

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Lígia Conceição Tavares

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2019

Lígia Conceição Tavares

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação de Mestrado

Dissertação para obtenção do título de mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Dieter Wartchow

Co-orientador: Prof. Dr. Juan Martin Bravo

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Tavares, Lígia Conceição
ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DE SISTEMAS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM MUNICÍPIOS DE
PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO SUL / Lígia Conceição
Tavares. -- 2019.
298 f.
Orientador: Dieter Wartchow.

Coorientador: Juan Martin Bravo.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Água de Chuva. 2. Plano de Saneamento. 3.
Gestão. 4. Aproveitamento. 5. Consumo de Água. I.
Wartchow, Dieter, orient. II. Bravo, Juan Martin,
coorient. III. Título.

LÍGIA CONCEIÇÃO TAVARES

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE DO RIO GRANDE DO
SUL

Dissertação para obtenção do título de
mestre em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental apresentado ao Instituto de
Pesquisas Hidráulicas da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em: Porto Alegre, 12 de março de 2019

Prof. Dr. Dieter Wartchow – PPGRHSA/UFRGS
Orientador

Prof. Dr. Juan Martin Bravo – PPGRHSA/UFRGS
Co-orientador

Fernando Mainardi Fan – PPGRHSA/UFRGS
Examinador

Fernando Dornelles – PPGRHSA/UFRGS
Examinador

Rutinéia Tassi – PPGEC/UFSM
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Sempre achei esta a parte mais difícil da dissertação para escrever, talvez porque a vida não se simula e não é tão simples escolher qual cenário me trará uma garantia de êxito dentro de um bom intervalo de segurança.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e não me deixar desistir com as dificuldades. Agradeço a Ele também por manter os meus pais ao meu lado com saúde.

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, que juntamente com a UFRGS firmaram o TED nº 02/2015 que me proporcionou uma enriquecedora experiência, tanto profissional quanto pessoal.

Dessa forma, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, professor Dieter Wartchow, que me acolheu sem me conhecer, que confiou em mim e me permitiu fazer parte do TED nº 02/2015.

Agradeço muito ao meu co-orientador, professor Juan Martin Bravo, por toda a paciência e empenho com me ajudou neste trabalho. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar.

Agradeço à minha família. Aos meus pais por mostrarem o quanto era importante estudar, mesmo não tendo eles a mesma oportunidade no passado. Às minhas irmãs, que sempre me motivaram e acreditaram no meu potencial.

Agradeço ao meu namorado, meu companheiro nas horas boas e ruins. É quem esteve comigo durante toda a minha estadia em Porto Alegre, enfrentando comigo todos os desafios dessa jornada, dentro e fora da pós-graduação e nunca me deixando desistir. E também aos meus amigos, os de Porto Alegre e os de Belém.

Agradeço também a CAPES pela bolsa concedida no final do mestrado, dando aquele gás que estava faltando. E também, ao programa de pós-graduação e aos excelentes profissionais que o compoem. Ainda, à Equipe SASB, pelas viagens pelo interior do Estado e pelos momentos de descontração.

*É na insignificância que se conquistam os grandes significados,
é na pequenez que se realizam os grandes atos.*
(Augusto Cury)

RESUMO

A gestão da água potável está se tornando cada vez mais importante nos dias atuais, uma vez que o consumo de água e a produção de esgoto estão aumentando constantemente nas residências. Embora o Brasil seja considerado um país rico em água, há muitas desigualdades no acesso. Assim, no contexto de elaboração de políticas públicas de saneamento voltadas para reverter esse quadro, vale avaliar a potencialidade de sistemas de aproveitamento da água de chuva como um cenário alternativo no planejamento estratégico na gestão municipal, no que tange ao sistema de abastecimento de água. Nesse estudo foram avaliados os consumos diários de residências e seus usos de 28 municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul, empregando-se o Método da Simulação para investigação da eficiência do aproveitamento de água de chuva. As séries temporais de precipitação utilizada neste trabalho possuem 60 anos e intervalos diários. O estudo da eficiência de sistemas de aproveitamento da água de chuva se deu através da avaliação da curva de garantia de atendimento das demandas, onde se considerou uma eficiência satisfatória com valor igual ou superior a 80%. Assim, foi possível estimar quais os melhores cenários em cada zona municipal. Ainda, elaborou-se uma avaliação socioeconômica da implantação do sistema em função de cada porcentagem da demanda residencial atendida, da quantidade de pessoas sem acesso ao serviço de abastecimento de água, além de relacionar os investimentos previstos ao setor no Plano Plurianual vigente de cada município e necessidade de ampliação do sistema de abastecimento de água. A garantia de atendimento das demandas variou em função de cada zona municipal estudada por fatores como precipitação e consumo de água. Os municípios com maior eficiência no aproveitamento de água de chuva, Áurea e São José das Missões, possuem baixa demanda e elevada precipitação. Da mesma forma, os municípios com o menor potencial de aproveitamento possuem elevada demanda e baixa precipitação, como os casos de Hulha Negra e Arambaré. Conclusivamente, o aproveitamento de água de chuva mostrou-se uma alternativa viável como um cenário complementar ao sistema de abastecimento de água regular.

Palavras-chave: Água de Chuva. Rio Grande do Sul. Aproveitamento. Eficiência.

ABSTRACT

Drinking water management is becoming more important nowadays since water consumption and sewage production are constantly increasing in households. Although Brazil is considered country rich in water there are many inequalities in access. Thus, in the elaboration of public sanitation policies aimed at reversing this situation it is important to evaluate the potentiality of rainwater utilization systems as an alternative scenario in the strategic planning in municipal management, in that concerns the water supply system. In this study were evaluated the daily consumption of residences and their uses in 28 small municipalities of Rio Grande do Sul, using the simulation method for reservoir sizing. A historical series of 60 years of precipitation was used. The study of the efficiency of rainwater utilization systems was assessed through the evaluation of the guarantee curve of the demands where it was considered a satisfactory efficiency with a value equal to or greater than 80%. Thus, it was possible to estimate the best scenarios in each Municipal area. Furthermore, a socio-economic evaluation of the implementation of the system was elaborated according to each percentage of the residential demand attended, the number of people without access to the water supply service, in addition to relate the investments predicted to Sector in the current multiannual plan of each municipality and the need to expand the water supply system. The guarantee varied according to each municipal area studied by factors such as precipitation and demand. The municipalities with greater efficiency in the use of rainwater, Áurea and São José das Missões, have low demand and high precipitation. Similarly, the municipalities with the lowest potential for use of rainwater have high demand and low precipitation, such as the cases of Hulha Negra and Arambaré. On the other hand, the municipality of Herval has low rainfall but the consumption of water in residences is not as high as the others municipalities providing a potential to supply all household uses. Conclusively, the use of rainwater has proved to be a viable alternative as a complementary scenario to the water supply system.

Keywords: Rainwater. Rio Grande do Sul. Use. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação Esquemática dos Componentes de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva.....	26
Figura 2 – Mapa de localização dos municípios integrantes do Termo de Execução Descentralizada (TED-FUNASA) nº 02/2015.	53
Figura 3 - Etapas Metodológicas.....	61
Figura 4 – Mapa de localização das Estações Pluviométricas utilizadas para estimada da precipitação dos municípios da área de estudo.	62
Figura 5 – Fluxograma do procedimento de discretização das demandas.	66
Figura 6 – Modelo de curva de garantia de atendimento das demandas que foi elaborado para cada área de captação em função do percentual da demanda máxima residencial diária atendida.	70
Figura 7 – Modelo de curva de garantia de atendimento das demandas que foi elaborado para cada demanda residencial máxima diária em função da área de captação.....	71
Figura 8 – Comportamento interanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul.....	75
Figura 9 - Comportamento intraanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul.....	76
Figura 10 - Localização do município de Palmeira das Missões-RS.....	82
Figura 11 – Curvas de garantia de atendimento das demandas em função da área de captação para o Município de Palmeira das Missões-RS. (a) 100% das demandas; (b) 90% das demandas; (c) 80% das demandas; (d) 70% das demandas; (e) 60% das demandas; (f) 50% das demandas; (g) 40% das demandas; (h) 30% das demandas; (i) 20% das demandas; e (j) 10% das demandas.	84
Figura 12 – Gráfico da economia de água, em R\$/mês, e da porcentagem das demandas residenciais urbanas atendidas com um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	98
Figura 13 – Cenário dos municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul em função da garantia de atendimento de 50% das demandas de uma residência com 125 m ² de telhado e 1500L de reservação.	105

