	Código	Nome da Estação	Município	P <sub>média anual</sub> (mm)	
02853014	Santa Clara do Ingaí	Cruz Alta	1638,85	02853028	Anderson Clayton	Cruz Alta	1957,20	318,34
02853028	Anderson Clayton	Cruz Alta	1957,20	02853014	Santa Clara do Ingaí	Cruz Alta	1638,85	318,34
02854013	São Bernardo	Tupanciretã	2117,63	02953030	Tupanciretã	Tupanciretã	1792,44	325,19
02953015	Restinga Seca	Restinga Seca	1565,94	02953017	Santa Maria	Santa Maria	1717,81	151,87
02953017	Santa Maria	Santa Maria	1717,81	03053012	São Sepé	São Sepé	1386,77	331,04
02953030	Tupanciretã	Tupanciretã	1792,44	02854013	São Bernardo	Tupanciretã	2117,63	325,19
02953037	Passo São Lourenço	Cachoeira do Sul	1696,56	03053021	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	1636,51	60,05
02954001	Cacequi	Cacequi	1520,20	03055004	Saica	Cacequi	1601,69	81,49
02954007	Jaguari	Jaguari	1770,65	02954004	Ernesto Alves	Jaguari	1788,32	17,66
02954010	Ponte Toropi	São Vicente do Sul	1462,28	02954007	Jaguari	Jaguari	1770,65	308,37
02954019	Quevedos	Julio de Castilhos	1772,63	02854013	São Bernardo	Tupanciretã	2117,63	345,00
02954020	Santiago	Santiago	1934,61	02954030	Flórida	Santiago	1927,05	7,56
02954031	Esquina dos Lima (Sta. Bárbara)	Santiago	2005,22	02954030	Flórida	Santiago	1927,05	78,17
02954032	Ponte Toropi II	São Pedro do Sul	1749,71	02955006	Ponte da Miracatu	São Francisco de Assis	1694,91	54,80
02955006	Ponte da Miracatu	São Francisco de Assis	1694,91	02954030	Flórida	Santiago	1927,05	232,14
02955007	Unistalda	Santiago	1883,48	02954030	Flórida	Santiago	1927,05	43,57
03053017	Passo dos Freires	São Sepé	1619,15	03053020	São Sepé- Montante	São Sepé	1610,82	8,34
03053018	Irapuazinho	Cachoeira do Sul	1616,30	03053021	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	1636,51	20,21
03054018	Ponte São Gabriel	São Gabriel	1601,69	03055007	São carlos	Rosário do Sul	1613,66	11,97
03055004	Saica	Cacequi	1601,69	02954001	Cacequi	Cacequi	1520,20	81,49
03055007	São carlos	Rosário do Sul	1613,66	03054018	Ponte São Gabriel	São Gabriel	1601,69	11,97

\* Valor absoluto da diferença entre a precipitação média anual da estação com falha (4ª coluna) e a precipitação média anual da estação utilizada para o preenchimento (8ª coluna)

## **5.4 Classificação hidrológica**

As estações pluviométricas foram classificadas hidrológicamente, segundo o potencial da precipitação média anual, em baixo, razoável, muito bom ou excelente, (Azevedo Netto, 1991). Essa classificação permitiu antever o potencial de aproveitamento das águas pluviais para as regiões em que se estudou a viabilidade desses sistemas.

O cálculo do potencial é baseado na precipitação média anual.

## **5.5 Identificação das atividades com melhor aplicabilidade para o uso de águas pluviais**

As atividades foram escolhidas com base em critérios econômicos e ambientais, privilegiando-se o uso não potável da água captada para que não fossem necessários investimentos em sistemas de tratamento.

Estima-se que 30% a 40% do volume destinado ao consumo doméstico se refere à descarga de vaso sanitário (ABNT, 2000), dessa forma, o estudo contemplou o uso da água captada para bacias sanitárias de residências unifamiliar e multifamiliar. Além disso, foram consideradas, ainda, as atividades de lavagem de veículos em postos de combustíveis e o uso em fins não potáveis em indústrias de cerveja.

As demandas escolhidas não requerem água potável e, portanto, o uso de sistemas de aproveitamento seria economicamente viável, na medida em que podem reduzir os custos com o abastecimento público; destinando a água tratada para fins mais nobres como higiene e alimentação.

### **5.5.1 Residência unifamiliar**

A demanda foi obtida considerando-se o consumo de uma bacia sanitária e os valores referenciais, conforme Tomaz (2003) e adotando-se valores médios representativos da região para o número de habitantes.

A Tabela 5 apresenta os valores utilizados para o cálculo da demanda diária.

**Tabela 5 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na bacia sanitária em residência unifamiliar.**

<b>RESIDÊNCIA MULTIFAMILIAR</b>	
<b>Bacia sanitária</b>	
Número de habitantes na residência	5 hab
Consumo da bacia sanitária	12 L/descarga
Número de utilização da bacia sanitária:	6 descargas/hab/dia
<b>Consumo diário</b>	<b>360 L/dia</b>

### 5.5.2 Residência multifamiliar

A demanda foi obtida considerando-se o consumo de uma bacia sanitária, conforme Tomaz (2003) e adotando-se valores médios representativos da região para o número de andares, apartamentos e habitantes para uma residência multifamiliar.

A Tabela 6 apresenta os valores utilizados para o cálculo da demanda diária.

**Tabela 6 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na bacia sanitária em residência multifamiliar.**

<b>RESIDÊNCIA MULTIFAMILIAR</b>	
<b>Bacia sanitária</b>	
Número de andares do edifício	4 andares
Número de apartamentos por andar	4 apartamentos/andar
Número de habitantes na residência	4 hab/apartamento
Consumo da bacia sanitária	12 L/descarga
Número de utilização da bacia sanitária	6 descargas/hab/dia
<b>Consumo diário</b>	<b>4608 L/dia</b>

### 5.5.3 Postos de combustíveis

A demanda foi obtida considerando-se valores referenciais, conforme Tomaz (2003) e adotando-se valores médios representativos da região para o número de veículos lavados por dia, valores estes que foram obtidos por pesquisas junto aos postos da região.

A Tabela 7 apresenta os valores utilizados para o cálculo da demanda.

**Tabela 7 – Parâmetros de referência para cálculo da demanda consumida na lavagem de veículos em postos de combustíveis.**

<b>POSTOS DE GASOLINA</b>	
Lavagem de veículos	
Volume de lavagem por veículo	150 L/veículo
Número de veículos lavados por dia	25 veículos/dia
<b>Consumo diário</b>	<b>3750 L</b>

#### 5.5.4 Indústrias de cerveja

A demanda foi obtida considerando-se valores médios diários (50000 L) fornecidos por empresa do ramo de cervejaria da região analisada. A Tabela 8 apresenta os valores fornecidos para a demanda.

**Tabela 8 – Parâmetros de referência para demanda não potável em indústria de cerveja.**

<b>INDUSTRIA DE CERVEJARIA</b>	
Demanda não potável	
Volume utilizado por dia	50000 L
<b>Consumo diário</b>	<b>50000 L</b>

#### 5.6 Descarte das primeiras águas

Como os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos, promoveu-se a sua remoção através do descarte das primeiras águas, com a eliminação de 1,5 mm de chuva, conforme recomendação de Tomaz (2003).

#### 5.7 Volumes de reservatório de armazenamento

Os volumes dos reservatórios de armazenamento foram adotados de acordo com os tamanhos comerciais disponíveis ou possíveis de serem obtidos por combinações entre estes volumes comerciais.

A Tabela 9 apresenta os volumes comerciais utilizados no desenvolver deste estudo.

**Tabela 9 - Volumes comerciais utilizados para reservatório de armazenamento**

<b>USO</b>	<b>VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)</b>
Residência Unifamiliar	500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7000 e 10000
Residência Multifamiliar	7000, 10000, 15000, 20000, 25000 e 30000
Postos de Combustíveis	10000, 15000, 20000, 30000 e 40000
Indústria de Cerveja	100000, 200000, 400000, 600000 e 800000

Para efeitos comparativos procedeu-se também a identificação dos volumes de armazenamento baseado no dimensionamento através da análise estatística dos períodos de seca (Kobiyama e Hansen, 2002).

O procedimento para o dimensionamento do reservatório através do uso desta metodologia consiste, primeiramente, na seleção de postos pluviométricos existentes no local, com pelo menos 40 anos de registros históricos. Dessa forma, selecionou-se para esta análise a estação pluviométrica de Cacequi (código 02954001) por apresentar maior registro de dados (62 anos).

A seguir a série histórica foi avaliada de forma a identificar o número máximo de dias consecutivos sem chuvas em cada ano. Segundo Kobiyama e Hansen (2002) os dias com menos de 1,0 mm/dia de precipitação devem, preferencialmente, ser considerados sem chuva. Posteriormente, foi ajustada a distribuição estatística de Gumbel aos dados. Foram selecionados, para o posto pluviométrico em questão, o número máximo de dias secos para os tempos de retorno de três anos (utilizado por KOBİYAMA e HANSEN, 2002).

O dimensionamento do volume do reservatório é realizado multiplicando o número de dias sem chuva para o tempo de retorno selecionado pela demanda diária necessária.

### **5.8 Volumes possíveis de serem captados**

O volume possível de ser captado foi obtido mediante o uso da equação sugerida por Tomaz (1998) e Azevedo Netto (2002).

$$V = A \times P \times C$$

(Equação 1)

Sendo:

$V$  = Volume possível de ser captado (L)

$A$  = Área de captação ( $m^2$ )

$P$  = Precipitação diária (mm)

$C$  = Coeficiente de Runoff

Tomaz (2003) sugere como uma boa estimativa a adoção do Coeficiente de Runoff  $C= 0,80$  quando não se dispõe de estudos precisos para a área de captação analisada.

As áreas de captação foram variadas dentro de limites aceitáveis construtivamente, permitindo, dessa forma, analisar a influência dessas sobre o sistema de aproveitamento de água da chuva.

### **5.9 Análise de simulação do reservatório, eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento das águas pluviais.**

A análise de simulação do reservatório baseou-se na equação da continuidade (Mcmahon, 1993).

$$V_t = V_{t-1} + V - D \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo

$V_t$  = Volume de água no reservatório no tempo  $t$  (L)

$V_{t-1}$  = Volume de água no reservatório no tempo  $t-1$  (L)

$V$  = Volume possível de ser captado (L)

$D$  = Volume diário demandado (L)

Não foram consideradas as perdas por evaporação durante o escoamento no telhado, estas foram supostas como inseridas no Coeficiente de Runoff adotado. Além disso, foi considerada a inexistência de perdas por vazamento no reservatório, bem como ausência de perdas por evaporação por esse ser considerado fechado.

Essa simulação foi executada em planilha eletrônica do Excel, utilizando equação lógica, que considerou as hipóteses do reservatório estar cheio, vazio ou parcialmente cheio. Para efeitos de cálculo, neste estudo, o reservatório de armazenamento foi considerado inicialmente cheio.

A partir dessa análise foi possível identificar os dias falhos consecutivos, ou seja, o maior período em que o sistema não atendeu a demanda e houve a necessidade de suprimento externo, bem como, os dias falhos totais, obtidos pelo somatório de todos os dias falhos ao longo das séries analisadas.

A melhor definição de probabilidade de falha é a relação entre o número de dias que o reservatório não atendeu a demanda (dias falhos totais) e o número total de dias da série histórica analisada.

A eficiência por sua vez, representa a proporção do tempo em que o reservatório atende a demanda. É o complemento da falha (MCMAHON, 1993).

$$E = 100\% - P_F \quad \text{(Equação 3)}$$

Sendo

$E$  = Eficiência do sistema (%)

$P_F$  = Probabilidade de falha (%)

Foram realizadas simulações com diferentes volumes para um mesmo valor de área de captação. A seguir alterou-se essa área para os mesmos volumes, obtendo-se graficamente a relação volume x eficiência do sistema de aproveitamento.

Esse processo foi realizado para as diferentes demandas e estações pluviométricas analisadas no estudo.

Analisou-se, igualmente, a confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para a demanda em residência unifamiliar a partir da utilização de dados diários e mensais de precipitação da estação Santa Maria – IPAGRO (código 02953034).

Conforme McMahon (1993) esta confiabilidade é expressa pela:

$$Rv = 100 \frac{Vs}{Vd} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

$Vs$  = volume de água da chuva aproveitada. Representado pelo volume total de chuva captado menos o volume de *Overflow* e menos o suprimento externo.

$Vd$  = É o volume total de chuva captado

Essas análises foram realizadas para volumes de 10, 12 e 20 m<sup>3</sup> e áreas de captação de 70, 100, 150, 200 e 300 m<sup>2</sup>. Seu objetivo foi comparar o comportamento do sistema de aproveitamento em relação aos volumes captáveis de água da chuva, demanda; *overflow* e necessidade de suprimento externo entre valores diários e mensais.

Para efeitos comparativos, procedeu-se também a simulação da eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento utilizando os volumes obtidos através do método de análise estatística dos períodos de seca (Kobiyama e Hansen, 2002) para a estação Cacequi (código 02954001).

Para ambos os cálculos foram empregadas as mesmas demandas e áreas utilizadas nas simulações de eficiência para volumes comerciais de reservatório. No caso da eficiência foram determinados os valores para cada área de captação, já para a confiabilidade volumétrica buscou-se definir qual seria a área que corresponderia a melhor confiabilidade.

### **5.10 Ajuste de equação para dimensionamento do reservatório de armazenamento para a região central do RS.**

A determinação da equação baseou-se na análise conjunta das quatro demandas estudadas, procurando-se estabelecer uma equação única de dimensionamento do volume do reservatório com base na área de captação, demanda e eficiência do sistema.

O critério de ajuste escolhido foi a relação entre os volumes observados e calculados utilizando-se o Coeficiente de Eficiência de Nash (COE) e  $R^2$ .

Inicialmente procurou-se determinar graficamente a tendência de comportamento das relações eficiência x volume, área de captação x volume e demanda x volume. Conhecida a relação entre o volume do reservatório e essas variáveis determinou-se a forma geral da equação de dimensionamento.

Os parâmetros desta equação foram então obtidos através da ferramenta Solver do Excel, testando as variações do ajuste em relação as diferentes faixas de volumes de reservatório, eficiência e área de captação.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Classificação hidrológica

Os municípios analisados no estado do Rio Grande do Sul, conforme o potencial da precipitação média anual (P) revelaram-se com um potencial hidrológico médio “Muito Bom” e, por consequência, adequados a implantação de sistemas de aproveitamento das águas pluviais.

Esse potencial é mais representativo quanto maiores forem às séries de dados pluviométricos considerados para a análise, em virtude da influência dos fenômenos climáticos que atuam, até mesmo ciclicamente, ao longo dos anos. Essa classificação não significa que as características se mantenham constantes, portanto, variações na viabilidade do aproveitamento ocorrem de acordo com o período anual; podendo apresentar situações de escassez e/ou excesso de chuva.

A Tabela 10 apresenta os resultados dos potenciais anuais médios obtidos para cada estação pluviométrica analisada neste estudo de viabilidade. Pode-se observar que das trinta estações pluviométricas analisadas, uma apresentou potencial hidrológico razoável (03053012 – São Sepé), duas apresentaram potencial excelente (02954031 – Esquina dos Limas e 02854013 – São Bernardo) e as demais estações apresentaram um potencial muito bom, o que veio a comprovar a idéia inicial de se realizar o aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis na região.

Essa diferença entre as precipitações médias podem ser devido à diferença no período de dados, conforme foi demonstrado na Figura 3, uma vez que os registros históricos compreendem períodos distintos, podendo, portanto, estar sob influência de diversos fenômenos climáticos.

**Tabela 10 - Classificação hidrológica das estações pluviométricas analisadas no Rio Grande do Sul.**

Código da Estação	Nome da Estação	P média anual (mm)	Período de dados (anos)	Classificação Hidrológica
02853014	Santa Clara do Ingai	1638,85	61	Muito bom
02853015	Três Capões	1685,04	19	Muito bom
02853028	Anderson Clayton	1957,20	23	Muito bom
02854013	São Bernardo	2117,63	22	Excelente
02953015	Restinga Seca	1565,94	26	Muito bom
02953017	Santa Maria	1717,81	27	Muito bom
02953030	Tupanciretã	1792,44	25	Muito bom
02953034	Santa Maria - IPAGRO	1549,36	33	Muito bom
02953037	Passo São Lourenço	1696,56	19	Muito bom
02954001	Cacequi	1520,20	62	Muito bom
02954004	Ernesto Alves	1788,32	46	Muito bom
02954005	Furnas do Segredo	1834,67	39	Muito bom
02954007	Jaguari	1770,65	48	Muito bom
02954010	Ponte Toropi	1462,28	26	Muito bom
02954019	Quevedos	1808,61	29	Muito bom
02954020	Santiago	1934,61	29	Muito bom
02954030	Florida	1927,05	22	Muito bom
02954031	Esquina dos Lima (Sta. Bárbara)	2005,22	18	Excelente
02954032	Ponte Toropi II	1749,71	21	Muito bom
02955006	Ponte da Miracatu	1694,91	36	Muito bom
02955007	Unistalda	1883,48	36	Muito bom
03053012	São Sepé	1386,77	41	Razoável
03053017	Passo dos Freires	1619,15	24	Muito bom
03053018	Irapuazinho	1616,30	22	Muito bom
03053020	São Sepé- Montante	1610,82	21	Muito bom
03053021	Barro Vermelho	1636,51	19	Muito bom
03053022	Caçapava do Sul	1775,13	19	Muito bom
03054018	Ponte São Gabriel	1575,74	20	Muito bom
03055004	Saica	1601,69	29	Muito bom
03055007	São Carlos	1613,66	19	Muito bom

Vale salientar que a distribuição das precipitações no Rio Grande do Sul tem um perfil uniforme que se mantém durante todo o ano, o que viabiliza a implantação de sistemas de aproveitamento. De acordo com Matzenauer *et. al.* (2007) a análise da precipitação pluvial ocorrida no estado no período de 1976 a 2005, mostra que na metade norte, ocorrem os maiores volumes anuais de chuvas quando comparado com a metade sul. Na Figura 4 verifica-se que uma isoietas de 1600 mm corta o estado de leste a oeste, próximo à latitude central do Rio Grande do Sul (30°S), com valores superiores ao norte e inferiores ao sul. Em algumas regiões da metade Norte o volume de chuvas ultrapassa 1900 mm anuais, como ocorre em parte da região do Alto Vale do Uruguai. Na metade Sul, ao contrário, algumas regiões apresentam volumes inferiores a 1400 mm, como por exemplo, no extremo sul do estado, caracterizando, portanto, uma variabilidade espacial

significativa na distribuição da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul. A primavera é a estação do ano que concentra o maior volume médio de chuvas na metade norte do estado, com valores superiores a 550 mm em parte da região do Planalto Médio. Os menores volumes de chuvas são observados na estação de inverno, nas regiões da Campanha e Baixo Vale do Uruguai, com valores inferiores a 250 mm nos três meses.

Ao se proceder uma análise da localização dos municípios estudados (Figura 1) e dos níveis médios de precipitação (Figura 4) é possível observar um comportamento semelhante das precipitações anuais médias das estações analisadas, entre o período de 1976 a 2005. Segundo Seeger *et al* (2007) o número de dias consecutivos sem chuva, na região é bastante inferior a outros locais do Brasil, garantindo que o aproveitamento de água da chuva abastecerá o reservatório praticamente durante todo o ano.

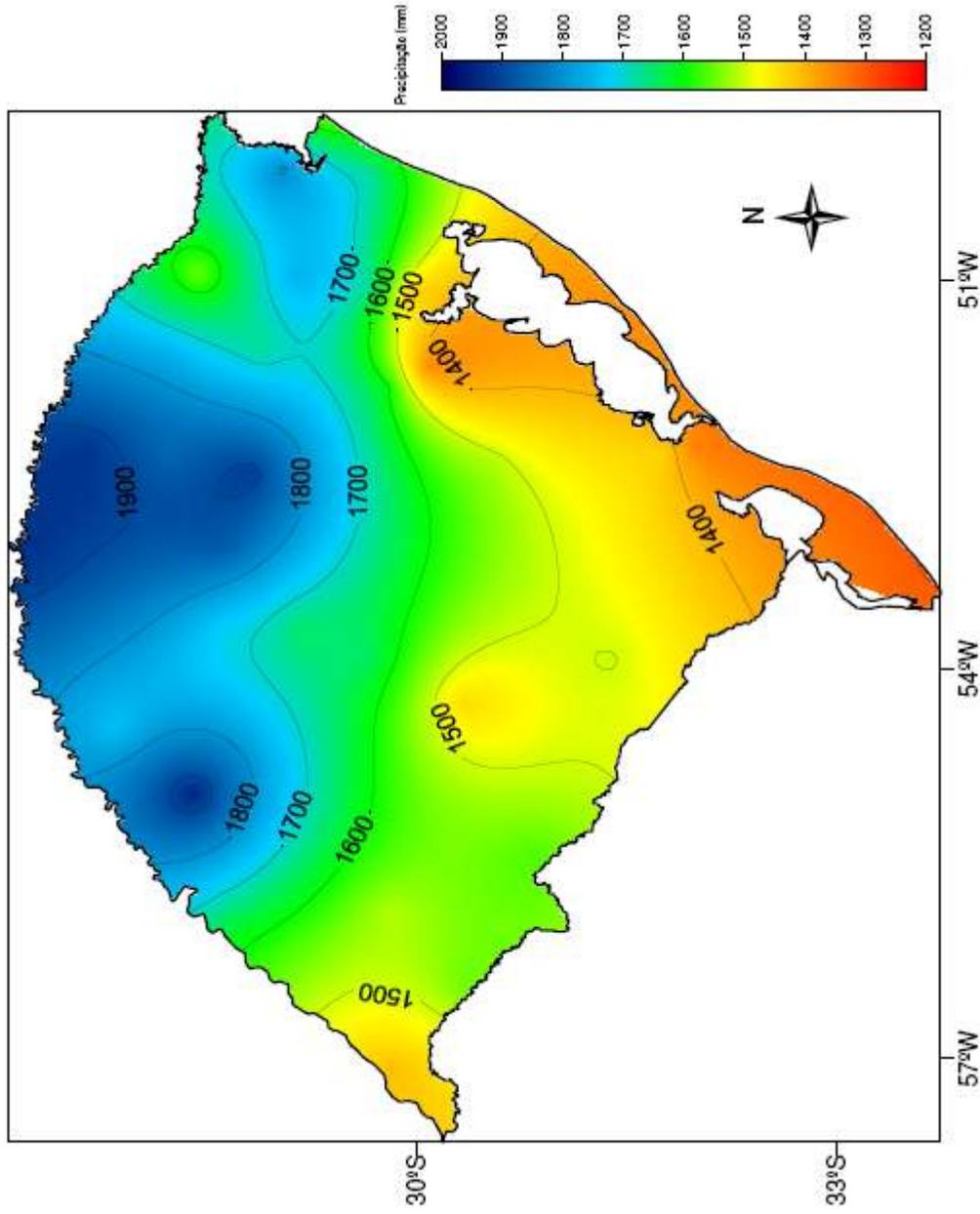


Figura 4 – Regime anual de chuvas no Rio Grande do Sul. Período 1976 – 2005 (Fonte: Matzenauer *et. al.*, .2007).

#### 6.1.1 Residência unifamiliar

O volume médio diário encontrado para utilização em bacias sanitárias considerando o número de habitantes da residência, o consumo desta e o número de descargas foi de 360 L, totalizando uma demanda mensal de 10800 L.

#### 6.1.2 Residência multifamiliar

A demanda média diária obtida para utilização em bacia sanitária, considerando o número de andares, apartamentos e habitantes, consumo desta bacia e o número de descargas foi de 4608 L; totalizando um consumo mensal de 138240 L.

#### 6.1.3 Postos de combustíveis

O consumo médio diário obtido para o processo, considerando o número de veículos lavados por dia foi de 3.750 L, totalizando demanda mensal de 112.500 L.

#### 6.1.4 Indústrias de cerveja

A demanda mensal média obtida considerando-se valores médios diários fornecidos por empresa do ramo de cervejaria foi de 1.500.000 L.

### **6.2 Volumes de reservatório de armazenamento pelo método Kobiyama e Hansen (2002) - Estação Cacequi (código 02954001)**

A partir da quantificação do consumo de água na residência unifamiliar de 360 L/dia o volume encontrado para o reservatório de armazenamento foi de 11,76 m<sup>3</sup>.

Para a demanda na residência multifamiliar de 4608 L/dia o volume encontrado para o reservatório de armazenamento foi de 150,47 m<sup>3</sup>.

A demanda em postos de combustíveis de 3750 L/dia resultou em um volume de 122,45 m<sup>3</sup> para o reservatório de armazenamento.

Para a demanda em indústria de cerveja (50000 L/dia) obteve-se um volume de 1632,73 m<sup>3</sup> para o reservatório de armazenamento.

Esses resultados foram obtidos para 32,7 dias consecutivos sem chuva e período de retorno de três anos.

### **6.3 Análise de simulação do reservatório, eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento das águas pluviais.**

O processo de simulação, conforme explicado na metodologia, compreendeu inicialmente o descarte das primeiras águas com posterior cálculo do volume possível de ser captado, dias falhos consecutivos e totais, probabilidade de falha, eficiência e confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para variações de áreas e volumes.

Em decorrência do número de estações pluviométricas analisadas e dos extensos registros históricos de dados de cada uma destas, esta dissertação apresenta os resultados completos obtidos para as simulações de duas estações pluviométricas, estação de Santa Maria – IPAGRO (código 02359034) e estação Cacequi (código 02954001)

Para as demais estações são apresentados apenas os gráficos volume x eficiência do sistema de aproveitamento no anexo A até o Anexo DD.

### 6.3.1 Estação Santa Maria – IPAGRO (código 02359034)

#### 6.3.1.1 Residência Unifamiliar

##### 6.3.1.1.1 Eficiência do sistema de aproveitamento

As Tabelas 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam os resultados obtidos para a demanda em residência unifamiliar com utilização em bacia sanitária.

**Tabela 11 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 70 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02359034).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		70	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	24,33	89	9398
1	31,31	88	8531
2	41,72	88	7238
3	47,48	88	6522
5	53,24	88	5807
7	56,18	88	5442
10	58,36	88	5171

**Tabela 12 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 100 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		100	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	27,42	88	9014
1	35,73	87	7982
2	49,83	86	6230
3	57,50	86	5278
5	66,06	86	4215
7	71,09	86	3590
10	75,18	86	3083

**Tabela 13 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 150 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		150	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	30,57	88	8622
1	39,79	87	7477
2	56,92	84	5350
3	66,35	82	4179
5	76,58	82	2908
7	82,71	82	2147
10	87,99	82	1492

**Tabela 14 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 200 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		200	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	32,15	88	8426
1	41,92	87	7213
2	60,43	84	4914
3	71,05	81	3595
5	81,72	79	2270
7	87,78	78	1517
10	92,54	76	927

**Tabela 15 – Resultados da simulação para demanda de 392,4 L e área de 300 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		300	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	33,83	88	8218
1	44,15	87	6936
2	64,34	84	4429
3	75,23	81	3076
5	86,07	76	1730
7	91,75	70	1025
10	95,57	62	550

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 5.

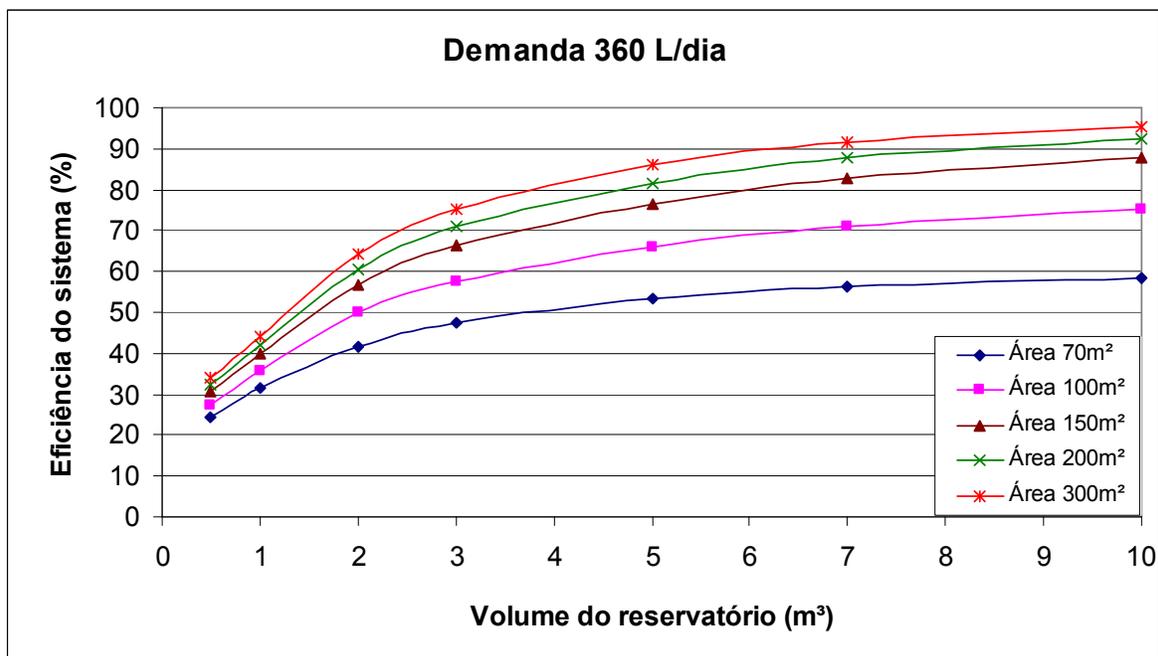


Figura 5 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).

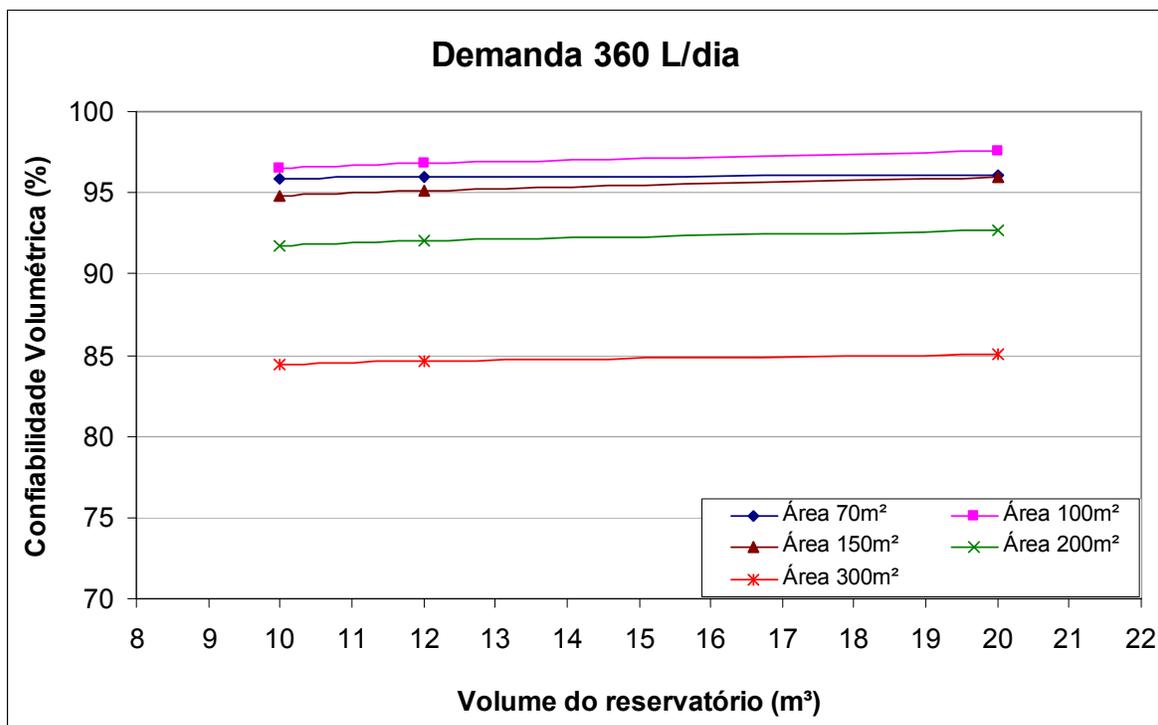
A análise do gráfico demonstra um crescimento logarítmico da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Para volumes de armazenamento mínimo de 500 L obteve-se valores superiores a 24%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 3000 L conseguiu-se resultados superiores a 47,48%, alcançando-se 95,57% de eficiência quando da utilização de 10000 L e área de captação de 300 m<sup>2</sup>.

Destaca-se ainda, que o crescimento da eficiência em função do aumento do volume torna-se menos significativo para volumes superiores a 7 m<sup>3</sup> com área de captação constante, tendendo a estabilidade. Em contrapartida, mantendo-se o volume constante, observa-se que a variação da eficiência é mais expressiva para um aumento de área entre 70 e 150 m<sup>2</sup> e menos representativo para valores acima deste último.

É importante salientar que estes resultados foram obtidos para uma demanda determinada a partir de parâmetros superestimados, uma vez que os índices selecionados para este cálculo foram os maiores dentre aquela faixa sugerida nas bibliografias. Dessa forma, poderá o consumo ser inferior aquele apurado e, por conseqüência, o usuário terá a opção de destinar o recurso restante para outros fins não potáveis como rega de jardim e lavagem de calçadas e veículos.

#### 6.3.1.1.2 Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento com base em dados de precipitação diários e mensais.

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos para a confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento com base em dados diários de precipitação. O mínimo valor encontrado foi de 84,39% para área de 300 m<sup>2</sup> e volume de 10000 L e a máxima de 97,53% para 100 m<sup>2</sup> e 20000 L. Observa-se um pequeno crescimento da confiabilidade em função do aumento do volume do reservatório para uma dada área. Entretanto, em relação ao comportamento da confiabilidade para um mesmo volume e diferentes áreas de captação observou-se que uma variação de 70 para 100 m<sup>2</sup> possibilita uma elevação da confiabilidade, enquanto alterações de 100 para 150 m<sup>2</sup>, 150 para 200 m<sup>2</sup> e 200 para 300 m<sup>2</sup> levam a índices inferiores de confiabilidade, apesar desta ainda continuar crescendo em função do volume. Dessa forma, em termos de confiabilidade volumétrica um aumento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento não seria vantajoso.

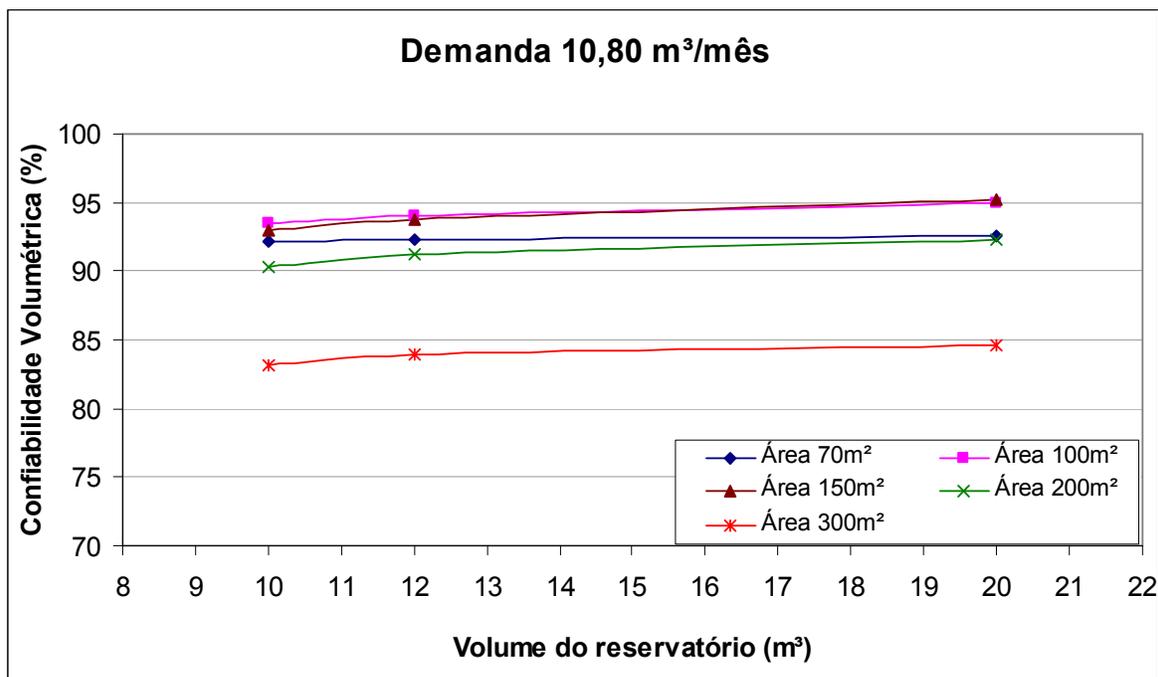


**Figura 6 – Volume x Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034) com base em dados diários de precipitação.**

A Figura 7 apresenta os resultados para análise mensal. O mínimo valor encontrado foi de 83,12% para área de 300 m<sup>2</sup> e volume de 10000 L e a máxima de 95,16% para área de 150 m<sup>2</sup> e 20000 L. No que se refere ao comportamento em função do aumento do volume a uma dada área constante, observa-se um crescimento da confiabilidade em função do volume para valores de área entre 70 e 300 m<sup>2</sup>.

Em relação ao comportamento da confiabilidade para um mesmo volume e diferentes áreas de captação observou-se que uma variação de 70 para 100 m<sup>2</sup> possibilita uma elevação da confiabilidade. As variações de confiabilidade são muito próximas quando se varia a área de 100 para 150 m<sup>2</sup>, enquanto alterações de 150 para 200 m<sup>2</sup> e 200 para 300 m<sup>2</sup> levam a índices inferiores de confiabilidade. Dessa forma, em termos de confiabilidade volumétrica um aumento da área de captação acima de 150 m<sup>2</sup> para um mesmo volume de armazenamento não seria vantajoso.

Comparativamente é possível verificar que o uso de dados diários ou mensais de precipitação conduz a resultados próximos. Para a confiabilidade volumétrica mínima há uma coincidência, inclusive, nas dimensões da área de captação e volume de armazenamento. Entretanto, para confiabilidade máxima observa-se que o valor da área de captação é maior quando do uso de dados mensais.



**Figura 7 – Volume x Confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034) com base em dados mensais de precipitação.**

### 6.3.1.2 Residência Multifamiliar

As Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20 apresentam os resultados obtidos para a demanda em residência multifamiliar.

**Tabela 16 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 300 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		300	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	10,63	165	11099
10	11,97	165	10932
15	12,88	165	10819
20	13,33	165	10764
25	13,57	165	10734
30	13,69	165	10719

**Tabela 17 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 500 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	17,10	89	10295
10	20,24	89	9905
15	22,76	89	9592
20	24,48	89	9379
25	25,78	89	9217
30	26,62	89	9113

**Tabela 18 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 700 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		700	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	21,63	89	9733
10	26,02	89	9187
15	29,79	89	8720
20	32,66	89	8363
25	34,94	89	8080
30	36,78	89	7851

**Tabela 19 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		1000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	25,62	88	9237
10	31,71	88	8481
15	36,88	88	7839
20	40,84	88	7347
25	44,15	88	6936
30	46,90	88	6595

**Tabela 20 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1500 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		1500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	29,07	88	8809
10	36,43	87	7895
15	42,99	86	7080
20	48,26	85	6426
25	52,65	85	5881
30	56,12	85	5449

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 8.

Essa análise demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório, tendendo a linearidade. Para volumes de armazenamento mínimo de 7000 L obteve-se valor superior a 10,63%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 15000 L chegou-se a resultados superiores a 12,88%, alcançando-se 56,12% quando da utilização de 30000 L e área de captação de 1500 m<sup>2</sup>. Os baixos índices de eficiência estão relacionados ao aumento da demanda diária.

Visualiza-se também, que a estabilização do crescimento da eficiência em função do aumento do volume do reservatório ocorre mais rapidamente para menores áreas do que para as maiores, ou seja, para estas últimas a estabilização acontece em maiores volumes.

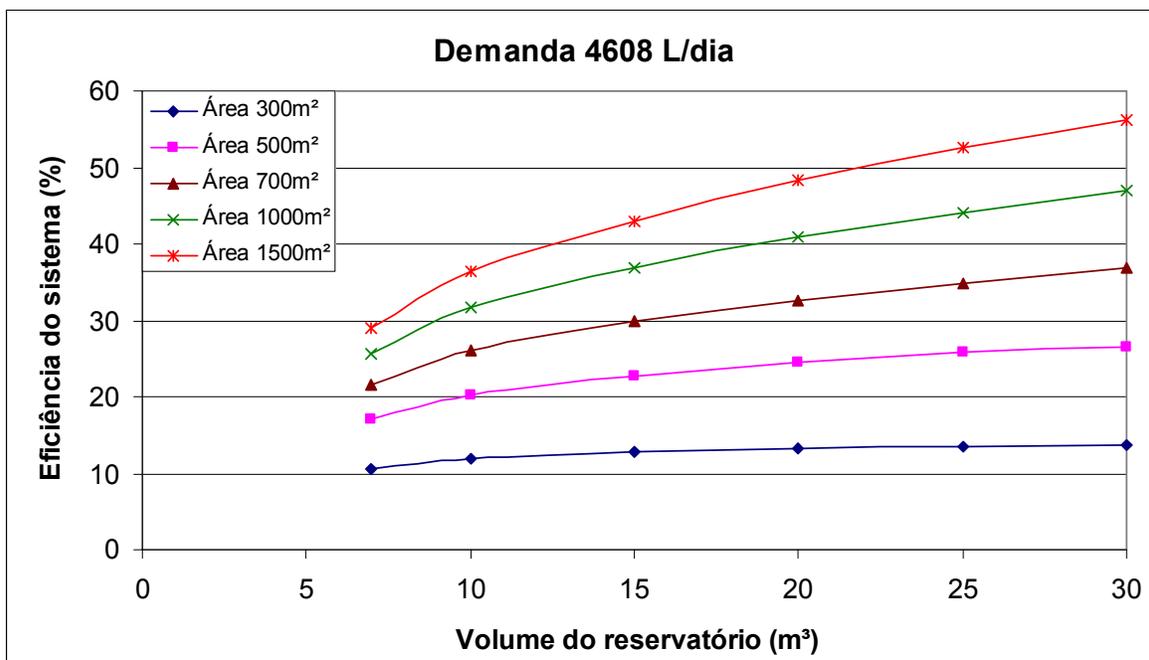


Figura 8 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).

### 6.3.1.3 Postos de combustíveis

As Tabelas 21, 22, 23 e 24 apresentam os resultados obtidos para a demanda em postos de combustíveis.

Tabela 21 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 500 m² na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).

Demanda diária (L)		3750	
Área (m²)		500	
Volume do reservatório (m³)	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	24,42	89	9386
15	28,02	89	8939
20	31,33	89	8528
30	34,34	89	8154
40	35,93	89	7957

**Tabela 22 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		1000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	35,31	87	8034
15	41,27	86	7294
20	48,46	86	6401
30	55,16	86	5569
40	60,64	86	4888

**Tabela 23 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1500 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		1500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	39,46	87	7518
15	46,62	86	6629
20	56,05	84	5458
30	63,72	83	4506
40	70,52	83	3661

**Tabela 24 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 2000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		2000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	41,64	87	7248
15	49,46	86	6277
20	59,83	84	4989
30	68,15	82	3956
40	75,86	79	2998

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 9

Essa análise demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento do volume de armazenamento do reservatório para uma área de captação de 500 m<sup>2</sup> e uma elevação mais significativa para as demais áreas consideradas. A eficiência mínima encontrada para o volume de 10000 L foi

superior a 24,40%. Já para reservatórios de 20000 L atingiu-se valor mínimo superior a 31,30%, alcançando-se 76% quando da utilização de 40000 L e área de captação de 2000 m<sup>2</sup>.

Observa-se ainda, que o crescimento da eficiência para um mesmo volume é mais expressivo em função de uma variação da área entre 500 e 1000 m<sup>2</sup> do que entre 1000 e 2000 m<sup>2</sup>.

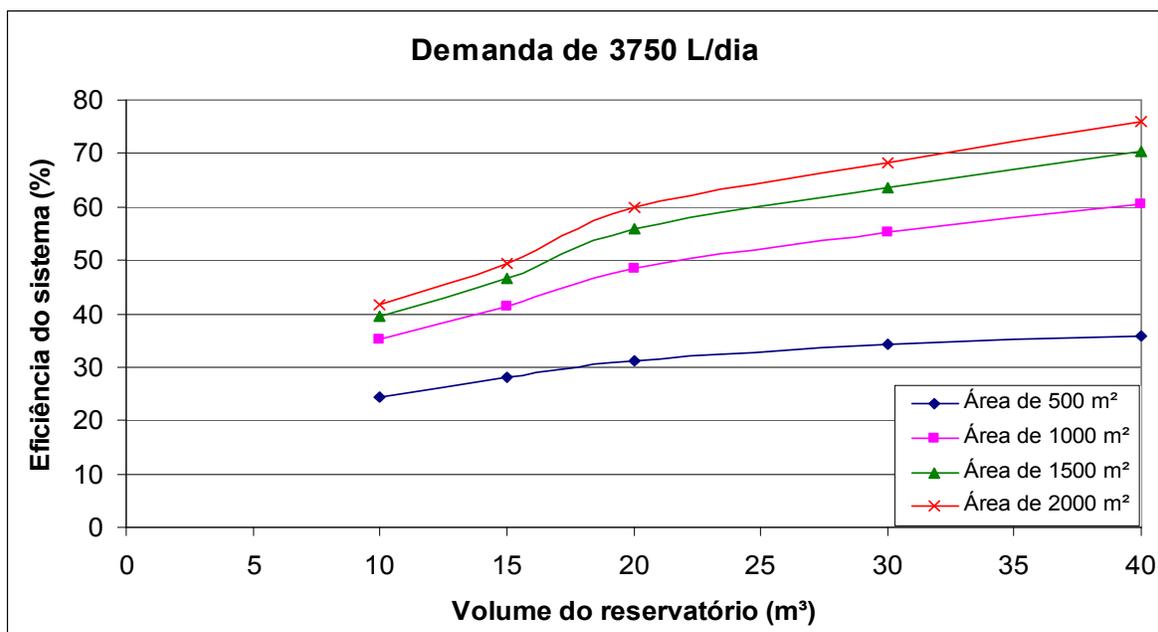


Figura 9 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).

#### 6.3.1.4 Indústria de cerveja

As Tabelas 25, 26, 27 e 28 apresentam os resultados obtidos para a demanda em uma indústria de cerveja.

**Tabela 25 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 5000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		5000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	16,68	100	10348
200	21,77	100	9715
400	24,95	100	9320
600	25,65	100	9233
800	25,89	100	9204

**Tabela 26 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 7000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		7000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	21,37	89	9765
200	29,23	89	8789
400	36,11	89	7935
600	38,52	89	7635
800	39,58	89	7503

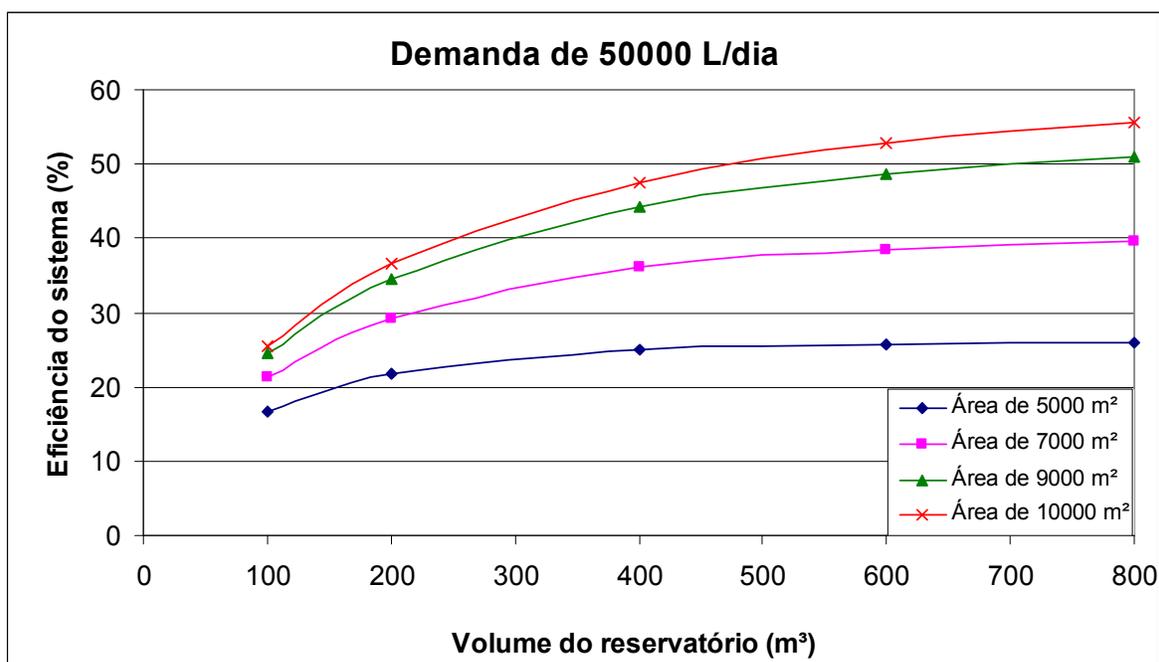
**Tabela 27 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 9000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		9000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	24,49	89	9377
200	34,50	89	8134
400	44,25	89	6924
600	48,63	89	6380
800	51,03	89	6082

**Tabela 28 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 10000 m<sup>2</sup> na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		10000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	25,57	88	9244
200	36,61	88	7873
400	47,40	88	6532
600	52,72	88	5872
800	55,61	88	5513

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 10



**Figura 10 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Santa Maria - IPAGRO (código 02953034).**

A análise do gráfico demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Para volumes de armazenamento mínimo de 100000 L obteve-se valor mínimo superior a 16%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 400000 L alcançou-se resultados superiores

a 25%, atingindo-se índice superior a 55% quando da utilização de 800000 L e área de captação de 10000 m<sup>2</sup>.

A interpretação gráfica permite ainda definir a tendência a estabilidade da eficiência a partir do volume de 400 m<sup>3</sup> para as áreas entre 5000 a 7000 m<sup>2</sup>.

### 6.3.2 Estação Cacequi (código 02954001)

#### 6.3.2.1 Simulação de operação do reservatório de armazenamento com utilização de volumes comerciais

##### 6.3.2.1.1 Residência Unifamiliar

As Tabelas 29, 30, 31, 32 e 33 apresentam os resultados obtidos para a demanda em residência unifamiliar com utilização em bacia sanitária.