Figura 14 - Quantidade de municípios com atendimento satisfatório para uma área de captação de 75 m ² (a), 125 m ² (b) e 200 m ² (c) e diferentes volumes de reservação e demandas atendidas.	106
Figura 15 – Cenário dos municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul em função do potencial de atendimento das demandas.	108
Figura 16– Relação entre demanda domiciliar e precipitação dos municípios da área de estudo.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais no Brasil.	22
Tabela 2 - Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água	23
Tabela 3 - Estimativa dos consumos internos per capita de água em domicílios....	24
Tabela 4 – Estimativa do percentual de consumo de água em domicílios.	24
Tabela 5 – Estimativa do consumo de água não potável em uma residência padrão.	25
Tabela 6 – Valores de coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.	27
Tabela 7 – Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	33
Tabela 8 – Lista de municípios integrantes do TED FUNASA nº 02/2015	52
Tabela 9 – Informações das estações pluviométricas dos municípios da área de estudo.	56
Tabela 10 – Demandas <i>per capita</i> s máximas urbanas e rurais dos municípios da área de estudo.	57
Tabela 11 – População sem atendimento do serviço de abastecimento de água.....	58
Tabela 12 – Avaliação da oferta e demanda de água nas sedes urbanas municipais.	59
Tabela 13 – Consumos <i>per capita</i> ds adotados para estimativa da demanda de água em residências.	63
Tabela 14 – Demanda Máxima Residencial de Água dos Municípios da Área de Estudo.	77
Tabela 15 – Discretização dos usos e demandas de água em residências urbanas e rurais, em porcentagem do total.....	79
Tabela 16 - Estimativa da despesa domiciliar mensal com abastecimento de água potável para a zona urbana dos municípios da área de estudo.	80
Tabela 17 –Configurações para máxima e mínima reservação em sistema de aproveitamento de água chuva, com eficiência satisfatória, para cada área de estudo.	90

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Despesas totais com os serviços de água e esgoto e tarifa de água	133
ANEXO II - Dados presentes nos planos plunianuais vigentes	134

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice I - Relação entre as porcentagens de demandas de água e os usos.....	138
Apêndice II- Garantia de atendimento das demandas: Município de Arambaré	141
Apêndice III- Garantia de atendimento das demandas: Município de Arvorezinha .	148
Apêndice IV - Garantia de atendimento das demandas: Município de Áurea	155
Apêndice V - Garantia de atendimento das demandas: Município de Chuí	162
Apêndice VI - Garantia de atendimento das demandas: Município de Dois Lajeados	169
Apêndice VII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Dom Pedro de Alcantara	176
Apêndice VIII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Dona Francisca.....	183
Apêndice IX - Garantia de atendimento das demandas: Município de Espumoso ..	190
Apêndice X - Garantia de atendimento das demandas: Município de Herval	197
Apêndice XI - Garantia de atendimento das demandas: Município de Horizontina.	204
Apêndice XII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Hulha Negra	211
Apêndice XIII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Ipê	218
Apêndice XIV - Garantia de atendimento das demandas: Município de Iraí	225
Apêndice XV - Garantia de atendimento das demandas: Município de Lajeado do Bugre.....	232
Apêndice XVI - Garantia de atendimento das demandas: Município de Marau	236
Apêndice XVII - Garantia de atendimento das demandas: Município de MinaS do Leão	243
Apêndice XVIII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Pantano Grande	250
Apêndice XIX - Garantia de atendimento das demandas: Município de Pedras Altas	257

Apêndice XX - Garantia de atendimento das demandas: Município de Porto Vera Cruz.....	264
Apêndice XXI - Garantia de atendimento das demandas: Município de Roca Sales	271
Apêndice XXII - Garantia de atendimento das demandas: Município de Santa Margarida do Sul	278
Apêndice XXIII - Garantia de atendimento das demandas: Município de São José da Missões	285
Apêndice XXIV - Garantia de atendimento das demandas: Município de Vista Alegre	292

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 HIPÓTESES	17
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1 SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS	18
4.1.1 Cenário Mundial	18
4.1.2 Cenário Regional	20
4.2 DEMANDAS E USOS DE ÁGUA	22
4.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	25
4.3.1 Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva	26
4.3.1.1 Área de Captação	27
4.3.1.2 Condução	28
4.3.1.3 Pré-Tratamento	28
4.3.1.4 Reservação	29
4.3.2 Qualidade da Água de Chuva	31
4.3.3 Legislação Aplicada e Normativas	34
4.3.3.1 Âmbito Federal	35
4.3.3.2 Âmbito Estadual	36
4.3.3.3 Âmbito Municipal do Rio Grande do Sul.....	38
4.3.4 Estudos de viabilidade técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva	38
4.3.4.1 No mundo.....	39
4.3.4.2 No Brasil.....	44
4.3.4.3 No Rio Grande do Sul	47
5 ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO INTEGRANTES DO TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA – TED FUNASA Nº 02/2015	51
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	54
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO.....	56
5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DOMICILIARES DE ÁGUA	56
6 METODOLOGIA	61

6.1	OBTENÇÃO DOS DADOS DE CHUVA	61
6.2	DEMANDAS E USOS DE ÁGUA	62
6.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO DA SIMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DA CURVA DE GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS	67
6.3.1	Dados de Entrada	68
6.3.2	Dados de Saída.....	69
6.3.3	Curva de Garantia de Atendimento.....	69
6.4	ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	71
7	RESULTADOS.....	74
7.1	OBTENÇÃO DOS DADOS DE CHUVA	74
7.2	ESTUDO DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS.....	77
7.3	ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	82
7.3.1	Análise do Município de Palmeira das Missões - RS	82
7.3.2	Análise da Eficiência.....	88
7.3.2.1	Análise Técnica Municipal	88
7.3.2.2	Análise Socioeconômica Municipal	98
7.3.2.3	Análise Geral.....	104
8	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS.....	115
	ANEXOS	132
	APÊNDICES	137

1 INTRODUÇÃO

É indiscutível que o acesso a fontes de água no mundo se dá de forma desigual. Além das desigualdades geográficas, climáticas, socioculturais e econômicas, há também os problemas de escassez dentro da cidade. As diferenças existentes entre as áreas rurais e urbanas e em cidades onde pessoas vivem em assentamentos de baixa renda, informal ou ilegal. Geralmente, essas pessoas têm menos acesso à água potável do que outros residentes.

Nessas localidades, os indivíduos são expostos a riscos evitáveis à saúde quando os serviços de água e saneamento são ausentes, inadequados ou inadequadamente administrados (WHO, 2017). Ainda devem-se considerar as questões como o crescimento populacional e o uso não racional dos recursos hídricos, que têm levado o ser humano a reduzir a demanda de água bem como a buscar novas fontes para o abastecimento (AMORIM & PEREIRA, 2008).

A Lei Federal nº 11.445/2007 coloca que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base em princípios fundamentais. Esses serviços incluem abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007) e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbana (BRASIL, 2016).

Esses serviços devem ocorrer por meio da adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais. Além da utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas e também a adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água (BRASIL, 2007).

Para implementação dos princípios da Política faz-se necessária a elaboração de Planos de Saneamento Básico, que pode ser no âmbito nacional, estadual, regional e municipal (BRASIL, 2007). Assim, por ocasião da elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) em pequenos municípios do Rio Grande do Sul foi possível constatar deficiências no setor de saneamento de algumas localidades, com ênfase no acesso à água potável (TAVARES, 2018).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006) incentiva a realização de pesquisas que validem as técnicas e as tecnologias de manejo sustentável das

águas de chuvas, quer seja para o armazenamento e o consumo, quer seja para reduzir os impactos negativos, que podem ser causados a jusante pelo escoamento advindo das cidades a montante.