**Tabela 29 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 70 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		70	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	23,31	58	17572
1	30,20	57	15994
2	41,15	53	13485
3	46,88	52	12172
5	52,74	49	10829
7	55,78	49	10133
10	58,22	49	9574

**Tabela 30 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 100 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		100	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	25,93	58	16972
1	34,09	57	15101
2	48,41	53	11821
3	56,64	51	9935
5	65,49	46	7908
7	70,72	43	6708
10	75,49	43	5616

**Tabela 31 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 150 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		150	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	28,25	55	16439
1	37,28	55	14370
2	54,65	53	10391
3	64,98	50	8024
5	76,04	44	5491
7	82,54	41	4001
10	88,00	41	2749

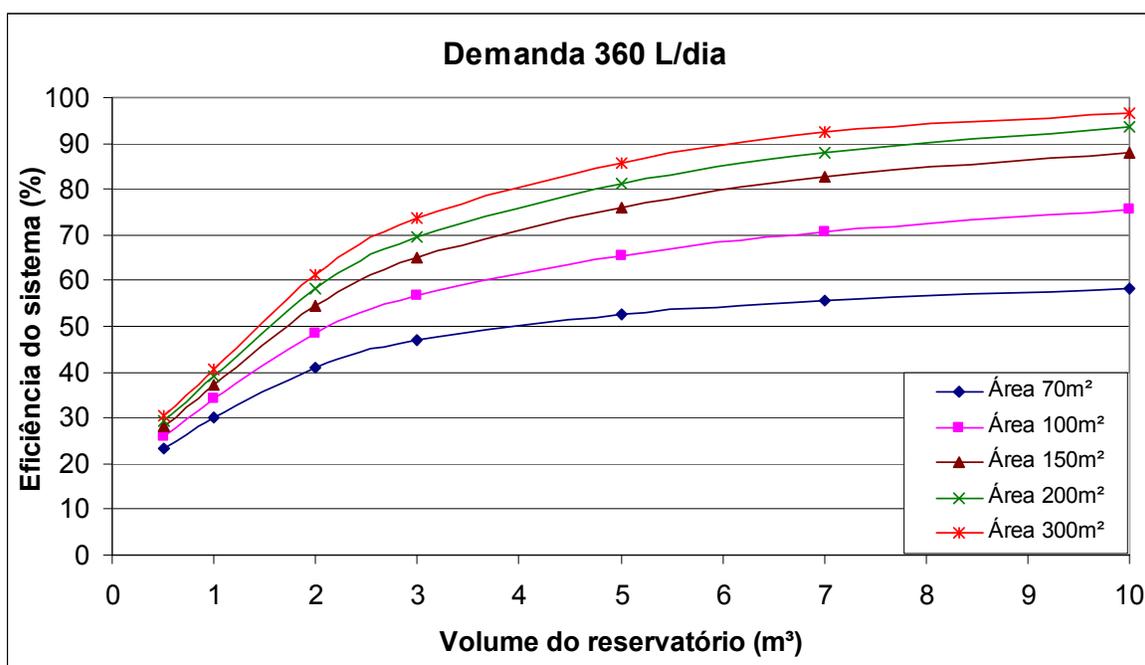
**Tabela 32 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 200 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		200	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	29,37	55	16183
1	38,97	55	13983
2	58,10	52	9600
3	69,42	50	7006
5	81,22	44	4303
7	87,96	39	2759
10	93,46	32	1498

**Tabela 33 – Resultados da simulação para demanda de 360 L e área de 300 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		360	
Área (m <sup>2</sup> )		300	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
0,50	30,49	44	15926
1	40,52	43	13629
2	61,36	40	8854
3	73,61	37	6047
5	85,80	35	3253
7	92,35	34	1752
10	96,80	27	734

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 11.



**Figura 11 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Cacequi (código 02954001).**

A análise do gráfico demonstra um crescimento da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Para volumes de armazenamento mínimo de 500 L obteve-se valor

mínimo superior a 23,31%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 3000 L atingiu-se resultados superiores a 46,88%, alcançando-se 96,80% quando da utilização de 10000 L e área de captação de 300 m<sup>2</sup>.

### 6.3.2.1.2 Residência Multifamiliar

As Tabelas 34, 35, 36, 37 e 38 apresentam os resultados obtidos para a demanda em residência multifamiliar.

**Tabela 34 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 300 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		300	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	11,54	134	20268
10	12,80	133	19981
15	13,63	133	19790
20	14,08	133	19686
25	14,34	133	19627
30	14,49	133	19594

**Tabela 35 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 500 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	17,80	111	18835
10	21,17	110	18062
15	23,71	109	17481
20	25,39	108	17096
25	26,57	108	16824
30	27,38	108	16640

**Tabela 36 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 700 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		700	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	21,13	78	18072
10	26,01	78	16954
15	30,02	77	16034
20	32,88	76	15379
25	35,07	75	14878
30	36,80	74	14481

**Tabela 37 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		1000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	24,41	58	17319
10	30,69	57	15881
15	35,91	56	14685
20	40,03	55	13741
25	43,47	53	12952
30	46,21	52	12324

**Tabela 38 – Resultados da simulação para demanda de 4608 L e área de 1500 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		4608	
Área (m <sup>2</sup> )		1500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
7	27,12	58	16698
10	34,80	57	14940
15	41,23	55	13467
20	46,46	54	12268
25	50,98	53	11232
30	54,69	52	10383

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 12.

Essa análise demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Para volumes de armazenamento mínimo de

7000 L obteve-se uma eficiência mínima superior a 11,54%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 15000 L obteve-se um mínimo superior a 13,63%, alcançando-se 54,69% quando da utilização de 30000 L e área de captação de 1500 m<sup>2</sup>. Os baixos índices dessa eficácia estão relacionados ao aumento da demanda diária.

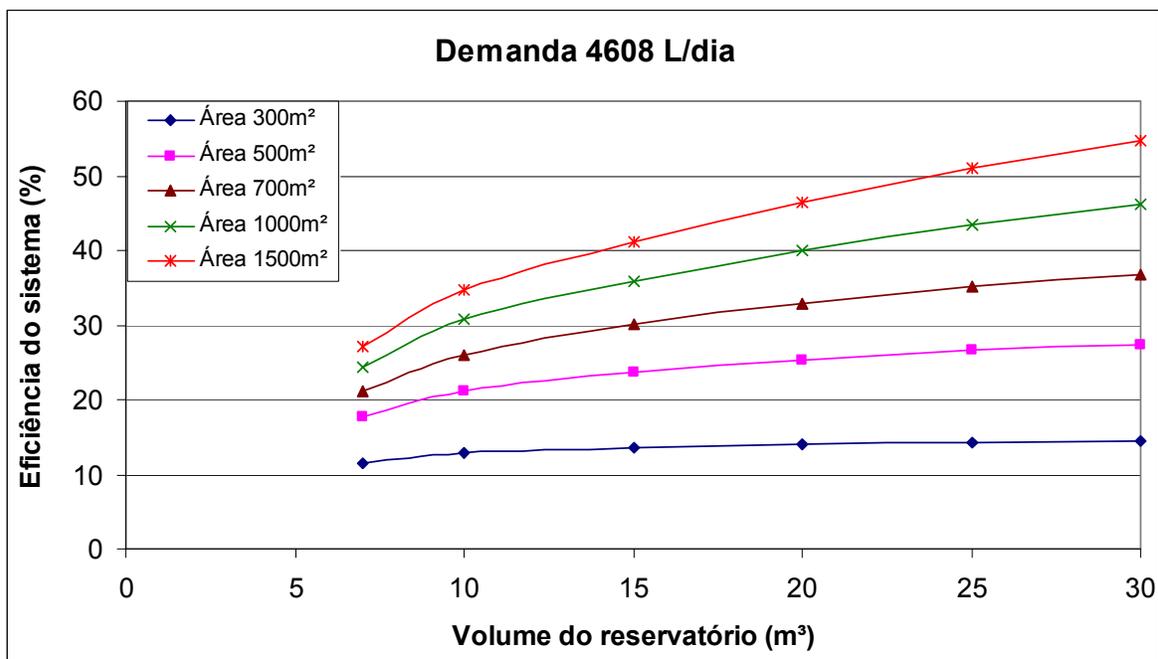


Figura 12 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Cacequi (código 02954001).

#### 6.3.2.1.3 Postos de combustíveis

As Tabelas 39, 40, 41 e 42 apresentam os resultados obtidos para a demanda em postos de combustíveis.

**Tabela 39 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 500 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	24,84	78	17222
15	28,44	77	16396
20	31,68	75	15655
30	34,43	73	15025
40	36,20	70	14618

**Tabela 40 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1000 m<sup>2</sup>**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		1000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	33,61	57	15213
15	39,68	55	13821
20	47,35	53	12064
30	54,23	51	10487
40	59,89	49	9190

**Tabela 41 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 1500 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

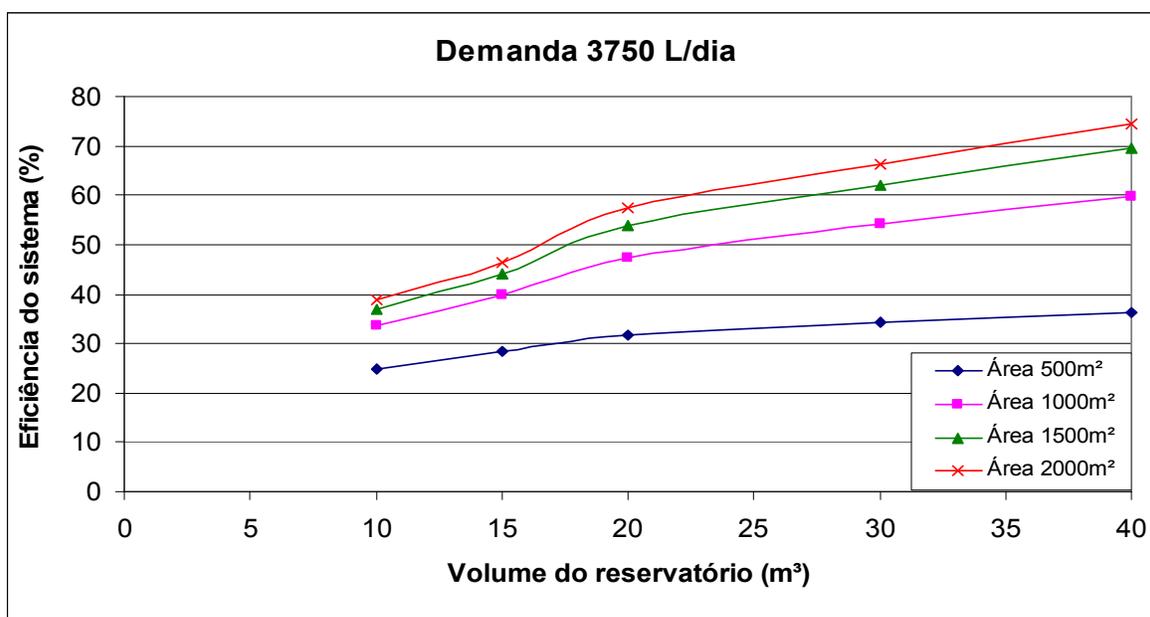
Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		1500	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	37,02	55	14430
15	44,04	54	12822
20	53,86	53	10572
30	62,17	50	8669
40	69,64	48	6957

**Tabela 42 – Resultados da simulação para demanda de 3750 L e área de 2000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		3750	
Área (m <sup>2</sup> )		2000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
10	38,76	55	14031
15	46,39	54	12284
20	57,43	53	9754
30	66,28	50	7727
40	74,61	47	5818

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 13.

Essa análise demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento do volume de armazenamento do reservatório para uma área de captação de 500 m<sup>2</sup> e uma elevação mais significativa para as demais áreas consideradas. Para o volume de 10000 L o valor encontrado foi superior a 25%. Já para reservatórios de 20000 L obteve-se um mínimo superior a 32%, alcançando-se 75% quando da utilização de 40000L e área de captação de 2000 m<sup>2</sup>.



**Figura 13 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Cacequi (código 02954001).**

#### 6.3.2.1.4 Indústria de cerveja

As Tabelas 43, 44, 45 e 46 apresentam os resultados obtidos para a demanda em uma indústria de cerveja.

**Tabela 43 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 5000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		5000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	17,53	111	18896
200	22,68	109	17717
400	25,86	108	16988
600	26,78	108	16778
800	27,04	108	16717

**Tabela 44 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 7000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		7000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	21,02	78	18096
200	29,39	77	16179
400	36,10	72	14641
600	38,67	69	14053
800	39,97	69	13754

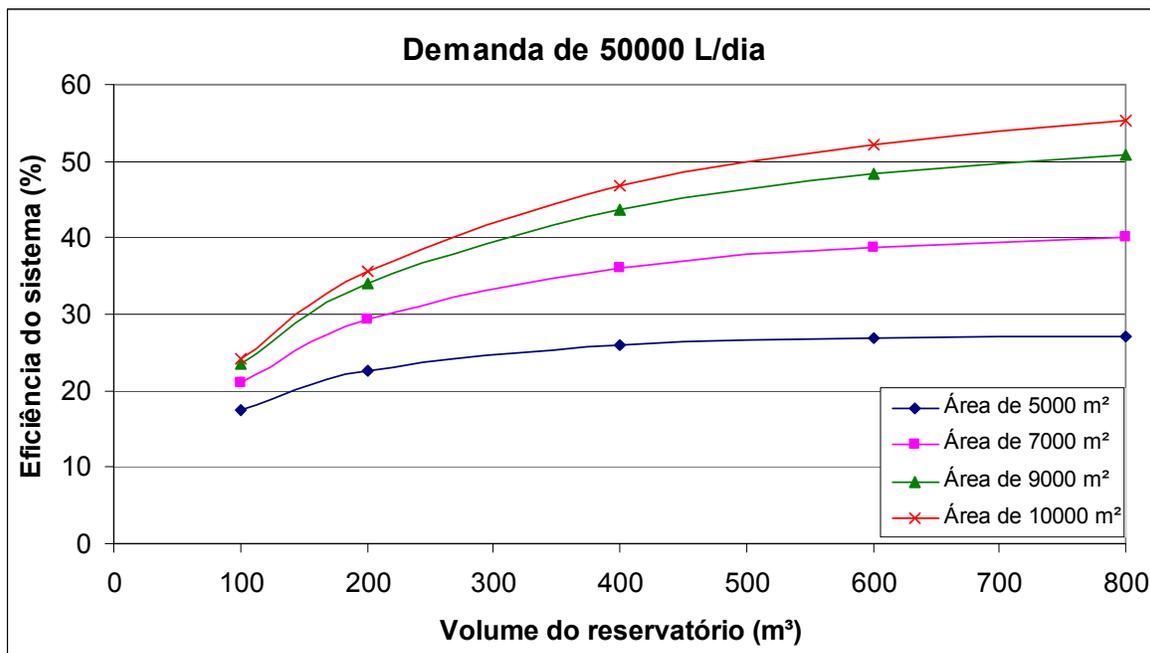
**Tabela 45 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 9000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		9000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	23,50	58	17529
200	34,04	55	15113
400	43,75	52	12888
600	48,38	51	11827
800	50,91	51	11249

**Tabela 46 – Resultados da simulação para demanda de 50000 L e área de 10000 m<sup>2</sup> na estação Cacequi (código 02954001).**

Demanda diária (L)		50000	
Área (m <sup>2</sup> )		10000	
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Eficiência do sistema (%)	Dias falhos consecutivos	Dias falhos totais
100	24,27	58	17353
200	35,66	55	14743
400	46,69	52	12216
600	52,18	50	10958
800	55,35	49	10230

Estes resultados estão representados graficamente na Figura 14.



**Figura 14 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação de Cacequi (código 02954001).**

A análise do gráfico demonstra um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Para volumes de armazenamento mínimo de 100000 L obteve-se um mínimo superior a 17,5%, qualquer que fosse a área considerada. Já para reservatórios de 400000 L obteve-se valor superior a 26%,

alcançando-se índice superior a 55% quando da utilização de 800000 L e área de captação de 10000 m<sup>2</sup>.

### 6.3.2.2 Simulação de operação do reservatório de armazenamento com utilização dos volumes obtidos pelo método de Kobiyama e Hansen (2002)

#### 6.3.2.2.1 Residência Unifamiliar

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a simulação do reservatório utilizando o volume de armazenamento encontrado pelo Método de Kobiyama e Hansen (2002) e diferentes áreas de captação.

A Figura 15 demonstra graficamente a relação entre a eficiência e área de captação para um volume de armazenamento de 11,76 m<sup>3</sup> e demanda de 360 L/dia. Observa-se que há um crescimento logarítmico desses resultados em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de reservatório e demanda. O mínimo valor obtido foi de 58,22% para uma área de 70 m<sup>2</sup> e o máximo 98,13% para uma área de 300 m<sup>2</sup>. Esse crescimento é mais expressivo para variações de área de captação compreendidas entre 70 e 150 m<sup>2</sup>, ocorrendo uma alteração menos significativa a partir de 200 m<sup>2</sup>, tendendo a estabilização.

A melhor confiabilidade volumétrica alcançada foi de 96,60% para uma área de captação de 100 m<sup>2</sup> e eficiência de 73,50%.

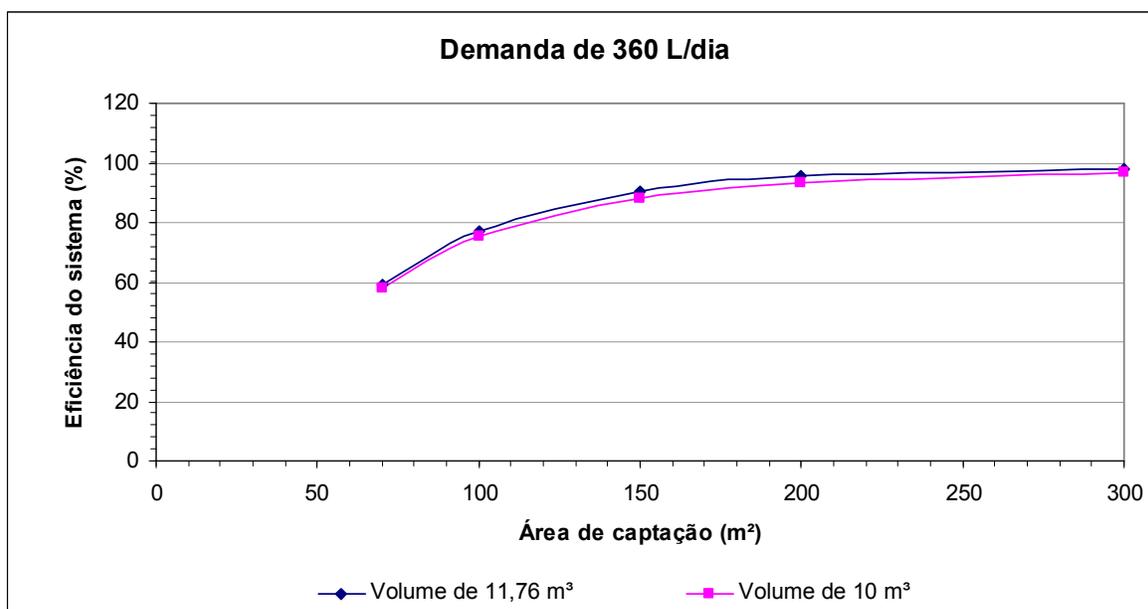
A Tabela 47 apresenta os resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em residência unifamiliar para um volume comercial de 10 m<sup>3</sup> e 11,76 m<sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002).

A análise comparativa entre os resultados alcançados para a eficiência do sistema obtida pela utilização de volumes comerciais e aquela obtida pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) conduziu a valores semelhantes (Figura 15), confirmando a possibilidade da utilização dos resultados deste estudo como um

instrumento de referência e auxílio no desenvolvimento de projetos de sistema de aproveitamento de água da chuva.

**Tabela 47 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em residência unifamiliar para um volume comercial de 10 m<sup>3</sup> e 11,76 m<sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001)**

Demanda diária (L)		360
Área (m <sup>2</sup> )I	Volumes comerciais	Método kobiyama e Hansen (2002)
	Volume = 10 m <sup>3</sup>	Volume = 11,76 m <sup>3</sup>
Eficiência do sistema (%)		
70	58,22	59,02
100	75,49	77,34
150	88,00	90,23
200	93,46	95,43
300	96,80	98,13



**Figura 15 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 10 m<sup>3</sup> e 11,76 m<sup>3</sup> e demanda de 360 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

Permite-se dessa forma, a visualização gráfica da eficiência a ser obtida para uma certa área, volume de reservatório e demanda conhecidos ou ainda, as

dimensões a serem implantadas em termos de área de captação e volume de armazenamento, conhecida a demanda, para que se consiga atingir uma determinada eficiência pretendida.

#### 6.3.2.2.2 Residência Multifamiliar

Os resultados obtidos para a simulação do reservatório utilizando o volume de armazenamento encontrado pelo Método de Kobiyama e Hansen (2002) e diferentes áreas de captação estão expressos a seguir.

A Figura 16 demonstra graficamente a relação entre a eficiência e área de captação para um volume de armazenamento de 150,47 m<sup>3</sup> e demanda de 4608 L/dia. Observa-se que há um crescimento dos resultados em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de reservatório e demanda, sendo a eficiência mínima encontrada de 14,49% para uma área de captação de 300 m<sup>2</sup> e a máxima de 83,44% para 1500 m<sup>2</sup>.

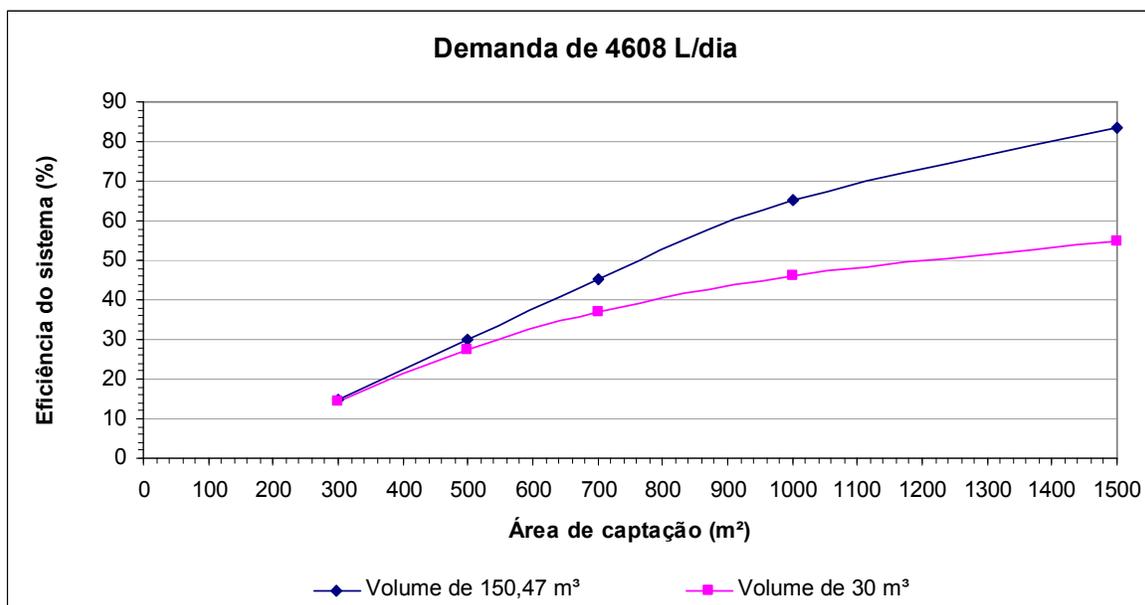
A melhor confiabilidade volumétrica obtida foi de 56,72% para uma área de captação de 1500 m<sup>2</sup> correspondendo, também, à máxima eficiência atingida pelo sistema.

A análise comparativa entre os resultados alcançados obtida pela utilização de volumes comerciais e aquela obtida pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) apresentou valores semelhantes para áreas de captação compreendidas entre 300 e 500 m<sup>2</sup>. Já para aquelas entre 700 e 1500 m<sup>2</sup> a variação é mais significativa, oscilando entre 10 a 30% em relação aquele volume determinado pelo método de Kobiyama e Hansen (2002), conforme pode ser visualizado na Tabela 48 e Figura 16.

Essa oscilação deve-se as diferenças nos volumes analisados durante a simulação, uma vez que o maior volume comercial adotado foi de 30 m<sup>3</sup> enquanto que aquele determinado pelo método da análise estatística dos dias secos é superior ao quíntuplo desse valor.

**Tabela 48 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em residência multifamiliar para um volume comercial de 30 m<sup>3</sup> e 150,47 m<sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001)**

Demanda diária (L)		4608
Área (m <sup>2</sup> )	Volumes comerciais	Método Kobiyama e Hansen
	Volume = 30 m <sup>3</sup>	Volume = 150,47 m <sup>3</sup>
Eficiência do sistema (%)		
300	14,49	14,76
500	27,38	30,14
700	36,80	45,38
1000	46,21	65,05
1500	54,69	83,44



**Figura 16 – Relação eficiência x área de captação para os volumes de armazenamento de 30 m<sup>3</sup> e 150,47 m<sup>3</sup> e demanda de 4608 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

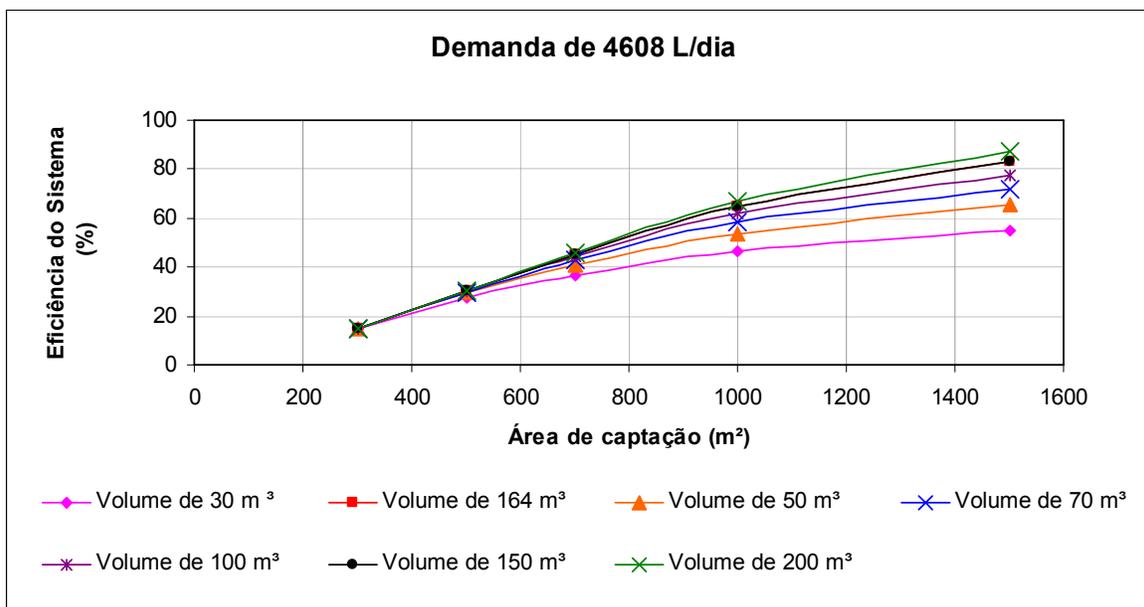
Semelhante comportamento foi percebido quando da simulação para valores compreendidos entre 30 e 200 m<sup>3</sup>. Todavia, é possível identificar que existe um crescimento mais significativo da eficiência em função do aumento da área de captação a um volume constante em comparação a uma menor variação

para aumento do volume a uma dada área constante, conforme pode ser visualizado na Tabela 49 e Figura 17.

**Tabela 49 - Variação da eficiência em função dos volumes de reservatório e área de captação na estação Cacequi (código 02954001).**

Área (m <sup>2</sup> )	Volumes comerciais V = 30 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 50 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 70 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 100 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 150 m <sup>3</sup>	Método kobyama e Hansen V = 150,47 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 200 m <sup>3</sup>
	Eficiência do sistema (%)						
300	14,49	14,66	14,69	14,71	14,76	14,76	14,81
500	27,38	29,23	29,82	30,07	30,14	30,14	30,18
700	36,80	41,09	43,19	44,57	45,38	45,38	45,57
1000	46,21	53,74	58,24	61,86	65,02	65,05	66,84
1500	54,69	65,34	72,09	77,75	83,4	83,44	86,98

Identifica-se da Tabela 49 que a variação da eficiência em função do crescimento do volume e mesma área de captação é pouco significativa, variando em torno de 1 a 6% (linhas horizontais da tabela – sentido esquerda para direita) enquanto que a variação da eficiência em função do crescimento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento é mais expressiva variando entre 10 a 20% (linhas verticais da tabela – sentido de cima para baixo). Ilustrativamente é possível perceber, por exemplo, que a eficiência resultante de um volume de 200 m<sup>3</sup> e área de 1000 m<sup>2</sup> é semelhante aquela obtida para 50 m<sup>3</sup> e 1500 m<sup>2</sup>.



**Figura 17 – Variação da eficiência do sistema em função das áreas de captação e volumes do reservatório para demanda de 4608 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

#### 6.3.2.2.3 Postos de combustíveis

Os resultados obtidos para a simulação do reservatório utilizando o volume de armazenamento encontrado pelo Método de Kobiyama e Hansen (2002) e diferentes áreas de captação estão apresentados a seguir.

A Figura 18 demonstra graficamente a relação entre a eficiência e área de captação para um volume de armazenamento de 122,45 m³ e demanda de 3750 L/dia. Observa-se que há um crescimento logarítmico dos resultados em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de reservatório e demanda. Neste caso, eficiência mínima encontrada foi de 38,84% para uma área de captação de 500 m² e a máxima de 94,90% para 2000 m².

A melhor confiabilidade volumétrica encontrada foi de 68% para uma área de captação de 1000 m² correspondendo à eficiência de 75,63%.

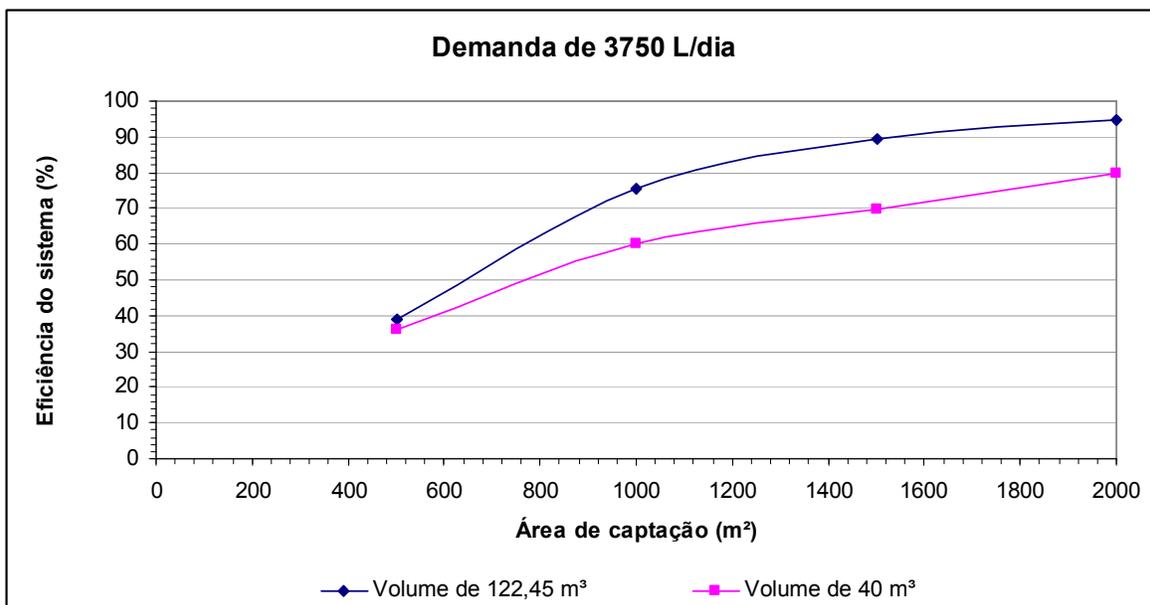
A análise comparativa entre os resultados alcançados para a eficiência do sistema obtida pela utilização de volumes comerciais e aquela obtida pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) conduziu a valores semelhantes para área de

captação de 500 m<sup>2</sup>. Já para aquelas entre 1000 e 2000 m<sup>2</sup> a variação é mais significativa oscilando em torno de 20% em relação aquele volume determinado pelo método de Kobiyama e Hansen (2002), conforme pode ser visualizado na Tabela 50.

Essa oscilação deve-se as diferenças nos volumes analisados durante a simulação, uma vez que o maior volume comercial adotado foi de 40 m<sup>3</sup> enquanto que, aquele determinado pelo método da análise estatística dos dias secos, é superior ao triplo desse valor.

**Tabela 50 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em postos de combustíveis para um volume comercial de 40 m<sup>3</sup> e 122,45 m<sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001)**

Demanda diária (L)		3750
Área (m <sup>2</sup> )	Volumes comerciais	Método kobiyama e Hansen
	Volume = 40 m <sup>3</sup>	Volume = 122,45 m <sup>3</sup>
Eficiência do sistema (%)		
500	36,20	38,84
1000	59,89	75,63
1500	69,64	89,30
2000	79,61	94,90



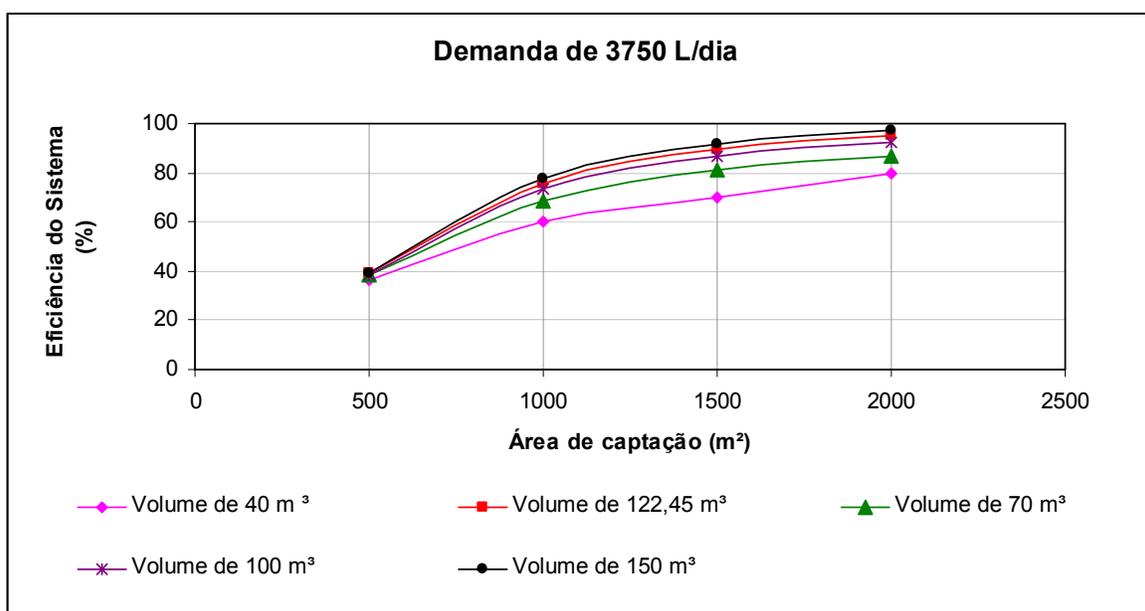
**Figura 18 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 122,45 m<sup>3</sup> e demanda de 3750 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

Semelhante comportamento foi percebido quando da simulação para valores compreendidos entre 40 e 150 m<sup>3</sup> para a área de 500 m<sup>2</sup>. É possível identificar que existe um crescimento mais significativo da eficiência em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento em comparação a uma menor variação da eficiência para um aumento do volume e uma dada área constante. Já para áreas de captação entre 1000 e 2000 m<sup>2</sup> e volume até 100 m<sup>3</sup> observa-se que a variação da eficiência tende a valores semelhantes seja em decorrência de um aumento do volume de armazenamento para uma área constante ou para um crescimento da área em função do volume constante. Para volumes superiores, a variação da eficiência torna-se mais dependente de uma elevação da área de captação do que do volume de armazenamento.

Este comportamento pode ser visualizado na Tabela 51 e Figura 19.

**Tabela 51 - Variação da eficiência em função dos volumes de reservatório e área de captação.**

Área (m <sup>2</sup> )	Volumes comerciais V = 40 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 70 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 100 m <sup>3</sup>	Método kobyama e Hansen V = 122,45 m <sup>3</sup>	Volumes comerciais V = 150 m <sup>3</sup>
	Eficiência do sistema (%)				
500	36,20	38,20	38,72	38,84	38,87
1000	59,89	68,70	73,31	75,63	77,6
1500	69,64	80,95	86,46	89,30	91,94
2000	79,61	86,56	92,34	94,90	96,99



**Figura 19 – Variação da eficiência do sistema em função das áreas de captação e volumes do reservatório para demanda de 3750 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

Identifica-se da Tabela 51 e Figura 19 que a variação da eficiência em função do crescimento do volume e mesma área de captação é pouco significativa, variando entre de 0,03 a 2% para área de 500 m<sup>2</sup> (linha horizontal da tabela).

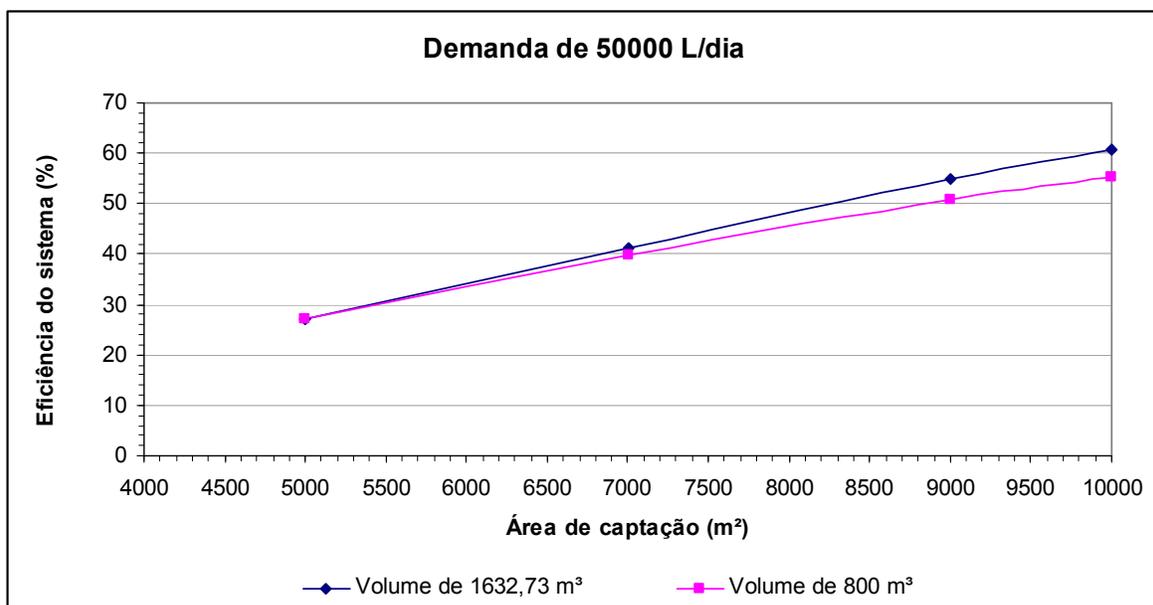
Enquanto que para área de captação entre 1000 e 2000 m<sup>2</sup> e volume até 100 m<sup>3</sup> tem uma variação da eficiência em função do crescimento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento o qual gira em torno de 5,5

a 13,5% em oposição a uma faixa de 4,5 a 11,5% de variação da eficiência em função do aumento do volume e área constante. Em contrapartida, para volumes superiores a 100 m<sup>3</sup> área de captação volta a ser o principal fator de alteração da eficiência do sistema.

#### 6.3.2.2.4 Indústria de cerveja

Os resultados obtidos para a simulação do reservatório utilizando o volume de armazenamento encontrado pelo Método de Kobiyama e Hansen (2002) e diferentes áreas de captação estão expressos a seguir.

A Figura 20 demonstra graficamente a relação entre a eficiência e área de captação para um volume de armazenamento de 1632,73 m<sup>3</sup> e demanda de 50000 L/dia. Observa-se que há um crescimento linear da eficiência em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de reservatório e demanda, sendo o valor mínimo encontrado de 27,19% para uma área de captação de 5000 m<sup>2</sup> e a máxima de 60,57% para 10000 m<sup>2</sup>.



**Figura 20 – Relação eficiência x área de captação para um volume de armazenamento de 1632,73 m<sup>3</sup> e demanda de 50000 L/dia na estação de Cacequi (código 02954001).**

A análise comparativa entre os resultados alcançados para a eficiência do sistema obtida pela utilização de volumes comerciais e aquela obtida pelo método de Kobiyama e Hansen (2002) apresentou valores semelhantes para as diferentes áreas de captação. Para área de 5000 m<sup>2</sup> as eficiências encontradas são praticamente as mesmas, enquanto que para as áreas compreendidas entre 7000 a 10000 m<sup>2</sup> a oscilação está em torno de 5% em relação aquele volume determinado pelo método de Kobiyama e Hansen (2002), conforme pode ser visualizado na Tabela 52.

Constata-se, pois que para um volume duas vezes menor que aquele determinado pelo método da análise estatística dos dias secos obtém-se, praticamente, a mesma eficiência, entretanto, com uma maior viabilidade espacial e econômica para a implantação do sistema de aproveitamento.

Para esta demanda e volume de armazenamento não foi possível definir-se uma área de captação que garantisse níveis adequados de confiabilidade volumétrica, possivelmente em virtude do elevado volume do reservatório.

**Tabela 52 - Resultados comparativos das eficiências do sistema de aproveitamento em indústria de cerveja para um volume comercial de 800 m<sup>3</sup> e 1632,73 m<sup>3</sup> (Kobiyama e Hansen, 2002) na estação Cacequi (Código 02954001)**

Demanda diária (L)		50000
Área (m <sup>2</sup> )	Volumes comerciais	Método kobiyama e Hansen
	Volume = 800 m <sup>3</sup>	Volume = 1632,73 m <sup>3</sup>
Eficiência do sistema (%)		
5000	27,04	27,19
7000	39,97	41,29
9000	50,91	54,79
10000	55,35	60,57

### 6.3.3 Análise comparativa das eficiências médias do sistema para as estações estudadas no estado do Rio Grande do Sul

A análise baseou-se na escolha de um único valor para área e volume do reservatório dentre aqueles que foram considerados para a determinação da eficiência do sistema de aproveitamento de águas pluviais para as estações consideradas. Essa escolha procurou seguir os padrões médios regionais

Para a demanda em residências unifamiliares adotou-se uma área de 70 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 500 L. A Figura 21 apresenta a eficiência média do sistema de aproveitamento.

A análise gráfica demonstrou uma eficiência mínima de 22,52% para todas as estações pluviométricas à exceção da estação São Sepé (código 03053012) que apresentou valor de 20,19%. A máxima eficiência foi encontrada para a estação de Ponte Toropi (código 02954010), 29,23%.

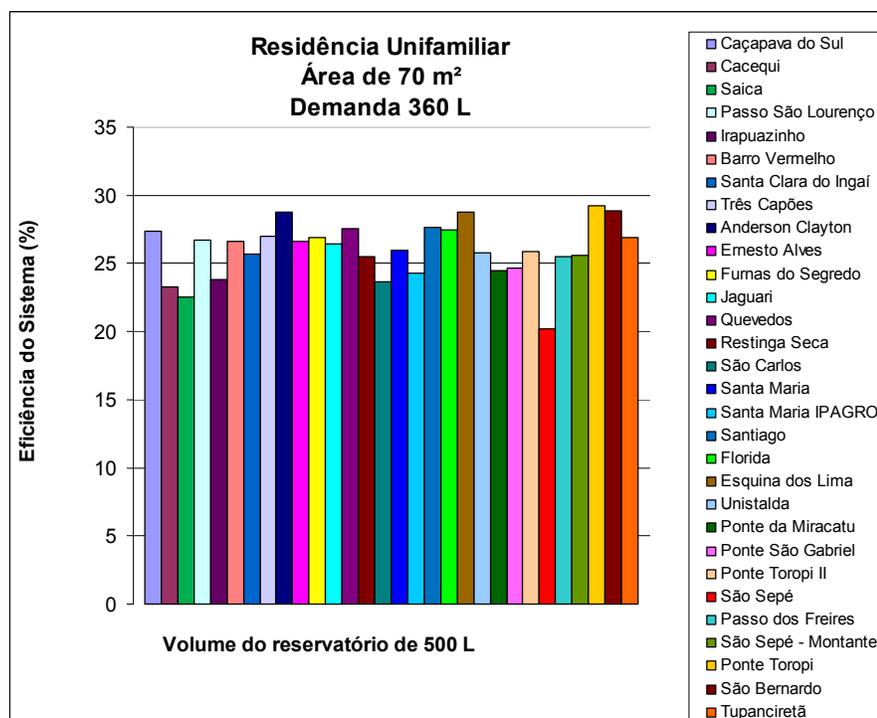
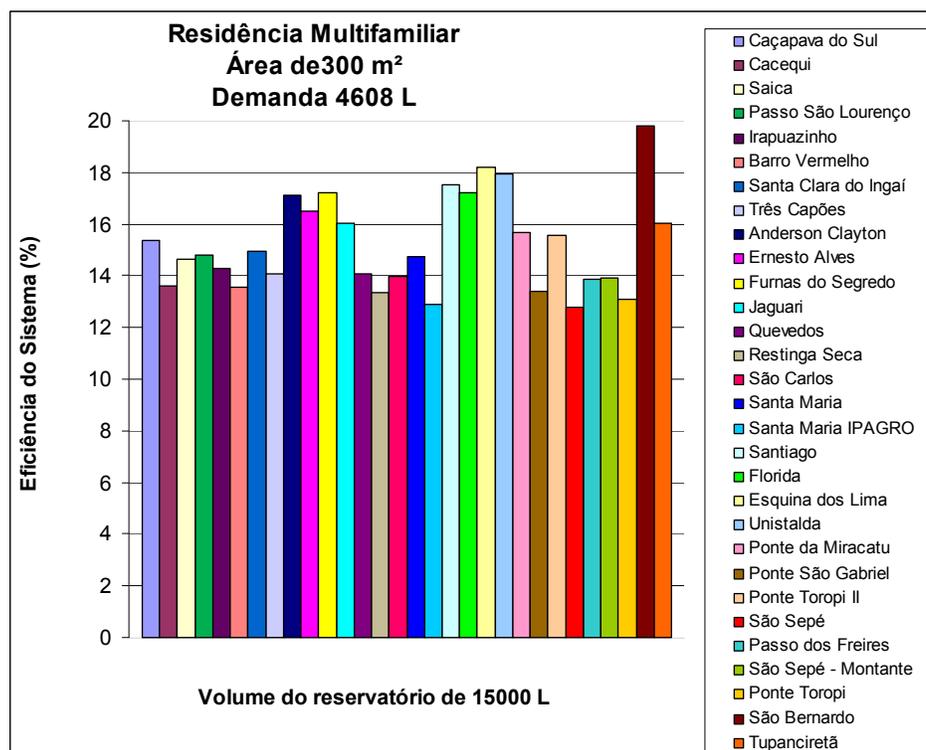


Figura 21 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para residência unifamiliar com área de 70 m<sup>2</sup> e reservatório de 500 L para as estações estudadas na região central do Rio Grande do Sul.

Para a demanda em residências multifamiliares adotou-se uma área de 300 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 15000 L. A Figura 22 apresenta a eficiência média do sistema de aproveitamento.

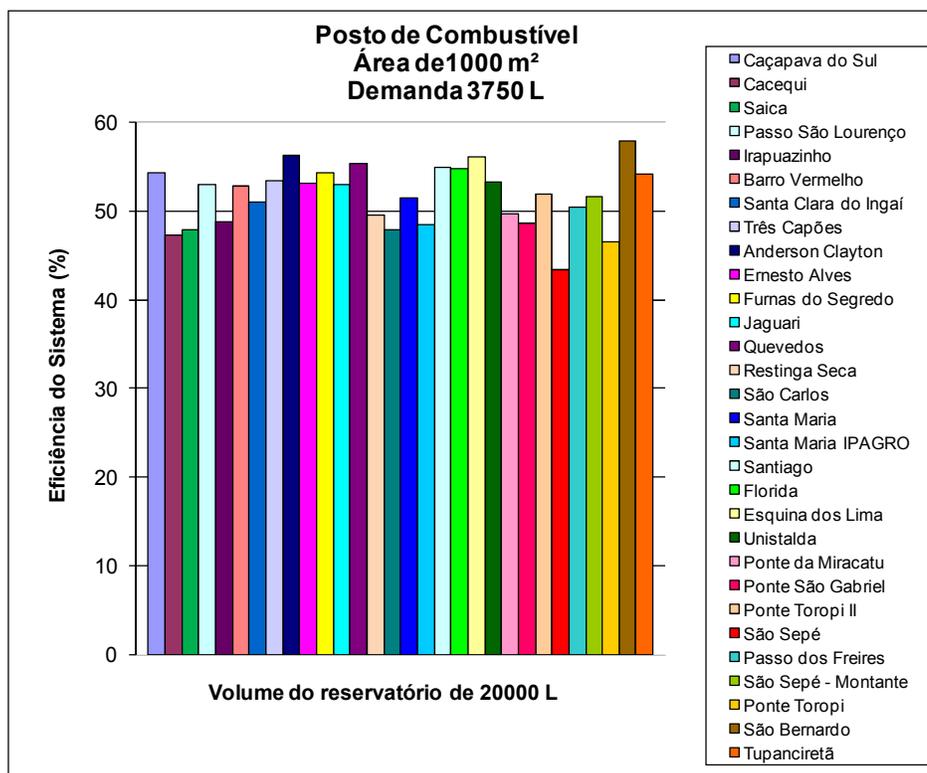
Os resultados demonstraram uma eficiência mínima de 12,80% para todas as estações pluviométricas. A máxima eficiência encontrada foi de 19,77% para a estação de São Bernardo (código 02854013).



**Figura 22 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para residência multifamiliar com área de 300 m<sup>2</sup> e reservatório de 15000 L para as estações estudadas na região central do Rio Grande do Sul**

Para a demanda em postos de combustíveis adotou-se uma área de 1000 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 20000 L. A Figura 23 apresenta a eficiência média do sistema de aproveitamento.

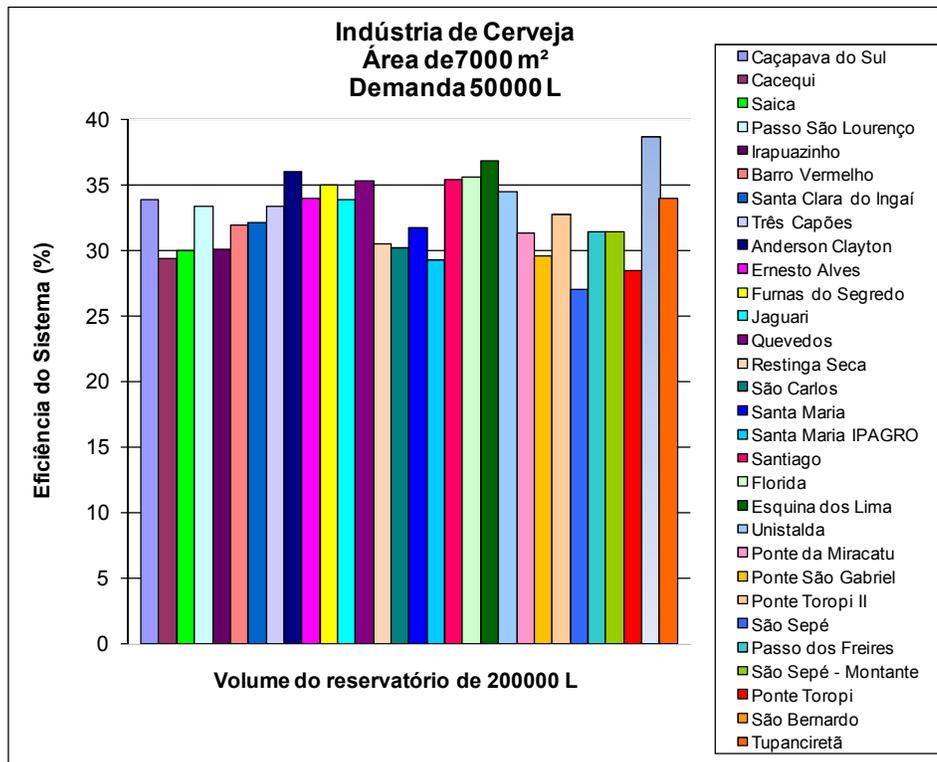
A análise gráfica demonstrou uma eficiência mínima de 40% para todas as estações pluviométricas. A máxima eficiência foi encontrada para a estação de São Bernardo (código 02854013), 58%.



**Figura 23 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis com área de 1000 m<sup>2</sup> e reservatório de 20000 L.**

Para a demanda em indústrias de cerveja adotou-se uma área de 7000 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 200000 L. A Figura 24 apresenta a eficiência média do sistema de aproveitamento.

Os resultados demonstraram uma eficiência mínima de 25% para todas as estações pluviométricas. A máxima eficiência encontrada foi de 38,65% para a estação de São Bernardo (código 02854013).



**Figura 24 - Eficiência média do sistema de aproveitamento para indústrias de cerveja com área de 7000 m<sup>2</sup> e reservatório de 200000 L.**

#### **6.4 Equação de dimensionamento do reservatório de armazenamento ajustada para região central do Rio Grande do Sul .**

A forma da equação que melhor representou o comportamento do volume como função da eficiência foi da forma:

$$V = X_1 \cdot \exp(X_2 \cdot \text{Eficiência}) \cdot A^{X_3} \cdot D^{X_4} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

V = volume do reservatório de armazenamento (m<sup>3</sup>)

Eficiência = eficiência do sistema (%)

A = área de captação (m<sup>2</sup>)

D = demanda diária (L)

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> e X<sub>4</sub> = parâmetros de ajuste.

Devido às dificuldades de ajuste foram descartados todos os valores que apresentavam eficiência inferior a 30%, área de captação de 70 m<sup>2</sup> e volumes de reservatório inferiores a 800 m<sup>3</sup> que representava condição limite difícil de ser implantada.

Os seguintes parâmetros foram obtidos para a equação de dimensionamento:

$$X_1 = 2,65E^{-06}$$

$$X_2 = 0,07201836$$

$$X_3 = - 2,51437$$

$$X_4 = 3,56833$$

Esses parâmetros foram obtidos para um Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) de 0,992518 e Coeficiente de Eficiência de Nash (COE) de 0,991404. A Figura 25 apresenta a relação de ajuste entre o volume do reservatório e o volume ajustado, calculado pela equação determinada para o dimensionamento do reservatório de armazenamento.

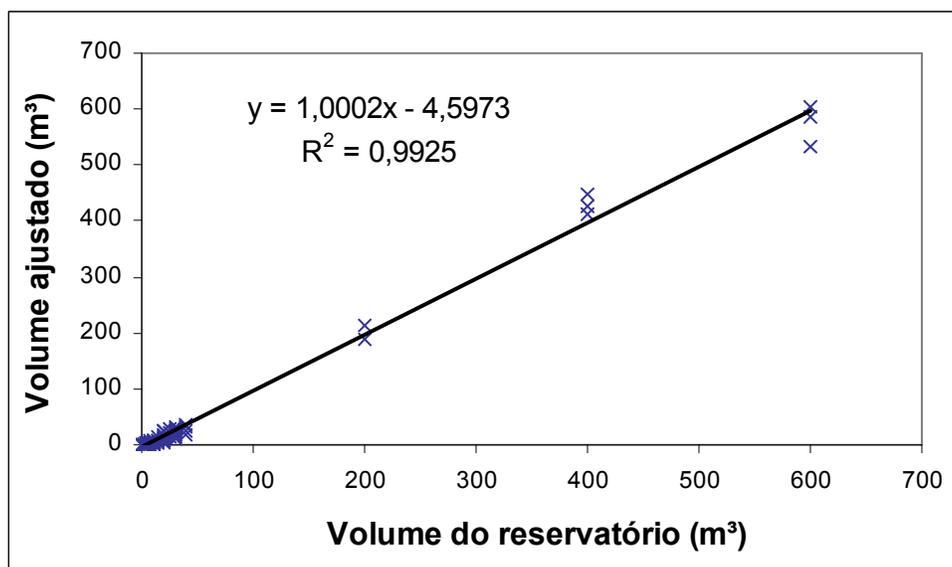


Figura 25 – Relação volume do reservatório x volume ajustado.

## 7 CONCLUSÕES

O potencial de aproveitamento considerando os registros históricos das 30 estações pluviométricas da região, em geral, resultou “Muito Bom”.

Para a estação Santa Maria – IPAGRO (código 02359034), a análise da eficiência em residência unifamiliar demonstrou um crescimento em função do aumento da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. No caso da confiabilidade volumétrica, foi verificado que o uso de dados diários ou mensais de precipitação conduziu a resultados próximos. Para valores mínimos há uma coincidência, inclusive, nas dimensões da área de captação e volume de armazenamento. Entretanto, para confiabilidade máxima observa-se que os resultados de volumes e áreas são maiores quando do uso de dados mensais.

Em residências multifamiliares o estudo mostrou um baixo crescimento da eficiência em função do aumento da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Os baixos índices estão relacionados ao aumento da demanda diária.

No caso da simulação em postos de combustíveis houve um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento do volume do reservatório para uma área de captação de 500 m<sup>2</sup> e uma elevação mais significativa para as demais áreas.

A aplicação da simulação em indústria de cerveja evidenciou um crescimento pouco significativo da eficiência em função do aumento da área de captação e volume de reservatório.

Na simulação com a utilização do método de Kobiyama e Hansen (2002) para a estação de Cacequi (código 02954001) a análise comparativa demonstrou que existe um crescimento mais significativo da eficiência em função do aumento da área de captação para um mesmo volume de armazenamento em comparação a uma menor variação da eficiência para um aumento do volume a uma dada área constante.

A melhor confiabilidade volumétrica alcançada para uso unifamiliar foi de 96,60% para uma área de captação de 100 m<sup>2</sup> e eficiência de 73,50%. Já para residência multifamiliar foi de 56,72% para 1500 m<sup>2</sup> correspondendo, também, à máxima eficiência atingida pelo sistema.

Em postos de combustíveis obteve-se confiabilidade volumétrica de 68% para área 1000 m<sup>2</sup> correspondendo à eficiência de 75,63%. No caso de indústria de cerveja não foi possível definir-se uma área de captação que garantisse níveis adequados de confiabilidade volumétrica, possivelmente em virtude do elevado volume do reservatório.

A metodologia proposta neste estudo oferece uma visão interligada da influência dos diferentes constituintes do sistema de aproveitamento, simulando o comportamento do sistema como um todo.

A análise comparativa das eficiências médias do sistema para as estações estudadas seguiu padrões médios regionais de área de captação e volume de reservatório.

Para a demanda em residências unifamiliares com área de 70 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 500 L a eficiência mínima encontrada foi 20% e máxima de 28,33%. Já para residências multifamiliares com área de 300 m<sup>2</sup> e volume de 15000 L a mínima foi de 10% e máxima de 17,33%.

Nos postos de combustíveis com área de 1000 m<sup>2</sup> e volume de 20000 L a eficiência mínima foi de 40% e máxima de 58%. Para demanda em indústrias de cerveja com área de 7000 m<sup>2</sup> e volume do reservatório de 200000 L os resultados demonstraram uma eficiência mínima de 25% e máxima de 38,65%.

O método apresentado possui as características de um instrumento de referência e auxílio ao desenvolvimento de projetos de sistema de aproveitamento da água da chuva. Dessa forma, o estudo permite a visualização gráfica da eficiência a ser obtida para certa área, volume de reservatório e demanda conhecidos. Possibilita ainda, verificar as dimensões a serem implantadas em termos de área de captação e volume de armazenamento, conhecida a demanda, para que se consiga atingir uma determinada eficiência pretendida.

Os critérios apresentados e discutidos mostraram-se adequados, resultando em eficiências consideravelmente satisfatórias ao atendimento de demandas parciais para fins não potáveis em residências uni e multifamiliares, postos de combustíveis e indústrias de cerveja na região central do Rio Grande do Sul.

É possível dizer que, teoricamente, quanto maior for a área de captação, maior a economia no suprimento externo de água. Porém existe uma relação entre essa economia, a área de captação e o volume do reservatório. Por exemplo, se optar-se pela utilização de um volume de captação pequeno, de nada adianta prever uma área de captação grande, já que no momento de ocorrência da precipitação, a água coletada facilmente preenche esse volume e o restante será descartado, sem aproveitamento. O mesmo acontece se, para dada área de coleta, utilizarmos volumes bastante elevados. Na prática é provável que muito raramente eles atingirão sua máxima capacidade. Neste caso está-se diante de uma solução inadequada, já que há um desperdício do espaço físico.

Os parâmetros da equação de dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento foram obtidos para um Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) de 0,992518 e Coeficiente de Eficiência de Nash (COE) de 0,991404.

O aproveitamento da água da chuva apresenta grande contribuição para reduzir o déficit hídrico em termos quantitativos, vindo ao encontro dos princípios da sustentabilidade, procurando o equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e o desenvolvimento das atividades econômicas. Além disso, destaca-se por sua simplicidade, constituindo-se em uma das soluções mais econômicas para preservar a água potável, sendo também uma alternativa para o controle de enchentes, grave problema de regiões com grandes áreas impermeáveis.

Para trabalhos futuros na área de estudos, sugere-se:

- Simulações de precipitação conforme Método de Monte Carlo;
- Determinação do Coeficiente de Runoff para os diferentes tipos de telhados existentes nos municípios estudados e posterior análise da sensibilidade do modelo em relação à variação deste;

- Análise de ocorrência de *overflow* e volumes externos demandados para suprir o atendimento das demandas, com determinação da economia oferecida pelo sistema;
- Desenvolvimento de análise da viabilidade econômica do processo de implantação do sistema de aproveitamento das águas pluviais.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO e SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e Reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANA. 2003. Hidroweb. Disponível: <[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)> Acessado em: novembro de 2006.

ANA. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d307-eusoH2O.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2006.

ANNECCHINI, K.P.V. *et al.* Dimensionamento de Reservatório de Água de Chuva para Uso Não Potável em Edificações na Cidade de Vitória (ES). In: VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17 a 22 de setembro de 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). CD-ROM

ANNECCHINI, K.P.V. *et al.* Estudo da Qualidade da Água da Chuva na Cidade de Vitória com Vistas ao Aproveitamento Não Potável em Edificações. In: VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17 a 22 de setembro de 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). CD-ROM

ANGELO, C.; MELLO, M.; e VOMERO, M. F. (2000). A era da falta d'água. **Revista Super Interessante**, nº 7, pg. 48 - 54.

APPAN, A. A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable use. **Urban Water**, v.1, pg. 317-321. 1999. Disponível em <[www.elsevier.com/locate/urbwater](http://www.elsevier.com/locate/urbwater).> Acesso em março de 2006.

AZEVEDO NETTO, J. M. Aproveitamento de águas de chuva para abastecimento. **Revista Bio**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Rio de Janeiro, Ano III, nº 2, pg. 44-48, abr./jun. 1991.

AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* **Manual de Hidráulica**. São Paulo: 8ª ed., 2002. 669 pg. Editora: Edgard Blucher.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos da estiagem na produção agrícola. In:\_\_\_ BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. pg.11-23.

BERTONI, J.C.; TUCCI, E. M. C. Precipitação. In:\_\_\_ TUCCI, E.M.C. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS: ABRH, 2002. nº 177, pg. 180-182.

BURIOL, G.A. *et al.* Homogeneidade e Estatísticas Descritas dos Totais Mensais e Anuais de Chuva de Santa Maria, Estado RS. Artigo enviado para publicação na **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2005.

CARVALHO, Edézio Teixeira de. **Geologia Urbana para Todos – Uma Visão de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 1999. 176 p. 2ª Edição.

COSTA, T.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Escola Superior de Tecnologia do Algarve, Área Departamental de Engenharia Civil, Núcleo de Hidráulica e Ambiente, FARO, 28 de fevereiro de 2001. Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/ha-01-hidrologia.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2006.

DINIZ, F. de A. **El Niño e sua Influência no período de inverno de 1997 em algumas regiões do Brasil**. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília/DF, Brasil. Disponível em:<<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/diniz.html>>. Acesso em 01 de junho de 2008.

DUARTE, R. Água sabendo usar não vai faltar. **Revista Offshore**. Ano 7, nº 76, pg. 86-87, 1999.

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**, Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G. Aproveitamento da água de chuva nas edificações. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18 a 23 de setembro de 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande/MS. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). CD-ROM.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 356 pg, 1974.

GHISI, E. e OLIVEIRA, S.M. de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Elsevier**, Building and Environment 42 (2007) 1731–1742.

GHISI, E; BRESSAN D. L.e MARTINI M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Elsevier**, Building and Environment 42 (2007) 1654–1666

GNADLINGER, J. Colheita de água de chuva em área rurais. IRPAA. Juazeiro. Palestra proferida no **2º Fórum Mundial da Água**. Haia, Holanda, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

GUILHERME, L.B; MATTOS, A. Implantação do Sistema de Captação de Águas de Chuva para Avaliar a Viabilidade de sua Utilização. Estudo de caso: Projeto-Piloto LARHISA/UFRN. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20 a 24 de novembro de 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa/PB. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). CD-ROM.

HAGEMANN, S. e GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água de chuva na cidade de Santa Maria – RS. II SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 12 a 17 de outubro de 2008, Rio de Janeiro – RJ. **Anais...** Rio de Janeiro/ RJ, 2008. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). CD-ROM.

HARTER, I.B. **Análise de precipitação em Pelotas – RS utilizando transformada Wavelet de Morlet**. 2004. 96 pg. Dissertação (Mestrado em Meteorologia. Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas – RS, Pelotas, 2004.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, Hannover, v.1, n.4, pg. 307–316.1999.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** -. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/)>. Acesso em Março de 2007.

IRPAA – **Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada**. Disponível em:<[www.irpaa.org.br](http://www.irpaa.org.br)> Acesso em outubro de 2006.

JAKES, R.C. *et al.* Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações. In: VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17 a 22 de setembro de 2006, Fortaleza. **Anais...Fortaleza**, CE. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). CD-ROM.

KOBIYAMA, M., HANSEN, S. Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC. In: \_\_\_GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Organizadores e Tradutores: KOBIYAMA, M., USHIWATA, C. T., AFONSO, M. Curitiba/PR. 2002. pg.169-181.

LAZAROVA, V.; HILLS, S.; BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Science and Technology: Water Supply**, London, v. 3, n. 4., p. 69 – 77, set. 2003.

LIBERAL, G. S. e PORTO, E. R. A Situação Atual de Cisternas Rurais Construídas por Programas Governamentais. I Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, 3p. 1999.

LOPES, J.E.G.; Santos, R.C.P. **Capacidade de reservatórios**, 2002. Disponível em:<[http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706\\_reservatorios.pdf](http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_reservatorios.pdf)> Acesso em : 15 dezembro de 2005.

MAY, Simone; “Prefácio”. In: TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Editora Navegar, 2003. 180pg.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 pg. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MATZENAUER R., et al **Regime anual e estacional de chuvas no Rio Grande do Sul** Apresentado no XV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA – 02 a 05 de julho de 2007 –Aracaju – SE

MCMACHON, T. Hydrology Designn for Water Use. In\_\_ DAVID MAIDMENT. **Handbook of Hydrology**, 1993.

MIELI, J. C. de A. **Reúso de água domiciliar**. 2001, 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói/ RJ, 2001.

MIERZWA, J.C. *et al*. Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA)**, Porto Alegre, Vol. 4, nº 1, pg. 29-37, jan./jun. 2007

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Portaria nº 518 de dezembro de 2000**. Diário Oficial, Brasília, 25 de março de 2004.

MORENO, J, A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Editora: Secretaria da Agricultura, Porto Alegre-RS, 1961, 42 pg.

NÓBREGA, R.L.B *et al*. Um Sistema de Captação de Água de Chuva em Áreas Urbanas. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, Petrolina, 11 – 14 de julho de 2005. **Anais...** Petrolina/PE, 2005. CD-ROM.

NOVAES, W. **Projeto Biodiversidade Brasil**. Disponível em: <<http://www.biodiversidadebrasil.com.br/programas/sinopse.asp?pin=0&ID=466>>. Acesso em: 16 de novembro de 2006.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na**

**Amazônia.** 1986. 134 pg. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1986.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você – o fenômeno climático.** São José dos Campos: Editora Transtec, 2001, 86pg.

OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudos de casos.** 2004, 146 pg. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Informe sobre la evaluación mundial del abastecimiento de agua y el saneamiento em 2000.** Nueva York, 2000.

PALMIER, L. R. Perspectivas da aplicação de técnicas de aproveitamento de água em regiões de escassez. In: IV DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu / PR, 2001.

PEREIRA, O. J.; PAIVA, J. B. ; ANDRADE, E. M. Rendimento da captação de água de chuvas pelas cobertas de telhas de barro. **Ciência Agrônômica.** Fortaleza, v.14, n. 2, p. 91-96, dez.1983.

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

PIAZZA, W.F. **Santa Catarina: Sua História.** Florianópolis. Editora UFSC/Lunardelli, 1983.

RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, (2002). *An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-makers* – UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/People for Promoting Rainwater Utilisation- Japan. Disponível em:<<http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/rainwaterguide.pdf> >Março de 2007.

REBELLO, G. A. O., **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96 pg. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo, 2004.

SANTOS, D. C. dos. Os Sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Revista online: **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC)**. Porto Alegre, v. 2, nº 4, pg. 07–18, 2002.

SECTAM - **Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - Estado do Pará**. Disponível em: < <http://pia2006-2c.blogspot.com/2006/03/coleta-de-agua-da-chuva.html>>. Acesso em 20 de outubro de 2006.

SEEGER, L.M.K. **Aproveitamento da Água da Chuva para Lavagem de Veículos de Transporte Coletivo**. Trabalho Final de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria – RS, 2005. 53pg.

SEEGER, L.M.K.; PAIVA, E.M.C.; SARI, V. Análise Comparativa do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva entre Duas Cidades da Região Sul e Centro-Oeste. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS E 8º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 25 a 29 de Novembro de 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo/ SP, 2007. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). CD-ROM.

SICKERMANN, J.M. **Gerenciamento das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades**. Disponível em: <[www.ecoviagem.com.br](http://www.ecoviagem.com.br)>. Acesso em Outubro de 2006.

SILVA, A. R.V.; TASSI, R. Dimensionamento e Simulação do Comportamento de um Reservatório para Aproveitamento de Água da Chuva: Resultados Preliminares. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20 a 24 de novembro de 2005. João Pessoa. **Anais....** João Pessoa/PB, 2005. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). CD-ROM.

SILVA, V.P.R. et al., **Análise de Tendência das Séries de Precipitação Pluvial do Nordeste do Brasil**. Disponível em:

<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n1/111.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2006.

SOTÉRIO, P. V.; PEDROLLO, M. C.; ANDRIOTTI, J. L. S. Mapa de Isoietas do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16 de novembro de 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa/ PB, 2005. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). CD-ROM.

SUÁREZ, J.A.B. et.al. História dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva, Área: Ensino e História da Hidráulica. In: XXII CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDRÁULICA, Ciudad Guayana. **Anais...**Ciudad Guayana/ Venezuela, 2006. CD-ROM.

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana. Porto Alegre.** 2002, 132f. Dissertação (Mestrado em ). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFRGS, Porto Alegre, 2002.

REBELLO, G. A. O., **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** 2004. 96 pg. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo, 2004.

TASSI, R., VILLANUEVA, A. Uso do modelo Schaake para a simulação em áreas urbanas, com representação detalhada dos planos de escoamento, canais de drenagem e reservatórios. In: AGUASUL – 1º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL E 1º SIMPÓSIO DE ÁGUAS DA AUGM, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria/RS, 2005. LIVRO DE ANAIS.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Editora Navegar, 2003. 180p.

TUCCI. E.M.C. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3ª edição, Porto Alegre: Editora: UFRGS: ABRH, 2002. pg. 26 – 27.

WERTHEIN, J. **Por uma nova ética no uso da água.** UNESCO, 25 março de 2004. Disponível em: <[http://www.unesco.org.br/noticias/opiniao/artigow/2004/etica\\_agua/mostra\\_documento](http://www.unesco.org.br/noticias/opiniao/artigow/2004/etica_agua/mostra_documento)> Acesso em: 01 de Dezembro de 2007.

# ANEXOS

## ANEXO A - Estação Santa Maria (código 02359017)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na estação Santa Maria (código 02359017).

As Figuras 26, 27, 28 e 29 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

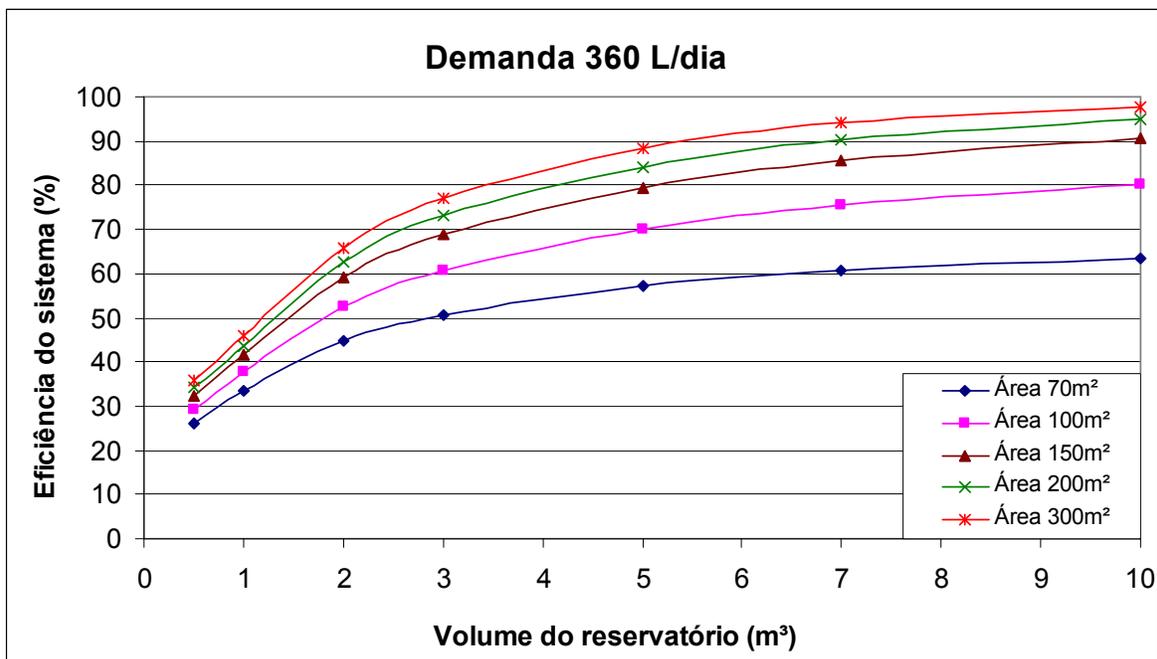


Figura 26 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Santa Maria - (código 02953017).

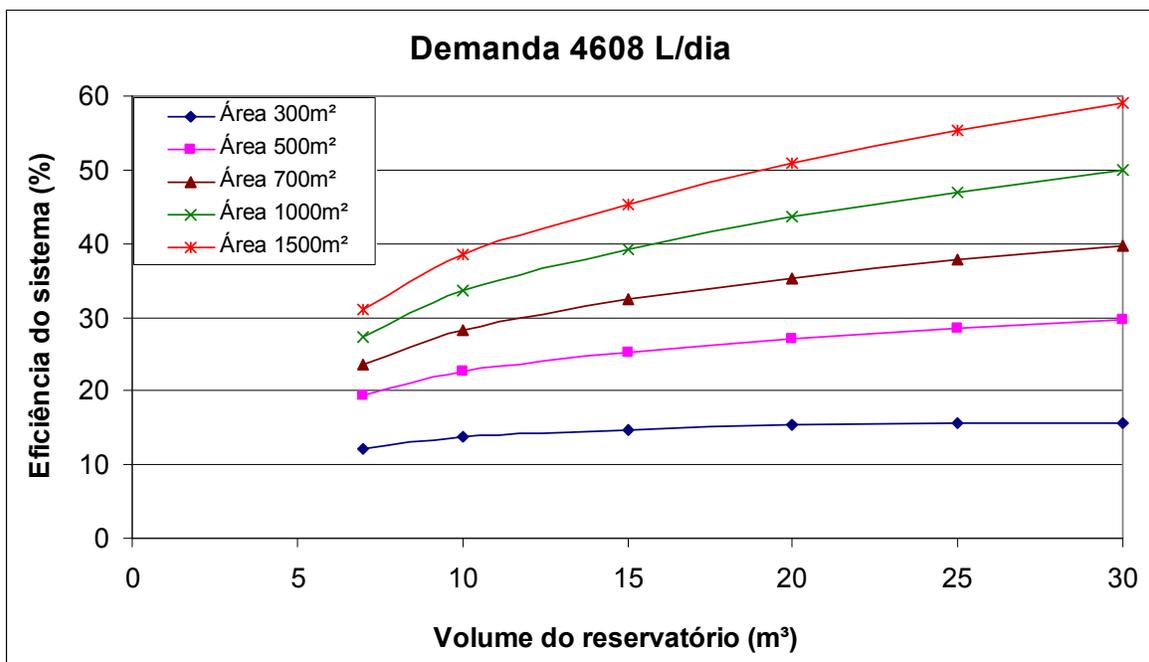


Figura 27 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Santa Maria - (código 02953017).

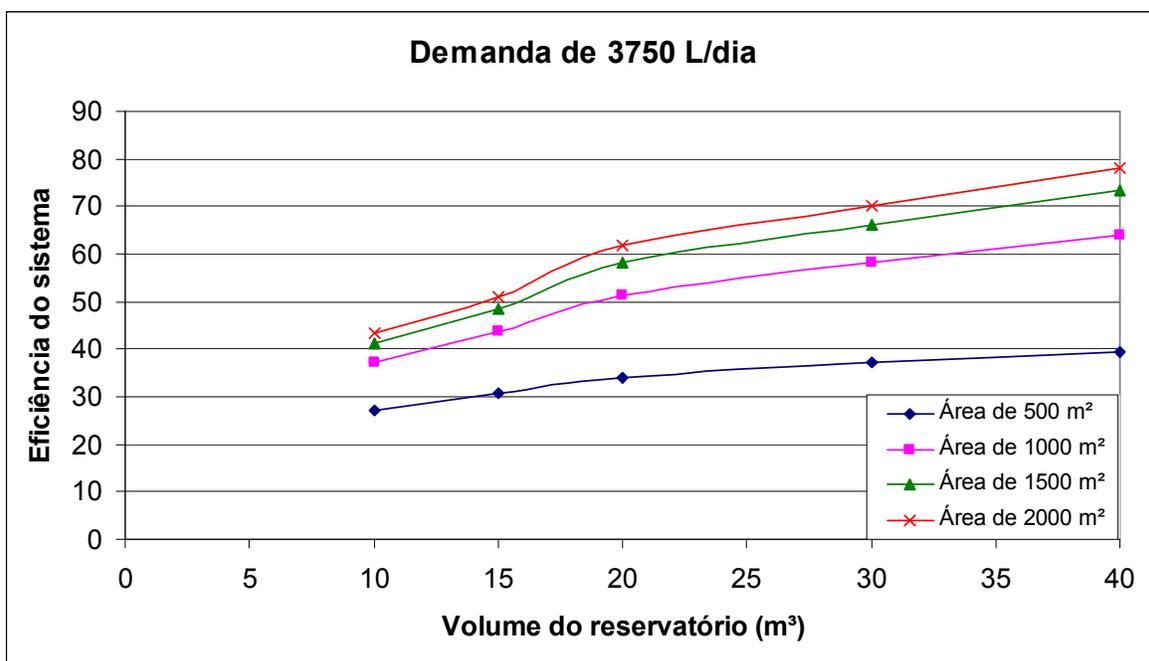
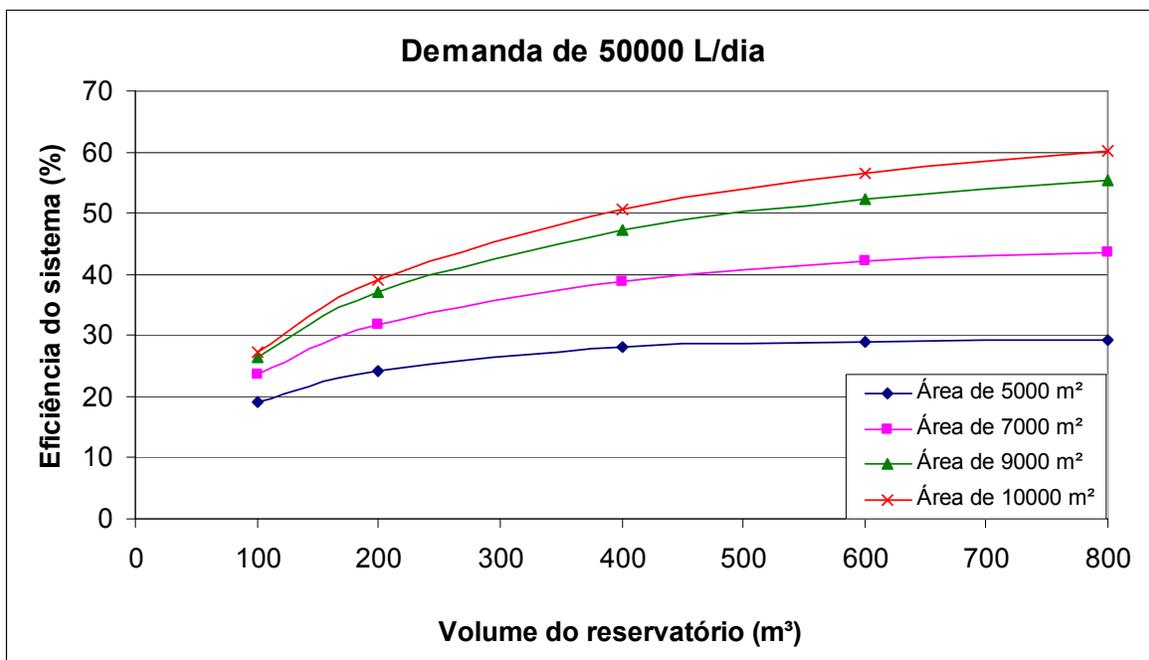


Figura 28 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Santa Maria - (código 02953017).



**Figura 29 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Santa Maria - (código 02953017).**

## ANEXO B - Estação Caçapava do Sul (código 03053022)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na estação Caçapava do Sul (código 03053022).

As Figuras 30, 31, 32 e 33 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

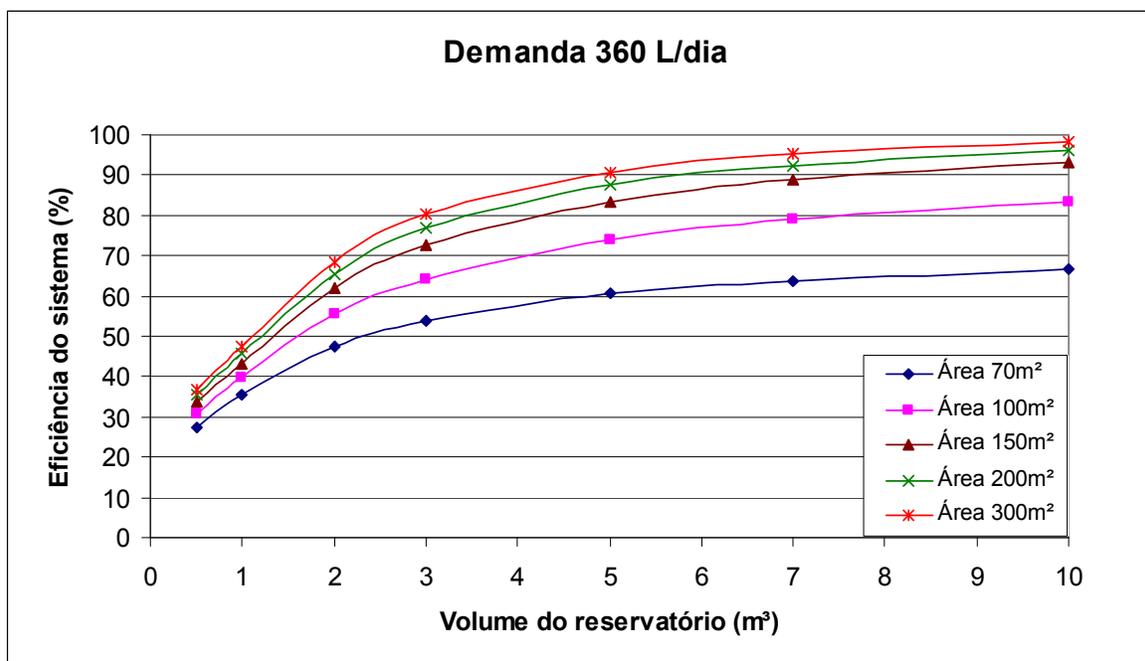


Figura 30 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na estação Caçapava do Sul (código 03053022)

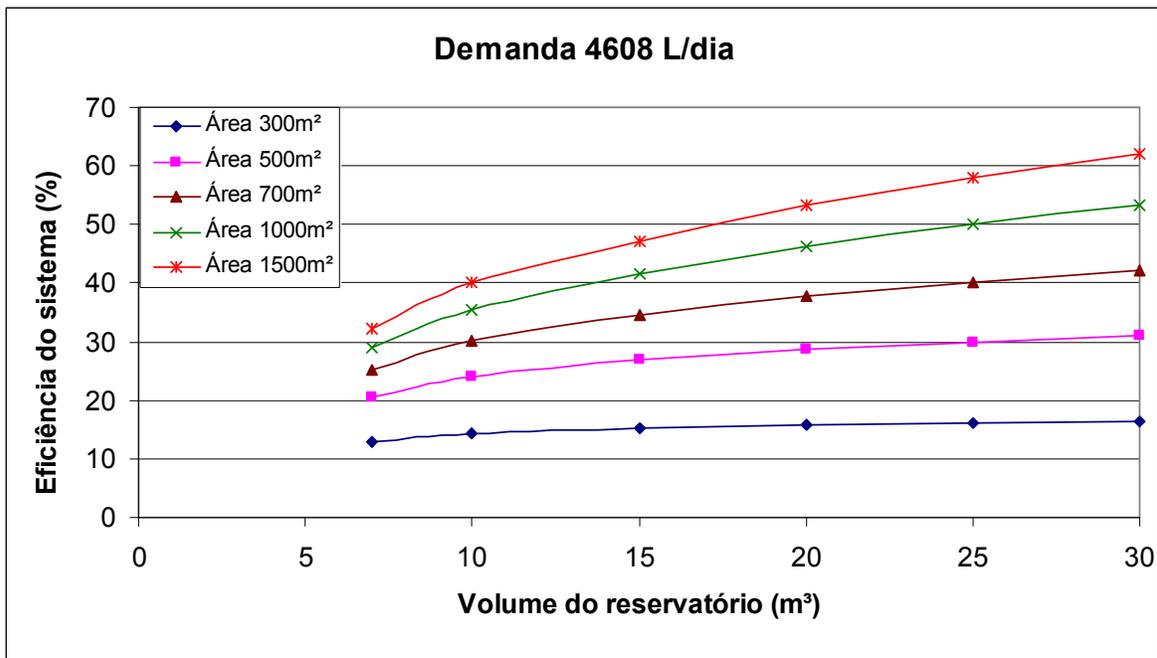


Figura 31 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na estação Caçapava do Sul (código 03053022).

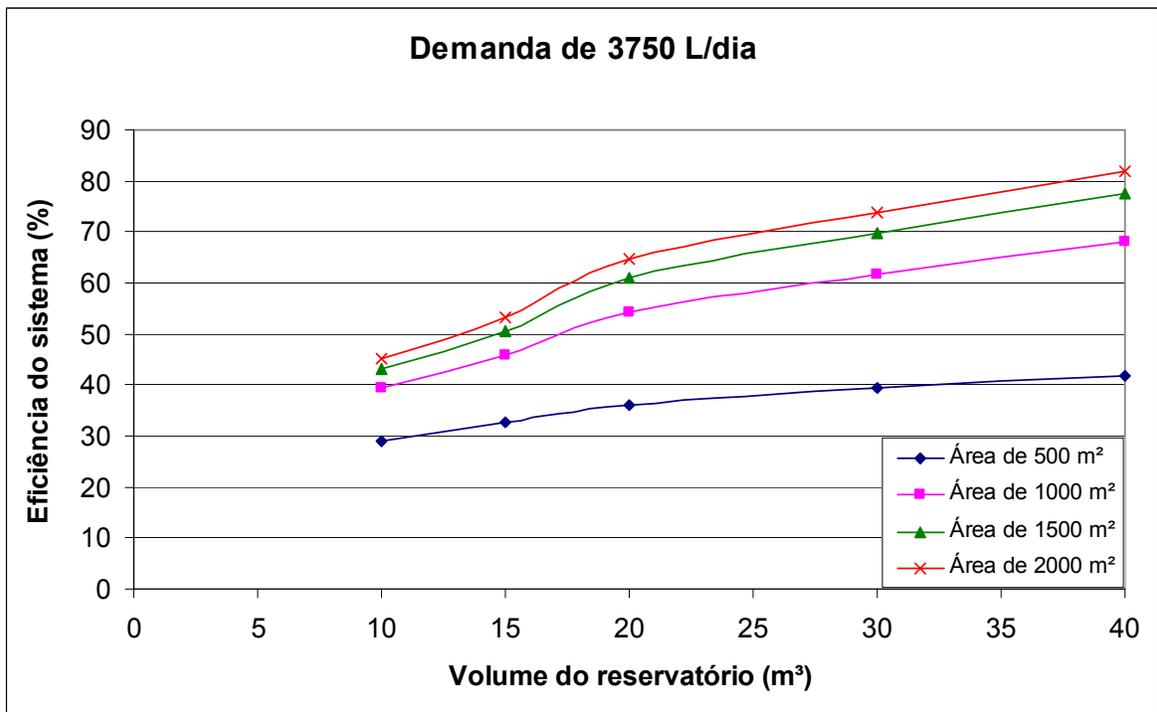
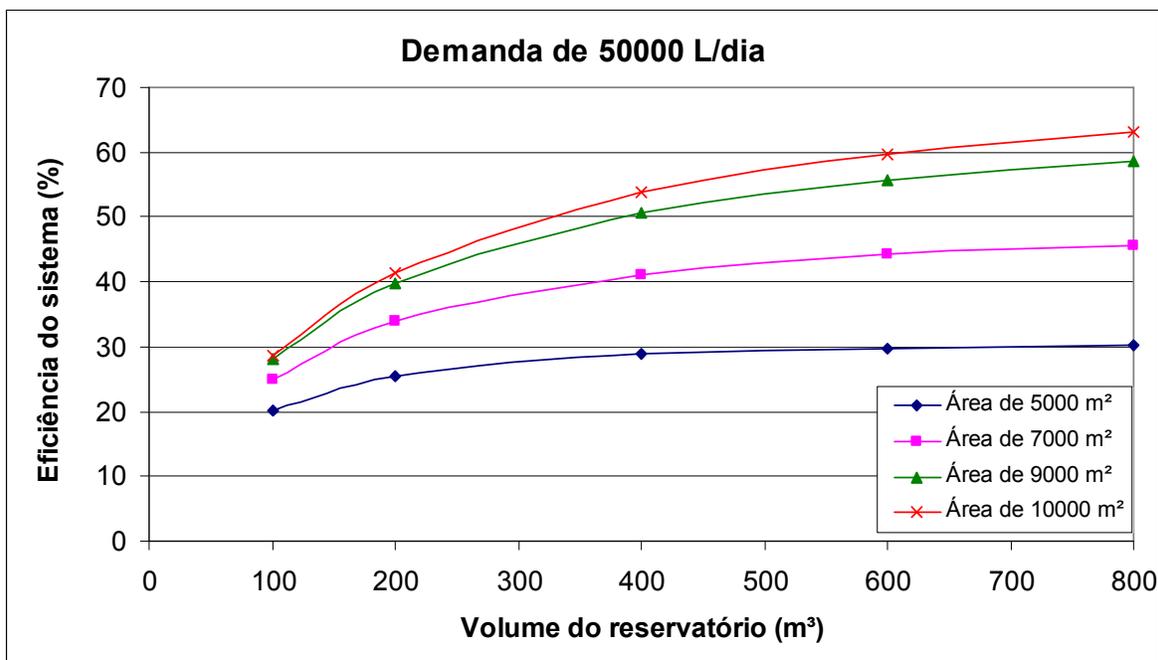


Figura 32 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na estação Caçapava do Sul (código 03053022).



**Figura 33 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na estação Caçapava do Sul (código 03053022).**

## ANEXO C - Estação Saica - Cacequi (código 03055004)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Saica (código 03055004).

As Figuras 34, 35, 36 e 37 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

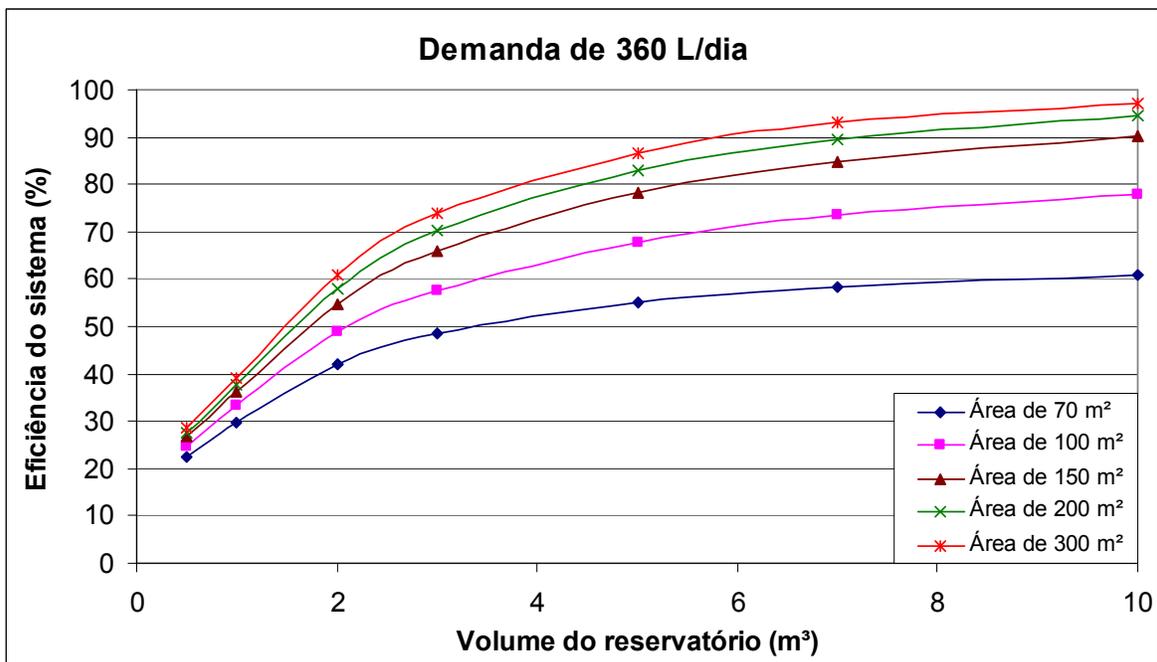


Figura 34 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Saica - Cacequi (código 03055004)

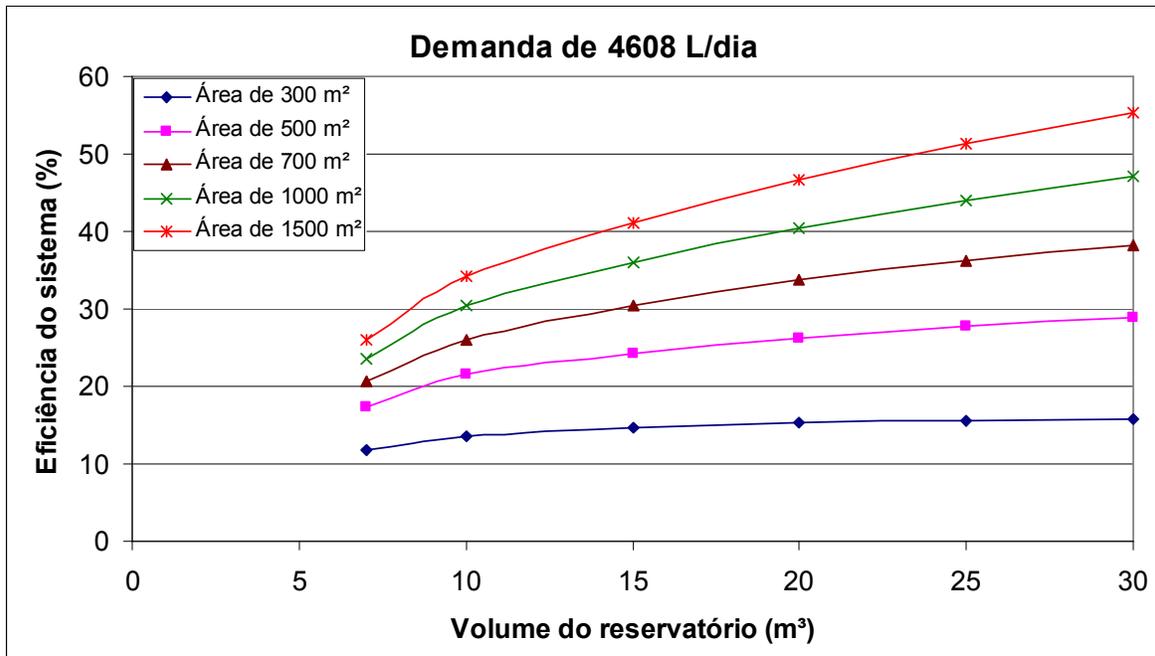


Figura 35 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Saica - Cacequi (código 03055004).

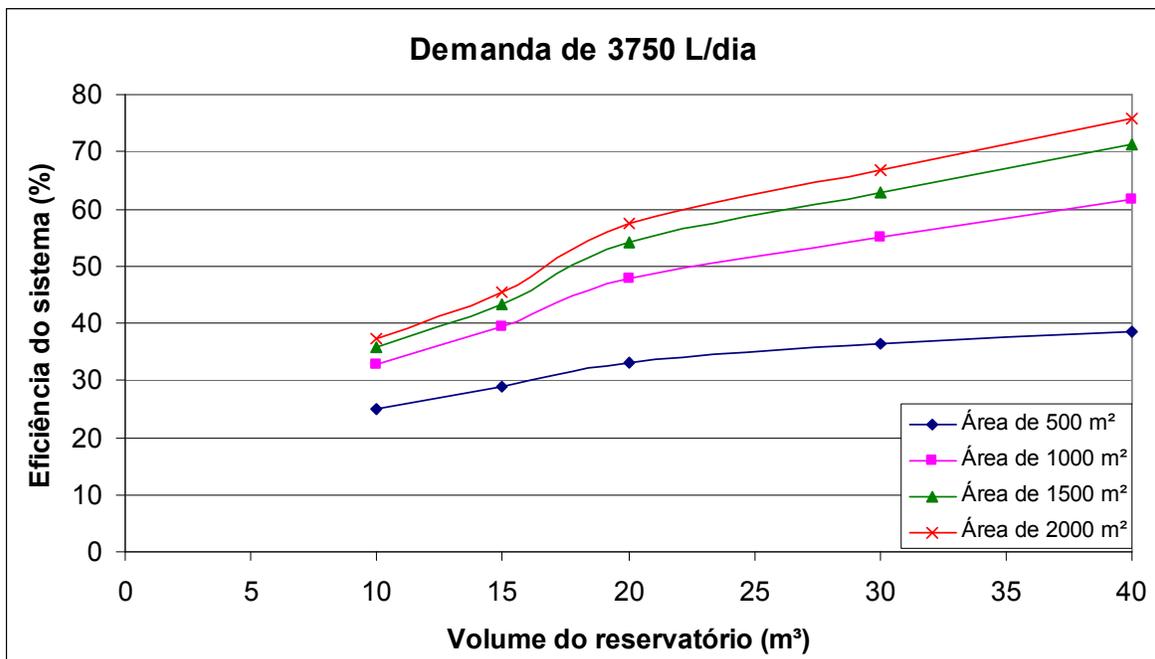


Figura 36 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Saica - Cacequi (código 03055004).