A água de chuva pode ser captada de telhados, do chão e do solo. Deve ser armazenada e/ou infiltrada de forma segura. Além disso, deve ser tratada conforme requerido pelo uso final, e utilizada no seu potencial pleno, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente dispensada (PNRH, 2006).

A utilização da água de chuva tem se tornado uma alternativa cada vez mais viável como fonte complementar aos sistemas existentes ou até mesmo como única alternativa. A captação de água de chuva apresenta potencial para beneficiar 2 bilhões de pessoas no mundo inteiro, que atualmente não têm acesso à água potável ou saneamento básico (GNADLINGER, 2003).

O aproveitamento da água de chuva é uma alternativa que vem se mostrando cada vez mais atrativa para a minimização dos efeitos de escassez de água e também de custos gerados pelo consumo de água obtida a partir de fontes tradicionais, os quais incidem sobre o preço final do produto (MIERZWA *et al.*, 2007).

Nesse sentido, a presente pesquisa buscou avaliar o potencial de sistemas de aproveitamento da água de chuva como um cenário alternativo no planejamento estratégico na gestão municipal do saneamento básico, no que tange ao sistema de abastecimento de água em municípios de pequeno porte selecionados no Rio Grande do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a potencialidade de sistemas de aproveitamento da água de chuva como um cenário alternativo no planejamento estratégico na gestão municipal do saneamento básico, no que tange ao sistema de abastecimento de água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a eficiência técnica de sistemas de aproveitamento de água de chuva para atender diversos usos e demandas em municípios de pequeno porte selecionados do Estado do Rio Grande do Sul;

- Aperfeiçoar o conhecimento sobre consumo de água no âmbito municipal para auxiliar no dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva;

- Elaborar curvas de garantia de atendimento de demandas para cada município de pequeno porte selecionado do Rio Grande do Sul, zona urbana e rural;

- Avaliar o melhor cenário para aproveitamento de água de chuva e seu reflexo econômico no âmbito domiciliar de cada município;

- Elaborar um cenário geral dos municípios de pequeno porte selecionados do Rio Grande do Sul no que diz respeito à utilização de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

3 HIPÓTESES

Para o desenvolvimento do presente estudo foram admitidas as seguintes premissas:

- Admitiu-se que o consumo de água nas residências é constante de todos os períodos do ano;
- As séries de precipitação são estacionárias;
- Admitiu-se que quando ocorre precipitação não há rega de jardins;
- Considerou-se que todos os habitantes residentes dos municípios da área de estudo moram em casas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir será apresentado o levantamento bibliográfico que fundamentou o desenvolvimento da pesquisa. Estão inclusos temas como a situação atual dos recursos hídricos no âmbito mundial e regional, demandas e usos da água, o aproveitamento de água de chuva, onde se destacam o sistema de aproveitamento, a qualidade e as legislações relacionadas com o tema, e também o estado da arte sobre o aproveitamento de água de chuva no mundo e no Estado do Rio Grande do Sul.

4.1 SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

4.1.1 Cenário Mundial

No geral, os problemas relacionados à disponibilidade hídrica são o crescimento populacional e as mudanças climáticas (ANA, 2017; KIM & YOO, 2009). A rápida urbanização reflete em uma crescente demanda por recursos hídricos, que por sua vez implica em uma expansão das atividades econômicas (LIMA *et al.*, 2011; DA SILVA, 2006), que vai de atividades industriais até serviços de turismo e lazer, fato este que tende a diminuir a taxa de pobreza no mundo, de forma que todas essas atividades afetem diretamente a demandar por água potável (ONU, 2017).

Outro impacto da expansão das atividades econômicas, e conseqüentemente do aumento do contingente populacional, são as mudanças climáticas. Pesquisas têm demonstrado essa estreita relação, onde mesmo nos cenários mais otimistas, são esperados efeitos, em diferentes níveis, por todo o planeta (WANG & FU, 2018).

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2017) a disponibilidade dos recursos hídricos está diretamente relacionada com a qualidade da água, visto que os seus usos dependem desta. O relatório afirma que o aumento do despejo de esgotos não tratados, combinado com o escoamento agrícola e as águas residuais tratadas de forma inadequada pela indústria, impactam na degradação da qualidade da água em todo o mundo.

Se as tendências atuais persistirem, a qualidade da água continuará a piorar nas próximas décadas, especialmente em países com poucos recursos e localizados

em regiões secas, aumentando ainda mais o risco para a saúde humana e os ecossistemas, contribuindo para a escassez de água e prejudicando o desenvolvimento econômico sustentável (ONU, 2017).

O fato desse recurso não estar distribuído uniformemente pelo mundo, gera uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais (VERIATO *et al*, 2015). Segundo o estudo realizado pela Organização Mundial da Saúde (2017) em 2015, cerca de 71% da população global (5,2 bilhões de pessoas) tinham acesso a um serviço de água potável gerenciado com segurança, disponível quando necessário e sem contaminação.

Os 29% restantes da população global incluíam: 1,3 bilhão de pessoas com uma fonte de água melhorada localizada em uma viagem de ida e volta de 30 minutos; 263 milhões de pessoas com serviços limitados ou uma fonte de água melhorada que requer mais de 30 minutos para coletar água; 423 milhões de pessoas que tomam água de poços e nascentes desprotegidos; e 159 milhões de pessoas que coletam águas superficiais não tratadas de lagos, lagoas, rios e córregos.

O mesmo estudo afirma que pelo menos 2 bilhões de pessoas usam uma fonte de água potável contaminada com fezes. E que o consumo de água contaminada causa cerca de 502 000 mortes diarreicas por ano no mundo. Estima-se que em 2025, metade da população mundial estará vivendo em áreas de estresse-hídrico.

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2017) dois terços da população mundial atualmente vivem em áreas com escassez de água durante ao menos um mês por ano e cerca de 500 milhões de pessoas vivem em áreas nas quais o consumo de água excede em duas vezes os recursos hídricos renováveis localmente.

Diante da situação atual dos recursos hídricos faz-se necessária a busca por fontes alternativas de água (LIMA *et al.*, 2011). A gestão da água potável está se tornando cada vez mais importante nos dias atuais, uma vez que o consumo de água e a produção de esgoto estão aumentando constantemente nas residências.

Uma das possibilidades é o uso da água da chuva para satisfazer as necessidades diárias, onde os parâmetros de qualidade da água potável não são necessários, por exemplo, descarga de vasos sanitários, máquinas de lavar roupa, rega de jardins, etc. Além de reduzir os custos nos orçamentos domésticos.

4.1.2 Cenário Regional

Embora o Brasil possua expressivo potencial hídrico, é importante destacar a significativa variabilidade temporal e espacial das águas em suas diversas regiões, estreitamente associada à variação das precipitações e à sua sazonalidade, entre outras características naturais. Contudo, as bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos passam por situações de escassez e estresse hídrico (PNRH, 2006).

O Brasil possui 13% da água doce disponível do planeta, entretanto 80% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, cerca de 5% da população e a menor demanda. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que concentram 45,5% da população do País, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2018). Fato este que ainda torna o acesso universal da população a água potável um grande desafio (AGRA FILHO *et al.*, 2010).

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de 80% no total retirado nas últimas duas décadas. A previsão é de que até 2030 a retirada aumente 24%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País, aponta o estudo (ANA, 2018).

Somado a esses fatores, tem-se ainda os padrões de distribuição das chuvas que variam naturalmente, mas que nos últimos anos têm sido observados eventos extremos de seu excesso ou escassez que podem ser indícios de mudanças climáticas e alterações nos padrões da precipitação no Brasil (ANA, 2017). Estiagens, secas, enxurradas e inundações representam cerca de 84% dos desastres naturais ocorridos no Brasil de 1991 a 2012 (CEPED, 2013).

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasileiros (ANA, 2017) a crescente pressão sobre os mananciais, as limitações da disponibilidade hídrica e os problemas de gestão dos mananciais subterrâneos são os principais fatores que motivam a busca de novas fontes hídricas. Dessa forma, são necessários mananciais cada vez mais distantes e uma crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas.