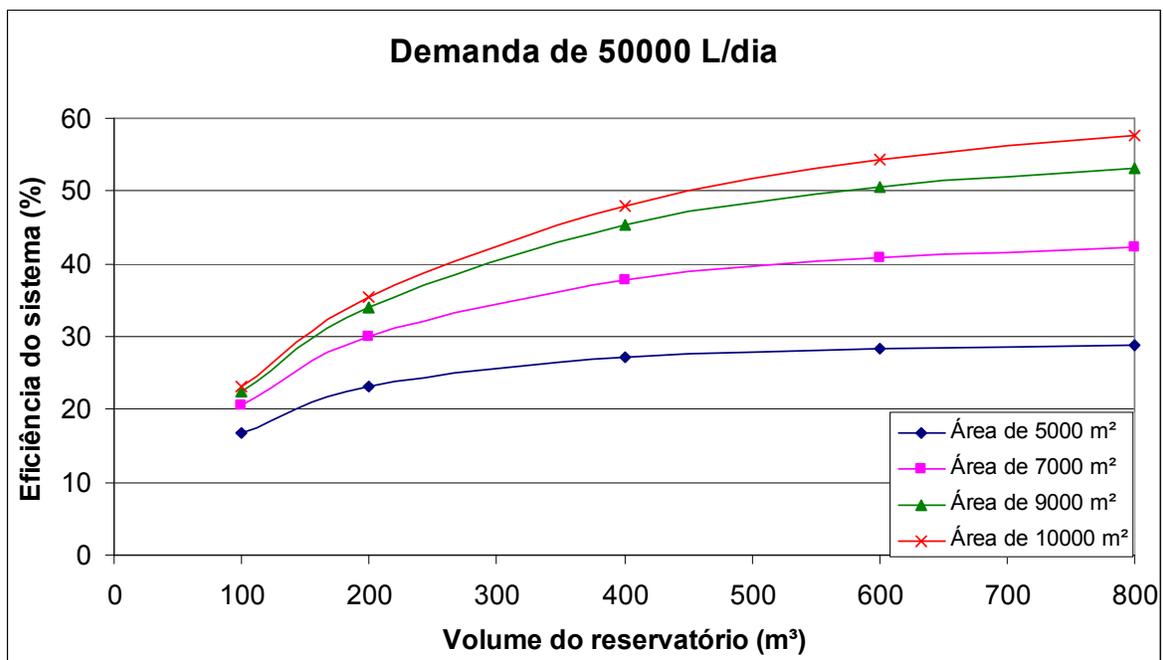


Figura 37 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Saica - Cacequi (código 03055004).

## ANEXO D - Estação Passo São Lourenço – Cachoeira do Sul (código 02953037)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Passo São Lourenço (código 02953037).

As Figuras 40, 41, 42 e 43 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

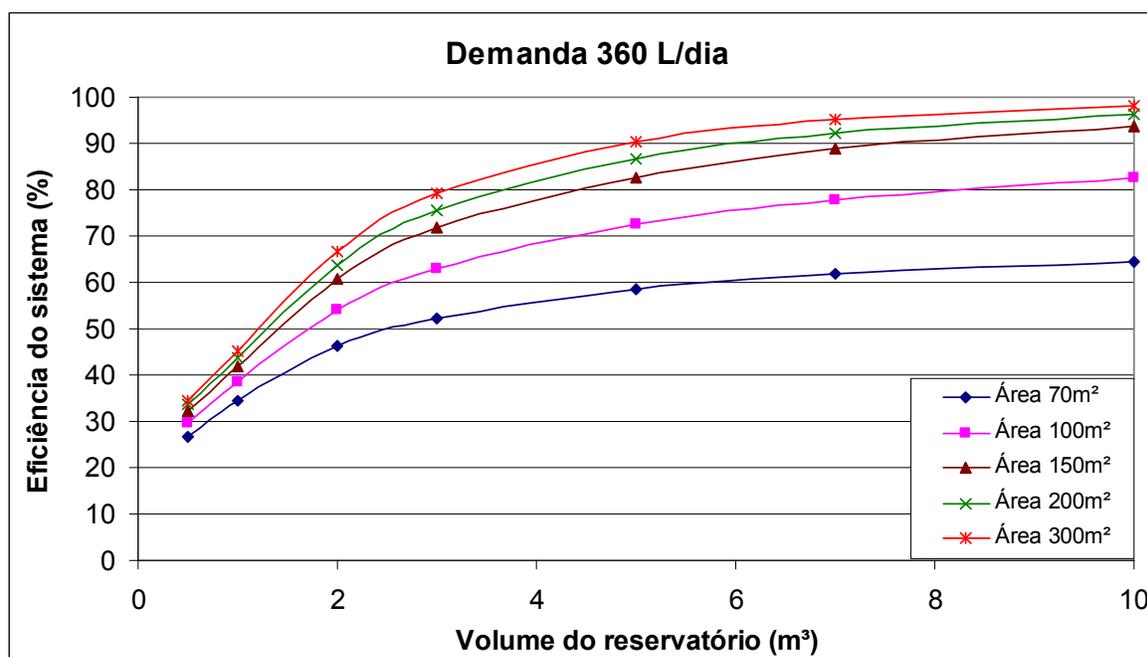


Figura 38 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Passo São Lourenço – Cachoeira do Sul (código 02953037)

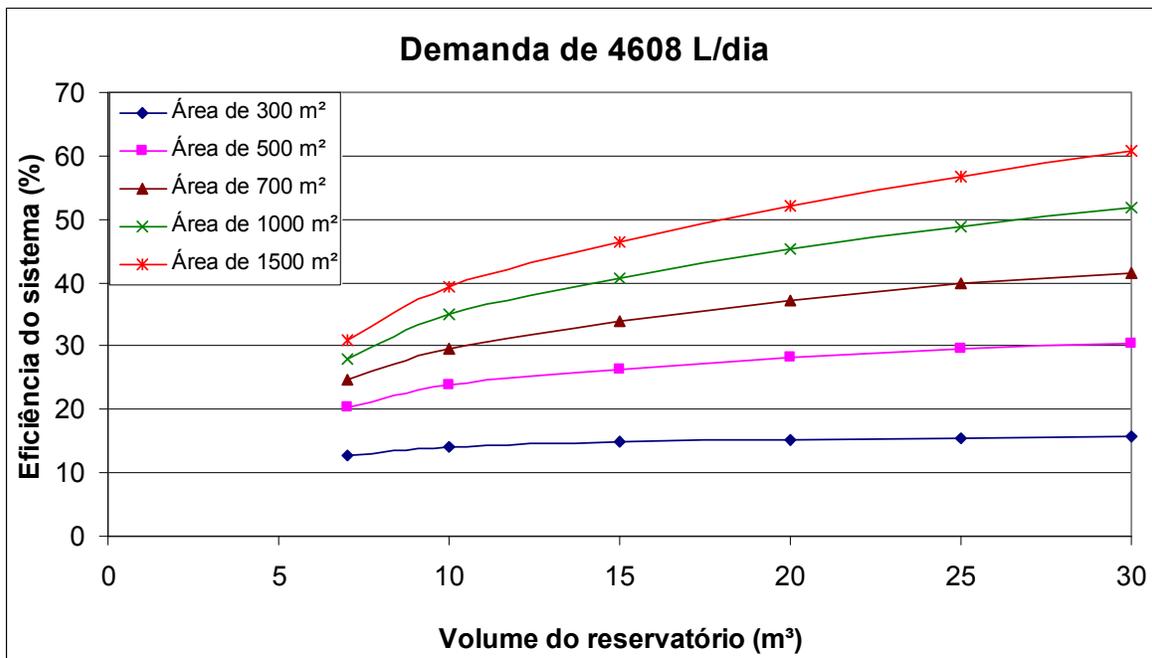


Figura 39 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037)

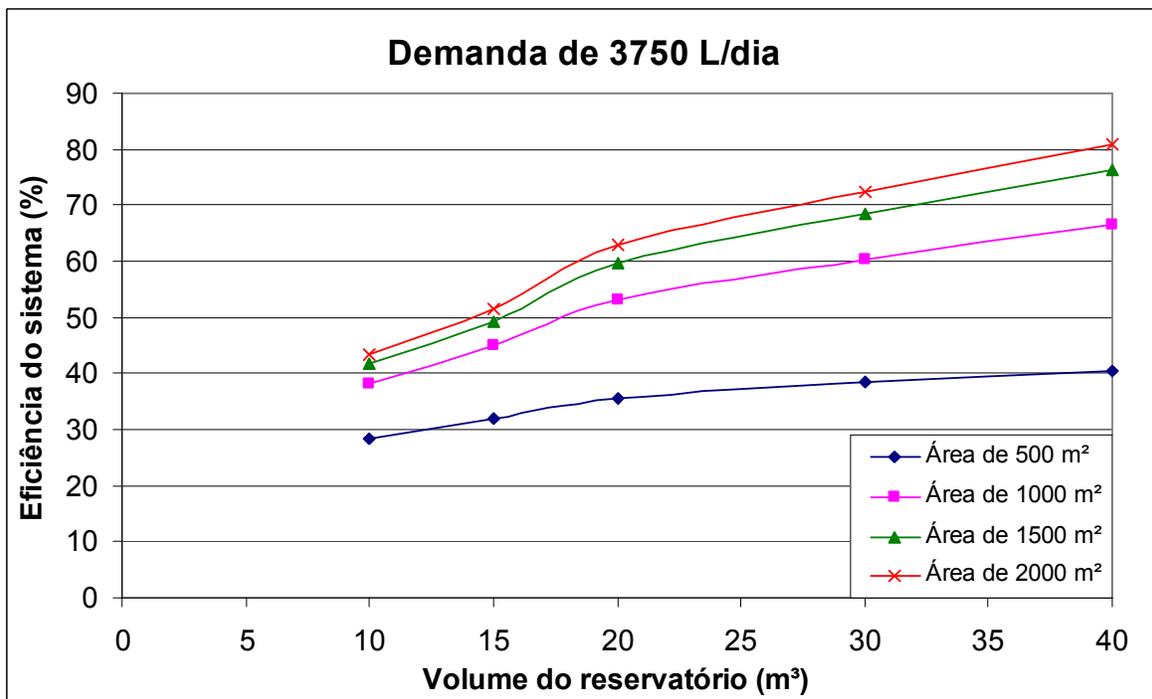
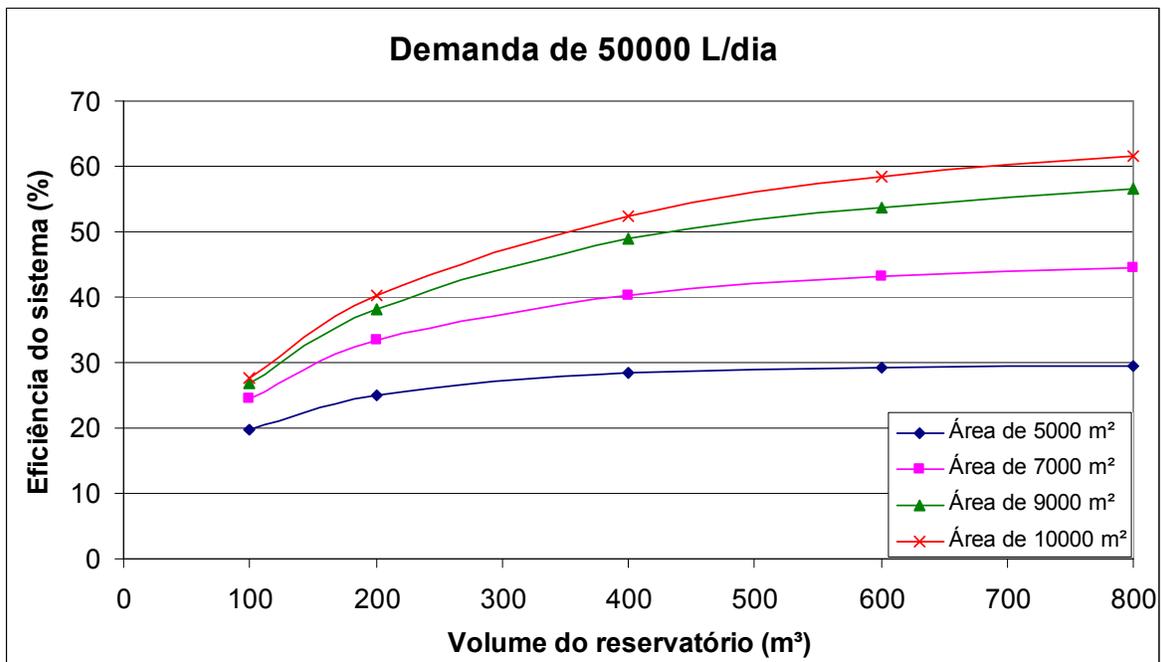


Figura 40 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037)



**Figura 41 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Passo São Lourenço - Cachoeira do Sul (código 02953037)**

## ANEXO E - Estação Irapuazinho – Cachoeira do Sul (código 03053018)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Irapuazinho (código 03053018).

As Figuras 42, 43, 44 e 45 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

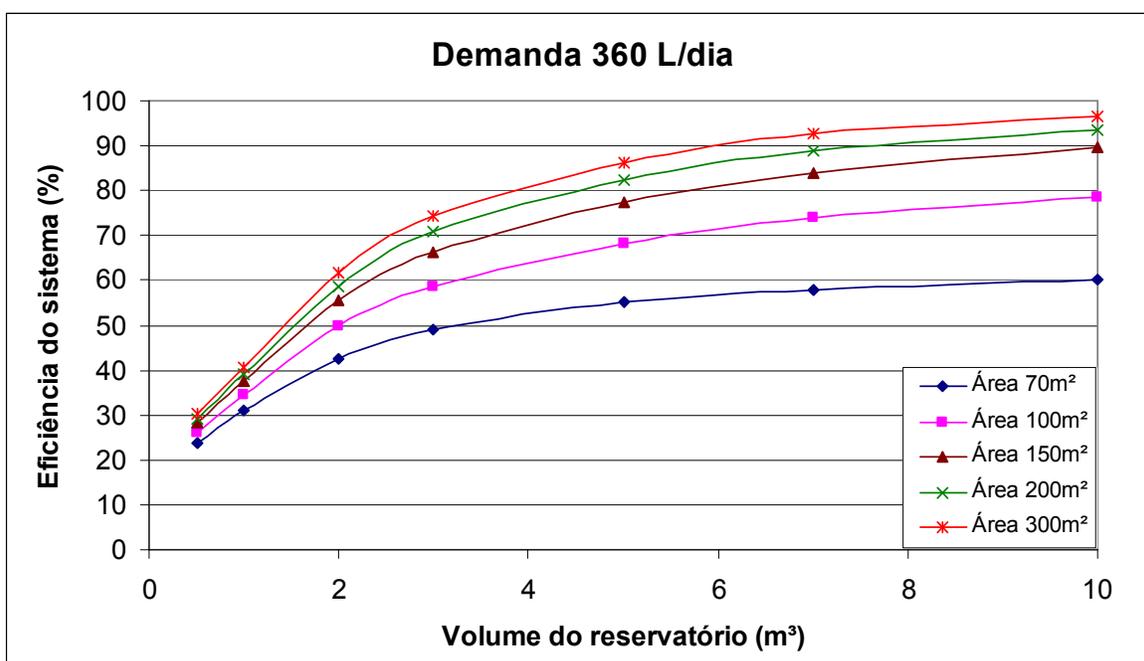


Figura 42 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Irapuazinho – Cachoeira do Sul (código 03053018).

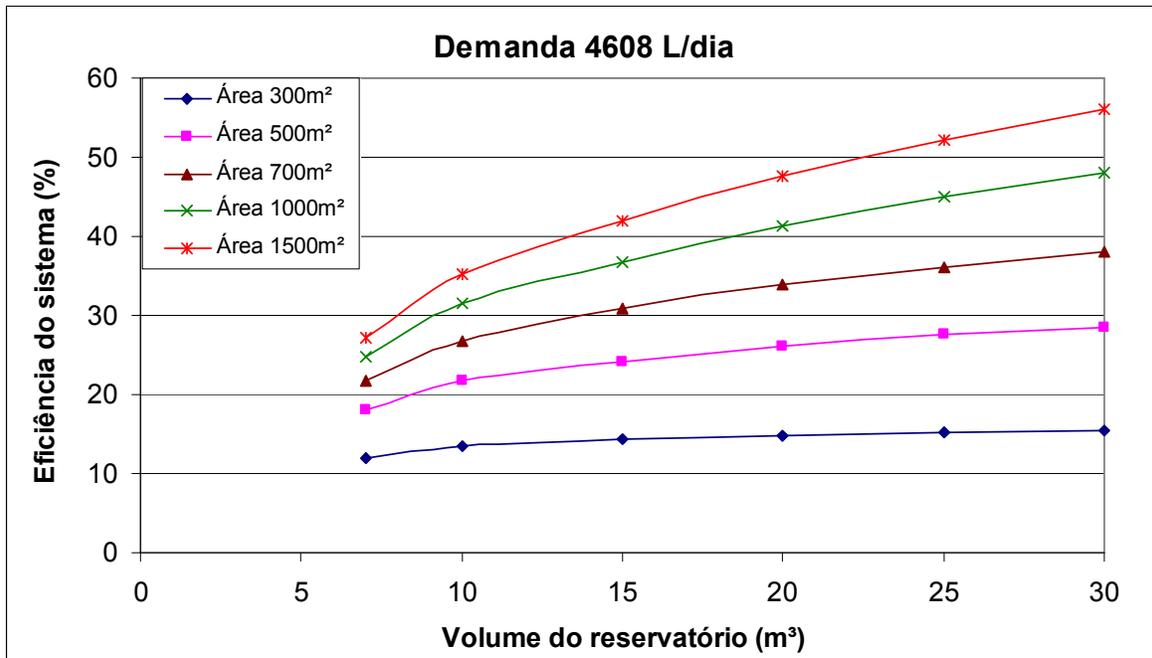


Figura 43 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018).

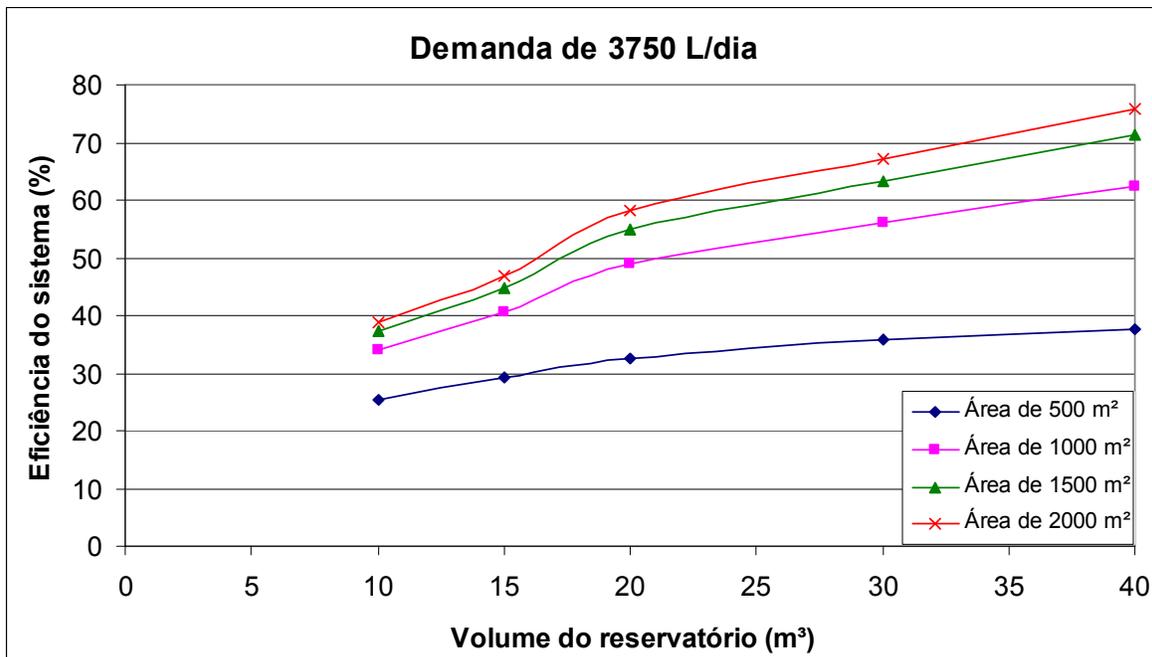


Figura 44 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018).

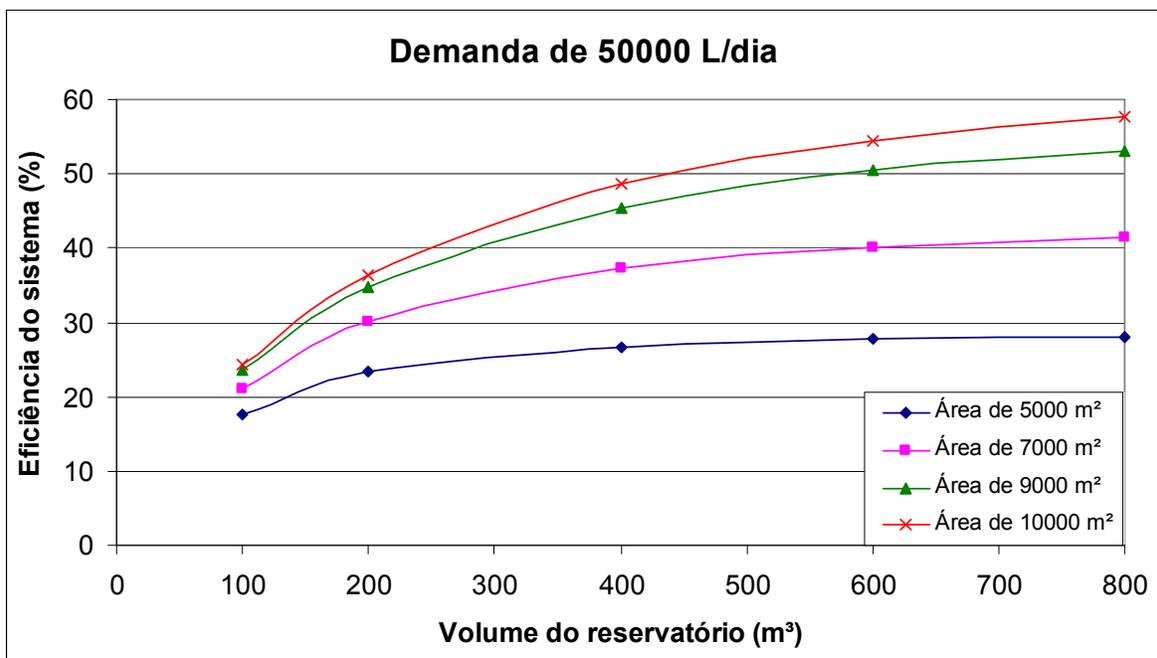


Figura 45– Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Irapuazinho - Cachoeira do Sul (código 03053018).

## ANEXO F - Estação Barro Vermelho– Cachoeira do Sul (código 03053021)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Barro Vermelho (código 03053021).

As Figuras 46, 47, 48 e 49 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

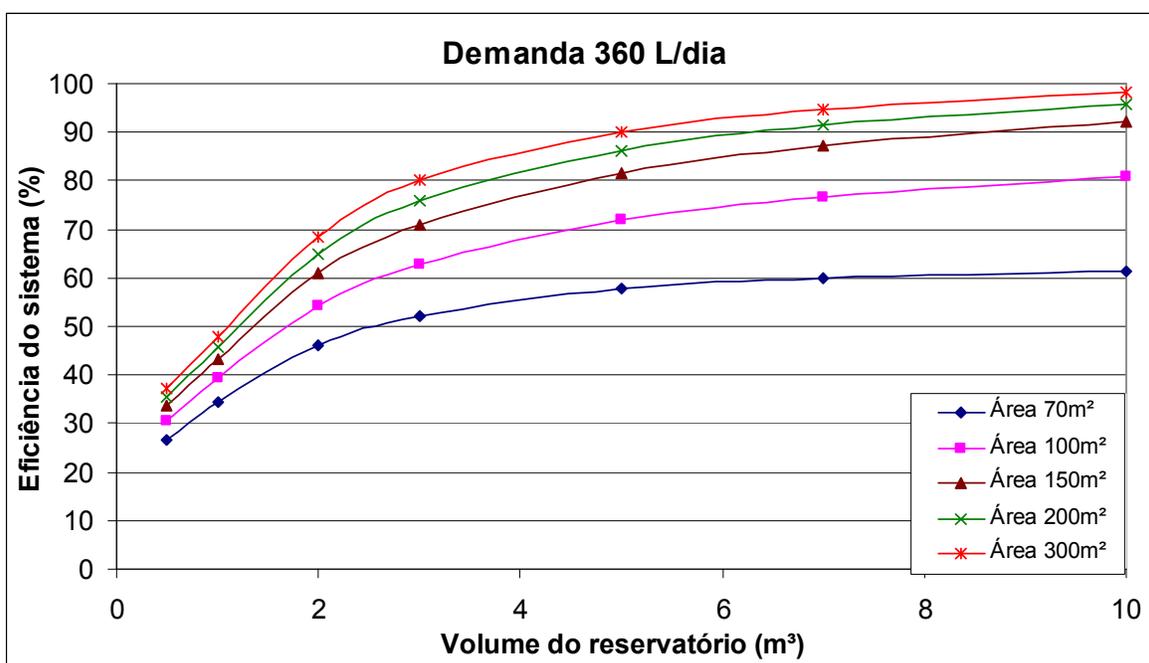


Figura 46 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).

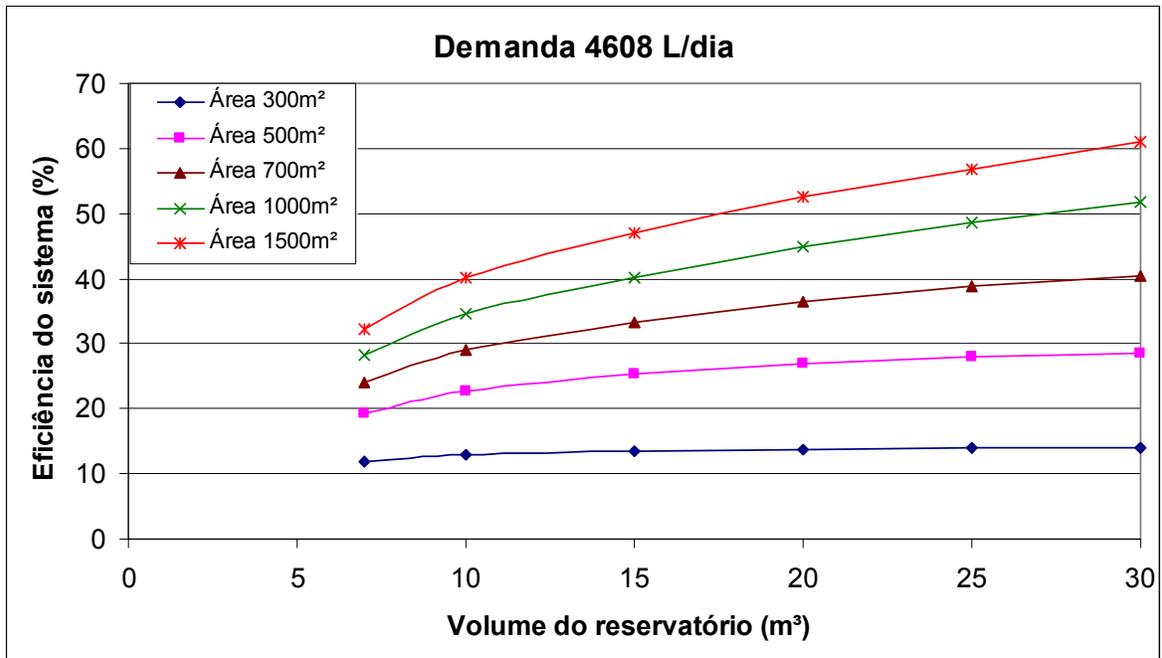


Figura 47 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).

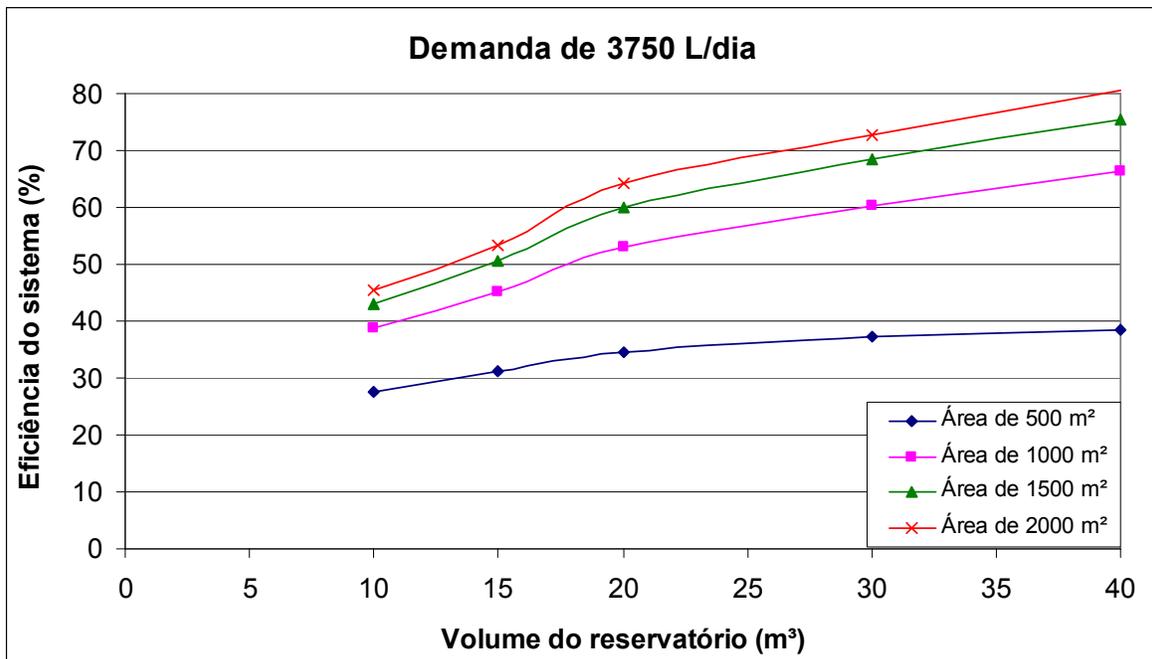


Figura 48 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).

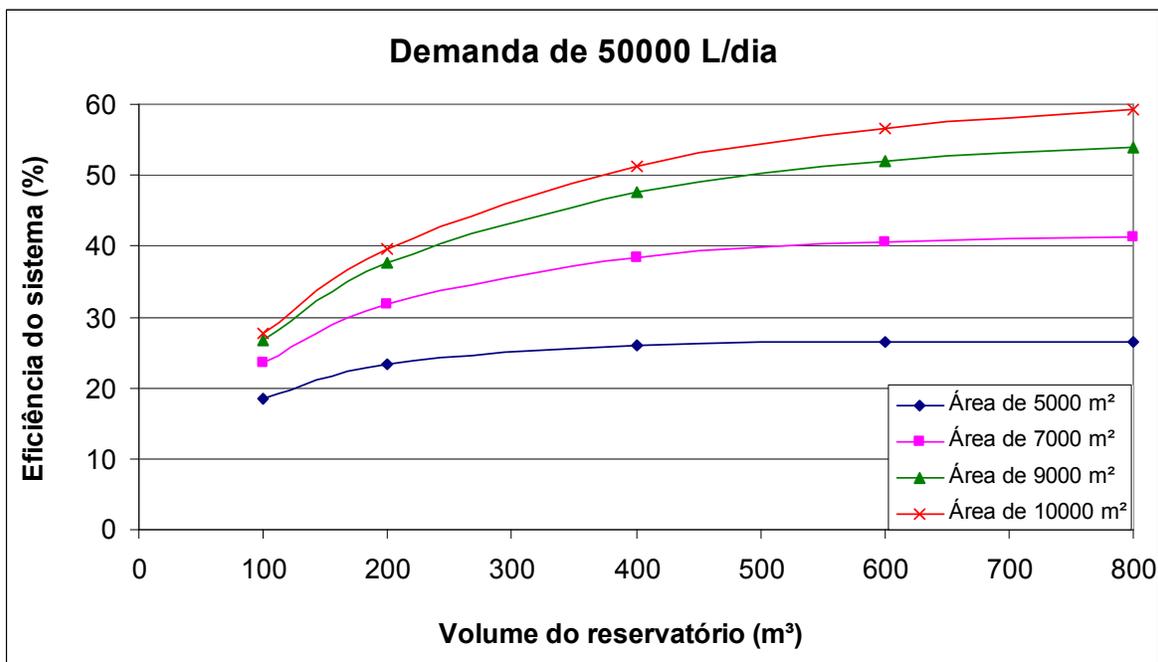


Figura 49 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Barro Vermelho – Cachoeira do Sul (código 03053021).

## ANEXO G - Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Santa Clara do Ingai (código 02853014).

As Figuras 50, 51, 52 e 53 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

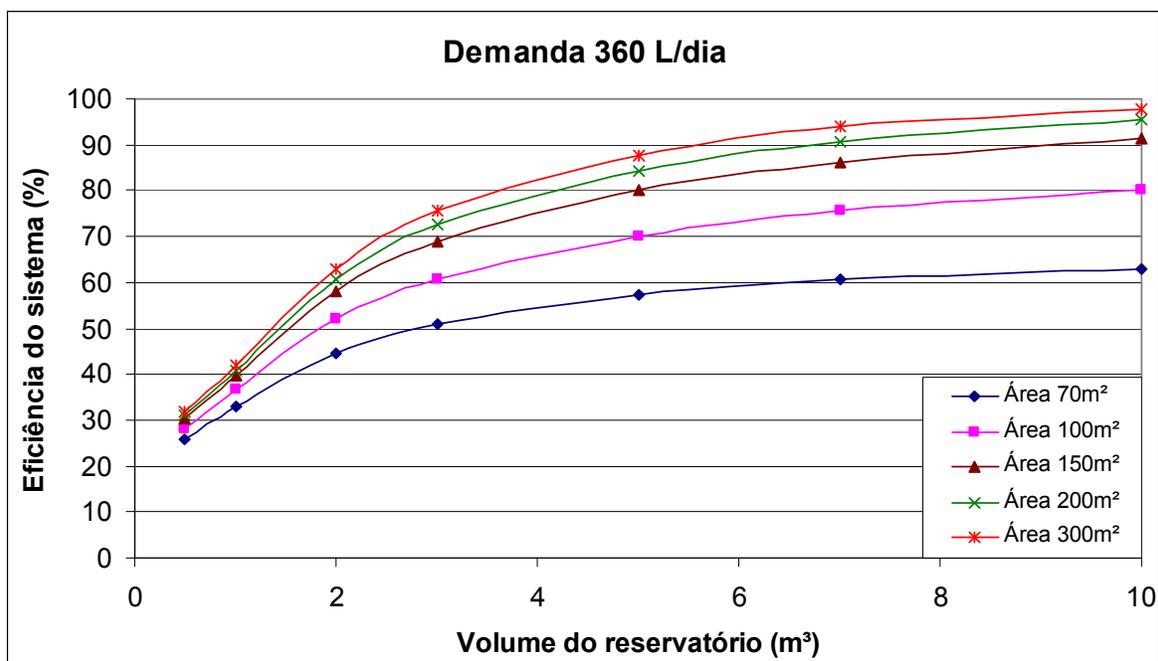


Figura 50 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Santa Clara do Ingai – Cruz Alta (código 02853014).

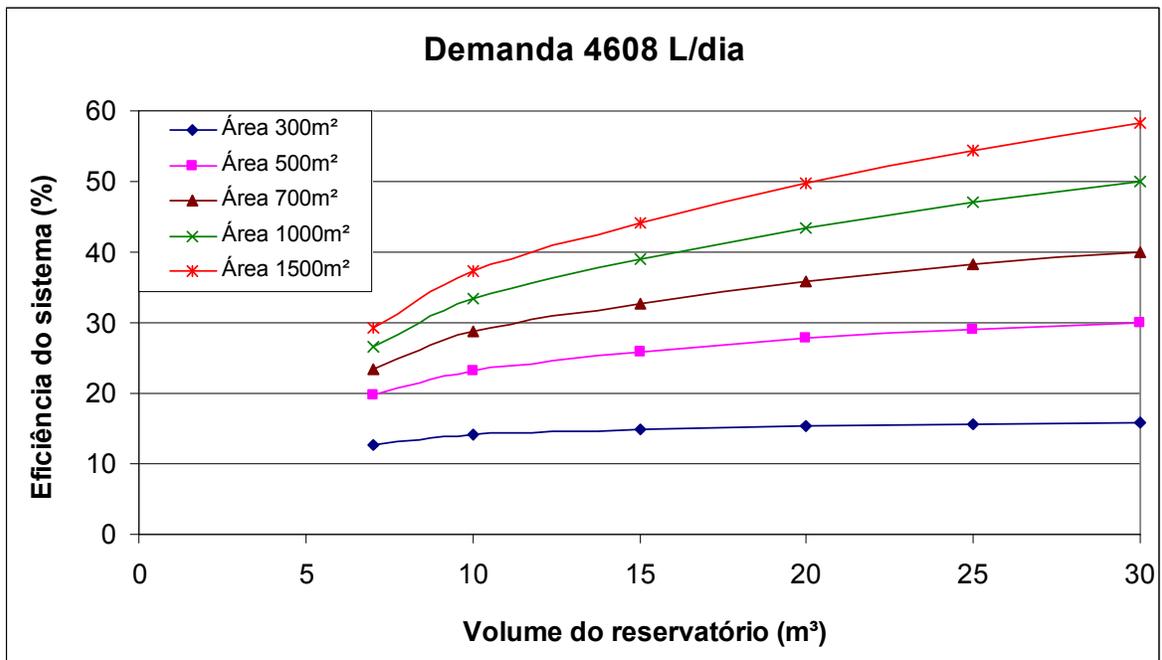


Figura 51 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).

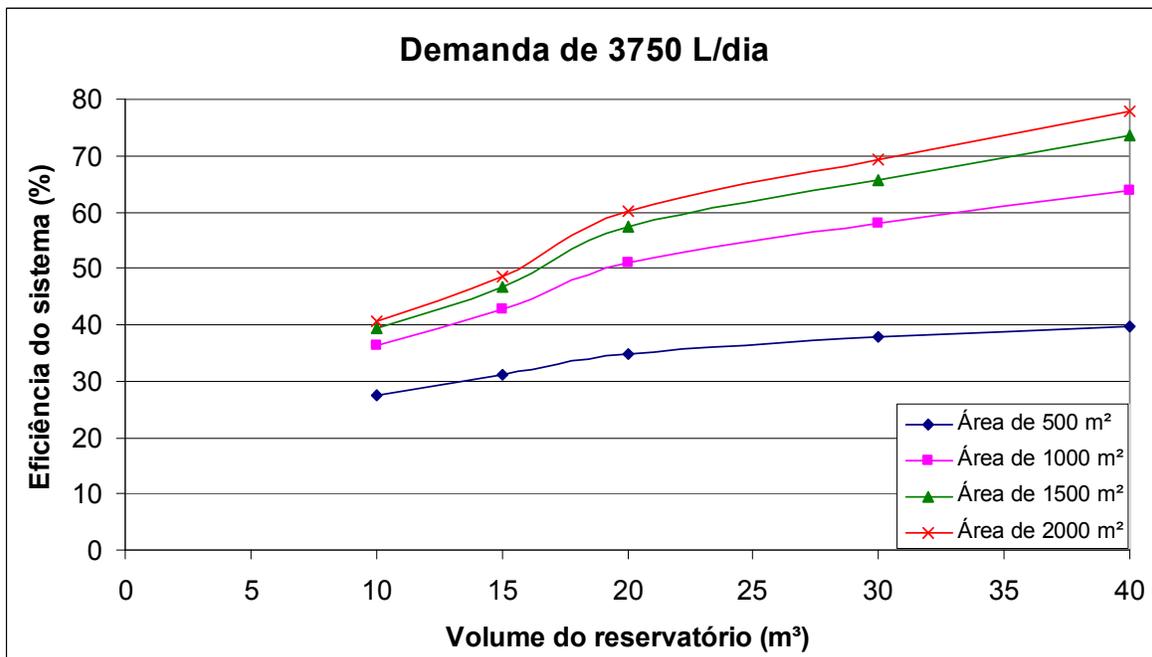


Figura 52 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).

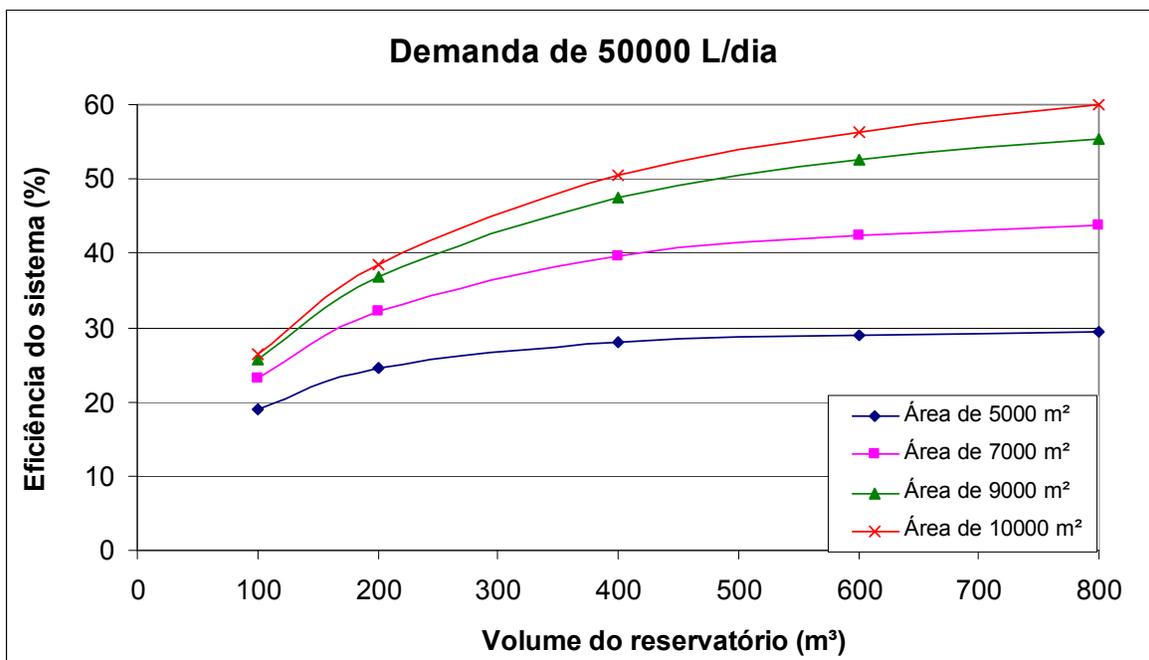


Figura 53 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Santa Clara do Ingai - Cruz Alta (código 02853014).

## ANEXO H - Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Três Capões (código 02853015).

As Figuras 54, 55, 56 e 57 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

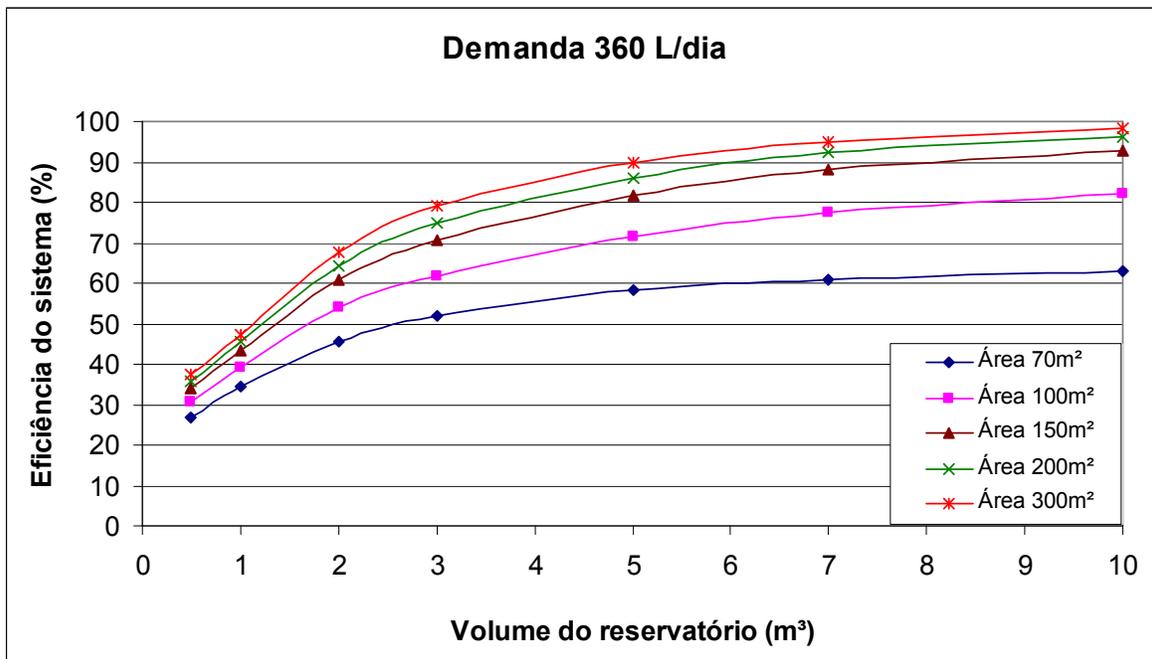


Figura 54 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).

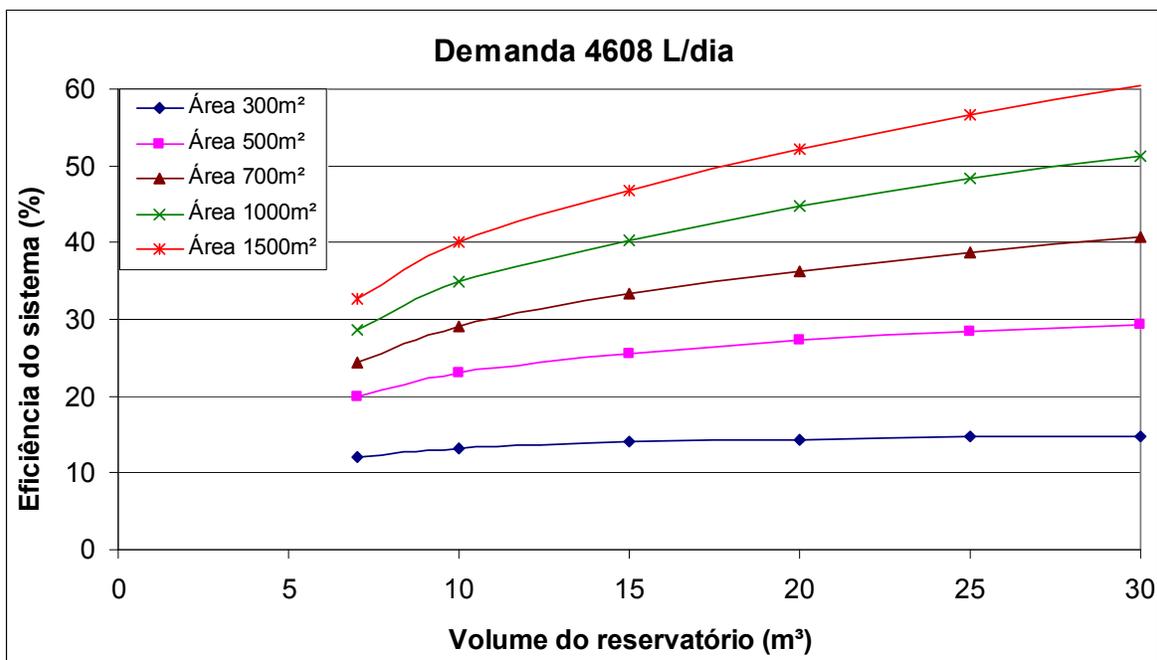


Figura 55 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).

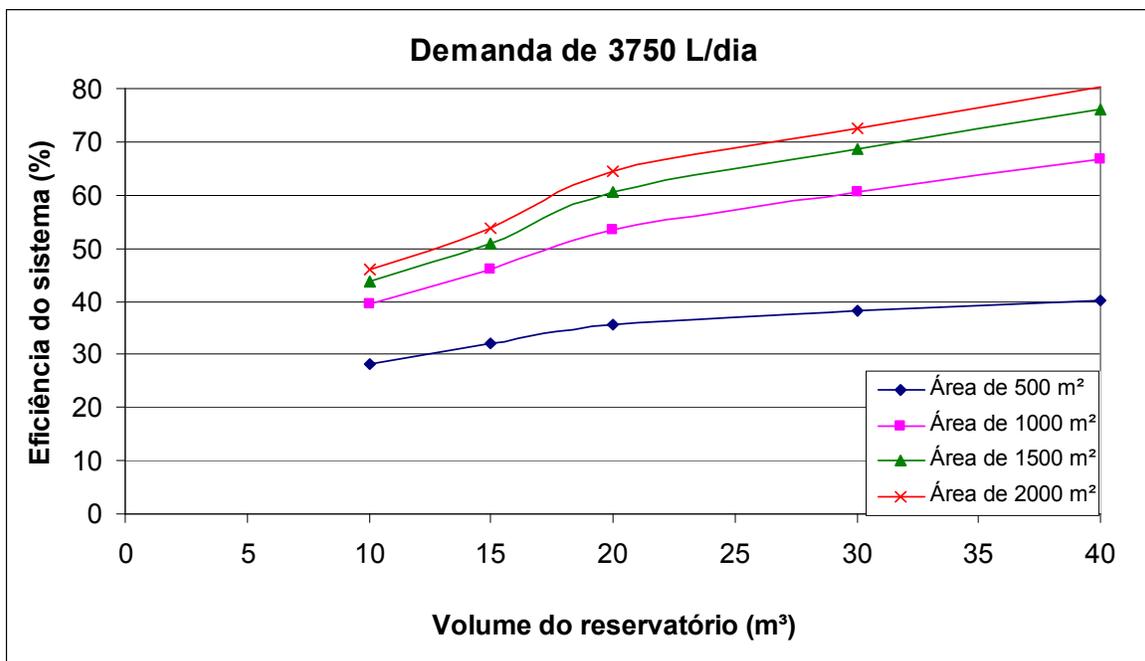


Figura 56 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).