Do ponto de vista da oferta de água, o diagnóstico consolidado do país de 2010 indicava que 46% das cidades brasileiras tinham vulnerabilidades associadas à produção de água e 9% necessitavam de novas fontes hídricas (ANA, 2017). O convívio com a escassez hídrica ocorre também dentro de pequenos municípios e em subassentamentos localizados em zonas urbanas, as chamadas “favelas”. Apenas 46% dos domicílios localizados em pequenos municípios estão ligados à rede geral de abastecimento de água (IBGE, 2000; DA SILVA, 2006).

No Estado do Rio Grande do Sul, que possui 496 municípios, segundo o Atlas de Abastecimento Urbano da Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), 313 municípios (63% das sedes) do Estado tem seus sistemas de água administrados pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), 286 municípios do Estado (59% das sedes) são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas, enquanto que os mananciais superficiais são utilizados para o abastecimento de 134 sedes urbanas. Os demais municípios (13%) são abastecidos de forma mista (mananciais superficiais e subterrâneos).

No que se refere aos tipos de sistemas de abastecimento existentes, 440 sedes urbanas (90%) são abastecidas por sistemas isolados, o que corresponde a 6,9 milhões de habitantes. As demais 47 sedes são abastecidas por sistemas integrados, sendo que tais sistemas respondem pelo abastecimento de água de 20% da população urbana do Estado. Cerca de 32% das sedes urbanas do Estado requerem ampliações ou adequações nos sistemas produtores de água e 5% necessitam de novos mananciais (ANA, 2010).

Os investimentos propostos somam R\$ 785,2 milhões, dos quais 25% são destinados à adequação dos sistemas de produção de água da Região Metropolitana de Porto Alegre. No total do Estado, 93% dos investimentos destinam-se para a adequação dos sistemas produtores de 167 municípios (a maioria abastecida por poços) e 7% para a adoção de novos mananciais em 10 municípios (ANA, 2010).

O Estado do Rio Grande do Sul está inserido em duas regiões hidrográficas, a Uruguai (URU) e a Atlântico Sul (ASU). Essas regiões hidrográficas segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2018) classificaram-se, quanto à quantidade de chuva em 2017, de chuvoso à extremamente chuvoso. Esses valores foram considerados bem acima da média em boa parte de sua área.

Ainda, a Região Hidrográfica Atlântico Sul (ASU) onde é expressiva a retirada de água para irrigação de grandes lavouras de arroz pelo método de inundação apresenta alarmante situação quanto ao indicador de stress hídrico dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

4.2 DEMANDAS E USOS DE ÁGUA

No geral, as demandas de água dependem do uso ao qual essa será destinada, se o tipo de consumo é residencial, comercial, rural, industrial, público e etc. Cada um destes consumidores utiliza a água em volumes diferentes, regimes diferentes e em horários e dias diferentes (POZZEBON, 2013).

Na Tabela 1 apresenta as vazões de retirada, consumo e retorno por tipo de usuário no Brasil segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos com dados referentes ao ano de 2017 (ANA, 2018).

Tabela 1 - Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais no Brasil.

Tipo de uso	Retirada		Consumo		Retorno	
	m³/s	% de total	m³/s	% de total	m³/s	% de total
Abastecimento Humano Urbano	496	23,8	99	8,6	397	38,7
Abastecimento Humano Rural	35	1,7	28	2,4	7	0,7
Abastecimento Animal	167	8	125	10,8	42	4,1
Industrial	88	9,1	102	8,8	189	18,4
Mineração	33	1,6	10	0,8	23	2,2
Geração de energia – Termelétrica	79	3,8	2	0,2	77	7,5
Irrigação	1084	52	792	68,4	291	28,4

Fonte: ANA, 2018.

Há uma grande dificuldade em se estimar valores de consumo de água em residências. O consumo depende de características físicas como, temperatura do ar, intensidade e frequência de precipitação da chuva, da renda familiar, de características da habitação como área do terreno, área construída do imóvel e número de habitantes. Depende também de características do abastecimento de água como pressão na rede e qualidade água, além da forma de gerenciamento do sistema de abastecimento e das características culturais da comunidade (TSUTIYA, 2006).

A NBR 15.527/2007 apresenta exemplos da aplicabilidade do aproveitamento da água de chuva para usos não potáveis após tratamento adequado, como descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (ABNT, 2007).

Segundo Tomaz (2003) a água de chuva pode ser destinada a vários usos, sendo eles na maioria das vezes não potável. Em residências, destacam-se os usos em descargas sanitárias, irrigação e lavagem de roupas, de veículos e de áreas impermeáveis.

Hashim *et al.* (2013), em um estudo de caso desenvolvido na Malásia, conclui que 58% do suprimento de água pode ser fornecido pelo sistema de aproveitamento de água de chuva e 41% devem ser fornecidos pela concessionária de água.

No Brasil são escassos estudos sobre o consumo de água em residências, sendo geralmente utilizadas estimativas desses para o desenvolvimento de pesquisas sobre o aproveitamento de água de chuva. Isso posto, Tomaz (2003) propõe valores mínimos, máximos e mais prováveis de consumo de água em residências além de valores de número de vezes em que determinado uso ocorre por dia por habitante. A partir desses valores elaborou-se a Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Usos	Unidade	Parâmetro			
		Mínimo	Máximo	Médio	Mais provável
Descargas na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	12,4	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1		1
Duração do banho	Minutos	5	15	10	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,19	0,15
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,20	0,37	0,29	0,37
Volume de água	Litros/ciclo	108	189	148,4	108
Torneira da cozinha	Minutos/pessoa/dia	0,5	4	2,25	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,158	0,15
Torneira do banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	2,25	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,158	0,15
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	-	-	2	-
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	-	-	150	-
	Lavagem/mês	-	-	4	-

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2003.

Dentre outros estudos que apresentam estimativas do consumo de água em residências no Brasil, temos o realizado por Proença *et al.*, (2011) em Florianópolis-SC, que aponta que a demanda de água não potável em residências unifamiliares é de 28% do total demandado, enquanto que em residências multifamiliares passa a ser de 26,1%. Tais informações auxiliaram Alice (2014) na definição da porcentagem

de água não potável consumido em uma residência, cujo valor adotado em sua pesquisa foi de 30% da demanda total diária.

Perius (2016) aponta que em Porto Alegre-RS, o consumo de água em uma bacia sanitária representa 37% da demanda de água não potável em uma residência, e que os outros 63% são destinados a usos externos, como rega de jardins e lavagem de veículos e pisos.

Na Tabela 3 é possível observar alguns valores utilizados como estimativa do consumo per capita de água aplicados em estudos no Brasil. Já a Tabela 4 apresenta os percentuais de demanda de água em cada residência.

Tabela 3 - Estimativa dos consumos internos per capitas de água em domicílios.

Uso	Valores	Local	Autor
Bacia Sanitária	6,8	Porto Alegre (RS)	Mano (2004)
	9,5	Informação Geral	Tsutiya (2006)
	14,0	São Paulo (SP)	Barreto (2008)
	30,0	Santa Maria (RS)	Pozzebon (2013)
Bebida	2,0	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Preparo de alimentos	6,0	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Lavagem de utensílios	5,5	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Lavagem de roupas	12,5	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Higiene Pessoal	25	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Chuveiro	35,5	São Paulo (SP)	Barreto (2008)
Pia da cozinha	30,3	São Paulo (SP)	Barreto (2008)
Tanque	13,6	São Paulo (SP)	Barreto (2008)
Lavatório	10,8	São Paulo (SP)	Barreto (2008)
Perdas	9,5	Informação Geral	Tsutiya (2006)
	12,5	Informação Geral	Tsutiya (2006)
Máquina de lavar roupa	27,7	São Paulo (SP)	Barreto (2008)

Tabela 4 – Estimativa do percentual de consumo de água em domicílios.