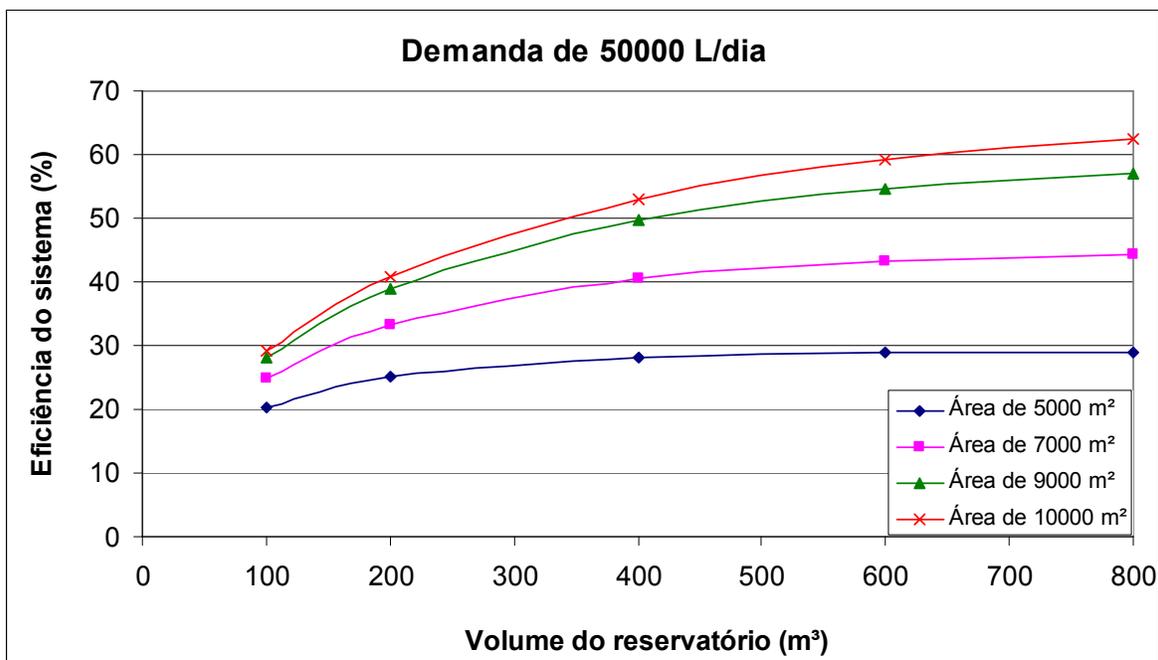


Figura 57 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Três Capões – Cruz Alta (código 02853015).

## ANEXO I - Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Anderson Clayton (código 02853028).

As Figuras 58, 59, 60 e 61 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

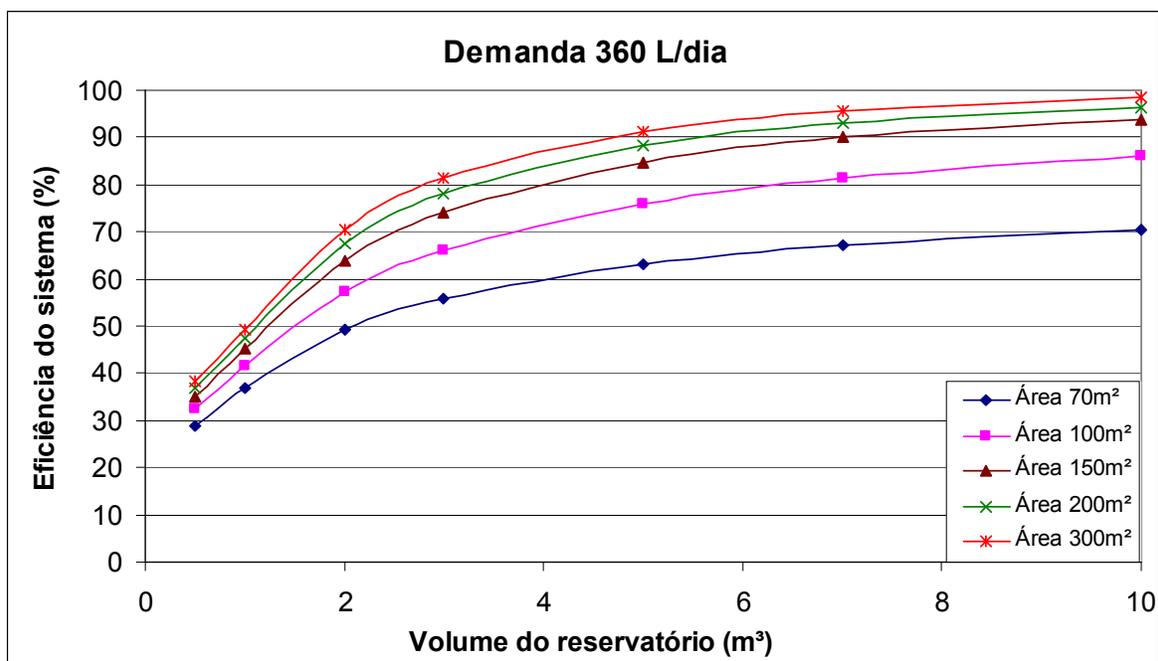


Figura 58 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).

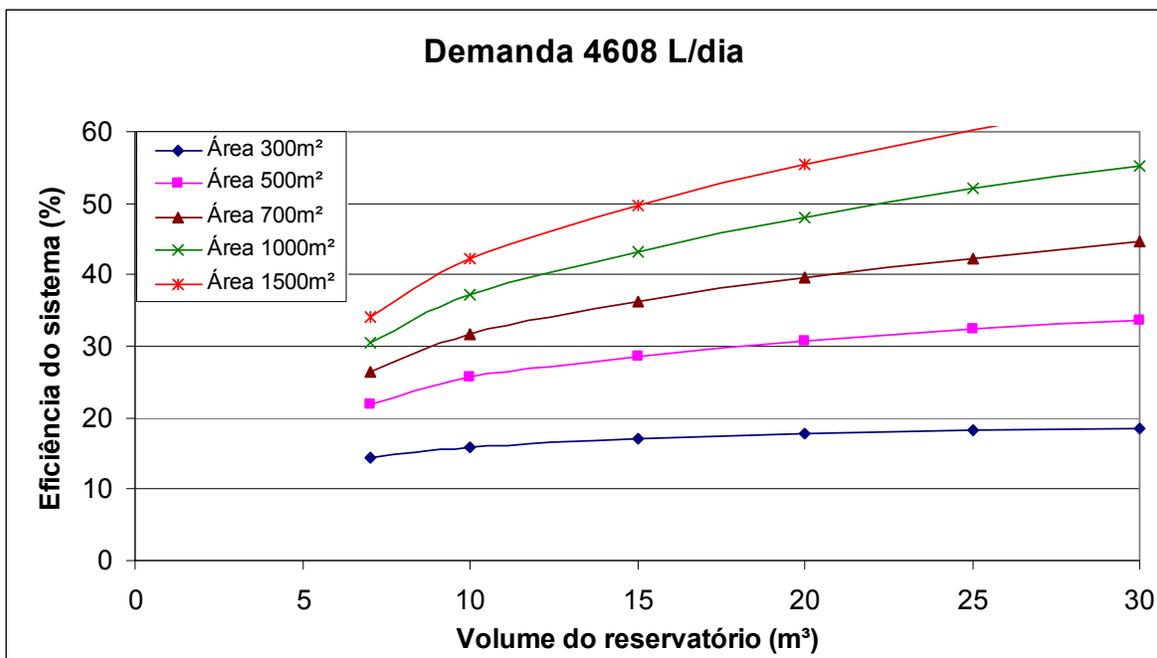


Figura 59 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).

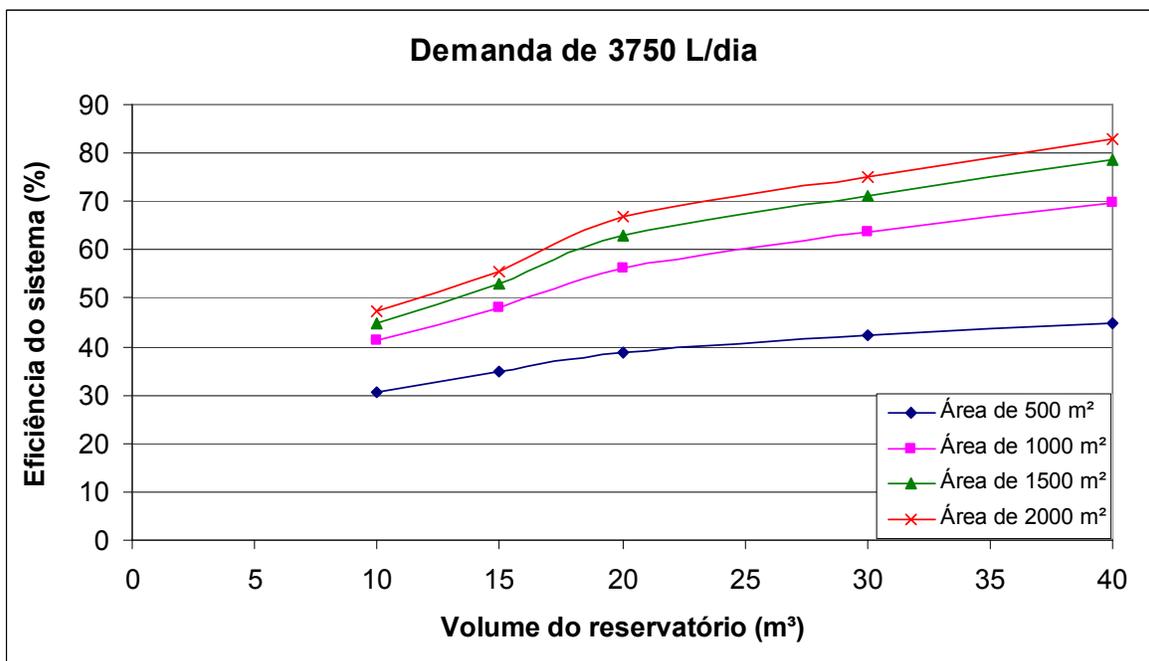


Figura 60 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).

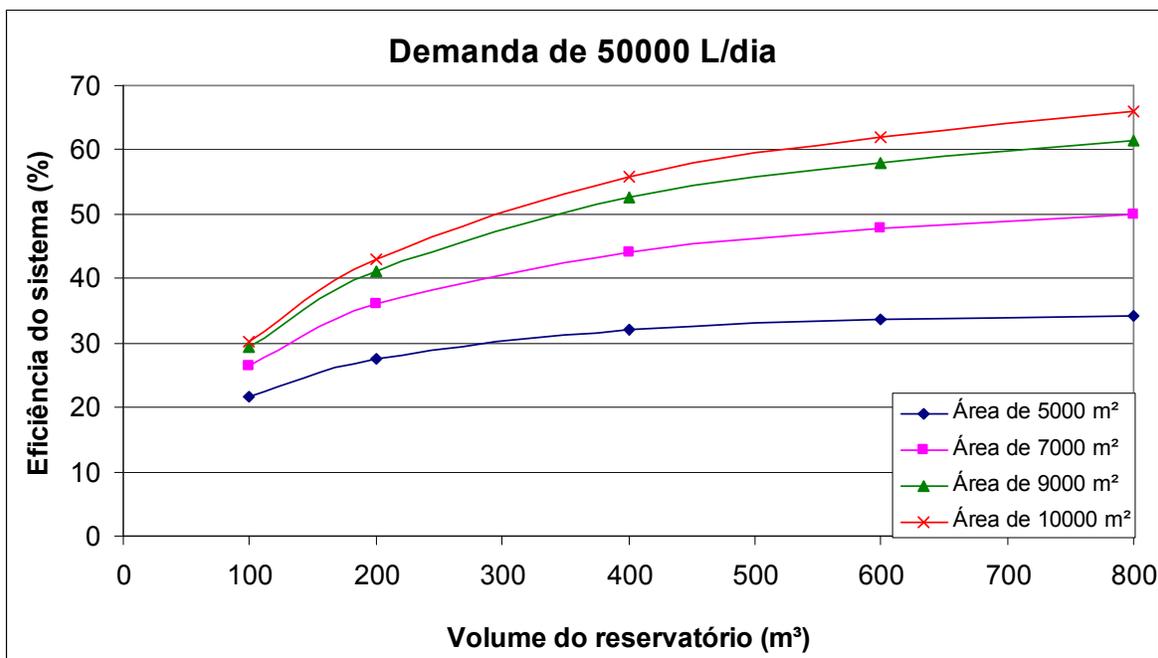


Figura 61 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Anderson Clayton – Cruz Alta (código 02853028).

## ANEXO J - Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Ernesto Alves (código 02954004).

As Figuras 62, 63, 64 e 65 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

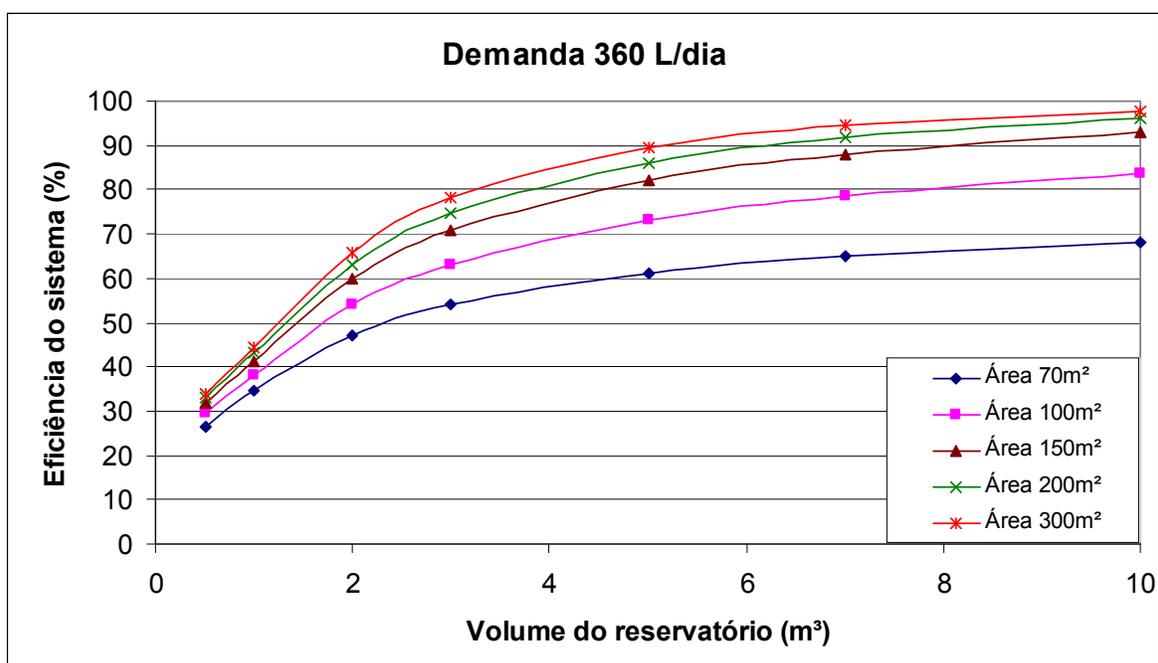


Figura 62 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004)

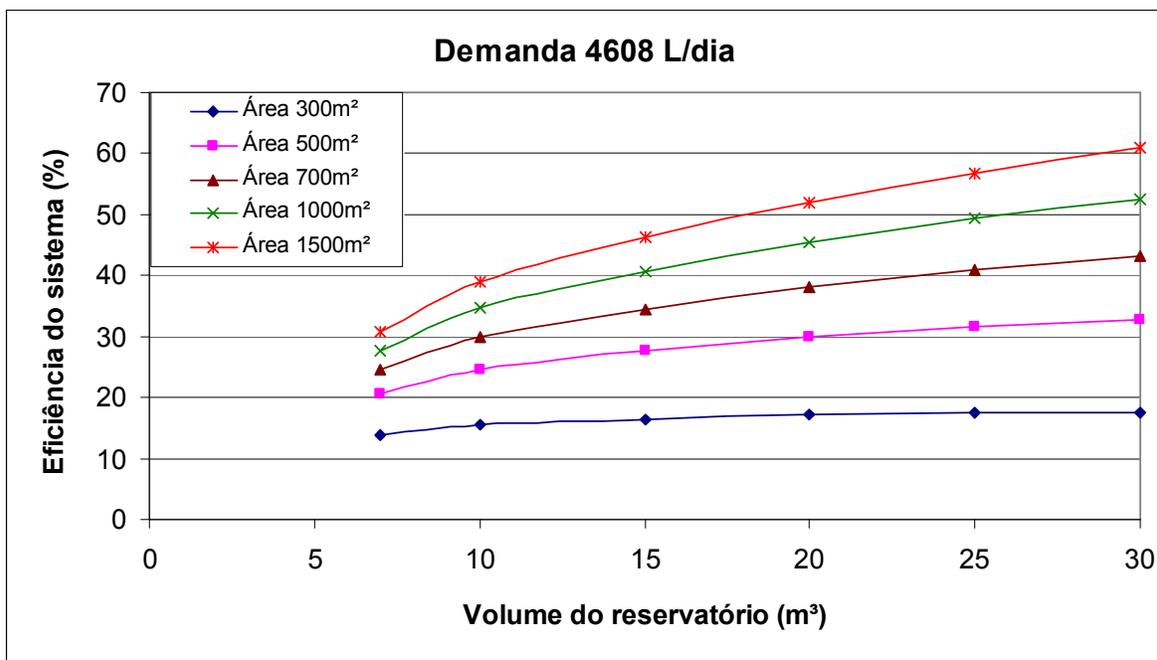


Figura 63 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004).

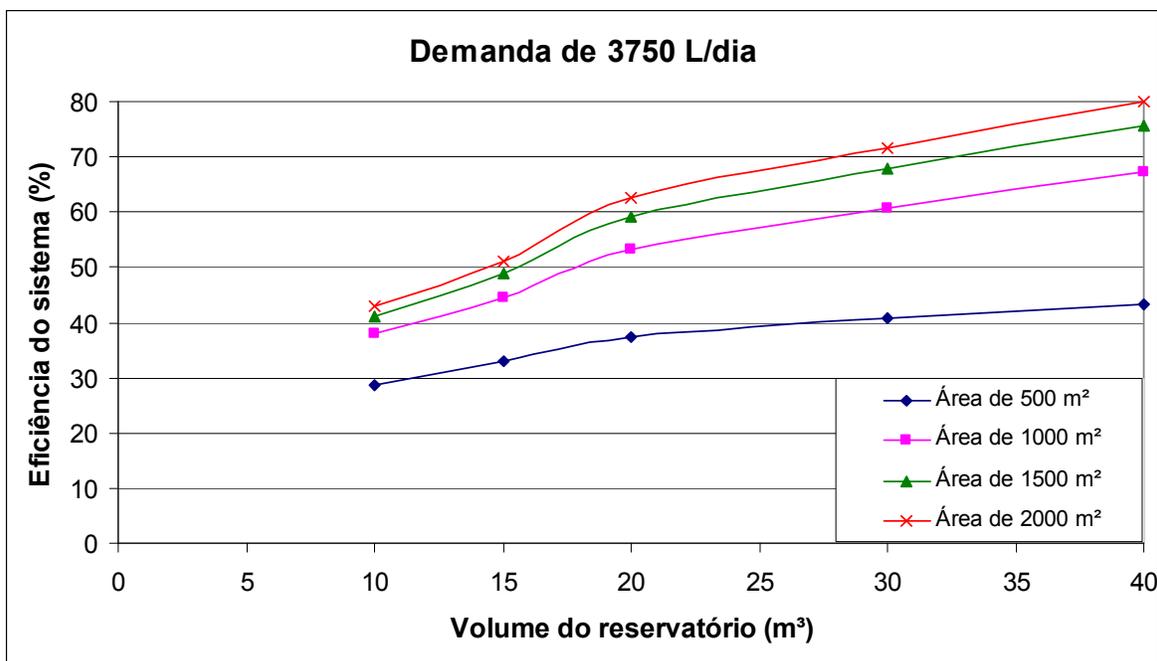


Figura 64 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004)

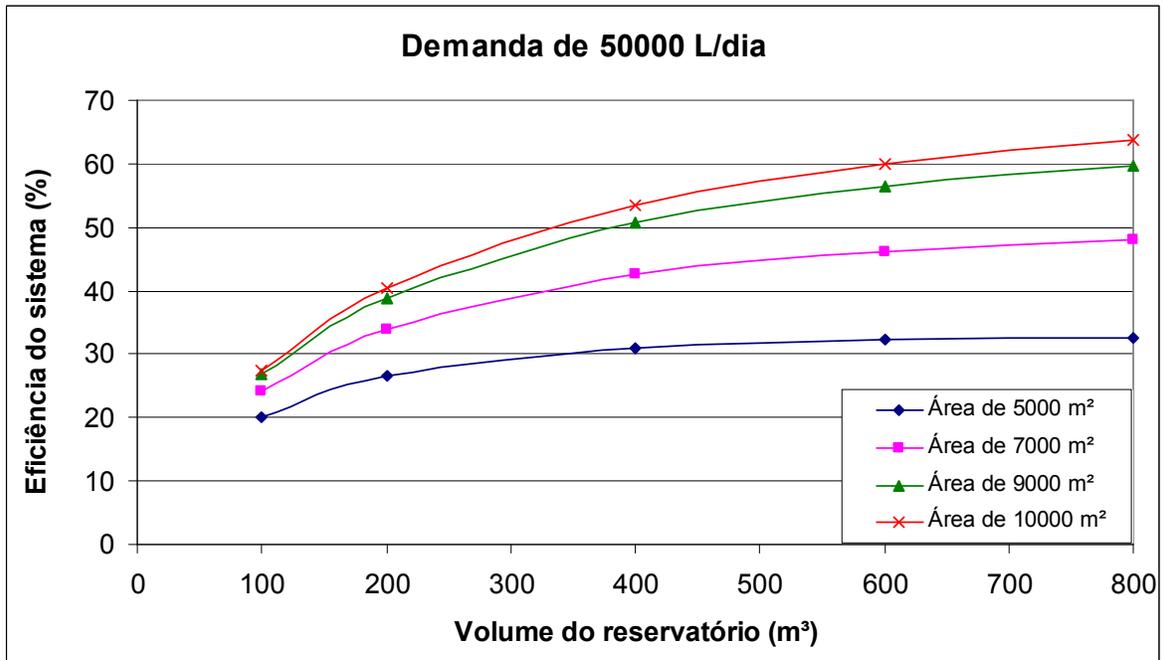


Figura 65 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ernesto Alves – Jaguari (código 02954004).

## ANEXO K - Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Furnas do Segredo (código 02954005).

As Figuras 66, 67, 68 e 69 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

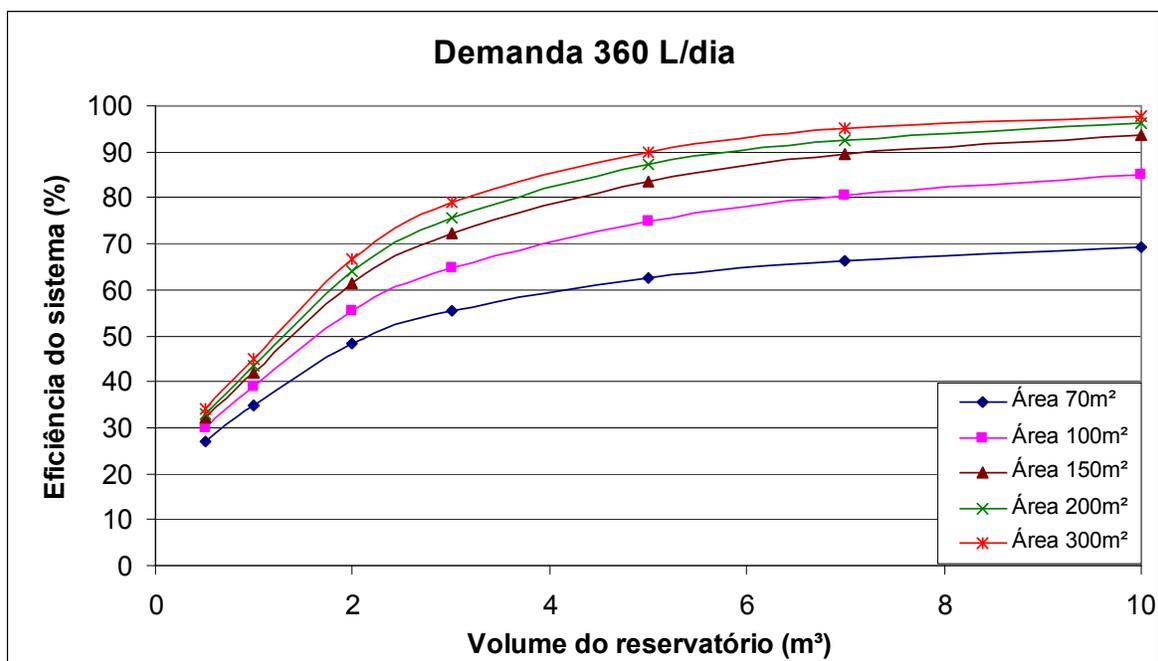


Figura 66 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005).

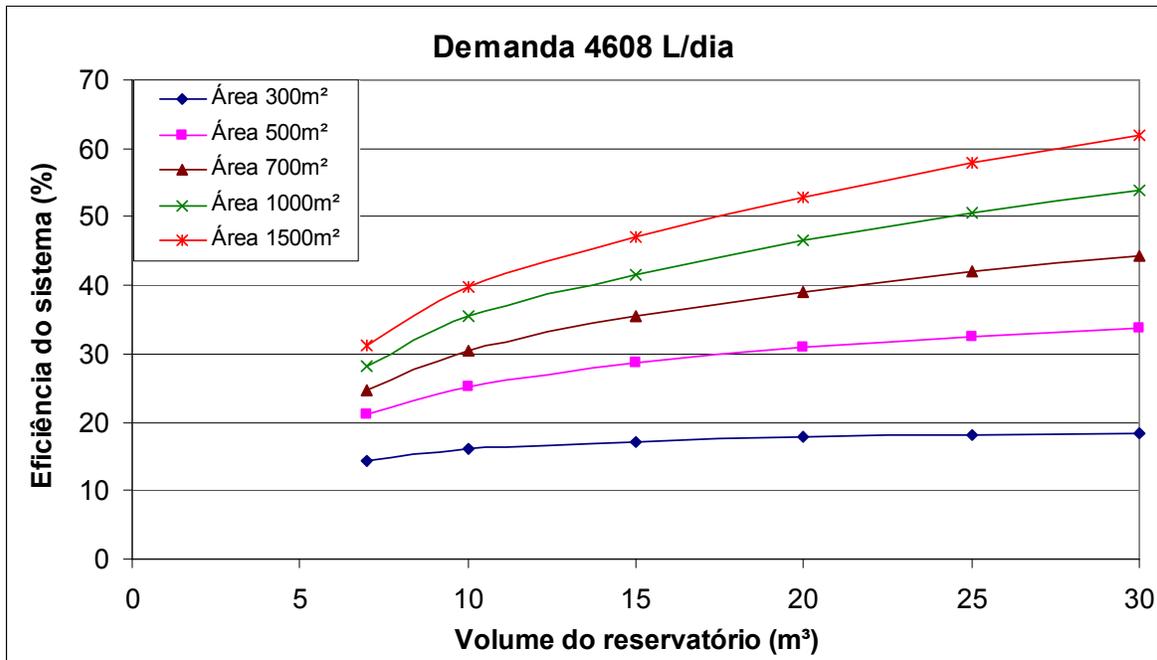


Figura 67 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005)

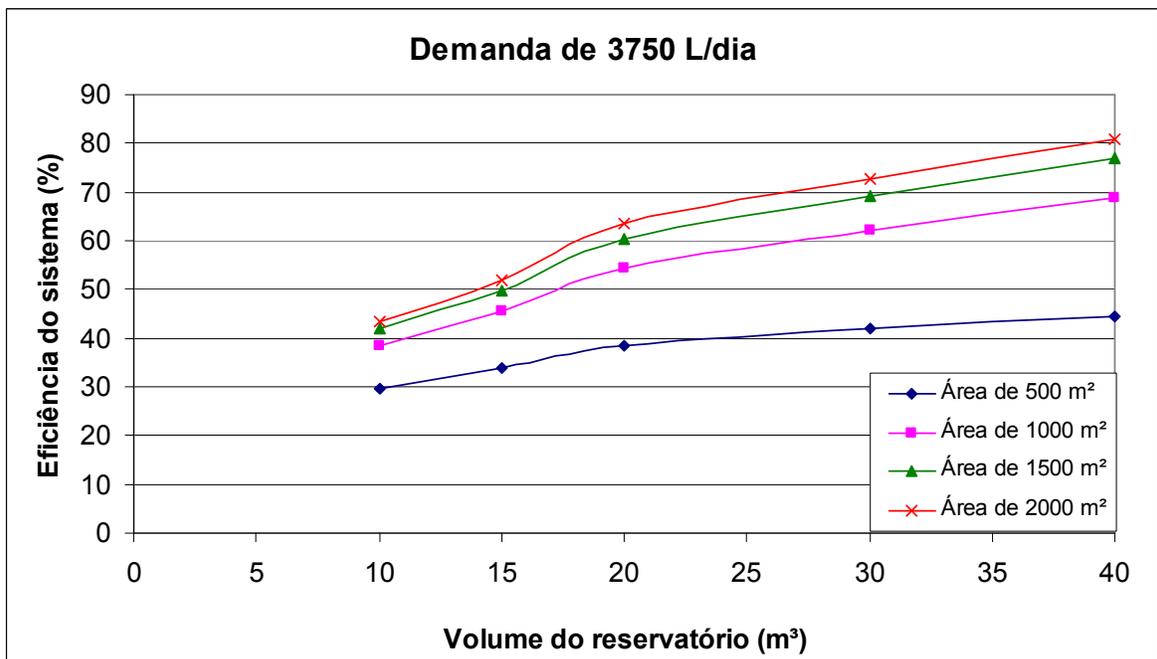


Figura 68 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005).

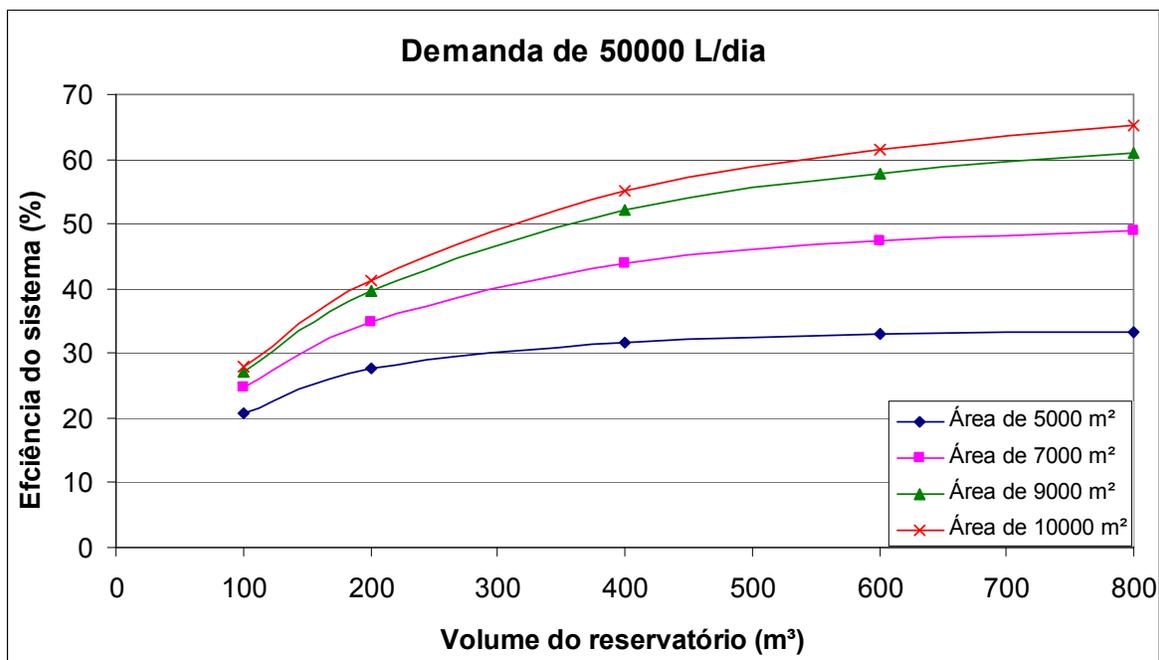


Figura 69 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Furnas do Segredo – Jaguari (código 02954005).

## ANEXO L - Estação Jaguari – Jaguari (código 02954007)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Jaguari (código 02954007).

As Figuras 70, 71, 72 e 73 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

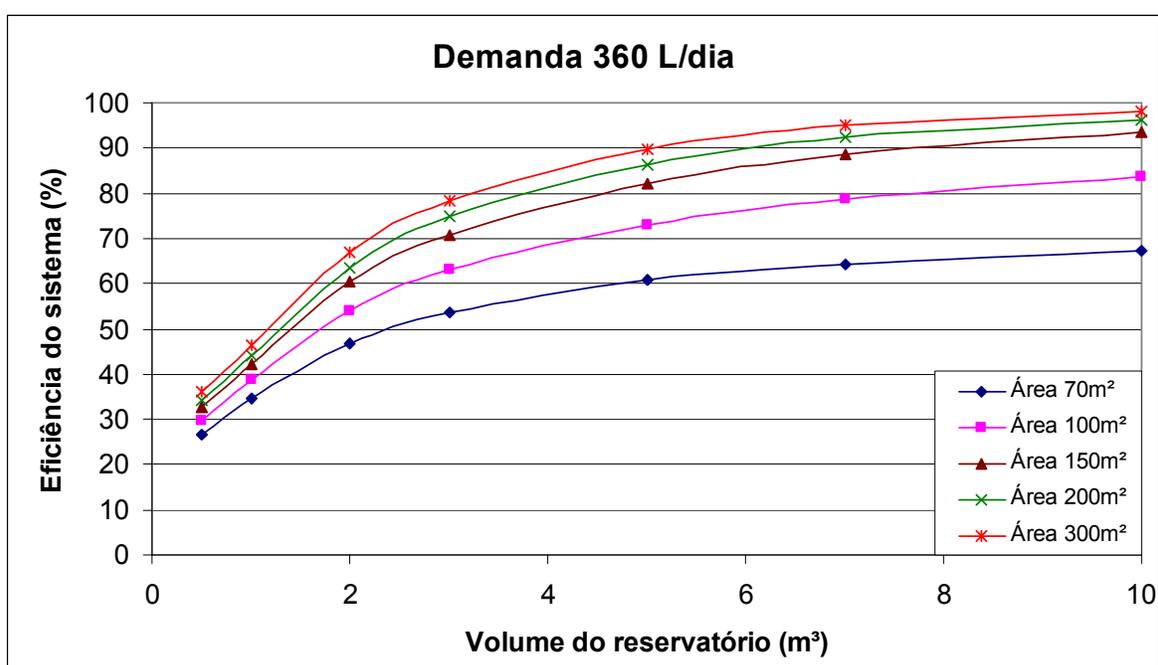


Figura 70 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Jaguari –(código 02954007).

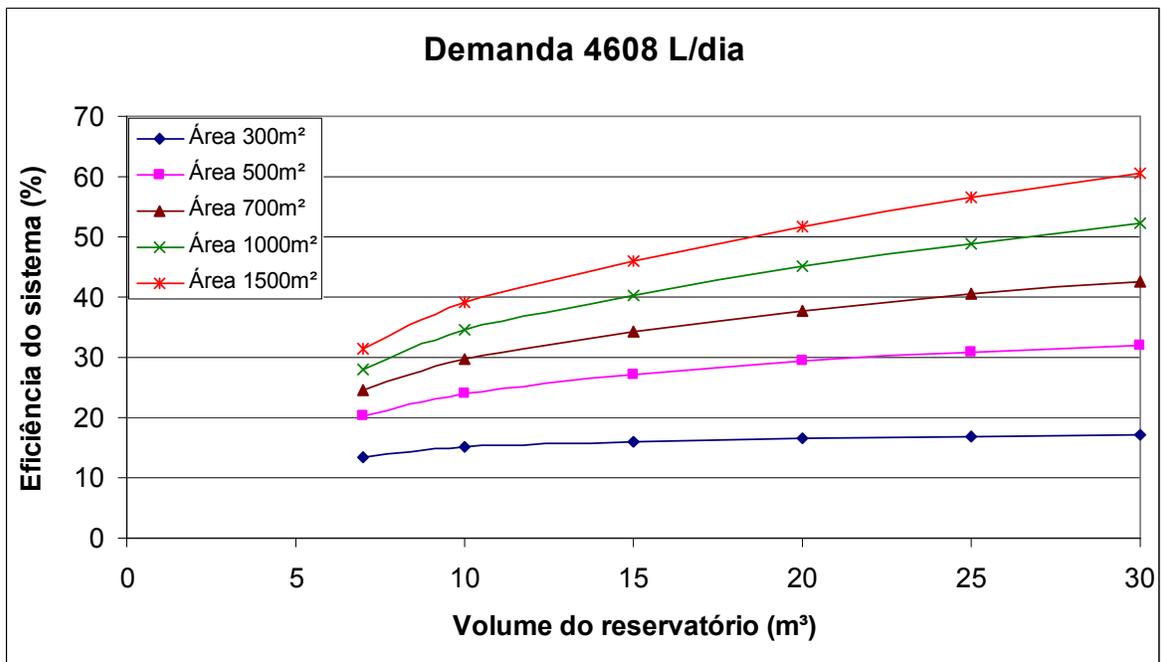


Figura 71 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Jaguari –(código 02954007).

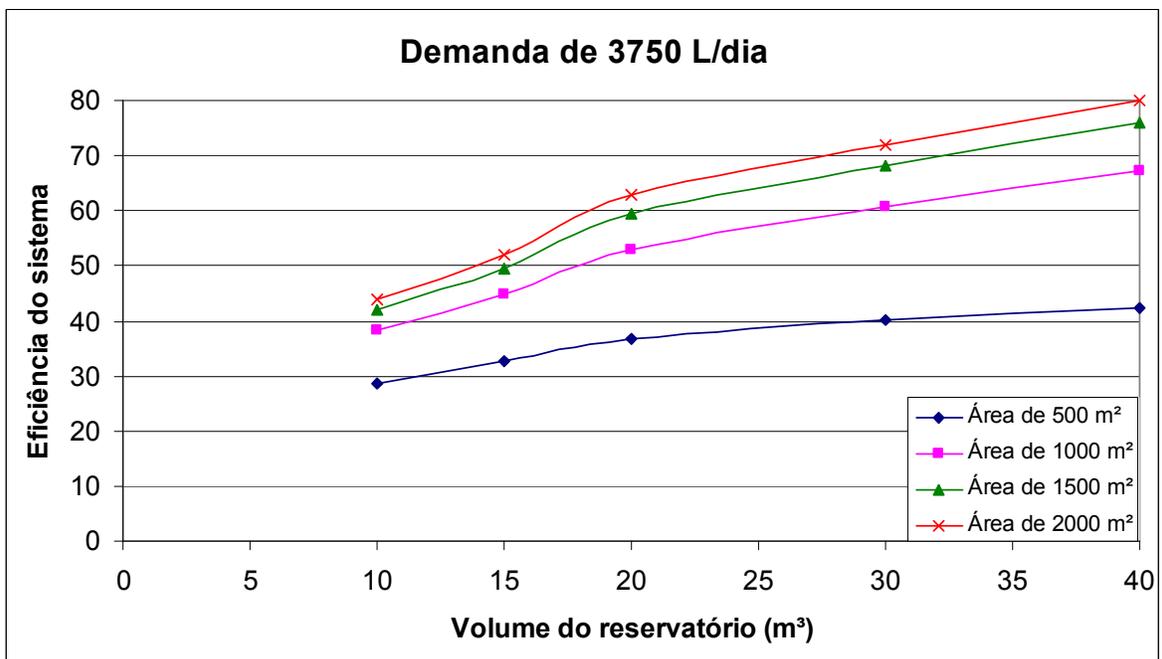


Figura 72 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Jaguari –(código 02954007).

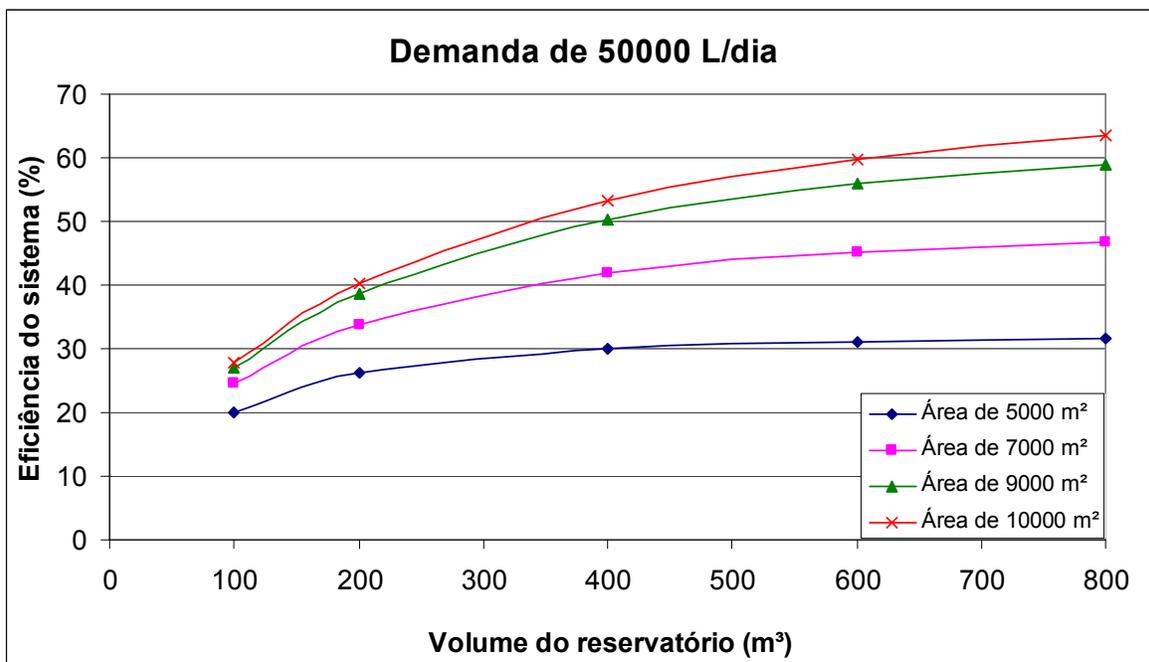


Figura 73 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Jaguari –(código 02954007).

## ANEXO M - Estação Quevedos- Julio de Castilhos (código 02954019)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Quevedos (código 02954019).

As Figuras 74, 75, 76 e 77 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

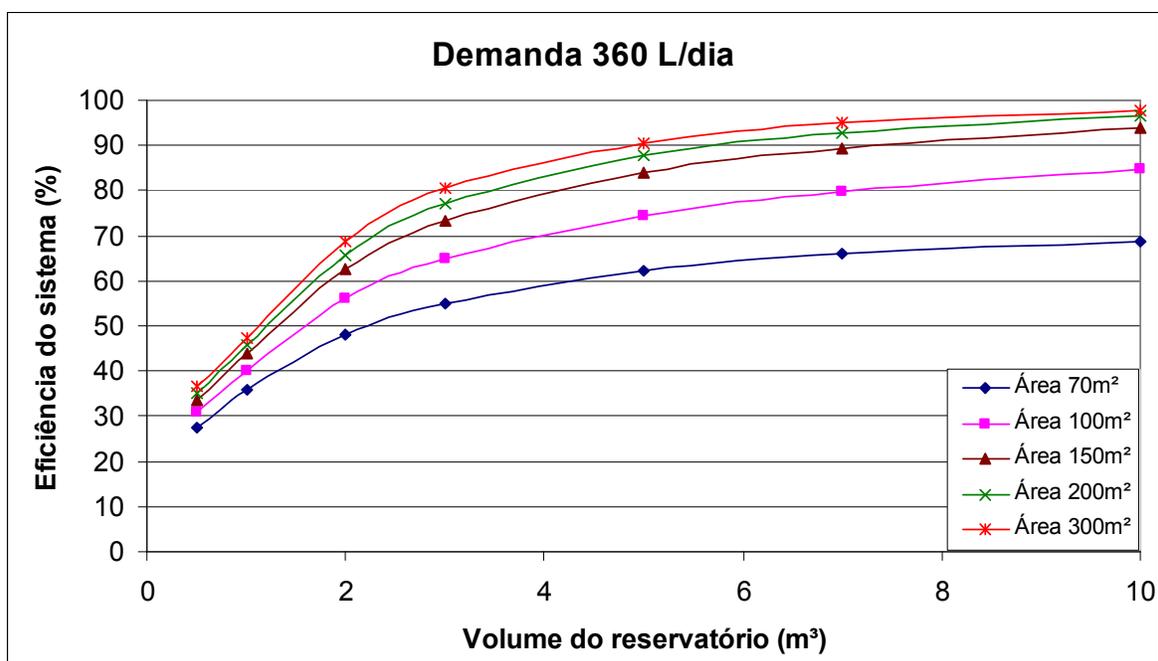


Figura 74 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).

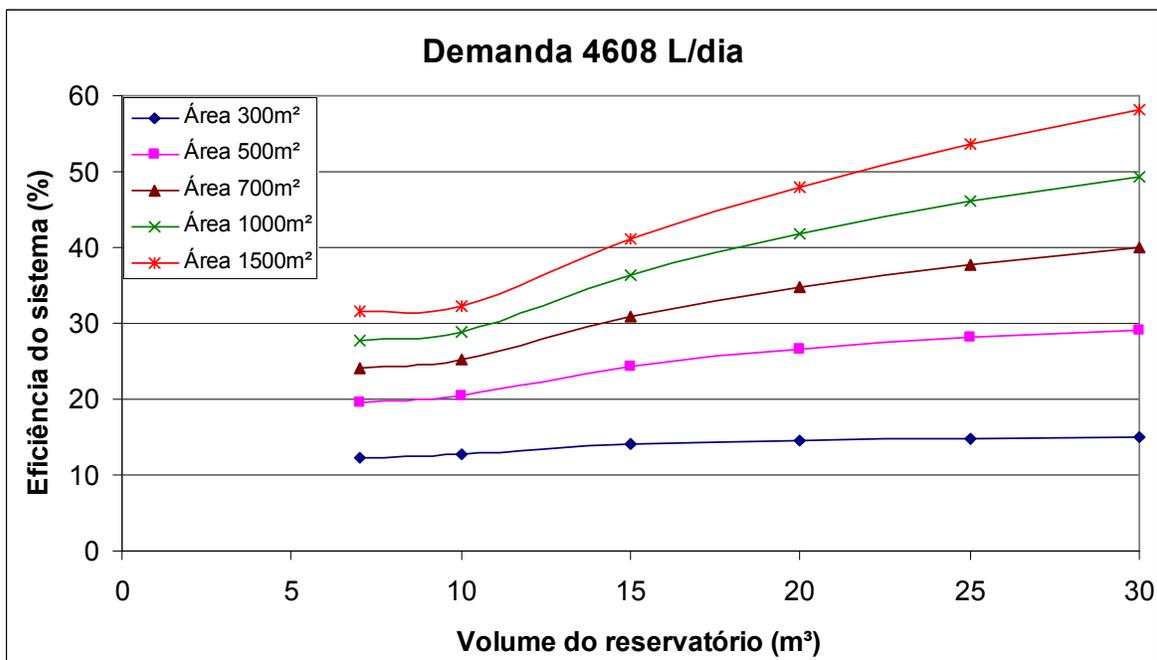


Figura 75 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).

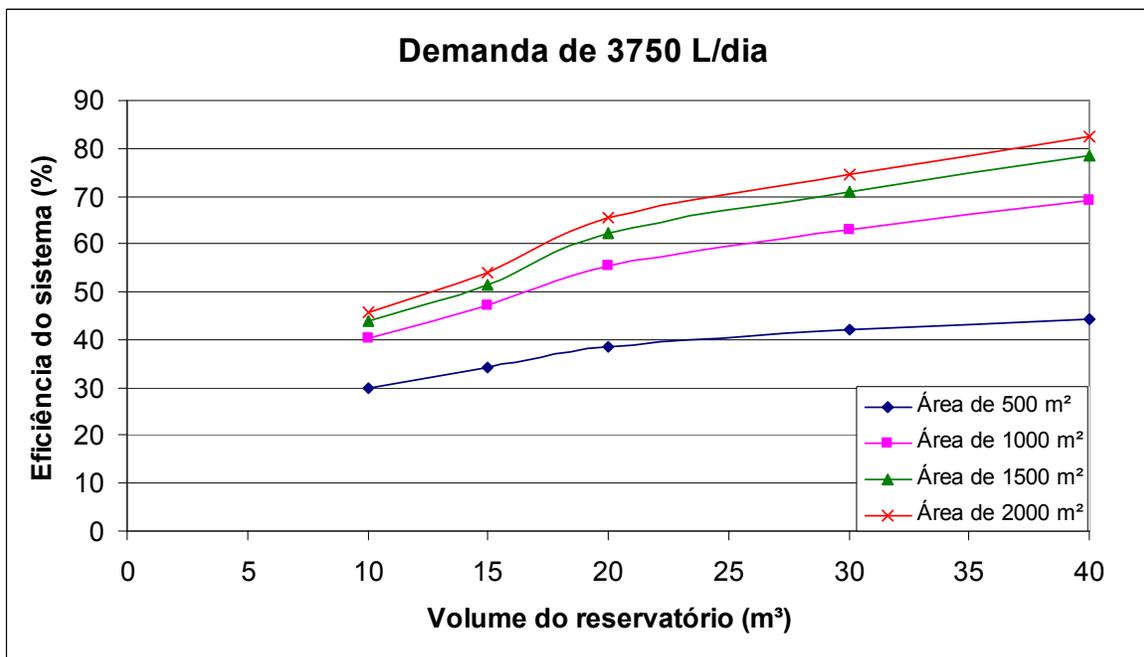


Figura 76 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).

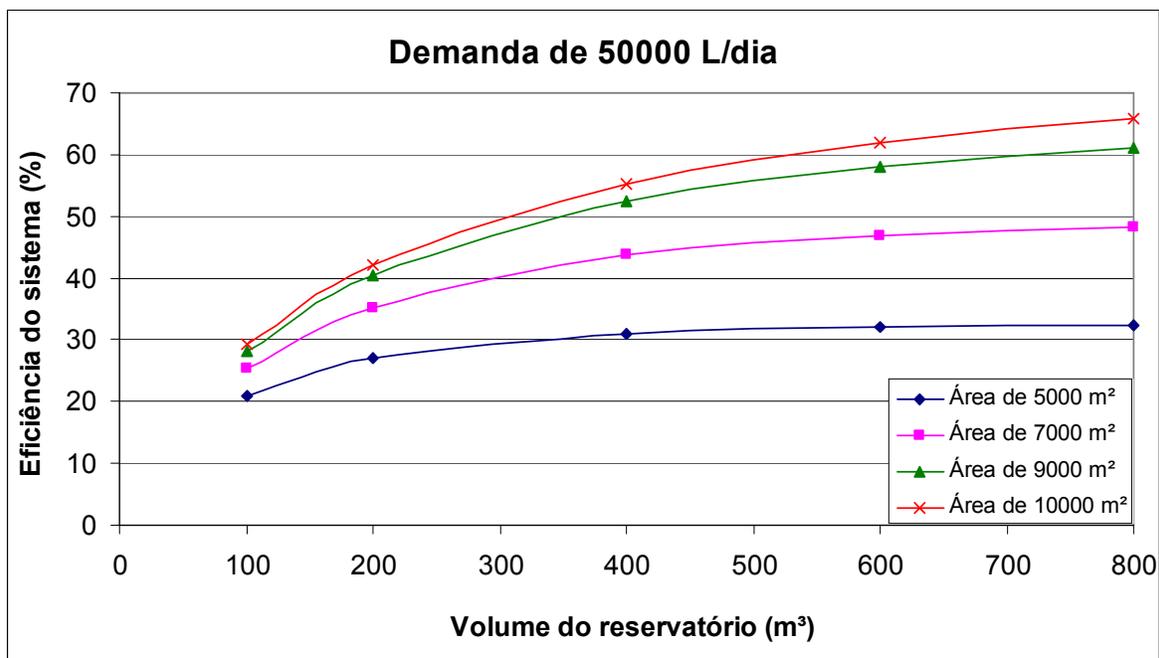


Figura 77 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Quevedos – Julio de Castilhos (código 02954019).

## ANEXO N - Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Restinga Seca (código 02953015).

As Figuras 78, 79, 80 e 81 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

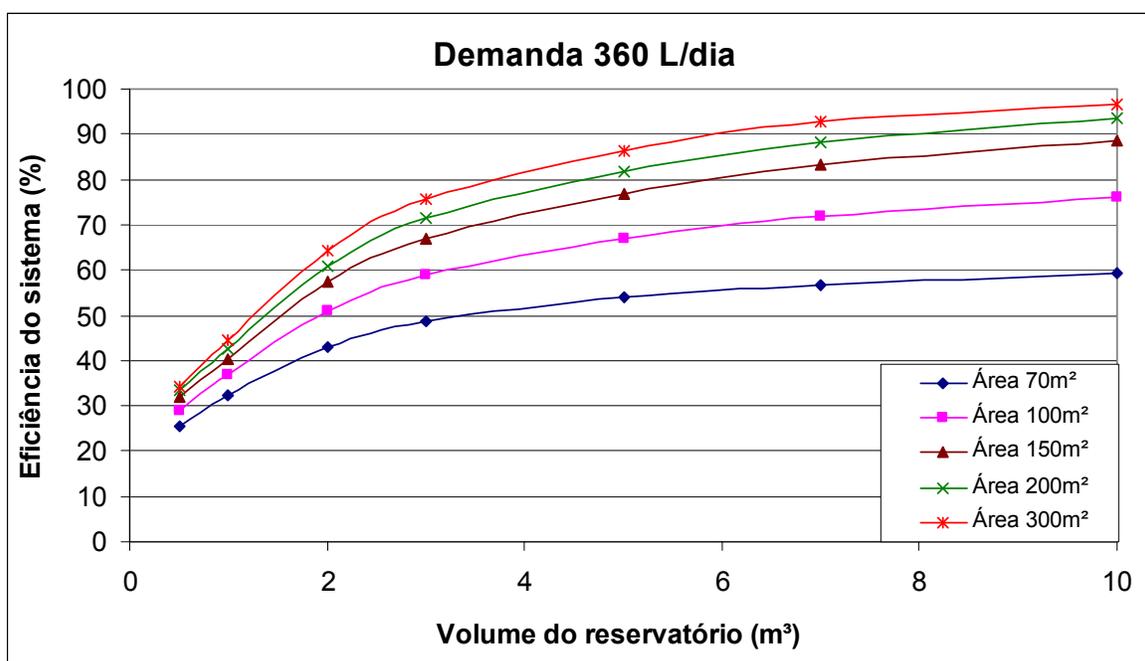


Figura 78 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).

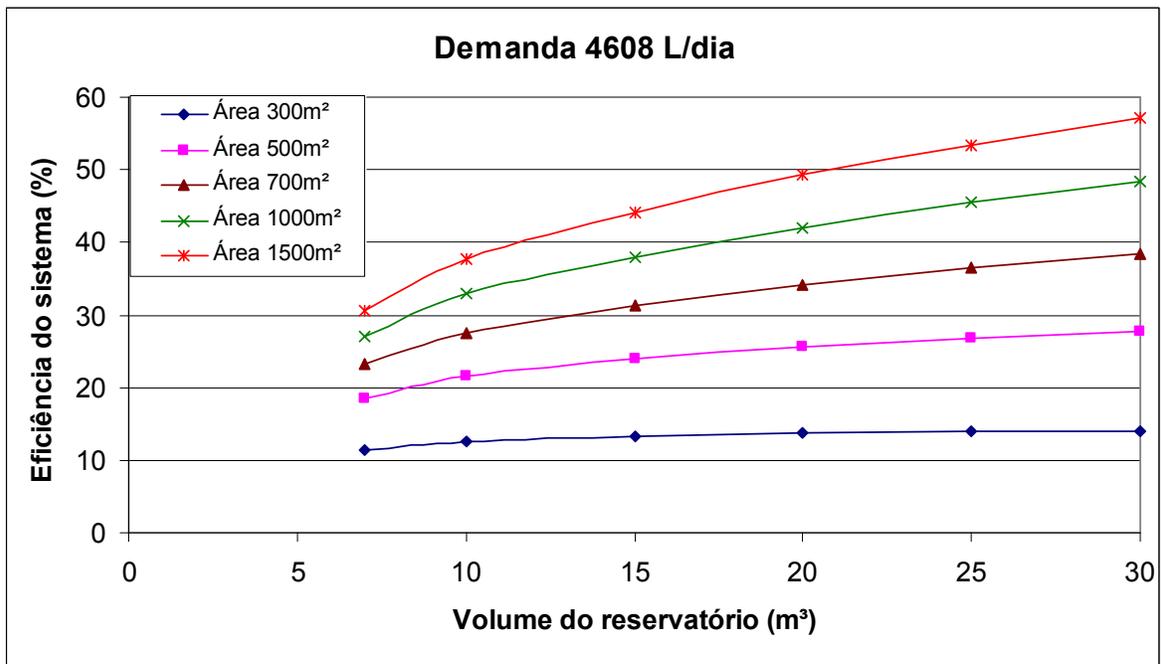


Figura 79 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).

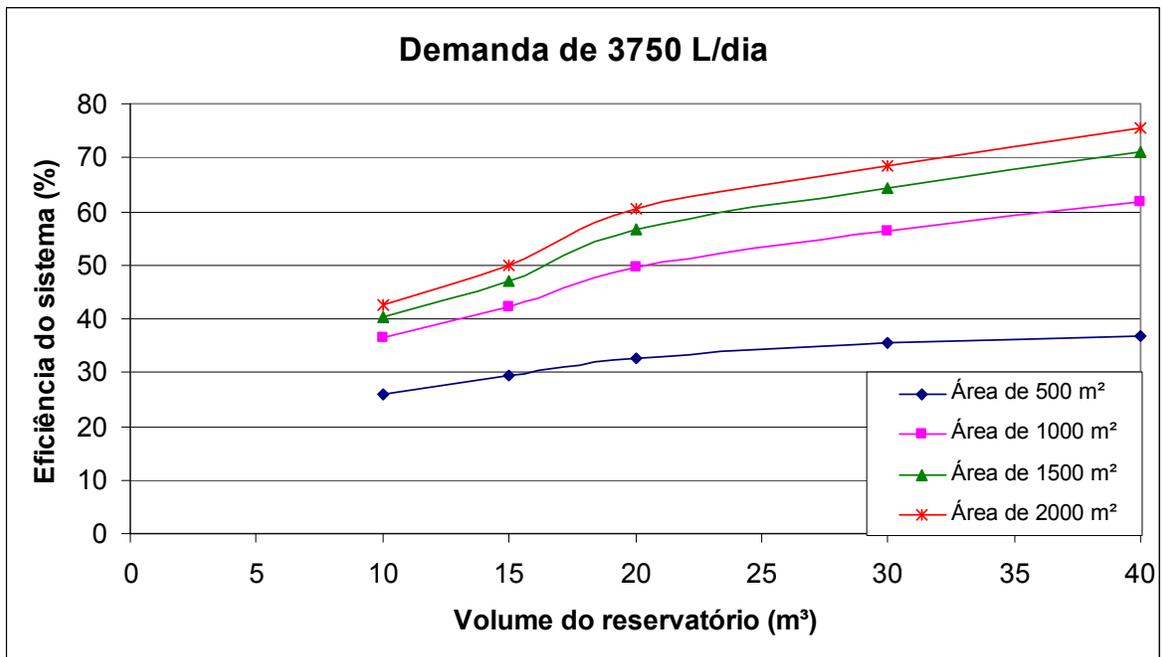


Figura 80 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).

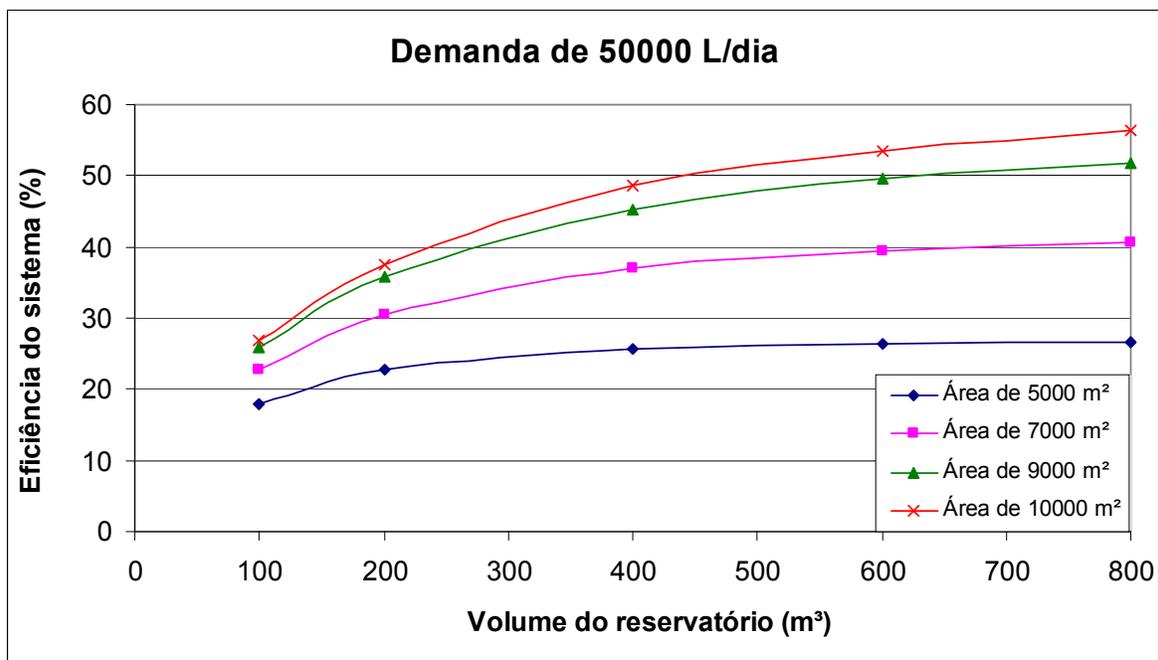


Figura 81 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Restinga Seca – Restinga Seca (código 02953015).

## ANEXO O - Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação São Carlos (código 03055007).

As Figuras 82, 83, 84 e 85 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

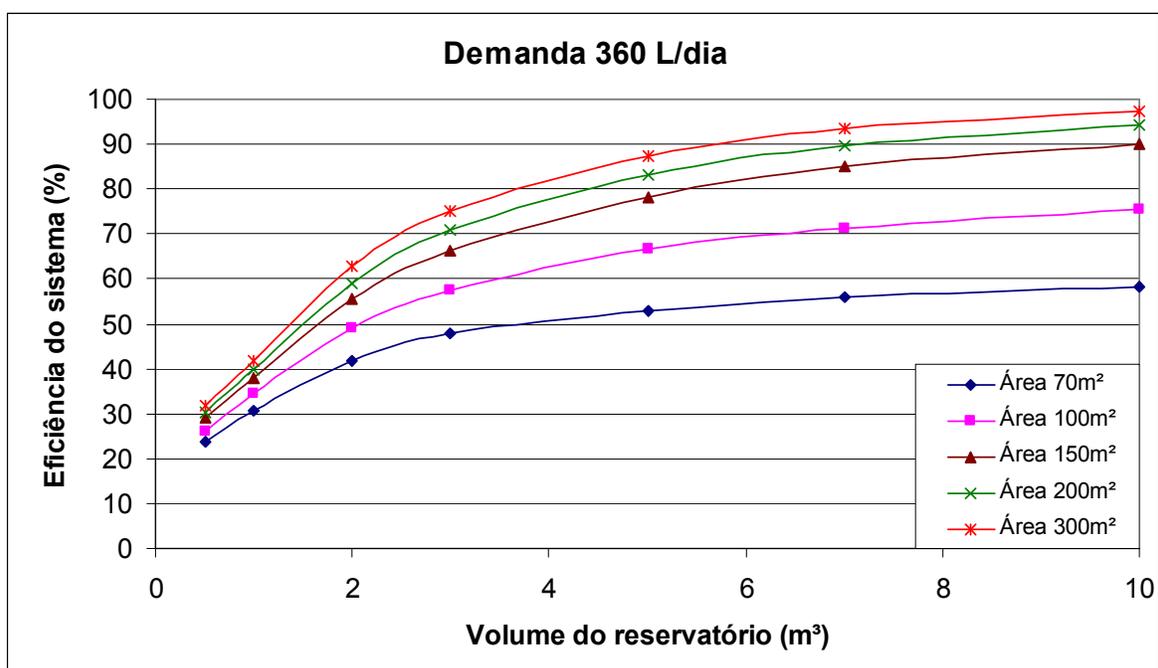


Figura 82 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Carlos –Rosário do Sul (código 03055007).

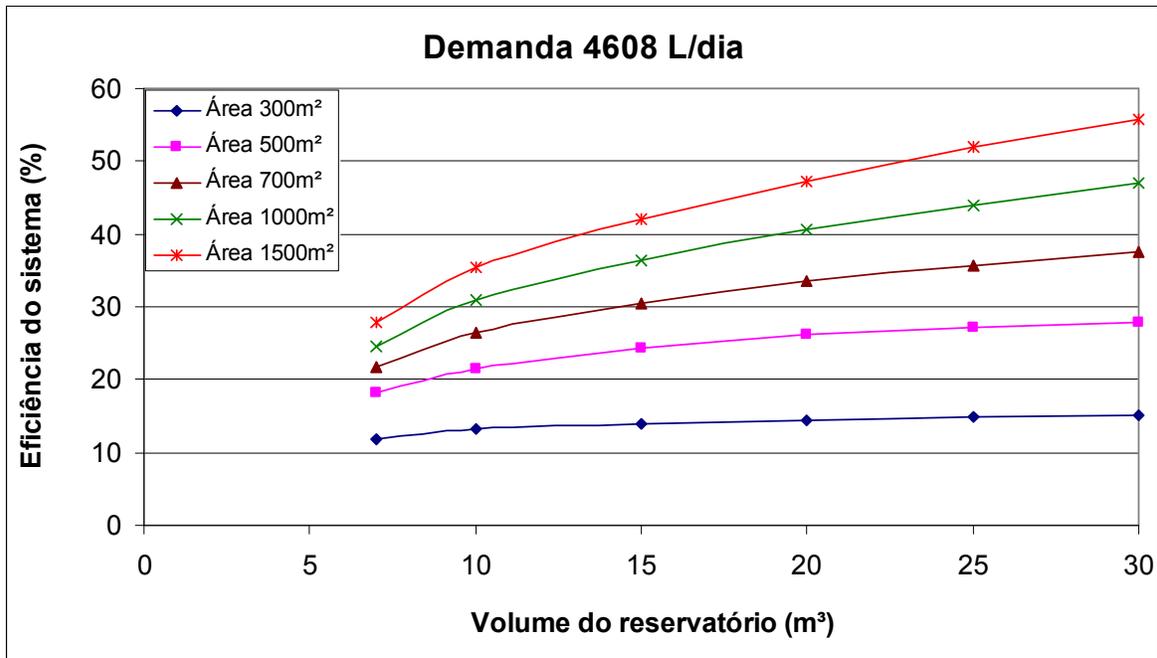


Figura 83 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).

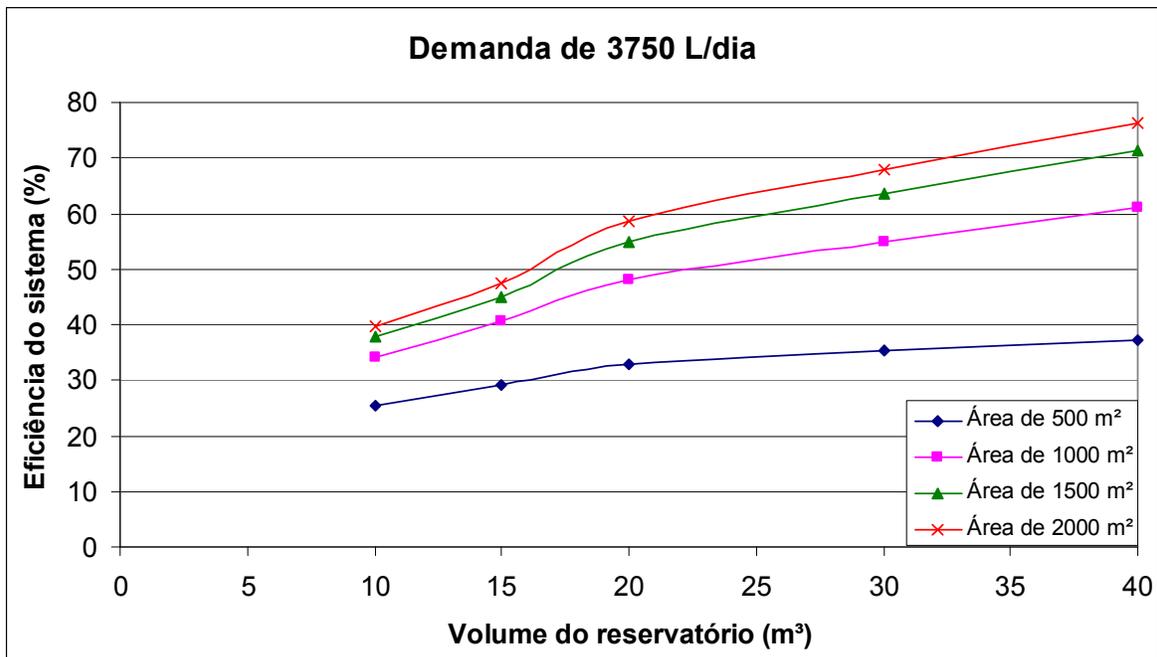


Figura 84 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).

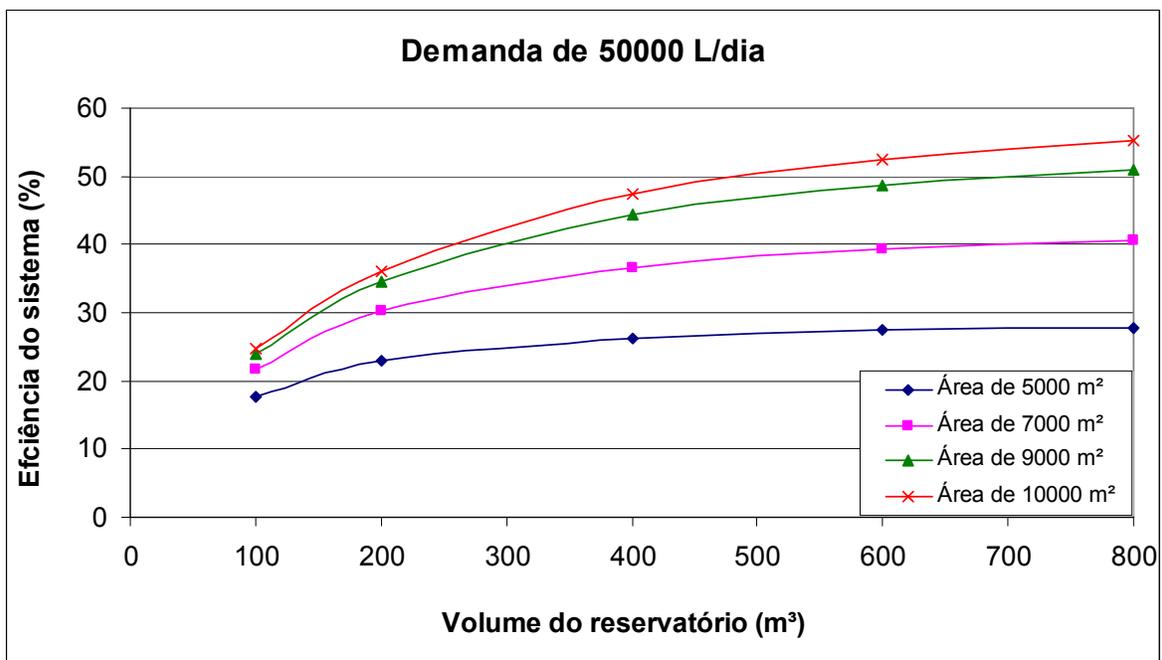


Figura 85 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Carlos - Rosário do Sul (código 03055007).

## ANEXO P - Estação Santiago – Santiago (código 02954020)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Santiago (código 02954020).

As Figuras 86, 87, 88 e 89 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

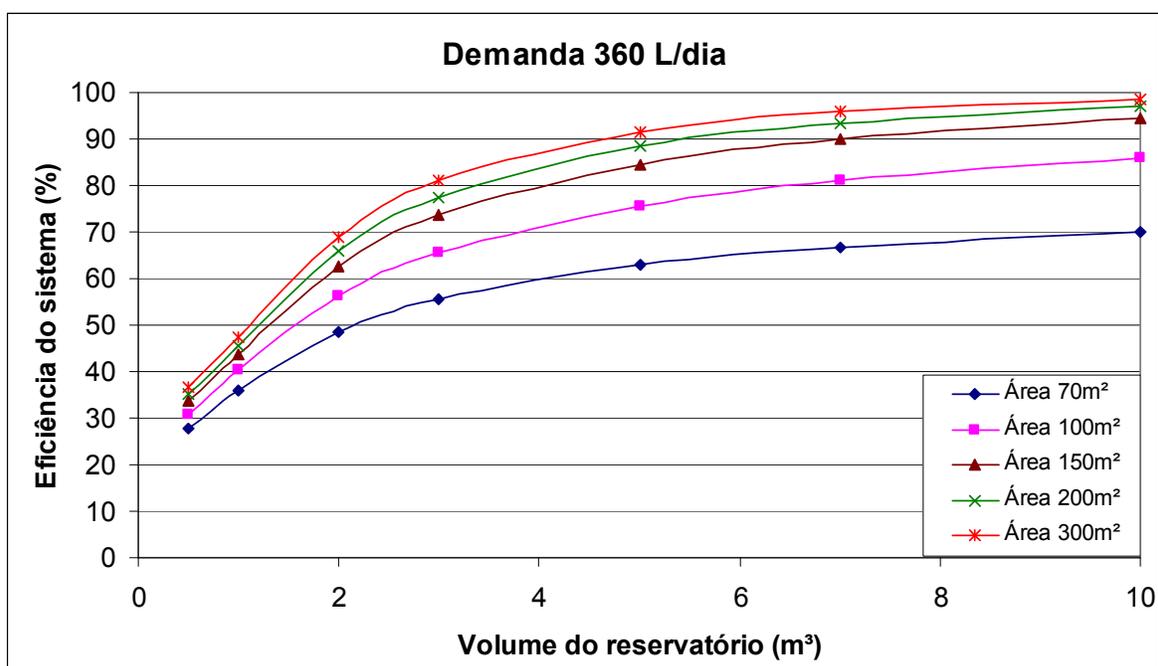


Figura 86 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Santiago – (código 02954020).

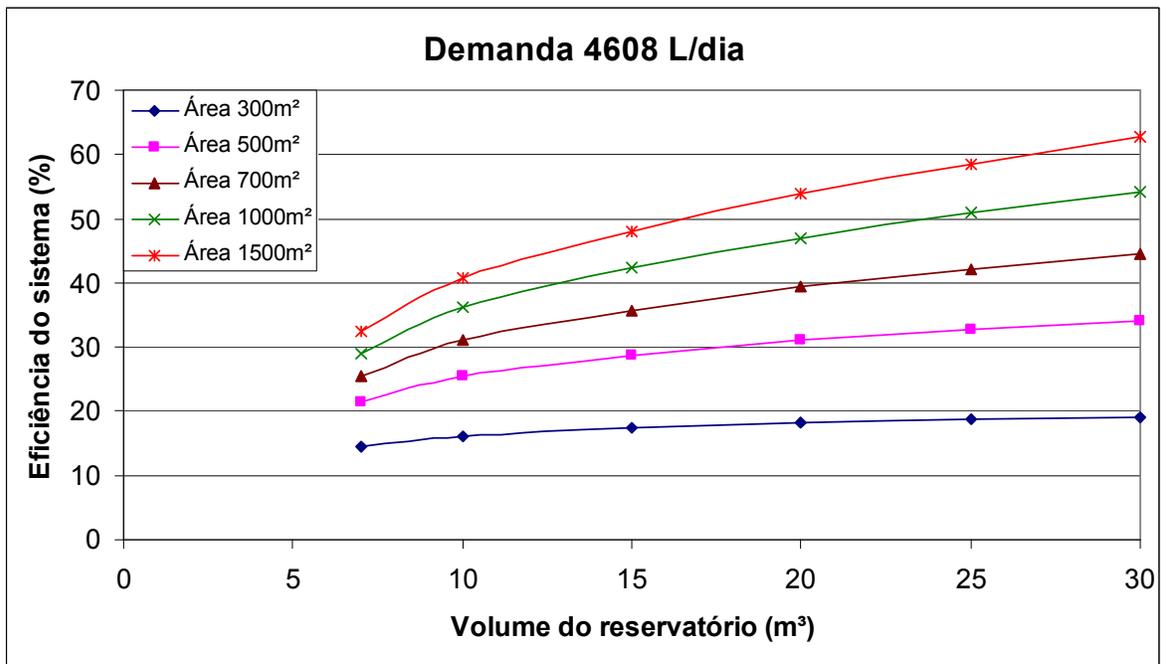


Figura 87 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Santiago – (código 02954020).

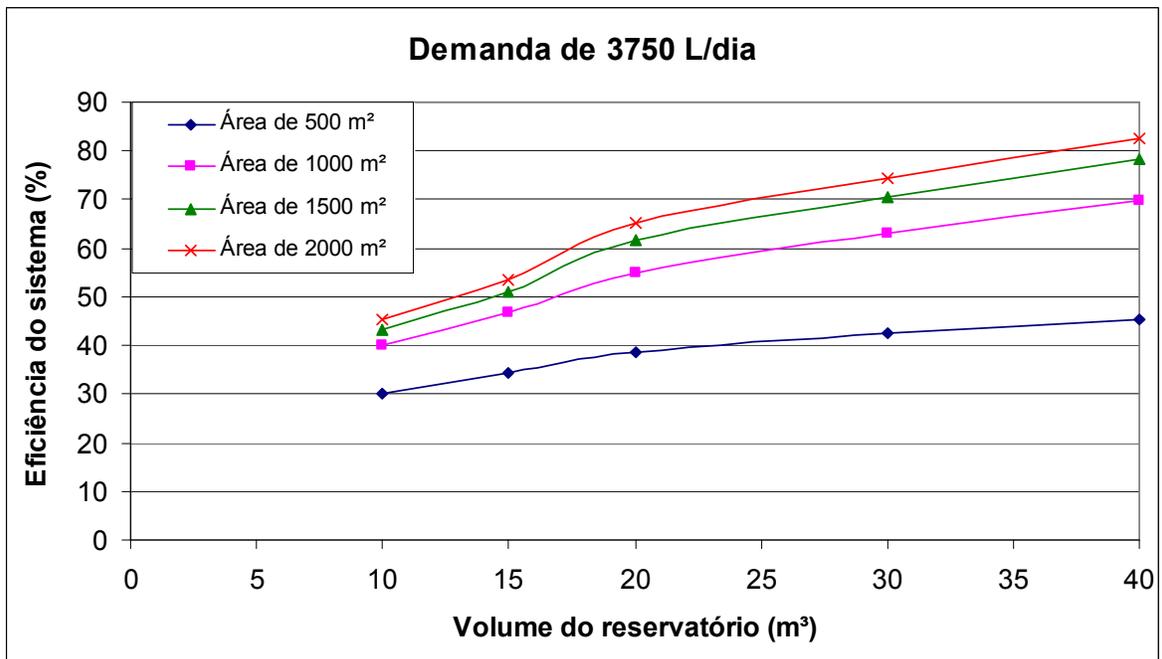


Figura 88 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Santiago – (código 02954020).

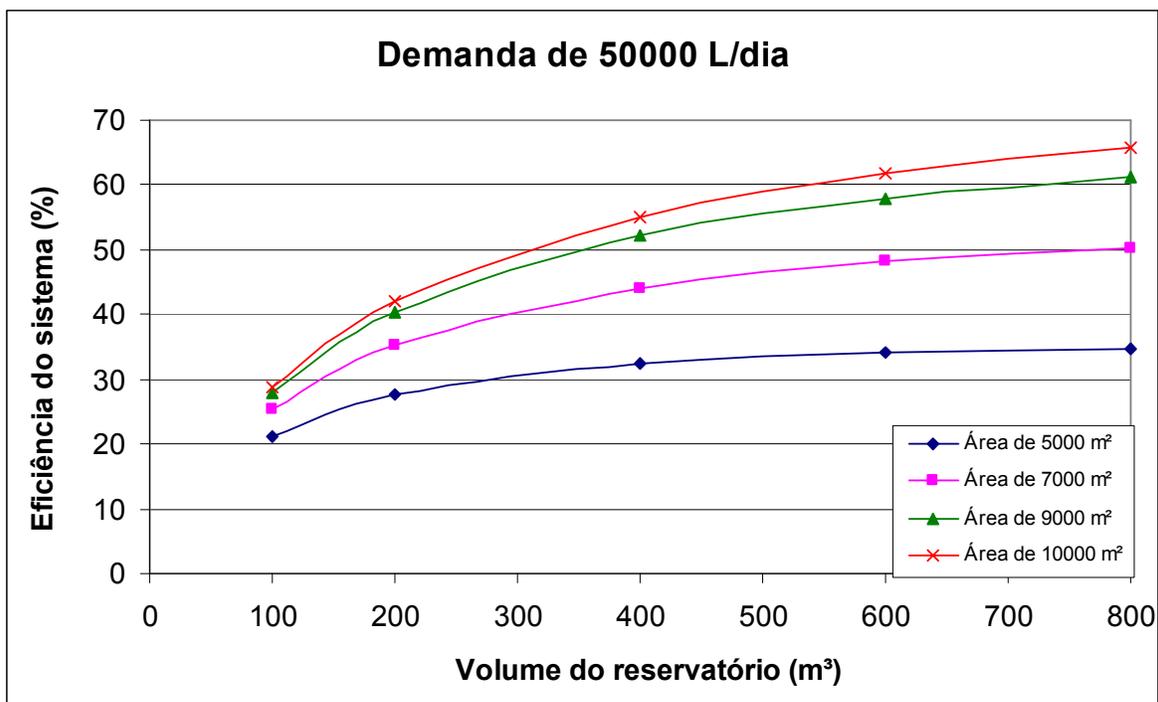


Figura 89 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Santiago – (código 02954020).

## ANEXO Q - Estação Florida- Santiago (código 02954030)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Florida (código 02954030).

As Figuras 90, 91, 92 e 93 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

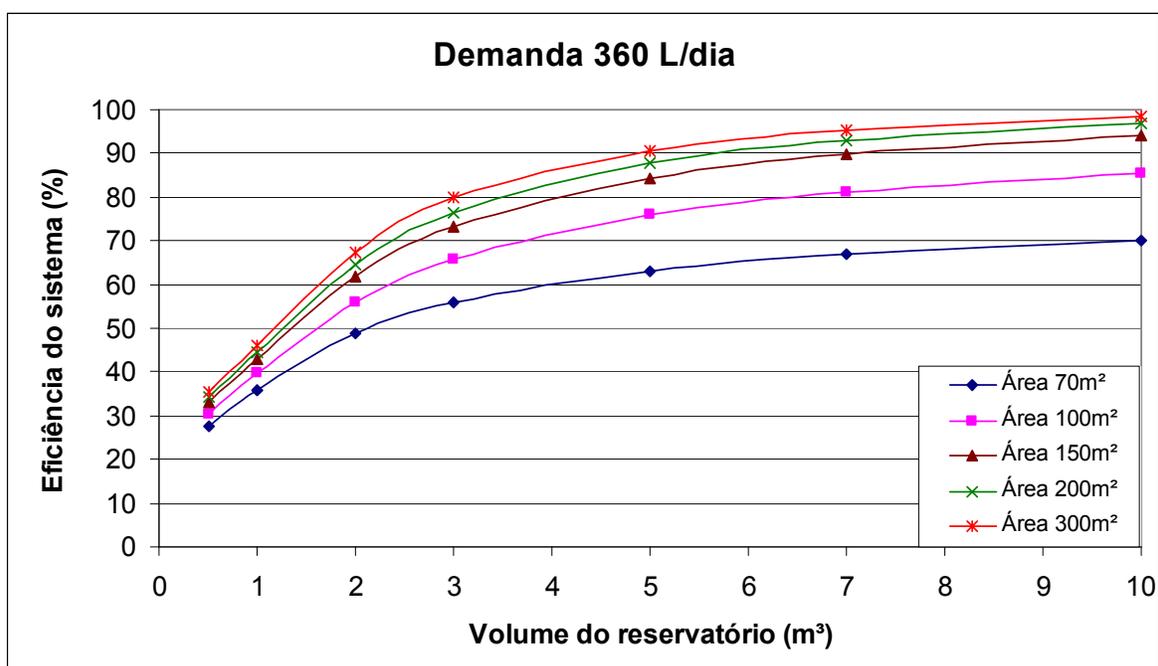


Figura 90 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Florida – Santiago (código 02954030).

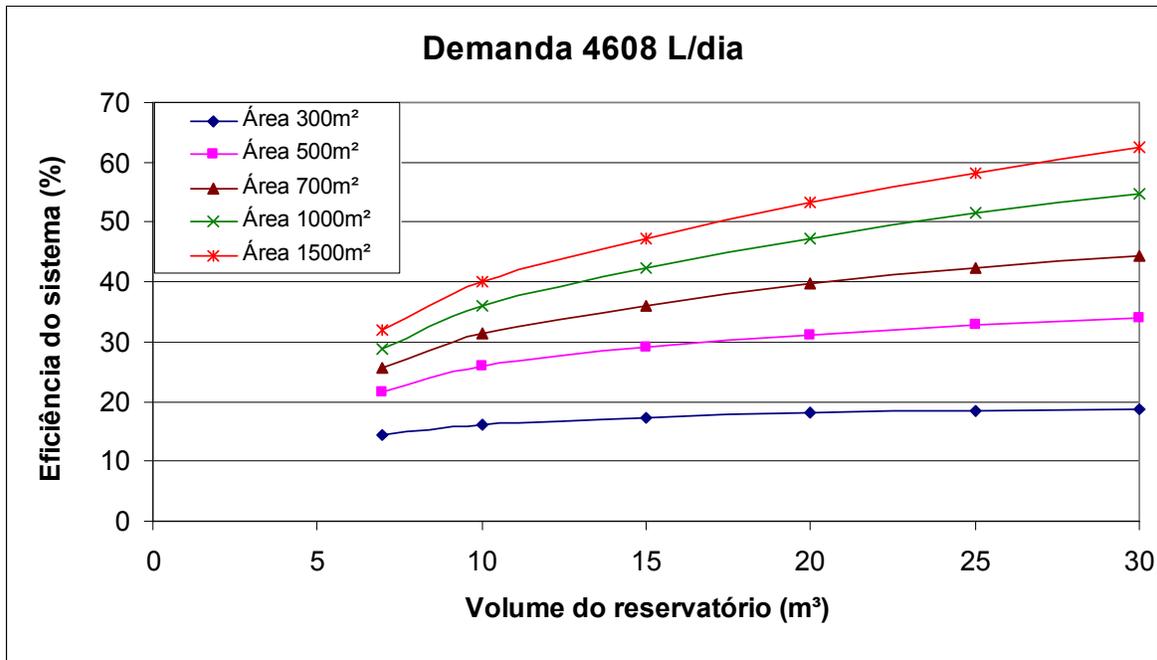


Figura 91 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Florida–(código 02954030).

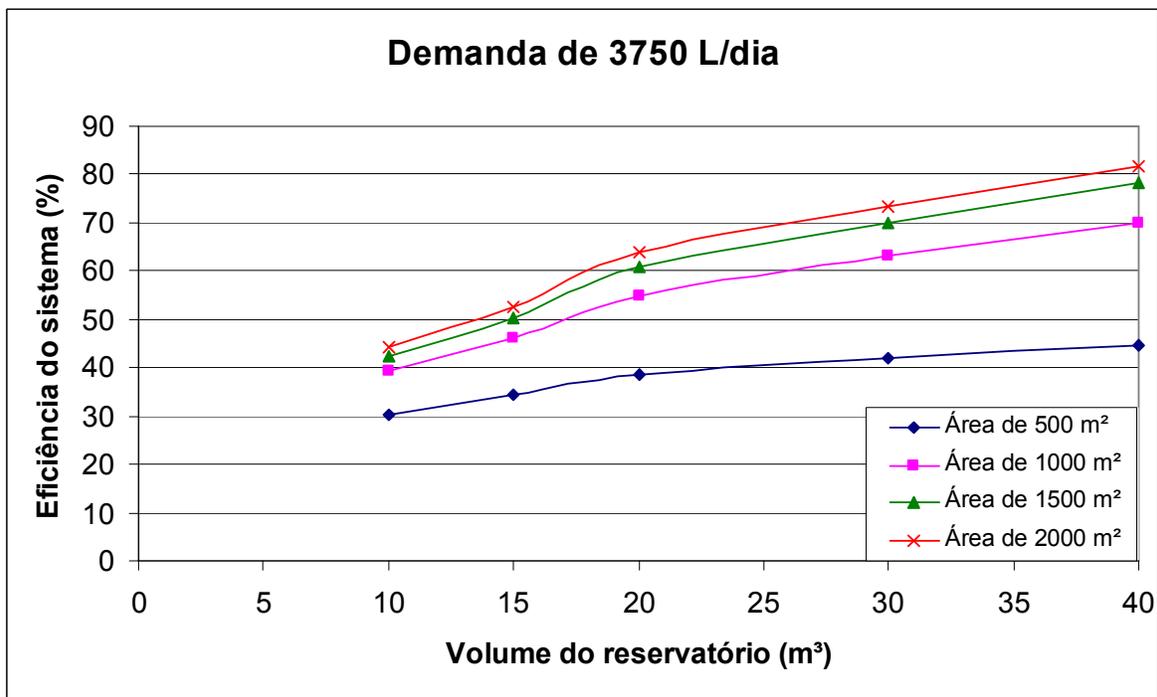
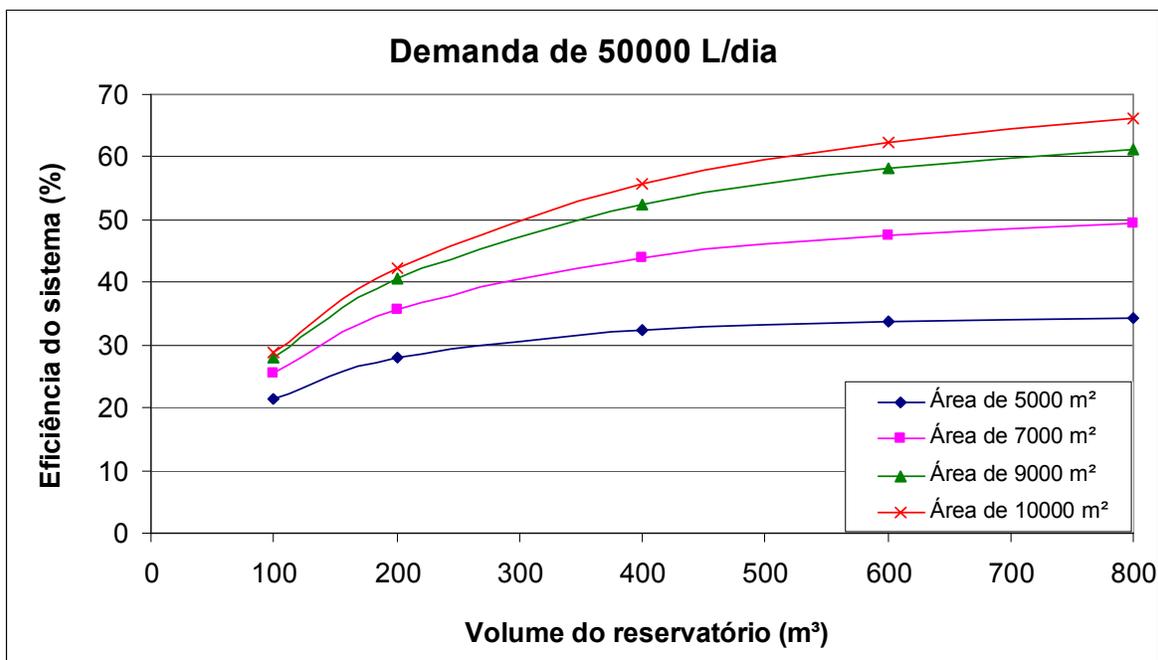


Figura 92 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Florida–(código 02954030).



**Figura 93 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Florida-(código 02954030).**

## ANEXO R - Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Esquina dos Lima (código 02954031).

As Figuras 94, 95, 96 e 97 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

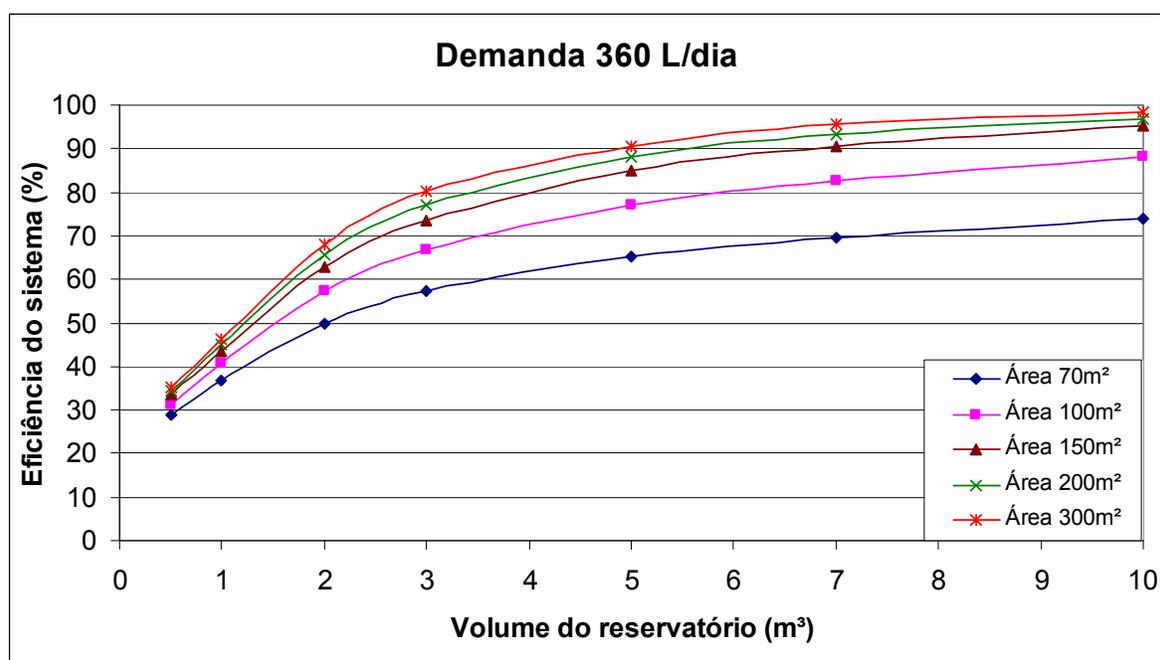


Figura 94 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031).

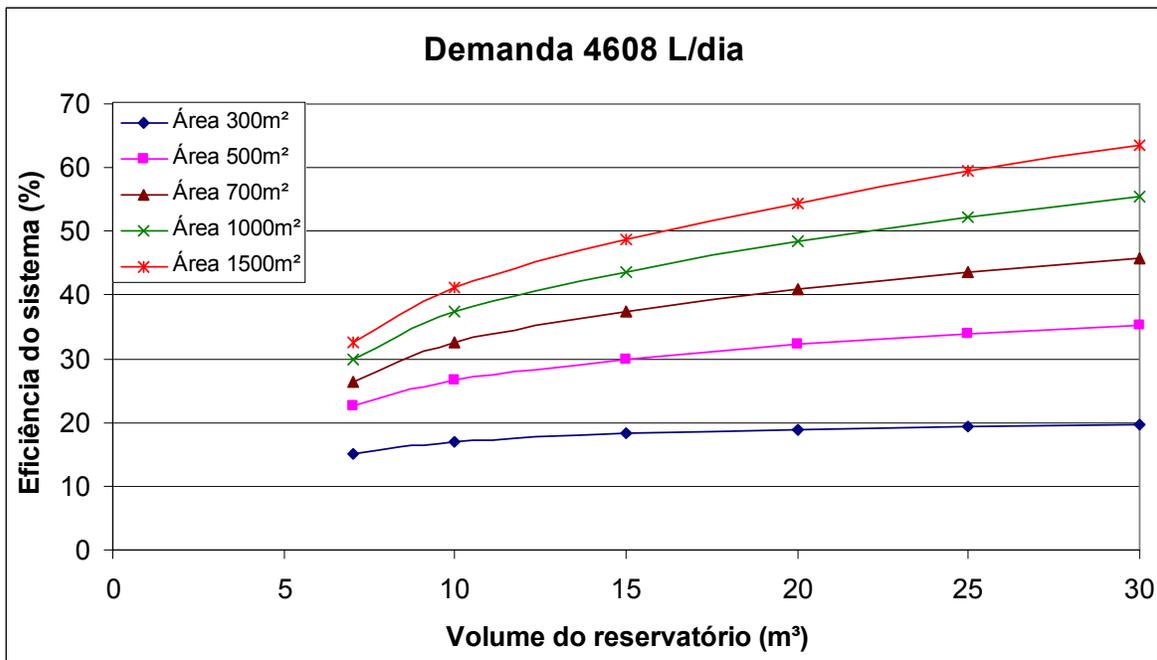


Figura 95 – Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031).

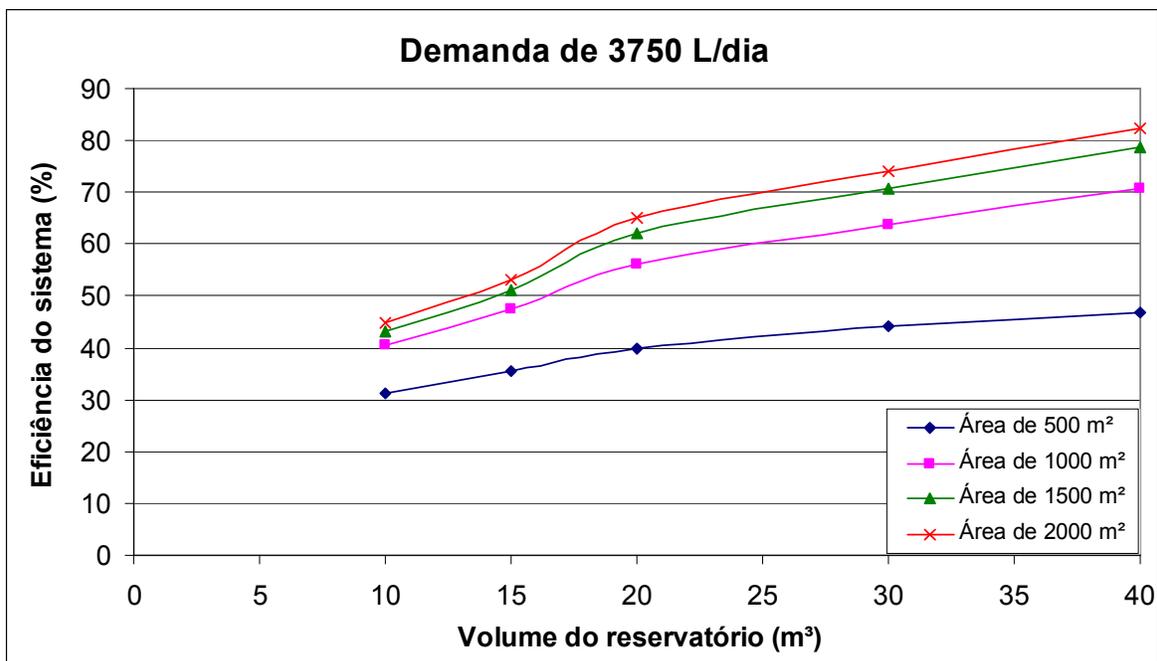


Figura 96 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031).