Uso	% do Consumo	Local	Autor
Bacia Sanitária	33,2	Edifício Residencial em Florianópolis, SC	Ghisi e Ferreira (2007)
	30	Uso residencial no Brasil	Melo e Netto (1988)
	14	Uso residencial no Brasil	Gonçalves e Bazzarella (2005)
	5,5	Edifício Residencial em São Paulo, SP	Barreto (2008)
	27	Residencial e Porto Alegre, RS	Dornelles (2013)
	24	Uso residencial nos EUA	AWWA (2016)
Máquina de lavar roupa	4,7	Edifício Residencial em Florianópolis, SC	Ghisi e Ferreira (2007)
	15	Uso residencial no Brasil	Melo e Netto (1988)

	8	Uso residencial no Brasil	Gonçalves e Bazzarella (2005)
	10,9	Edifício Residencial em São Paulo, SP	Barreto (2008)
	17	Uso residencial nos EUA	AWWA (2016)
Irrigação	2	Uso residencial no Brasil	Melo e Netto (1988)
	5	Residencial em Porto Alegre, RS	Dornelles (2012)
(Conclusão)			
Limpeza em geral	2,9	Edifício Residencial em Florianópolis, SC	Ghisi e Ferreira (2007)
	7,5	Uso residencial no Brasil	Melo e Netto (1988)
Lavagem em geral	19,9	Edifício Residencial em Florianópolis, SC	Ghisi e Ferreira (2007)
Lavagem de piso	5	Residencial e Porto Alegre, RS	Dornelles (2012)
Lavagem de carros	2	Uso residencial no Brasil	Melo e Netto (1988)

Empresas especializadas em aproveitamento de água de chuva, como a Engeplas & AquaStock, que disponibiliza em seu site estimativas de consumo de água em uma residência padrão, recomenda aplicações para o seu uso como: vasos sanitários, máquinas de lavar, irrigação de jardins, lavagens de carro, limpeza de pisos e piscinas e acreditam que esses usos representam em média 50% do consumo de uma residência padrão. A Tabela 5 indica estimativas de consumo levantadas pela empresa.

Tabela 5 – Estimativa do consumo de água não potável em uma residência padrão.

Usos	% do Consumo
Bacia sanitária	20 a 25
Máquina de lavar roupas	2 a 5
Irrigação	25 a 30
Lavagem de carro	0 a 5
Lavagem de piscinas	0 a 5
Lavagem de áreas externas	0 a 5
Total	47 a 75

Fonte: Engepla & AquaStok, [s.d].

Dada a dificuldade em estimar valores de consumo de água não potável, Souza *et al.*, (2016) em seu estudo de aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra-RJ, estabeleceu que o consumo de água não potável para a demanda no campus leva em conta estimativas percentuais de 10, 20, 30, 40 e 50% do consumo de água potável.

4.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O aproveitamento de água de chuva consiste em uma prática de baixo impacto negativo que oferece benefícios como a redução do fornecimento de água

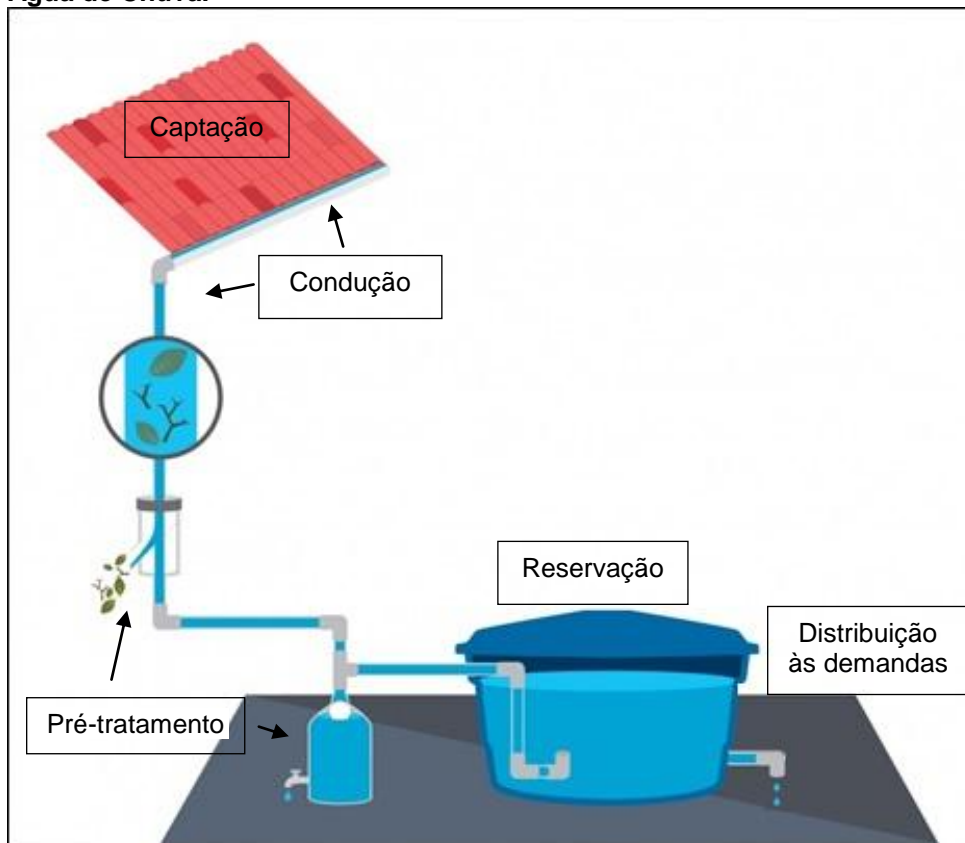
pelo sistema de abastecimento público e também do escoamento superficial e consequente diminuição das inundações a jusante (GUO & GUO, 2018; PELAK & PORPORATO, 2016; KIM *et al.*, 2012).

4.3.1 Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva são compostos por área impermeável de captação, geralmente telhados, calhas, condutores, sistema de pré-tratamento e reservatório (SAMPLE *et al.*, 2013).

Geralmente, após a incidência de precipitação, a água é coletada no telhado e conduzida por calhas e condutores até um sistema de pré-tratamento onde pode ocorrer o descarte do escoamento inicial da água coletada através de um reservatório e/ou filtração dessa água sem descartá-la, em seguida esta é encaminhada a um reservatório (MENEZES, 2016) e, por fim, distribuída às demandas, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Representação Esquemática dos Componentes de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva.



Fonte: Adaptado de IP, 2015.

4.3.1.1 Área de Captação

Segundo a NBR 15.527/2007, área de captação é definida como sendo a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Geralmente são telhados de casas ou indústrias, podendo ser de telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, etc. (TOMAZ, 2003).

É importante destacar que o tamanho da área de captação influencia diretamente no volume de reservação, de modo geral, quanto maior a área de coleta, mais água poderá ser destinada ao reservatório (SEEGGER, 2008). Em contrapartida, a quantidade de água coletada também depende do material do telhado, uma vez que esse é refletido na escolha do coeficiente de escoamento superficial (HAGEMANN, 2009). Na Tabela 6 abaixo pode-se observar valores de coeficiente de escoamento superficial dado o tipo de material da cobertura.

Tabela 6 – Valores de coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.

Material da Cobertura	Coeficiente de Escoamento	Fonte
Cerâmico	0,8 – 0,9	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
	0,56	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Cimento	0,62 – 0,69	UNEP (2004)
	0,8 – 0,85	UNEP (2004)
Metálico	0,52	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
	0,7 – 0,9	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
Corrugado de metal	0,85	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
	> 0,9	Thomaz e Martinson (2007)
Aço galvanizado	> 0,9	Thomaz e Martinson (2007)
Vidro	0,9	Thomaz e Martinson (2007)
Plástico	0,94	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Asbesto	0,8 – 0,9	Thomaz e Martinson (2007)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
	0,2	Thomaz e Martinson (2007)

Além de influenciar na quantidade de água coletada, o material dos telhados interfere na qualidade de água de chuva (DORNELLES, 2012), fato que motivou vários estudos sobre o tema, cujos realizam comparações entre tipos de material de telhados e sua influência na água da chuva captada, como de cimento amianto/fibrocimento (ROCHA *et al.*, 2011; HAGEMANN & GASTALDIN, 2016), barro novo, barro velho e fibrocimento (ZERBINATTI, *et al.*, 2011), telhados verdes (FERREIRA & MORUZZI, 2007), barro velho e telhado verde (BUDEL, 2014), concreto e telhado verde (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

4.3.1.2 Condução

O sistema de condução é composto de calhas e condutores verticais que conduzem a água captada nos telhados até a etapa de pré-tratamento, esses sistema de condução pode ser feito de material metálico ou de PVC (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008), sendo esse último mais empregado devido ao baixo custo de aquisição.

Um estudo realizado pela EMBRAPA (2012) afirma que quando o sistema de aproveitamento de água de chuva é destinado à produção de suínos e aves, é aconselhável que o material usado nas calhas seja em PVC, para uma maior durabilidade, quando comparado com calhas metálicas, pois não são atacados pelos gases gerados no local de produção animal, principalmente o H₂S, que podem causar a corrosão das calhas construídas com materiais metálicos.

É importante destacar que o dimensionamento do sistema de condução, quando associado a fatores meteorológicos, influencia diretamente no volume de reservação. Segundo a ABNT NBR 15527 (2007, p. 3) o período de retorno de chuva deve ser fixado conforme as características da área a ser drenada, podendo variar entre 1, 5 e 25 anos, sendo a duração de precipitação fixada em 5 min. Esses fatores podem ser um limitante para o volume de água que é destinada ao reservatório.

4.3.1.3 Pré-Tratamento

A qualidade da água de chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela superfície de captação sendo recomendada a instalação de um sistema de pré-tratamento antes da reservação (PERIUS, 2016), cujo pode ser composta por um reservatório de descarte da primeira chuva (ANDRADE NETO, 2012; VIEIRA *et al*, 2014; LEE; BAK; HAN, 2012) e/ou um sistema de filtração.

O sistema de descarte tem a função de desviar contaminantes, tais como poeiras, pólen e fezes de animais que antes seriam direcionados ao reservatório (PALHARES, 2016). A não realização desse descarte da primeira água escoada pode influenciar as características da água restante a ser armazenada (GIKAS; TSIHRINTZIS, 2012; LEE; BAK; HAN, 2012; MENDEZ *et al.*, 2011), sendo a concentração de microrganismos patogênicos superior quando não ocorre o

descarte dos primeiros milímetros de chuva, conforme vários estudos (SILVA, 2009; TAVARES, 2009; XAVIER, 2010).

Alguns estudos contemplam a influência do descarte do volume de descarte sobre a qualidade de chuva armazenada (LEE, BAK E HAN, 2012; XAVIER, 2010; ANDRADE NETO, 2012; CORREA *et al.*, 2015; MENEZES, 2016). Um estudo realizado no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, apontou valores mais elevados para a maioria dos parâmetros analisados na primeira água chuva (HAGEMANN, 2016).

Segundo Mierzwa *et al.* (2007) o descarte da “primeira chuva”, “água de lavagem do telhado” ou “first flush” viabiliza o aproveitamento da água da chuva, visto que através desse mecanismo é possível eliminar uma elevada carga de contaminantes.

O volume de água descartado depende do tamanho da área de captação, sendo normalmente adotado o descarte de 2 mm de chuva para cada metro quadrado de telhado. A ABNT NBR 15527/2007 recomenda a adoção de 2 mm por metro quadrado nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor.

Por sua vez o sistema de filtração permite um maior o aproveitamento do volume de água de chuva captado pelo telhado (DORNELLES, 2012). Esse sistema é composto geralmente de brita e areia, e nele ocorre a remoção de impurezas, como folhas e outros detritos (PERIUS, 2016).

4.3.1.4 Reservação

Realizado o pré-tratamento, a água passa então para o sistema de reservação. O dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento da água de chuva varia em função da área do telhado, da quantidade de água necessária para atender a demanda (MAY, 2004) além do volume pluviométrico da região e do coeficiente de aproveitamento de água pluvial (AMORIM; PEREIRA, 2008, p. 2; COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008, p. 6).

Os reservatórios podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Diversos materiais podem ser utilizados na fabricação dos reservatórios. Portanto, faz-se necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária,

viabilidade técnica, custo, disponibilidade local (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008, p. 6).

Sistemas de aproveitamento de água de chuva pode não ser suficientes para atender as demandas da população, necessitando de complementação de água da rede de abastecimento, assim o projeto de reservação deve incluir mecanismos para evitar a contaminação cruzada entre as fontes (BEZERRA *et al.*, 2010).

Os reservatórios devem ser dimensionados de modo a evitam o contato direto do homem e animais com a água a fim de garantir uma segurança sanitária (CAMPOS; AMORIM, 2004). Moruzzi e Murakami (2009) investigaram o efeito do tempo de armazenamento na qualidade de água pluvial destinada a fins não potáveis, em um sistema experimental de captação e armazenamento de água pluvial após passagem por telhado em Ipeúna (SP), verificaram que bactérias heterotróficas foram resistentes à ação do tempo de armazenamento, indicando a importância da manutenção do residual de cloro na água pluvial armazenada.

O reservatório representa o item mais oneroso do sistema de captação e utilização de água pluvial devendo, portanto ser dimensionado de forma bastante criteriosa (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008). Seu custo pode representar entre 50% e 85% do valor total de um sistema de captação de água de chuva. Assim, sua escolha influencia diretamente na viabilidade financeira deste (TOMAZ, 2010).

A ABNT NBR 15.527/2007, em seu Anexo A, apresenta variados métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios, cujos são: método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano. Fato que pode apontar a fragilidade desse instrumento que deveria ter a função de normatizar o processo de dimensionamento de reservatórios de água de chuva e que acaba não apontando a melhor técnica para isso, deixando a critério do projetista a seleção do método.

Bezerra *et al.*, (2010, p. 12) sugere que seja realizada uma revisão da norma para padronizar os termos e as variáveis, visto que não há uniformidade entre as variáveis das equações presentes em seu anexo, situação que pode prejudicar o seu entendimento.

4.3.2 Qualidade da Água de Chuva

Analisando o ciclo hidrológico, antes da precipitação ocorrem os processos de evaporação e condensação que podem ser considerados uma espécie de destilação natural da água da chuva (CAMPOS; AMORIM, 2004) realizando assim uma purificação parcial da água (EMBRAPA, 2012).

Mesmo ocorrendo um processo de destilação natural a composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora próximos ao sistema de captação (TOMAZ, 2003).

Segundo o mesmo autor, próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestre como partículas de solo, que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão é de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Regiões próximas aos grandes centros urbanos ou áreas bastante industrializadas podem afetar a qualidade da água de chuva (SILVA & DOMINGOS, 2007), favorecendo a formação, por exemplo, de óxido de enxofre e nitrogênio (GOULD & NISSEN-PETERSEN, 1999).

Muitos estudos abrangem a avaliação da qualidade da água da chuva em grandes centros urbanos de vários países do mundo, como Índia (RAO *et al.*, 2016), China (XIAO-FENG HUANG *et al.*, 2010), África do Sul (CONRADIE *et al.*, 2016), Costa Rica (HERRERA, RODRÍGUEZ, BAÉZ, 2009), Coreia (KIM & YOO, 2009) Nigéria (SALAM, 2014), Paquistão (KHAN, 2014) e Brasil (CERQUEIRA *et al.*, 2014).

No sul do Brasil, a queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão, está entre as fontes industriais que têm provocado alterações da qualidade ambiental em determinadas áreas (MIGLIAVACCA *et al.*, 2005b, p. 1).

Alguns estudos que contemplam a avaliação da qualidade de água de chuva em municípios do Estado do Rio Grande do Sul foram destacados a seguir, contudo, salienta-se que a coleta e análise das amostras podem ter ocorrido de forma diferente, o que torna esses valores não passíveis de comparação.

Um estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, especificamente nos municípios de Campo Bom, Taquara e Caraá, identificou a ocorrência de chuva ácida nos eventos estudados, contudo o pH teve valor médio de 6,16 o que caracteriza uma precipitação não ácida (BACKES *et al.*, 2015).

Estudos realizados na região de Candiota, o que inclui os municípios de Aceguá, Bagé, Candiota, Herval, Hulha Negra, Pedras Altas e Pinheiro Machado, situados no sudoeste do Rio Grande do Sul, revelaram a ocorrência de precipitação levemente ácida em 42% das amostras de precipitação atmosférica. O valor médio de pH foi de 5,54, com variação de 4,32 a 7,49, sendo o município de Pedras Altas com maior percentual de acidez (MIGLIAVACCA *et al.*, 2005b).