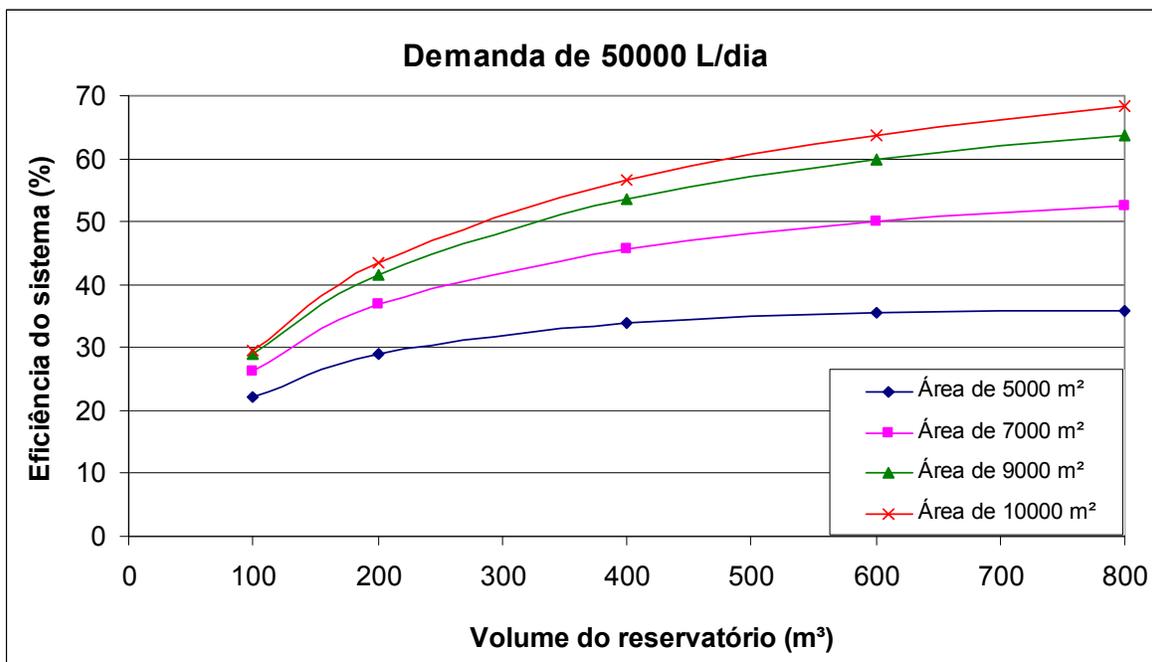
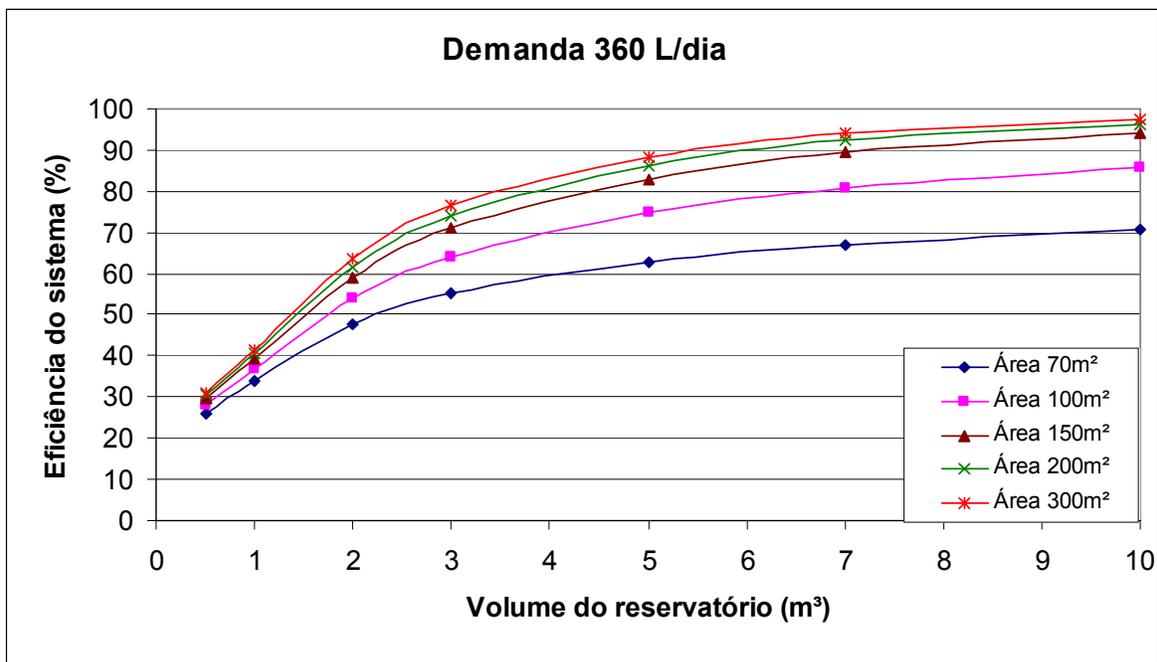


Figura 97 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Esquina dos Lima – Santiago (código 02954031).

## ANEXO S - Estação Unistalda – Santiago (código 02955007)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Unistalda (código 02955007).

As Figuras 98, 99, 100 e 101 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.



**Figura 98 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).**

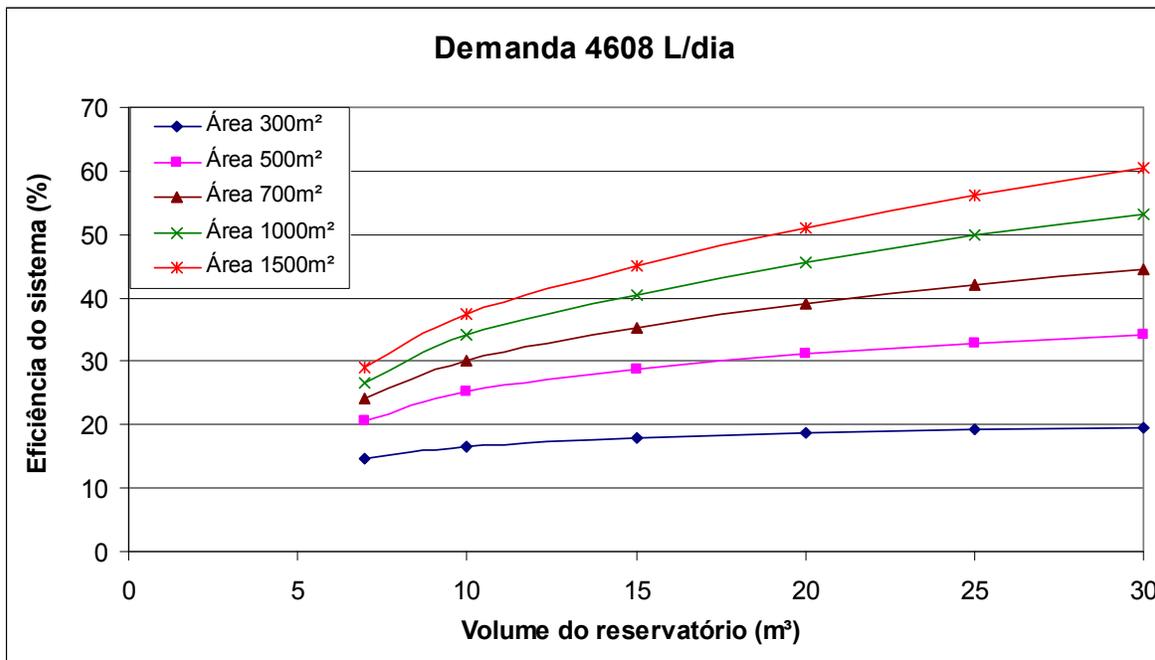


Figura 99 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).

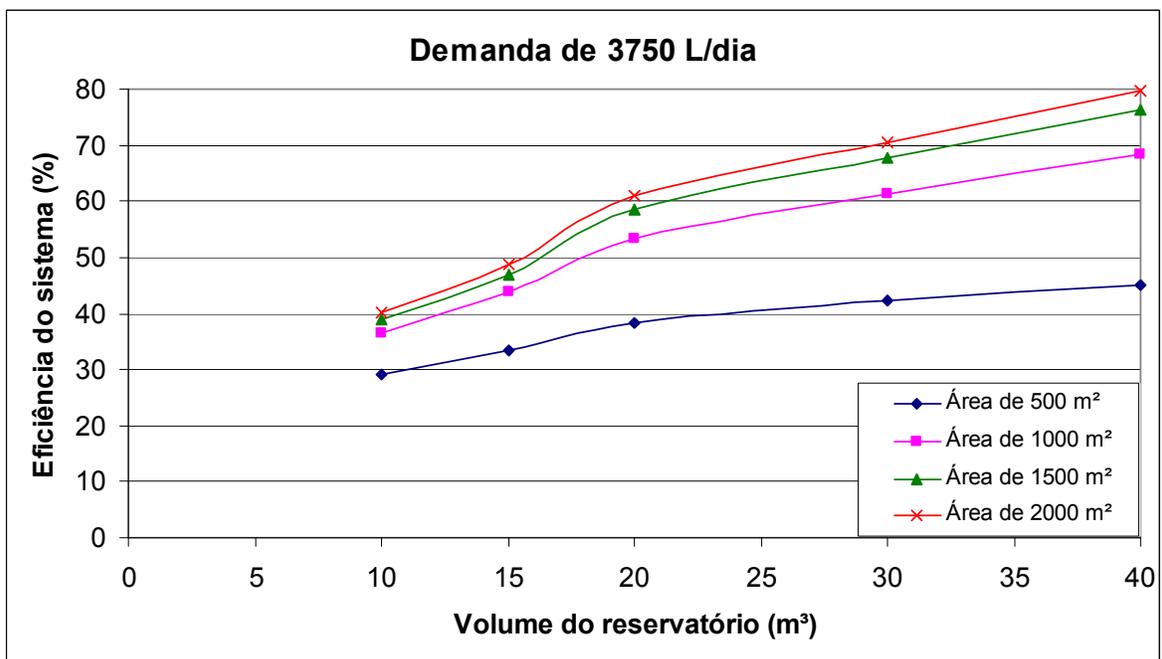


Figura 100 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).

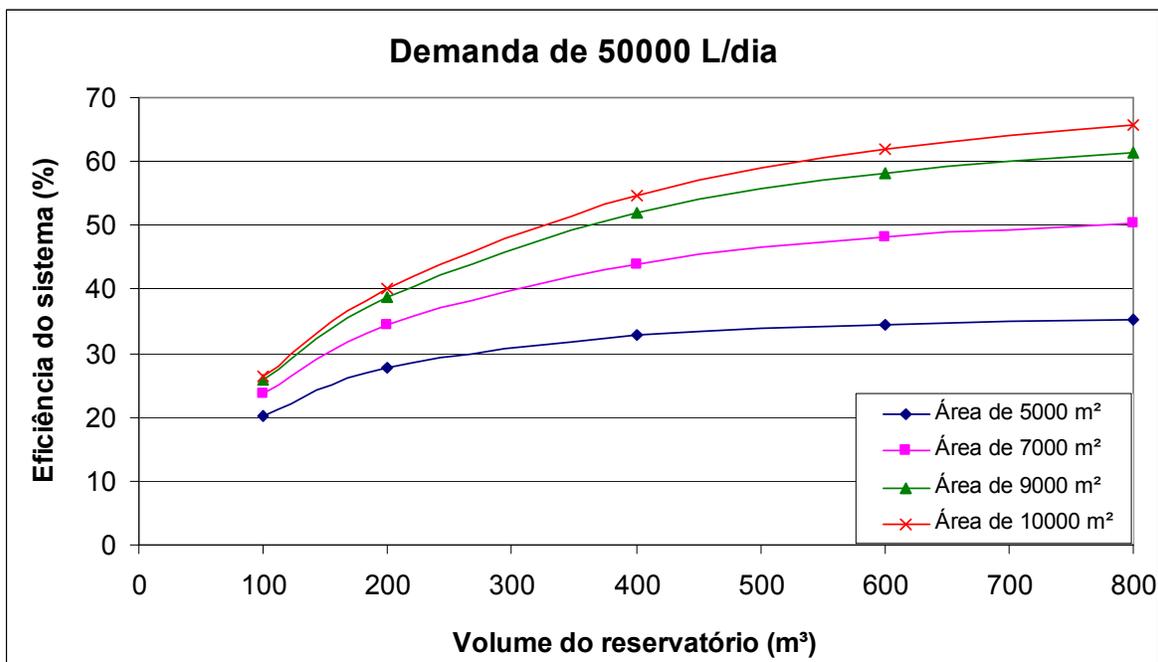


Figura 101 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Unistalda – Santiago (código 02955007).

## ANEXO T - Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Ponte do Miracatu (código 02955006).

As Figuras 102, 103, 104 e 105 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

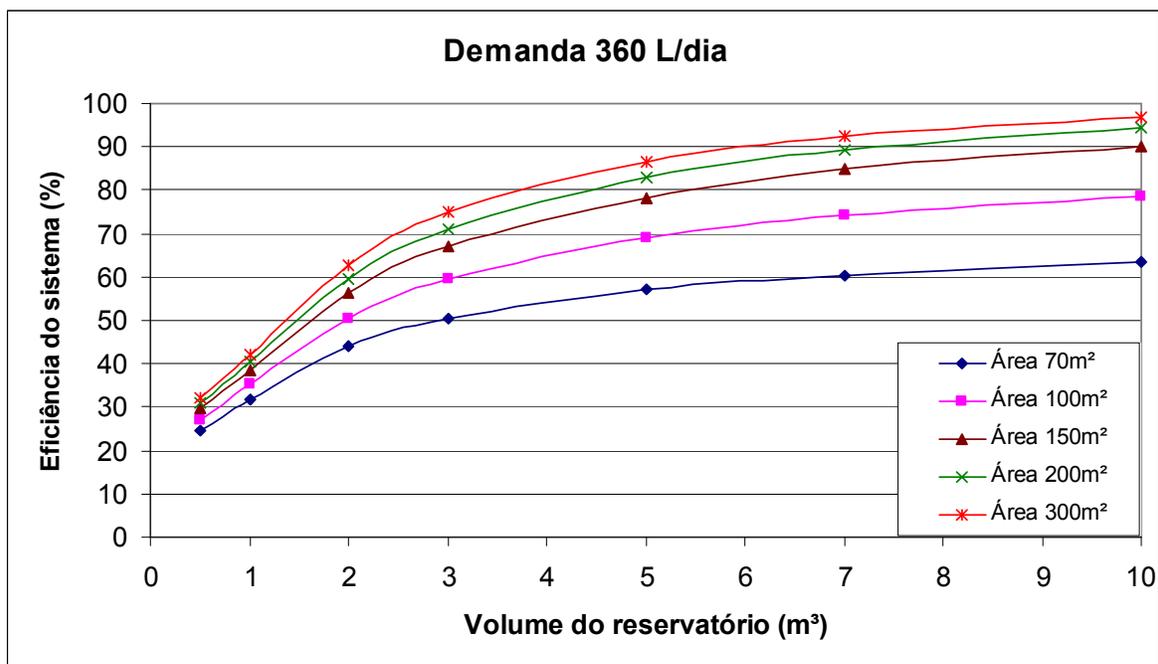


Figura 102 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006).

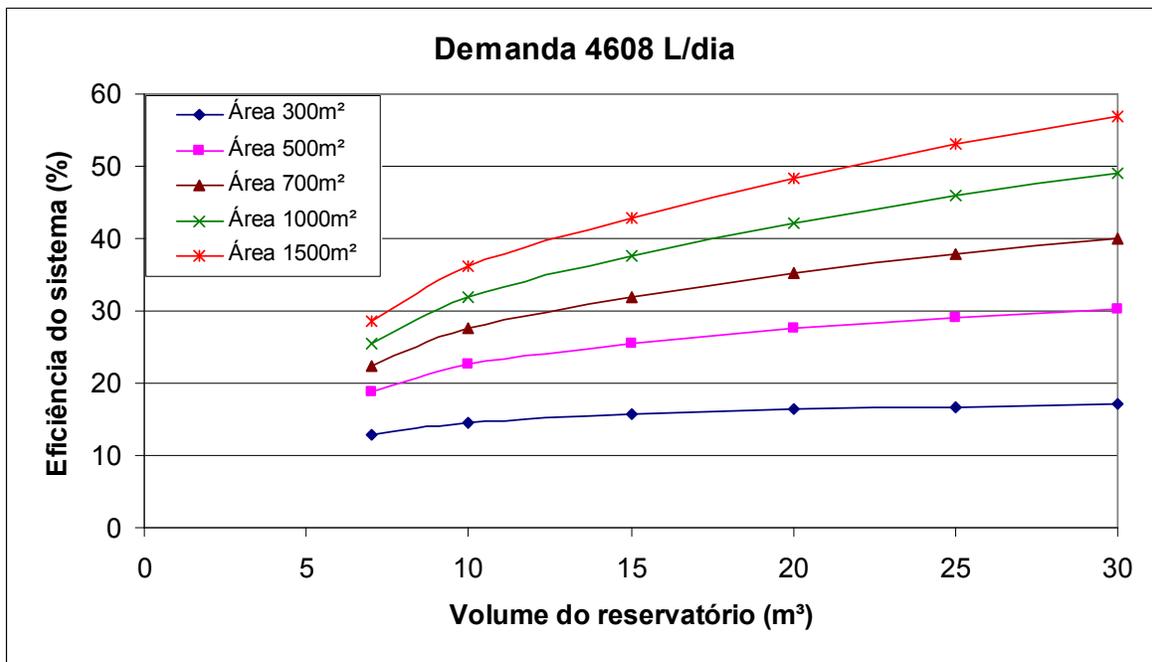


Figura 103 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006).

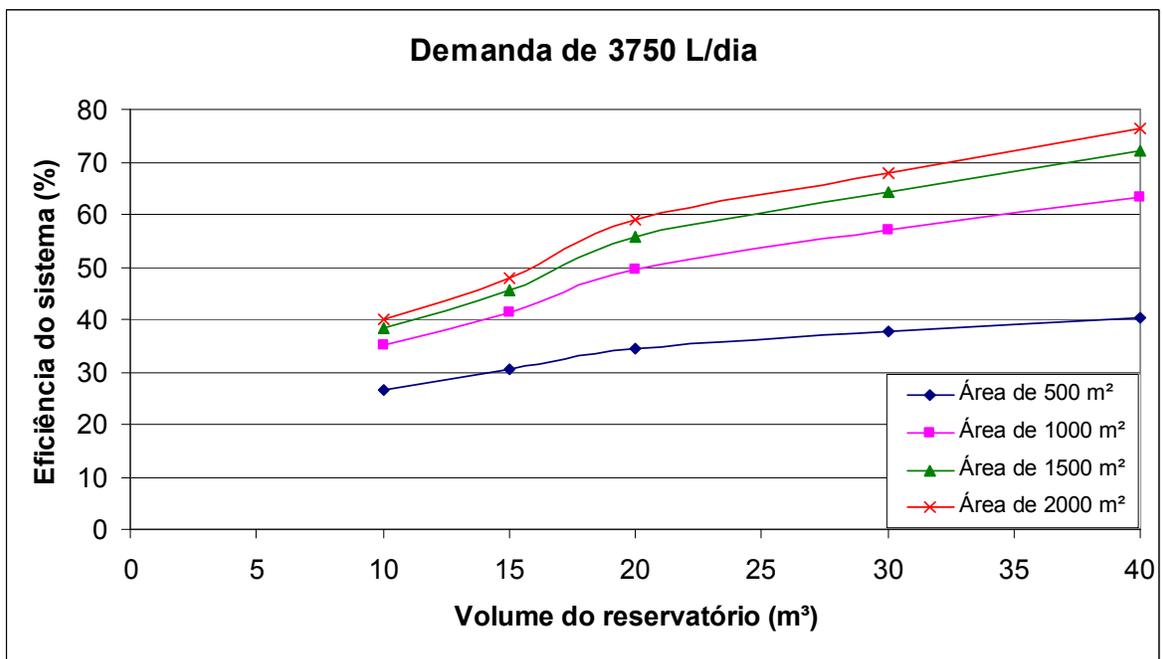


Figura 104 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006).

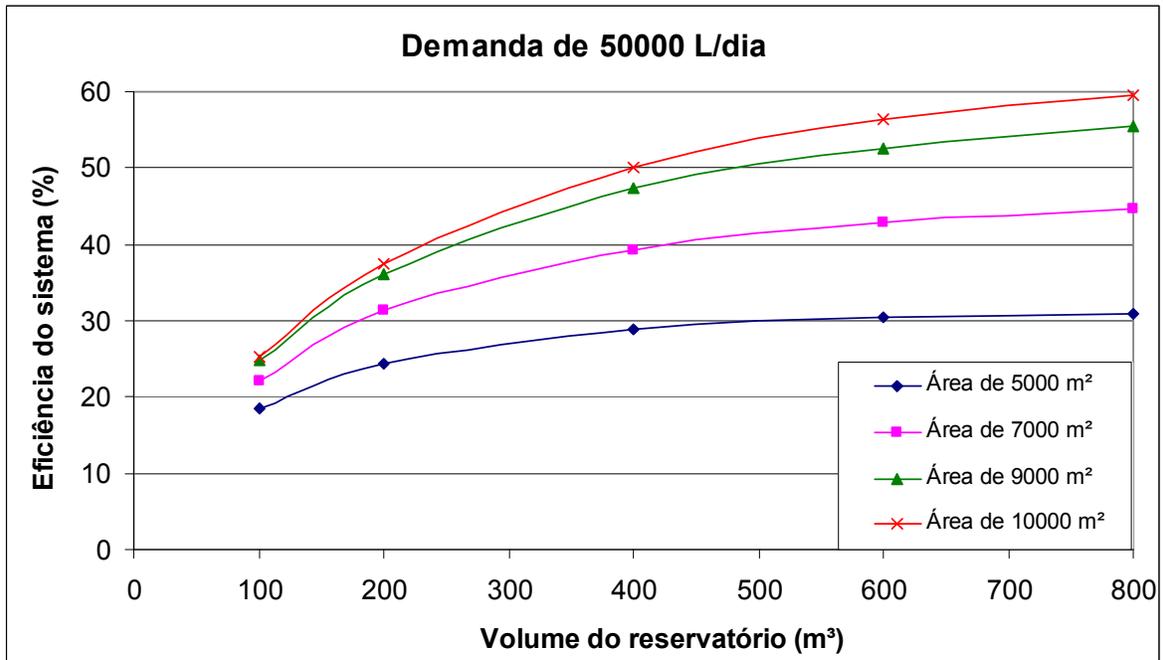


Figura 105 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte da Miracatu – São Francisco de Assis (código 02955006).

## ANEXO U - Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Ponte São Gabriel (código 03054018).

As Figuras 106, 107, 108 e 109 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

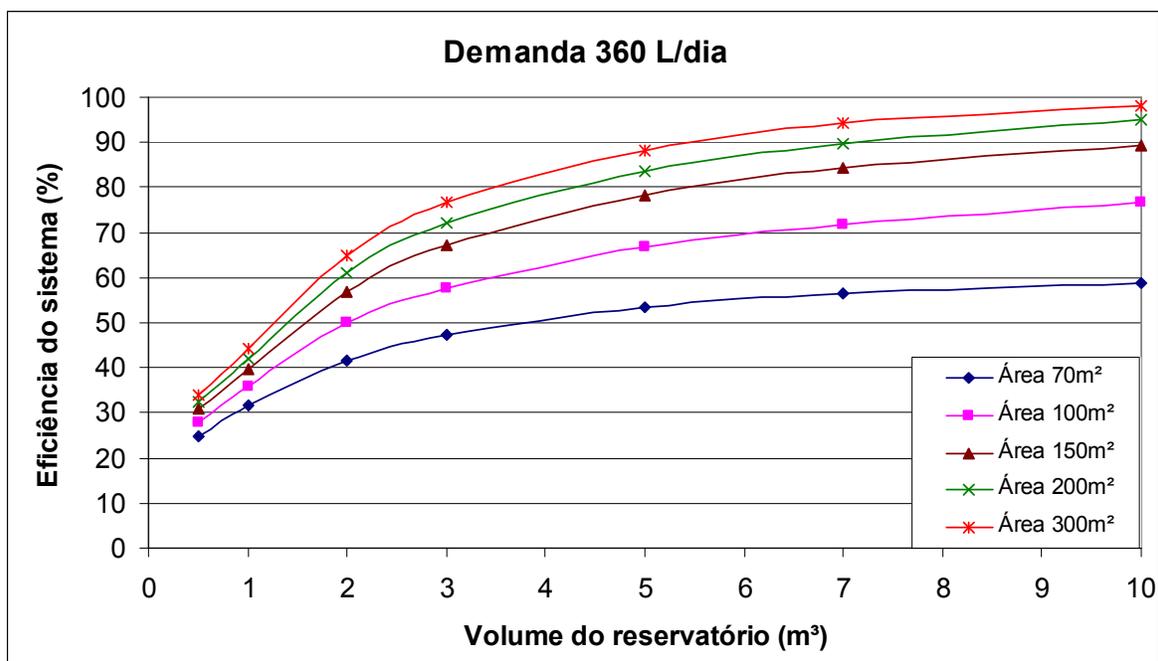


Figura 106 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018).

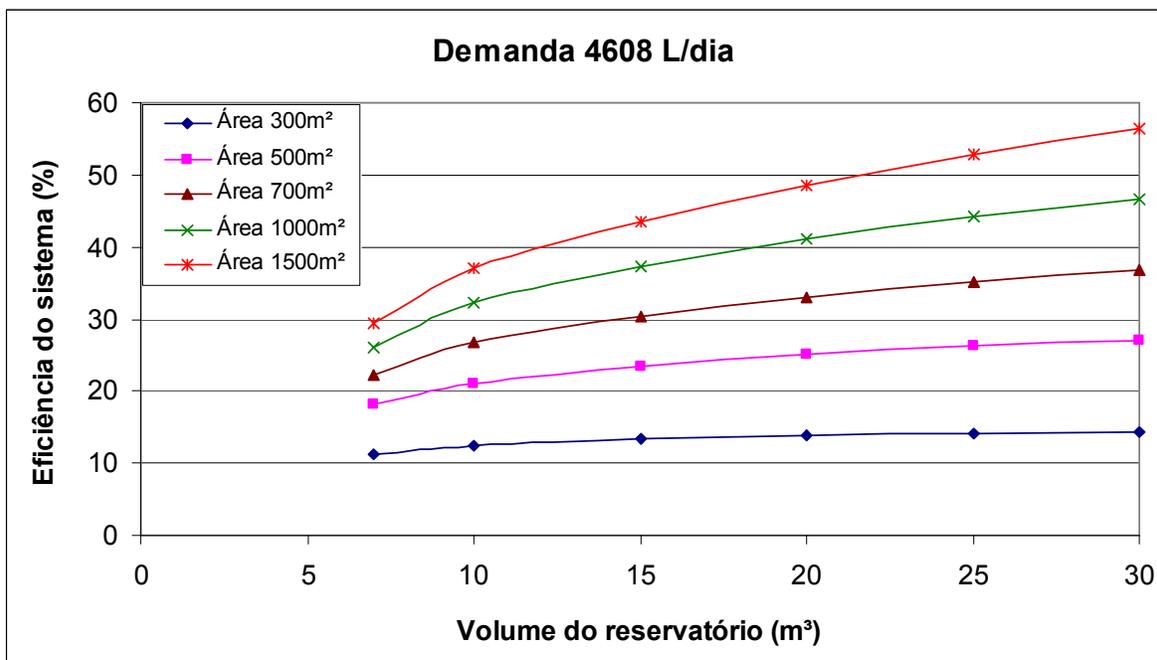


Figura 107 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018).

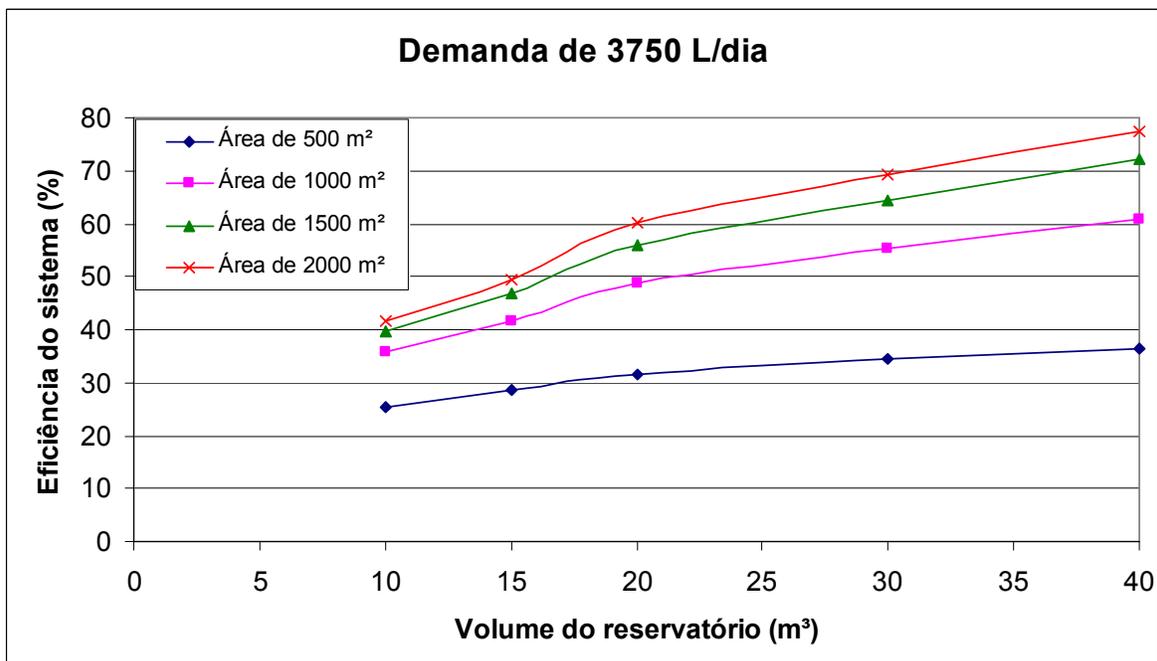


Figura 108 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018).

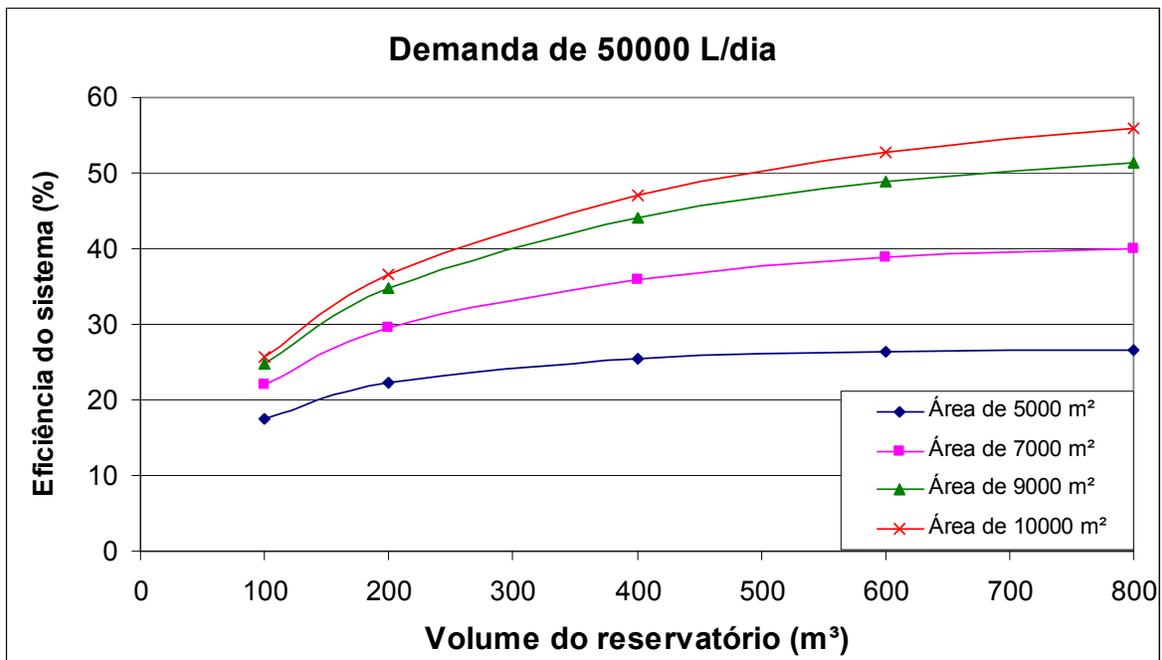


Figura 109 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte São Gabriel – São Gabriel (código 03054018).

## ANEXO V - Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Ponte Toropi II (código 02954032).

As Figuras 110, 111, 112 e 113 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

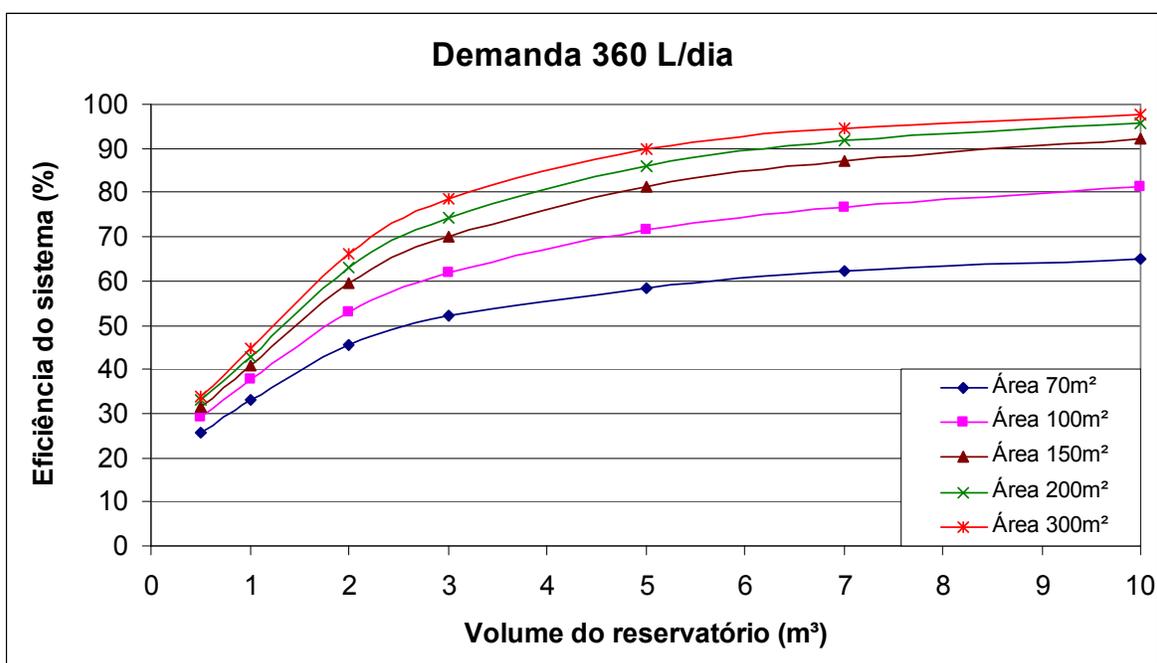


Figura 110 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032).

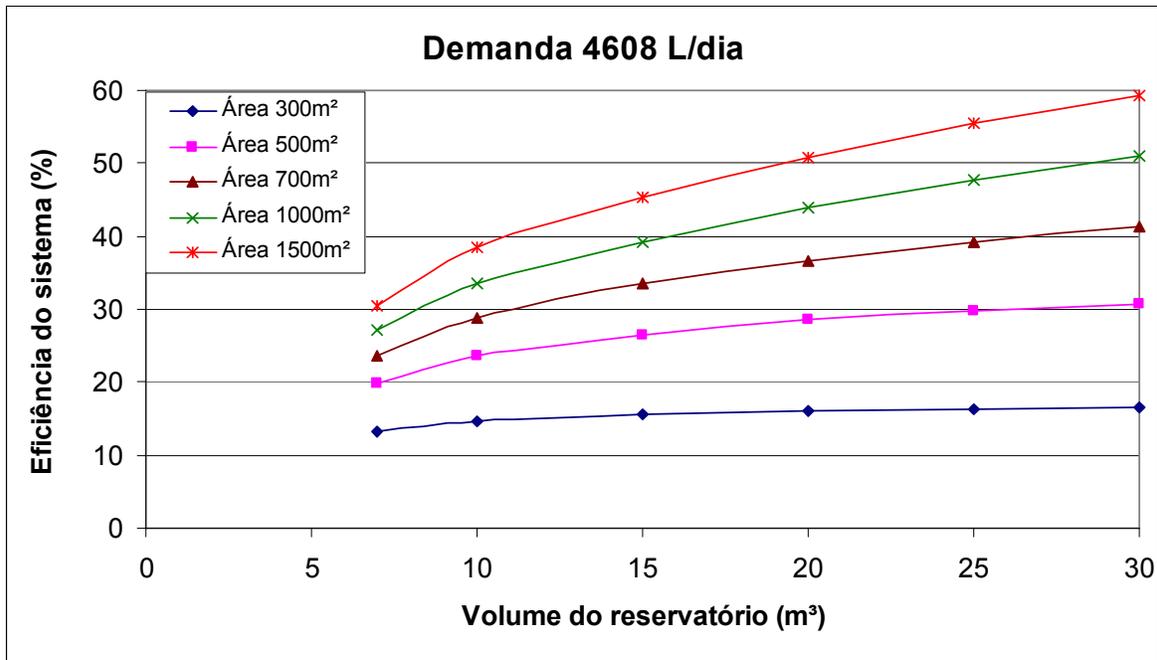


Figura 111 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032).

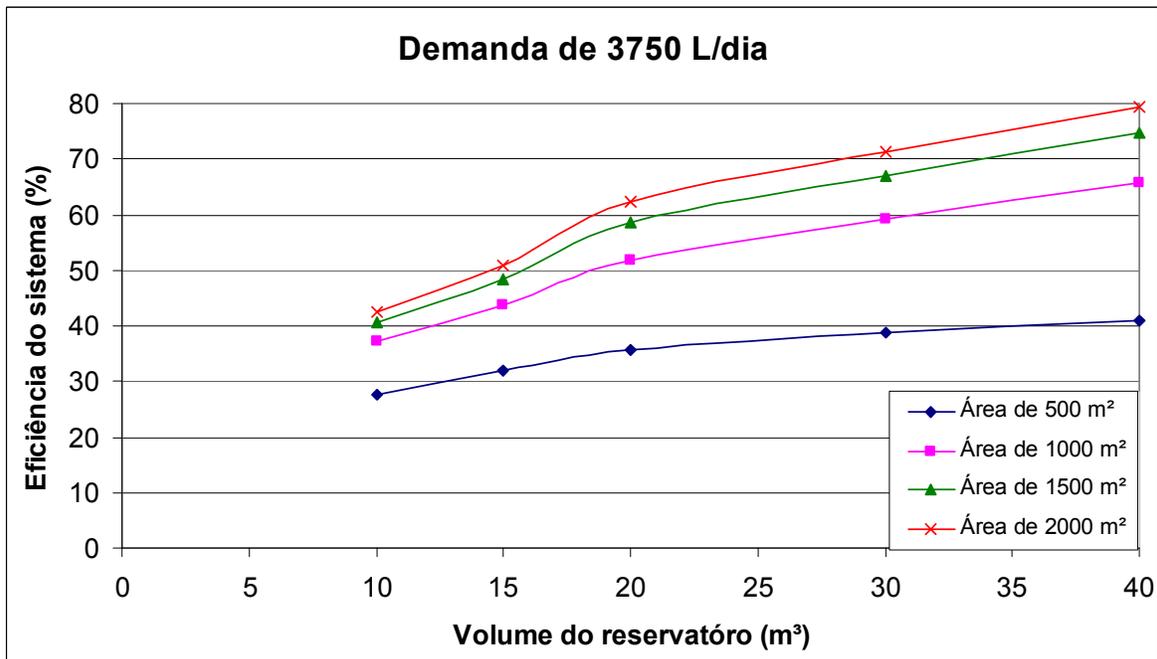


Figura 112 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032).

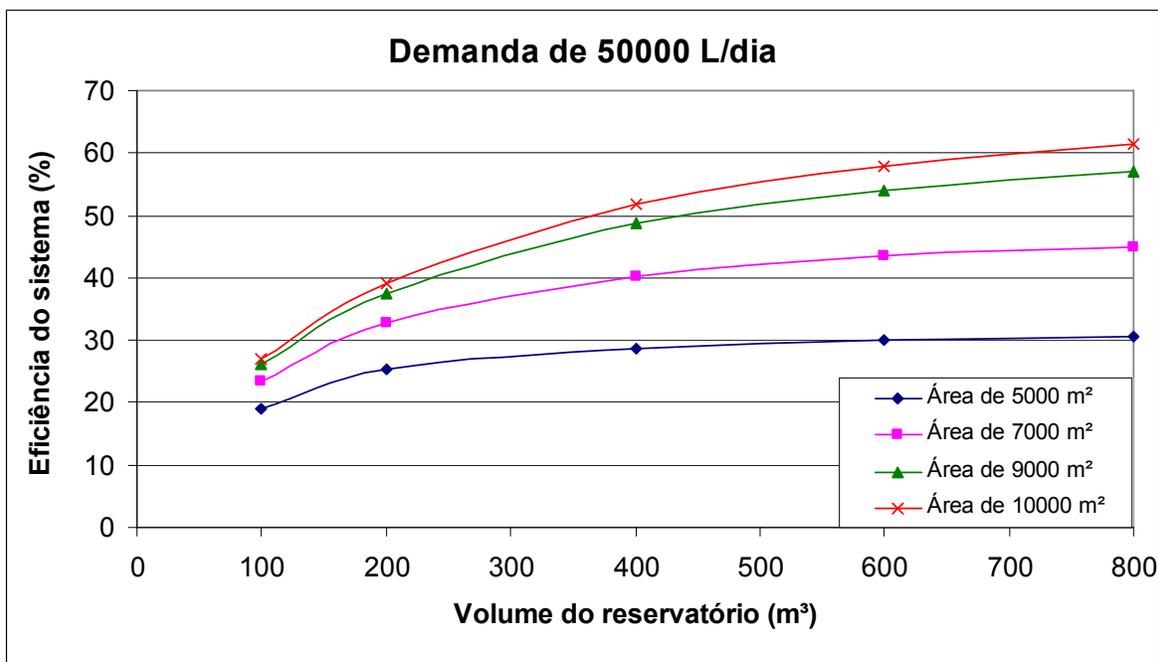


Figura 113 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Ponte Toropi II – São Pedro do Sul (código 02954032).

## ANEXO W - Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação São Sepé (código 03053012).

As Figuras 114, 115, 116 e 117 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

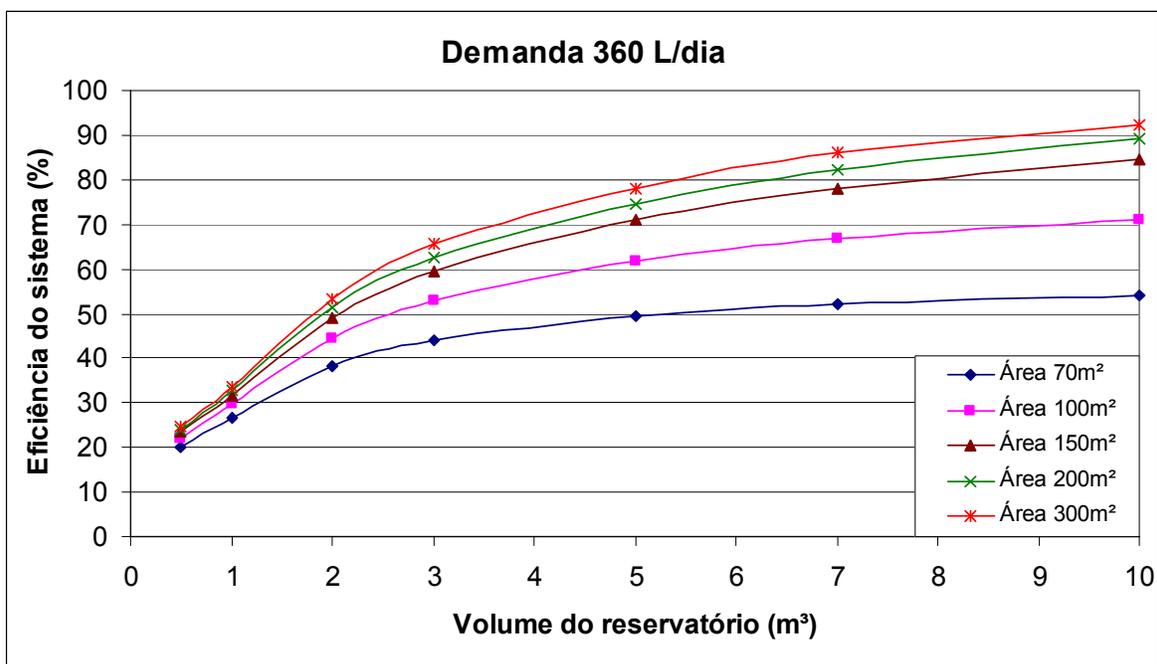


Figura 114 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012).

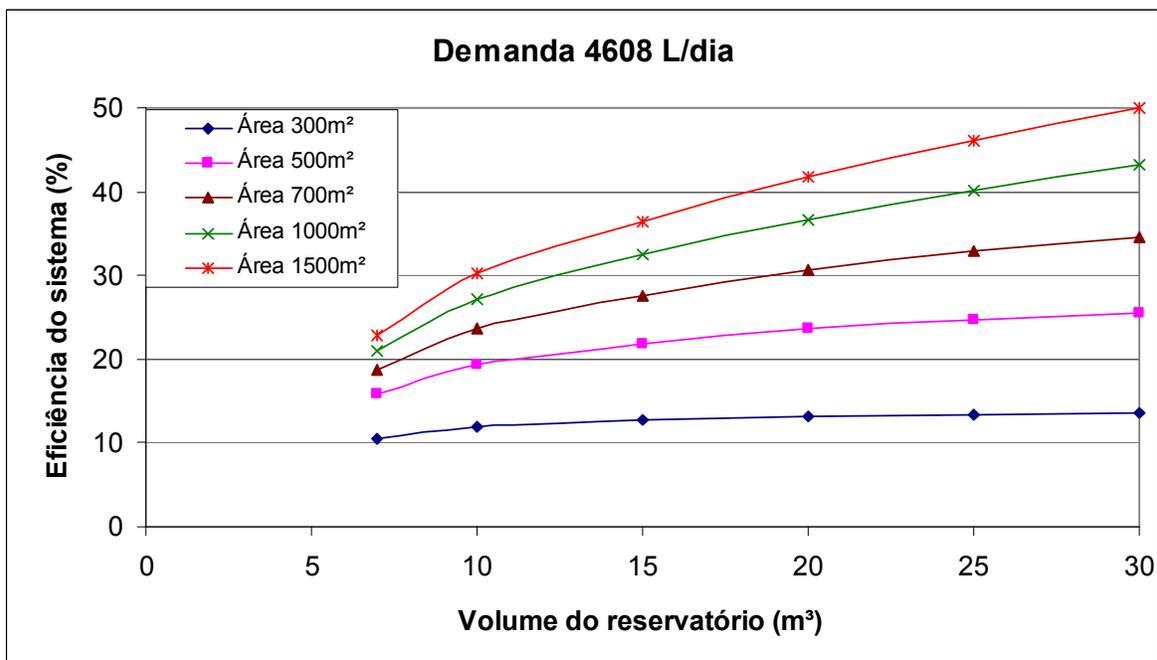


Figura 115 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012).

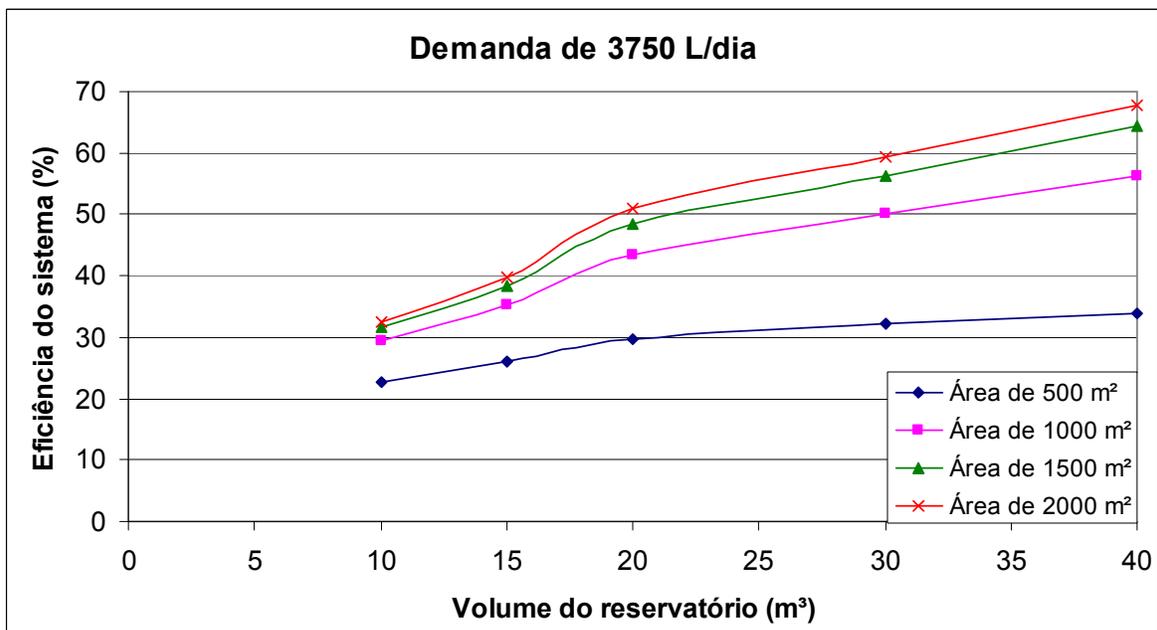


Figura 116 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012).

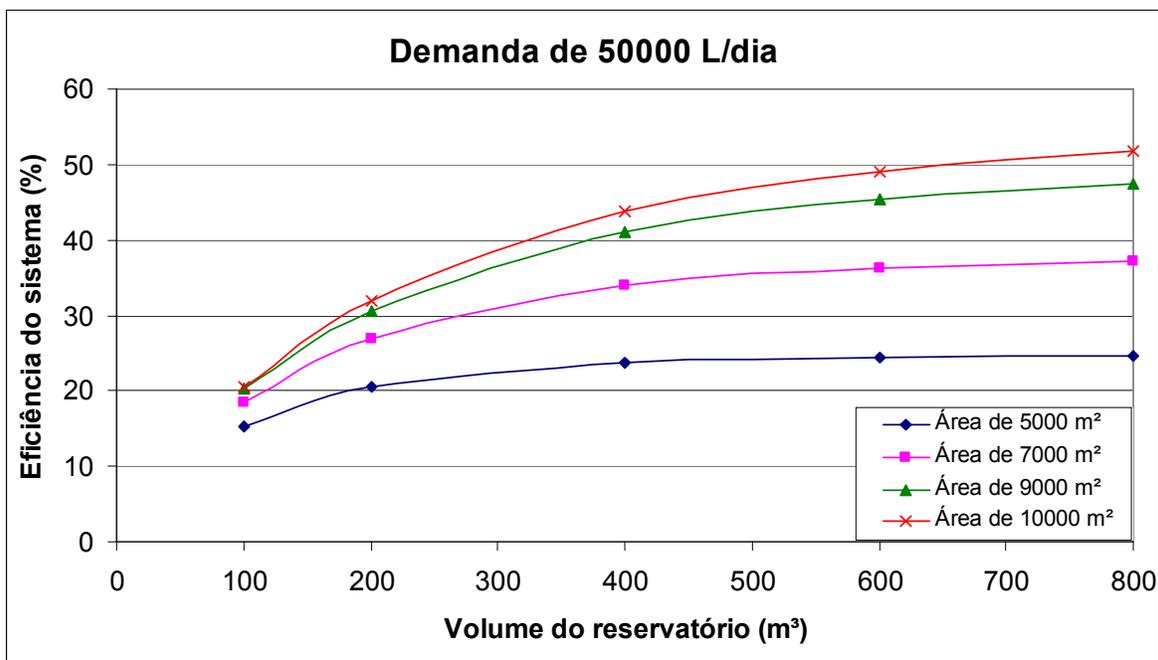


Figura 117 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Sepé – São Sepé (código 03053012).