Segundo um estudo realizado no município de Rio Grande, situado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, o valor de pH médio foi de 5,73, com variação de ácido a alcalino, porém a média esteve muito próximo do valor de uma atmosfera em equilíbrio com CO₂, efeito atribuído às partículas alcalinizantes (SÁ, 2005). Esse estudo aponta a indústria de fertilizantes como principal fonte contaminante do ar, cuja produz quantidades significativas de poluentes e também atua como centro de condensação e fixação dos aerossóis de origem marinha.

Segundo um estudo realizado no município de Lajeado-RS, o pH médio da água coletada diretamente da chuva entre os meses de Agosto a Outubro na região é 6,64, sendo considerado mais ácido quando comparado com demais fontes de abastecimento de água do município, até inclusive após a passagem pelo telhado (PEREIRA, 2014).

No município de Santa Maria, os valores medianos observados para a maioria dos parâmetros da água da chuva coletada diretamente da atmosfera estavam de acordo com os padrões de potabilidade a partir do terceiro milímetro de chuva. No geral, o estudo apontou que a água de chuva é passível de aproveitamento desde que seja realizado um tratamento simplificado devido às significativas variações dos parâmetros analisados (HAGEMANN; GASTALDINI, 2016).

Outro estudo realizado em Santa Maria-RS, anos antes, aponta que a qualidade da água, apesar de não ser recomendada para consumo humano, comportou-se bem frente aos padrões de potabilidade, com exceção do pH que ficou um pouco abaixo do mínimo exigido, de *Escherichia coli* que apresentou em média 1 e 2 NMP/100mL e de turbidez que apresentou 1 UNT acima do limite da Portaria, a

água coletada diretamente da chuva estaria dentro dos padrões de potabilidade a partir do terceiro milímetro coletado.

Na Bacia Hidrográfica do Guaíba, os valores de pH monitorados por 1 ano em 66% dos casos apresentaram valores inferior a 7, a presença do íon cloro em amostras de precipitação indicou a influência de sais marinhos, mas também atividades industriais e queima de resíduos hospitalares (MIGLIAVACCA *et al.*, 2005a).

No contexto de sistemas de aproveitamento de água de chuva, durante o processo de captação há diversos fatores que influenciam na qualidade de água de chuva, como condições climáticas locais, localização, tipo e material da área de captação e da cisterna, presença ou não de acessórios, manutenção e limpeza adequada, etc. (CAMPOS; AMORIM, 2004; CUNLIFE, 1998).

Entre os anos de 1992 e 2007 monitorou-se o pH da chuva no município de Passou Fundo, e a partir desse estudo conclui-se que as chuvas que incidem na localidade apresentam água com pH médio de 5,9 e que há uma tendência de redução do pH da água das chuvas incidentes com taxa aproximada de 0,02 valor de pH ao ano (DA CUNHA *et al.*, 2009).

A ABNT NBR 15527/2007 recomenda alguns valores de parâmetros de qualidade da água chuva para usos mais restritivos conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	< 2,0 uT para usos menos restritivos
	< 5,0 uT
Cor aparente	< 15 uH
pH*	6 < pH < 8 em caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

*deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.

Fonte: ABNT, 2007.

Partindo do princípio de que alguns municípios podem apresentar um elevado déficit no abastecimento de água o que faria com que a água de chuva fosse a única fonte de água para algumas residências, para o consumo desta, algumas tecnologias de tratamento simplificado deveriam ser aplicadas conforme exigido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX - Do controle e da vigilância da

qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, do Ministério da Saúde para atendimento dos padrões de potabilidade.

Durante a captação, medidas como o desvio da primeira chuva e a instalação de filtros antes da cisterna podem reduzir tanto a contaminação microbiológica quanto a físico-química da água. Esses aparatos, ao serem incorporados ao sistema de captação de água de chuva, retiram grande parte das sujeiras presentes na atmosfera e, principalmente, na superfície de captação, melhorando muito a qualidade da água de chuva a ser consumida (DA SILVA, 2006).

Apesar do emprego de tais processos, para que a água da chuva se torne potável outras tecnologias devem ser incorporadas ao sistema, como o processo de desinfecção. Dessa forma, Silva (2018) analisou diferentes possibilidades de tratamento para aproveitamento em edificações residenciais.

Esse estudo foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em uma unidade habitacional localizada dentro do campus. Os tratamentos avaliados consistiram em filtração, descarte dos primeiros dois milímetros da chuva e desinfecção. O cloro e o ozônio foram testados como agentes desinfetantes. Os resultados indicaram que há uma tendência de melhoria na qualidade da água da chuva, na medida em que há um menor número de dias sem precipitação antecedente e, também, foi identificada a melhoria na qualidade com aumento do volume da precipitação. A concentração de microrganismos patogênicos mostrou-se ausente após a etapa de desinfecção.

Salientamos que nesse estudo as questões sanitárias da água de chuva não foram consideradas no momento de discussão dos cenários de aproveitamento de água de chuva nos municípios da área de estudo.

4.3.3 Legislação Aplicada e Normativas

Segundo Campisano *et al.* (2017) o apoio institucional e sócio-político tem grande influência na viabilização das mudanças na prática de aproveitamento de água de chuva. Em seu estudo levantou-se o cenário de alguns países quanto a implementação destas políticas, constatando que na Austrália e no Japão há grande incentivo do Poder Público através do financiamento de sistemas, em contrapartida no Reino Unido existem várias lacunas institucionais.

No Brasil, a situação regulatória está em algum lugar no meio, com alguns estados impondo a obrigação de incluir sistemas de captação de água de chuva em todos os novos projetos de construção e outros apenas impondo tal exigência se uma área de telhado exceder determinado nível. No entanto, em algumas áreas, o aproveitamento é impopular devido à resistência dos prestadores de serviços de água, citando a perda de receita como sua objeção (WARD *et al.*, 2014).

Assim, a seguir, estão organizadas algumas legislações e normatizações brasileiras que incentivam a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva. Esses ordenamentos estão organizados no âmbito federal, estadual e municipal, podendo ser na forma de leis, decretos, normas, portarias, resoluções, etc.

4.3.3.1 Âmbito Federal

No âmbito federal tem-se o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas, instituído pela Lei Ordinária nº 12.873/2013 e regulamentado pelo Decreto nº 8.038/2013.

Esse programa busca promover o acesso à água para o consumo humano e animal e para a produção de alimentos. Propondo que esse acesso deve ocorrer por meio de implementação de tecnologias sociais, destinado às famílias rurais de baixa renda atingidas pela seca ou falta regular de água.

Outra legislação relacionada ao tema é a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA, 2003), que deu origem ao Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Esse programa possibilita o armazenamento da água da chuva em cisternas construídas com placas de cimento ao lado de residências selecionadas. Os beneficiários são famílias que vivem na zona rural dos municípios do Semiárido afim de que esses passem a ter água potável com menos dificuldade. Atualmente, o programa já construiu 615.350 cisternas rurais.

Como já apresentado, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a NBR 15.527/2007, intitulada Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, que tratam tecnicamente da instalação e manutenção do sistema, além de apresentarem métodos de cálculo de reservação.

A Lei Federal nº 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, busca, entre outros objetivos, incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 1997). Objetivo esse incluído pela Lei nº 13.501, de 2017 (BRASIL, 2017).

4.3.3.2 Âmbito Estadual

Os Estados que possuem legislação sobre o tema e suas respectivas disposições podem ser observadas no Quadro 1 abaixo. Salienta-se que esse levantamento foi realizado em abril de 2018.

Quadro 1 - Legislações Estaduais que abordam o tema aproveitamento de água de chuva.