## ANEXO X – Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Passo dos Freires (código 03053017).

As Figuras 118, 119, 120 e 121 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

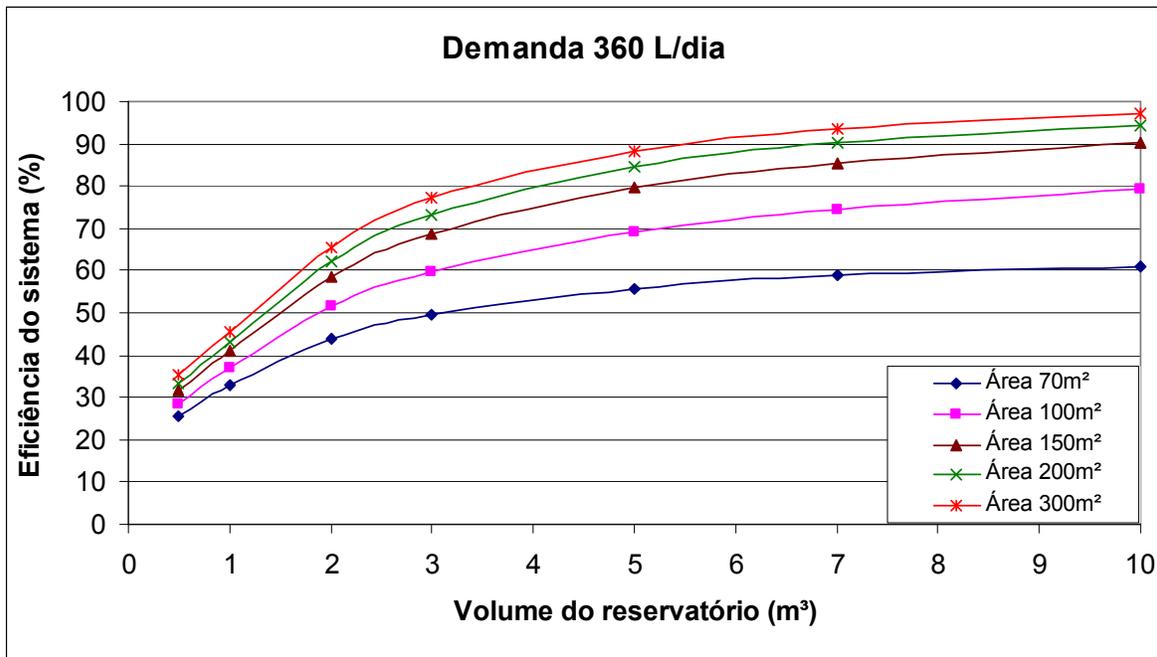


Figura 118 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017).

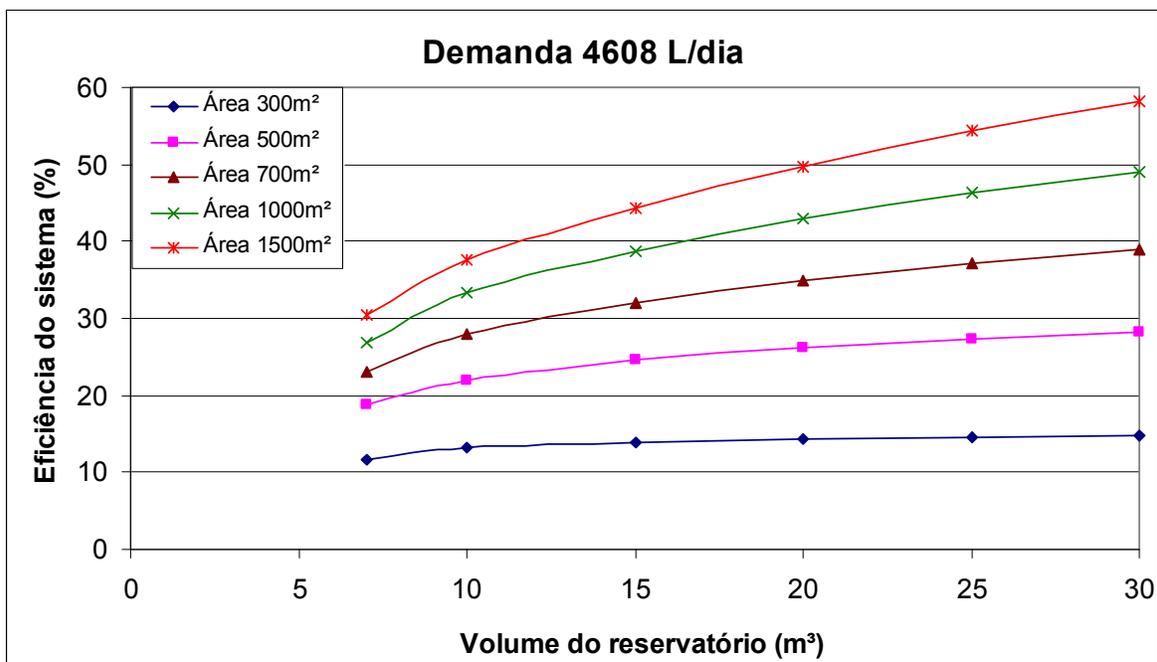


Figura 119 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017).

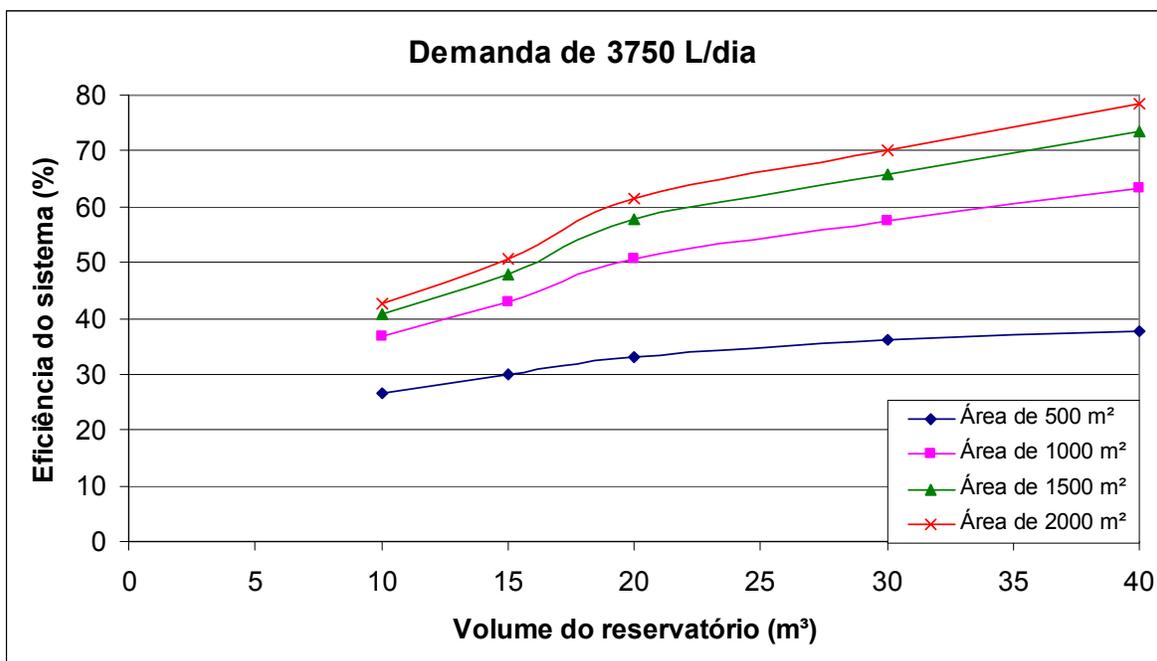
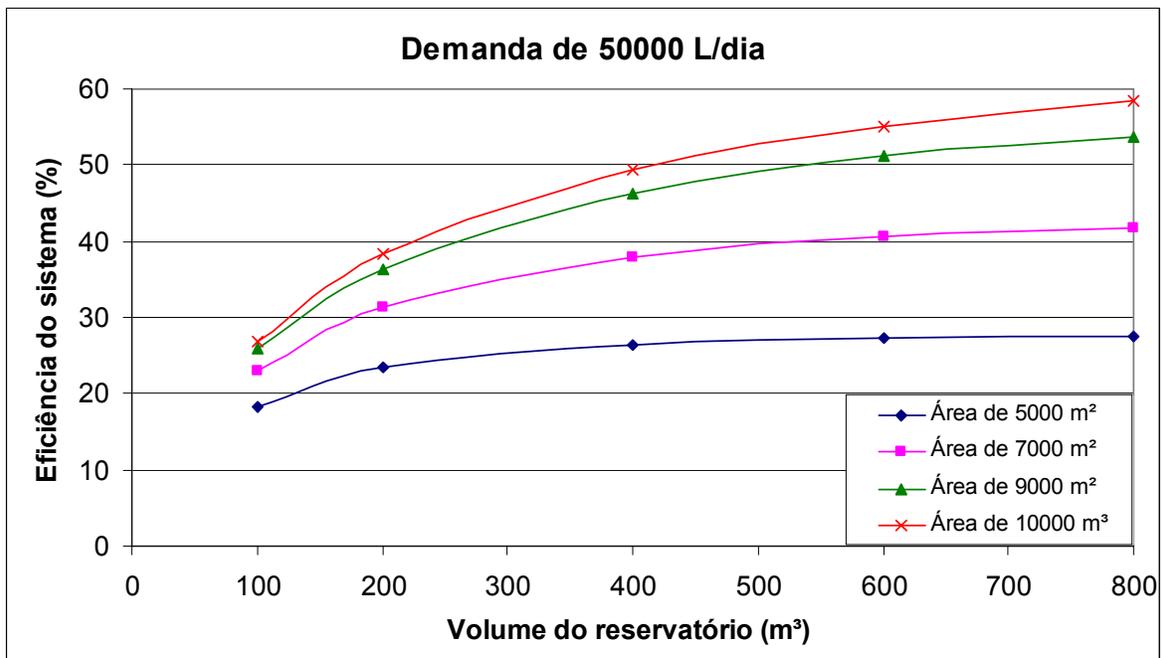


Figura 120 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017).



**Figura 121 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Passo dos Freires – São Sepé (código 03053017).**

## ANEXO Y - Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação São Sepé Montante (código 03053020).

As Figuras 122, 123, 124 e 125 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

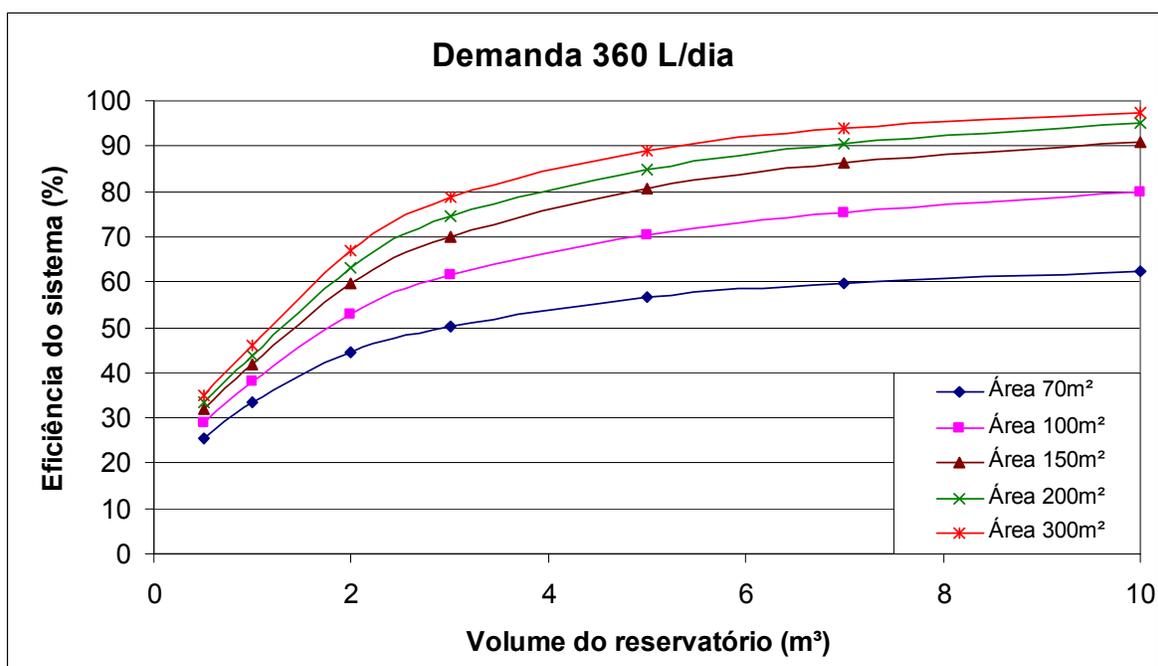


Figura 122 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020).

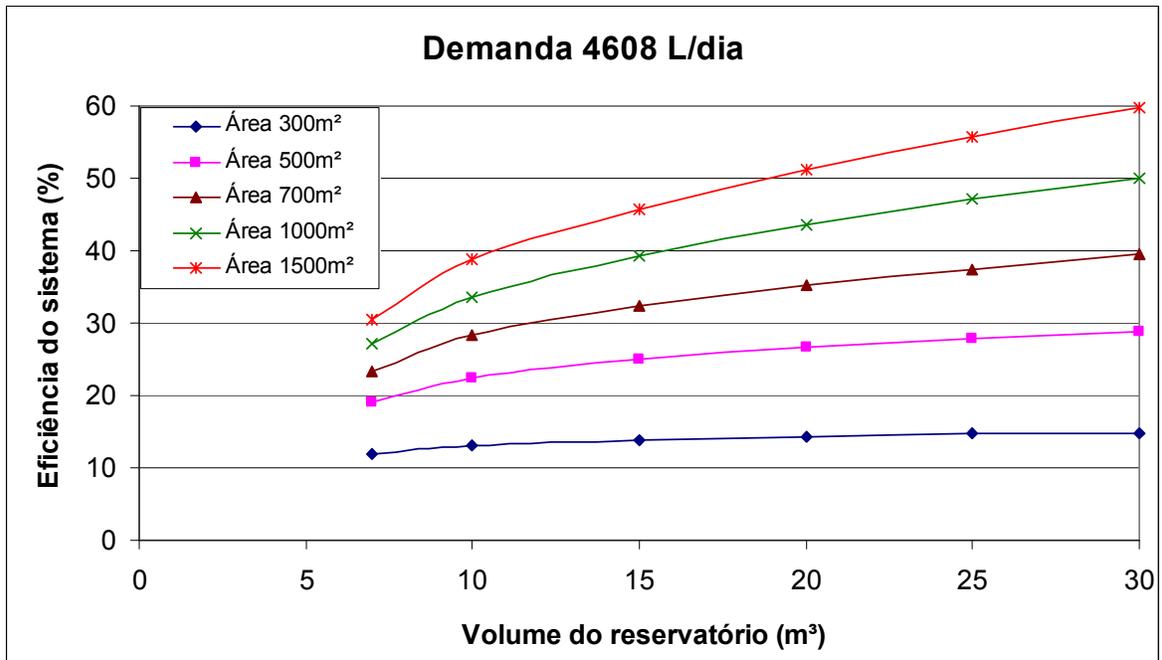


Figura 123 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020).

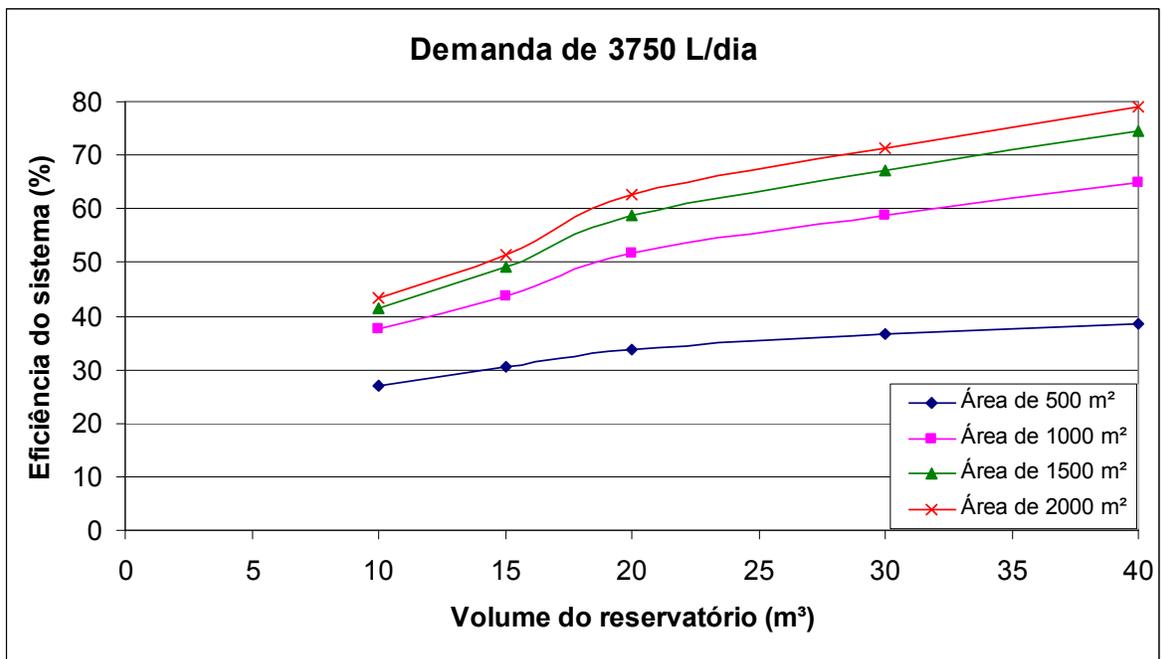


Figura 124 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020).

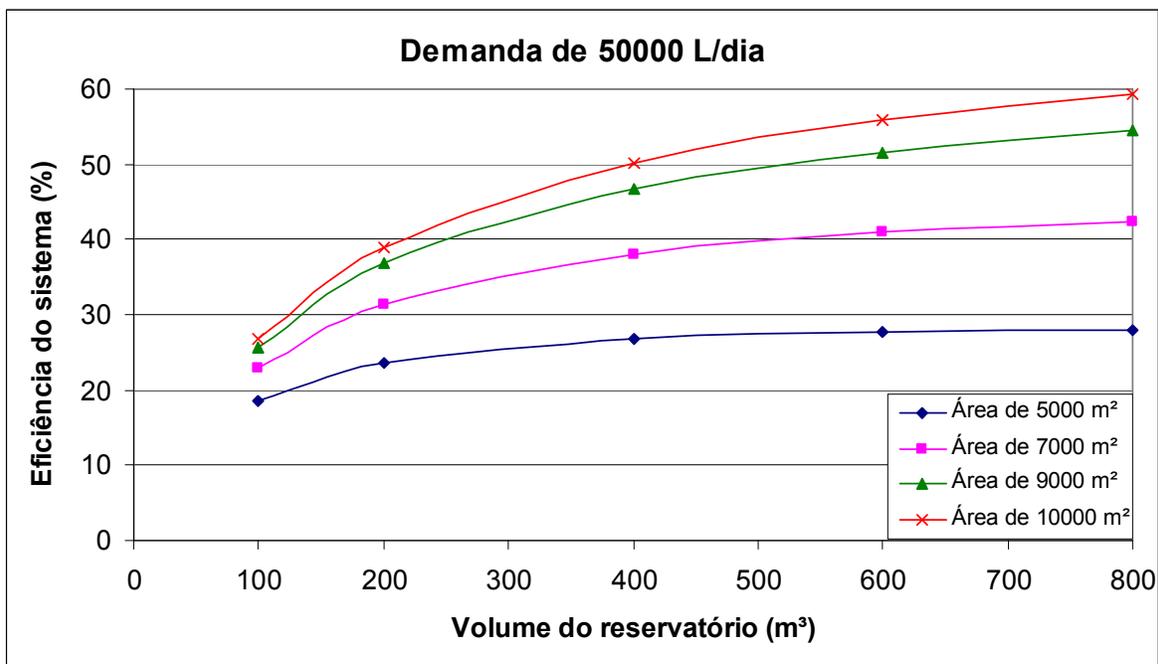


Figura 125 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Sepé Montante – São Sepé (código 03053020).

## ANEXO Z - Estação São Vicente do Sul (código 02954010)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).

As Figuras 126, 127, 128 e 129 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

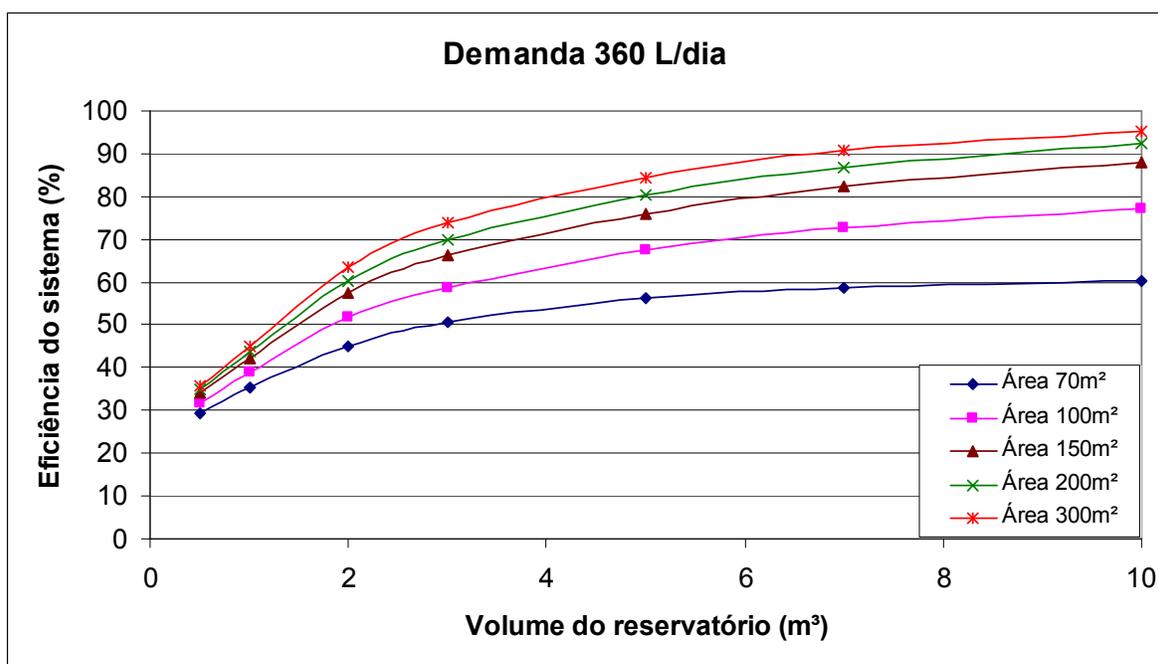


Figura 126 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).

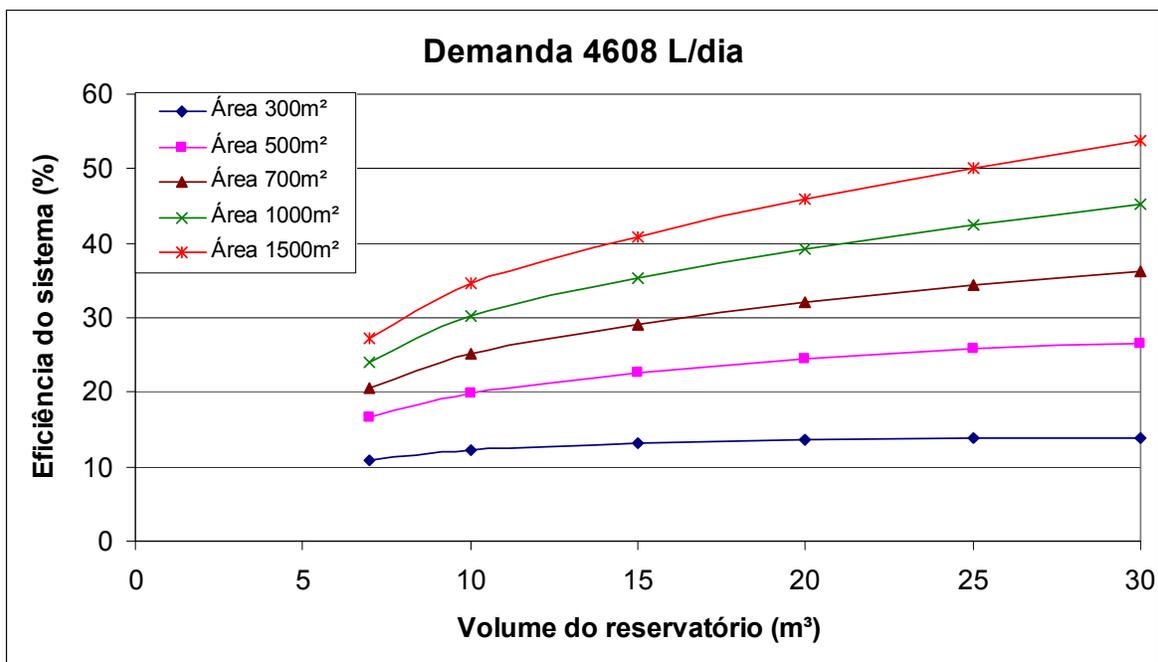


Figura 127 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).

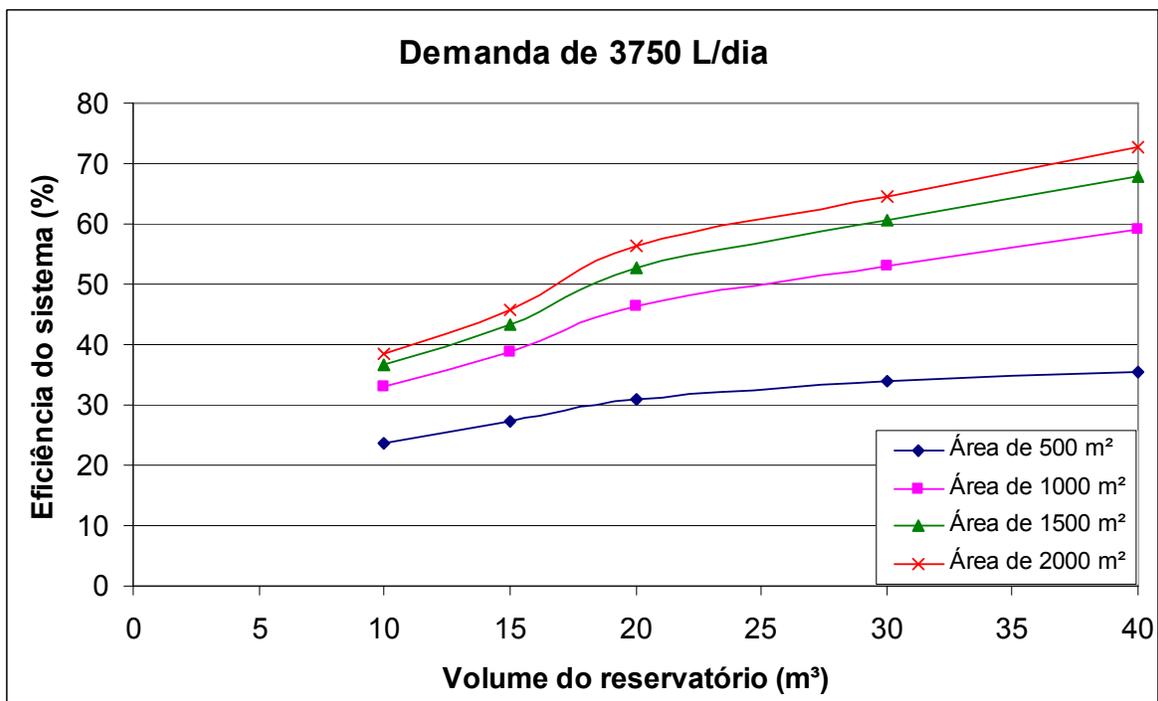
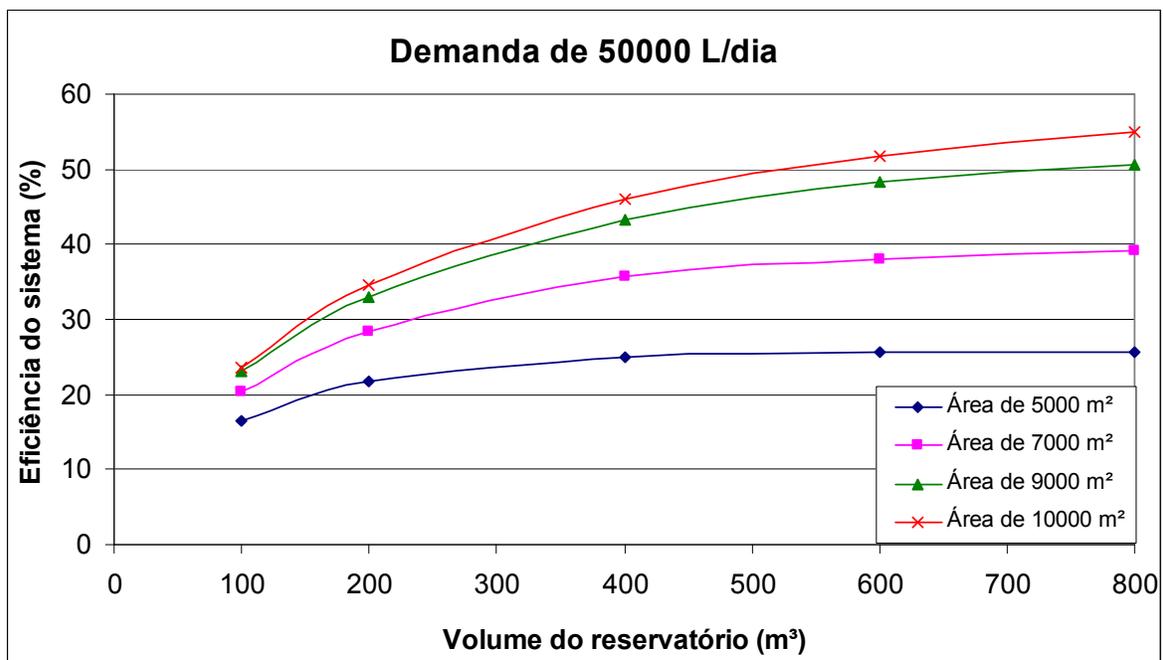


Figura 128 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).



**Figura 129 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Vicente do Sul (código 02954010).**

## ANEXO AA - Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação São Bernardo (código 02854013).

As Figuras 130, 131, 132 e 133 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

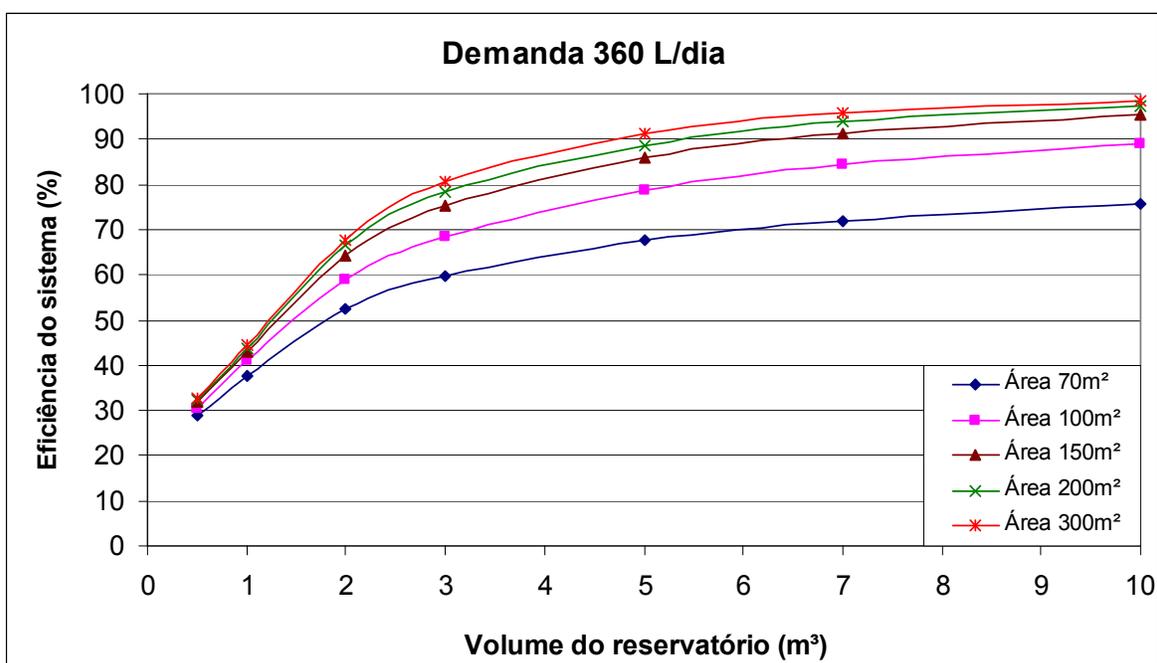


Figura 130 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).

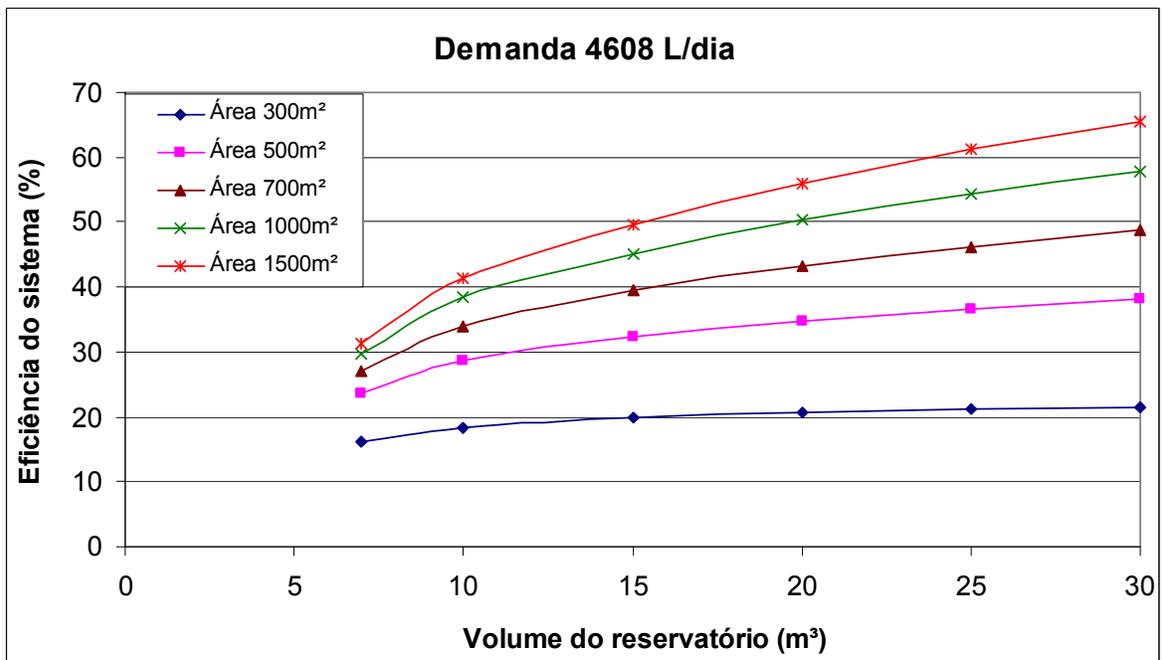


Figura 131 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).

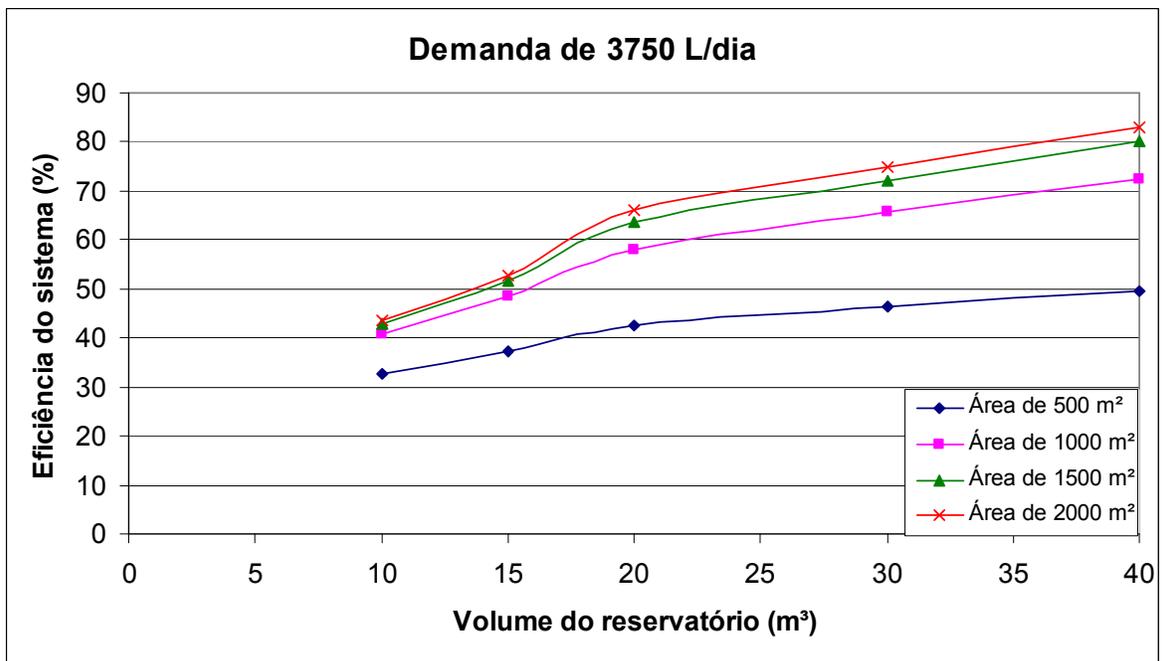
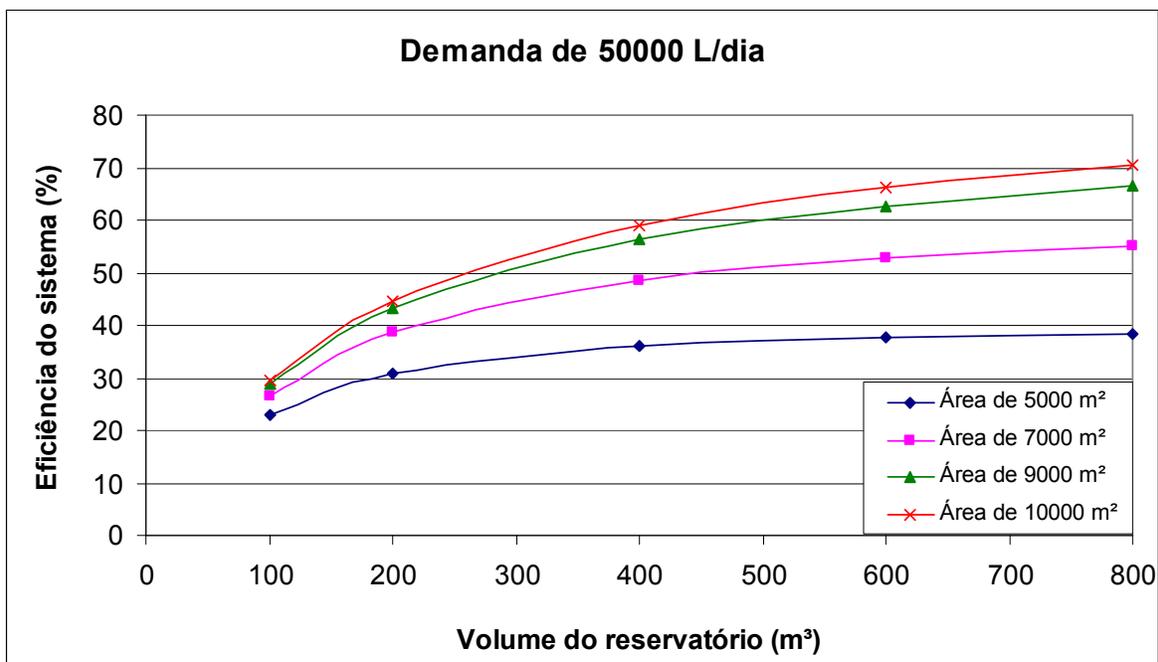


Figura 132 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).



**Figura 133 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação São Bernardo - Tupanciretã (código 02854013).**

## ANEXO BB - Estação Tupanciretã (código 02953030)

Esse anexo tem o objetivo de apresentar os resultados da análise do aproveitamento de águas pluviais na Estação Tupanciretã (código 02953030).

As Figuras 134, 135, 136 e 137 apresentam os resultados da relação volume do reservatório x eficiência do sistema para as demandas em residências uni e multifamiliar, postos de combustíveis e indústria de cerveja.

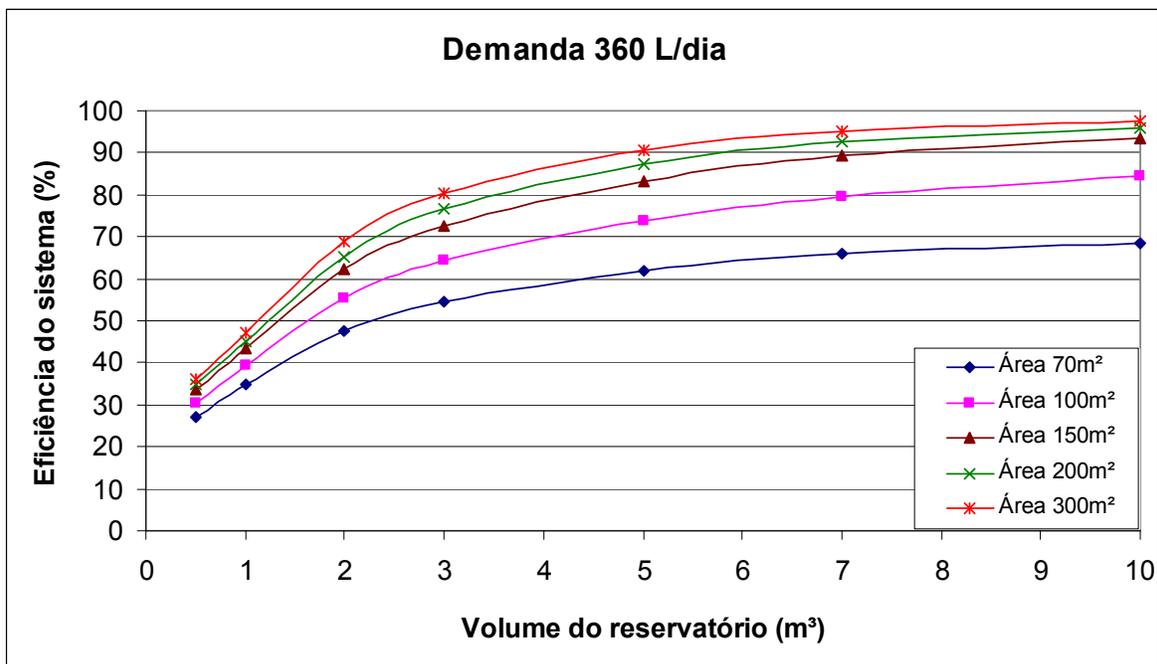


Figura 134 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência unifamiliar na Estação Tupanciretã (código 02953030).

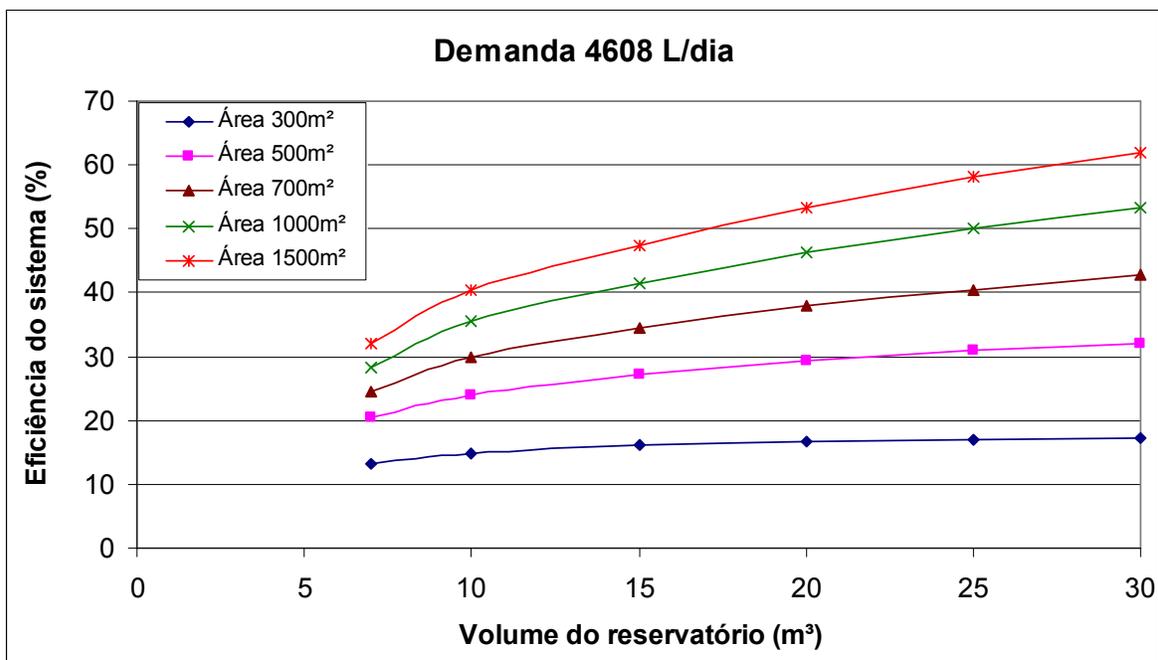


Figura 135 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para uma residência multifamiliar na Estação Tupanciretã (código 02953030).

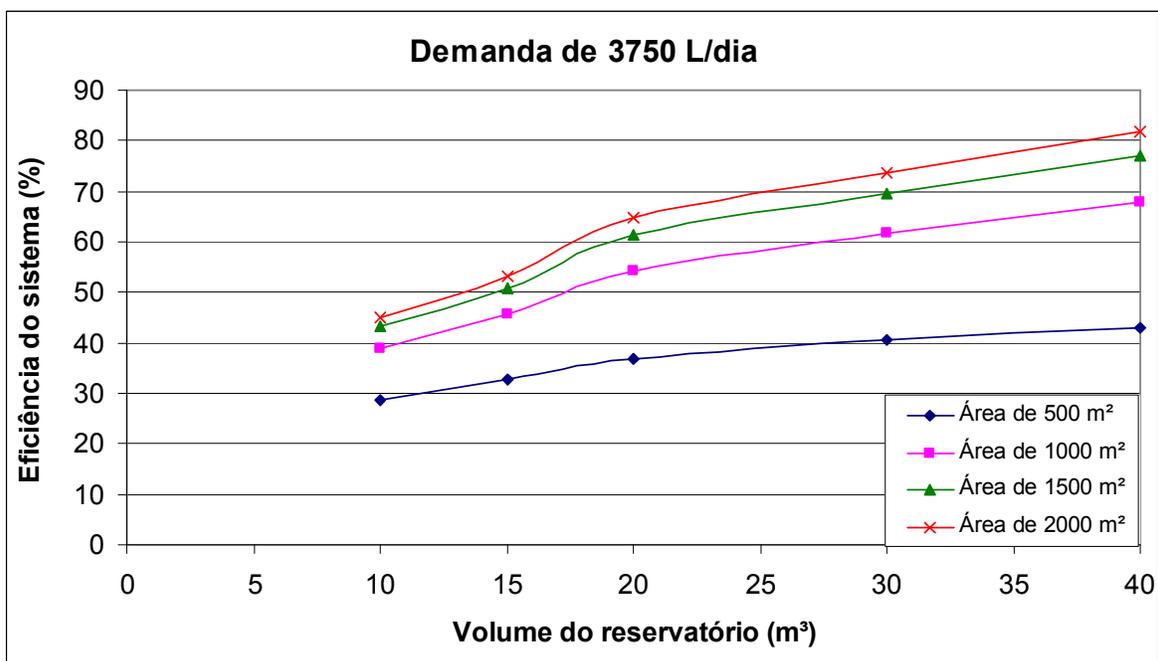


Figura 136 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento para postos de combustíveis na Estação Tupanciretã (código 02953030).

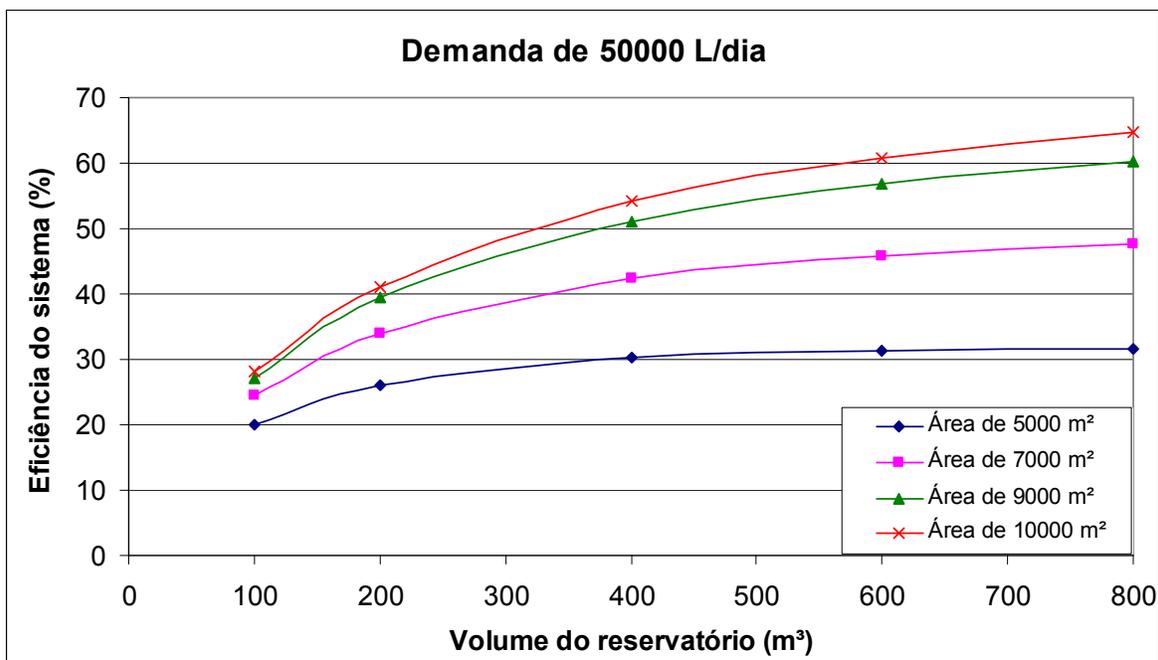


Figura 137 - Volume x Eficiência do sistema de aproveitamento em uma indústria de cerveja na Estação Tupanciretã (código 02953030).