Estado	Legislação	Orientações
Acre	Lei nº 2.540/2012	Determina a inserção de sistema de captação e armazenamento de água da chuva nos projetos arquitetônicos das unidades escolares estaduais.
Amapá	Lei Ordinária nº 2.003/2016	Dispõe sobre o Poder Executivo, através do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado do Amapá a instalação de sistema de coleta para captação da água de chuva.
	Lei nº 1.997/2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil do Estado do Amapá como a reutilização de água de chuva para fins não potáveis como rega de jardim e descargas dos sanitários e lavagem de áreas externas; e dá outras providências.
Bahia	Lei Ordinária nº 13.581/2016	Dispõe sobre a instalação de um sistema de reaproveitamento da água da chuva nas unidades habitacionais construídas pelo Governo do Estado da Bahia, na forma que indica.
Ceará	Lei nº 16.033/2016	Dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará, e institui o programa de utilização da água, captação e armazenamento próprio com utilização da água da chuva em prédios públicos, órgãos de Estado e escolas públicas, incluindo captação, armazenamento e uso da água da chuva para uso da atividade do corpo de bombeiros.
Espírito Santo	Lei Ordinária nº 10.624/2017	Obriga a instalação de sistema e de equipamentos para captação, tratamento e armazenamento de água da chuva em postos de serviços e abastecimento de veículos e assemelhados no Estado, e dá outras providências.
Goiás	Lei nº 17.128/2010*	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos, e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas.
Mato Grosso	Lei nº 9.674/2011	Autoriza o Poder Executivo a criar mecanismos de incentivo e captação da água de chuva e dá outras providências.
	Lei nº 10.799/2019	Dispõe sobre a instalação de sistemas de conservação e uso racional da água nos edifícios públicos do Estado de Mato Grosso.
Mato Grosso do Sul	Lei nº 4.699/2015	Institui a Campanha de Conscientização da Utilização da Água no âmbito do Estado de Mato Grosso do Sul, que será implementada por meio de ações educativas, de orientações e de conscientização sistemas de captação e de armazenamento da água da chuva para fins domésticos e industriais.
Paraíba	Lei nº 9.130/2010	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências

(Conclusão)

Paraná	Lei nº 18.730/2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de cisternas em todos os estabelecimentos que especifica e obriga os lava-rápidos, lava-car, postos de combustíveis, clubes, comércios, indústrias e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais a instalarem cisternas para fins de captação e utilização da água da chuva na lavagem de veículos.
Pernambuco	Lei Ordinária nº 14.572/2011	Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências.
	Lei nº 15.630/2015	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
Piauí	Lei Ordinária nº 6.280/2012	Cria o Programa de Captação da Água da Chuva
	Lei nº 6.888/2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil e dá outras providências.
Rio de Janeiro	Lei nº 4.248/2003	Institui o Programa de Captação de Águas Pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.
Rio Grande do Sul	Lei Ordinária nº 14.270/2013	Determina que todos os prédios do corpo de bombeiros, localizados no Estado do Rio Grande do Sul, mantenham sistema de captação e armazenagem de água da chuva e dá outras providências.
	Decreto nº 43.919/2015	Institui grupo de trabalho para a promoção de estudos e medidas com a finalidade de estimular e viabilizar ações de captação e armazenamento das águas provenientes das chuvas, para utilizá-las na produção agropecuária do estado.
Rondônia	Lei Ordinária nº 2.425/2011	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do sistema de captação e uso da água de chuva em prédios públicos novos.
São Paulo	Lei nº 12.526/2007	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, obrigando a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m ² .
Tocantins	Lei nº 3.261/2017	Estabelece a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção.

* Redação alterada pela Lei nº 17.582, de 08-03-2012.

Observando a Quadro 1 pode-se constatar que 16 estados brasileiros possuem legislações referentes ao tema. Esse valor representa 62% do total dos estados brasileiros. Os estados que ainda não estabeleceram políticas legais de incentivo ao aproveitamento de água de chuva são: Alagoas, Amazonas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe.

Com base nesse levantamento é possível observar que a grande maioria dos estados brasileiros, com exceção de São Paulo e Rio de Janeiro, implementaram legislações sobre o aproveitamento de água de chuva na última década. Esse fato indica que as legislações relacionadas com o tema são relativamente recentes.

Ainda, vale destacar que o Distrito Federal e os Estados de Espírito Santo e Tocantins implementaram suas legislações após a inserção do aproveitamento de água na Política Nacional de Recursos Hídricos.

4.3.3.3 Âmbito Municipal do Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, área de desenvolvimento da pesquisa, os municípios de São Leopoldo, Pelotas, Canela, Passo Fundo, além da Capital do Estado, Porto Alegre, possuem legislações referentes ao tema de aproveitamento de água de chuva.

Na Cidade de Porto Alegre, através da Lei Municipal nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, foi instituído o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas, que estabelece o aproveitamento da água de chuva e compreende ações como captação, armazenamento e utilização (PORTO ALEGRE, 2008).

E por meio do Decreto Municipal nº 16.305, de 26 de maio de 2009, o aproveitamento de água de chuva passou a ser exigido nas edificações industriais e comerciais que apresentarem individualmente área de captação igual ou superior a 500 m² (PORTO ALEGRE, 2009).

O estudo da potencialidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva em municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul pode ser utilizado como instrumento para a elaboração de uma minuta de lei nos municípios a fim de incentivar o aproveitamento de água de chuva, tanto nas zonas urbanas quanto nas zonas rurais, seja para atendimento complementar ou integral em casos de extrema necessidade.

4.3.4 Estudos de viabilidade técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva

Uma busca rápida sobre aproveitamento de água de chuva aponta uma elevada quantidade de estudos publicados sobre o tema por todo o mundo só na última década. Vários métodos vêm sendo desenvolvidos para avaliar os sistemas de aproveitamento de água de chuva com o objetivo de otimizar o projeto e/ou a operação do sistema.

São diversos os temas que envolvem o potencial e a eficiência desses sistemas em contextos específicos. A seguir serão apresentados os principais estudos desenvolvidos acerca do assunto.

4.3.4.1 No mundo

Na Virgínia-EUA, um estudo avaliou sistemas de aproveitamento de água de chuva descentralizados para vários usos e locais para fornecimento de água e redução do escoamento superficial por meio de um modelo de simulação. Esse modelo simula o sistema usando o volume de armazenamento, a área do telhado, a área irrigada e a demanda interna não potável como insumos. Soluções quase ótimas foram identificadas para cada caso e localização (SAMPLE & LIU, 2014).

Outro estudo, também realizado nos EUA, utilizou soluções analíticas para demonstrar como as características das chuvas, o volume de armazenamento, a demanda de água e as características de captação influenciam no desempenho do sistema. As soluções analíticas encontradas demonstraram ser bastante precisas para uma ampla gama de casos com diferentes proporções de contribuição, tamanhos de armazenamento e taxas de uso de água localizadas em cinco regiões climáticas representativas nos Estados Unidos (GUO & GUO, 2018).

Pelak e Porporato (2016) desenvolveram uma formulação para determinar o volume ideal de cisternas que incorpora os custos fixos e distribuídos de um sistema de aproveitamento de água de chuva, levando em consideração a natureza aleatória da profundidade e do tempo de chuva, para fornecer usos domésticos e não potáveis. O volume foi determinado em função da área do telhado, taxa de uso da água, parâmetros climáticos, custos da cisterna e da fonte externa de água. Comparando os custos associados à construção de uma cisterna com os custos da água suprida externamente, foi possível minimizar os custos relacionados à água.

Sahin e Manioğlu (2019) investigaram se a forma de construção, que afeta o consumo de energia e o desempenho da construção, tem algum efeito sobre o armazenamento de água de chuva. O estudo concluiu que a forma de construção tem efeito direto nos sistemas de captação de água de chuva e que, dependendo do número de ocupantes em projetos de habitação pública, apenas uma pequena porcentagem do consumo anual de água pode ser suprida pela água da chuva. A

pesquisa sugere ainda que outras estratégias também devam ser implementadas juntamente com o sistema, como a educação ambiental para redução do consumo.

No México foi avaliado um modelo de otimização para definir um projeto considerado ideal, com maior potencial de aproveitamento em um sistema de captação de água de chuva para satisfazer demandas domésticas em um empreendimento residencial (MARTÍNEZ, 2014). A área de estudo selecionada é caracterizada por ter complicações para satisfazer as demandas de água, especialmente durante as estações secas.

A aplicação da abordagem de otimização proposta mostrou que é possível satisfazer uma porcentagem significativa das demandas domésticas de água utilizando um sistema de captação de águas pluviais, diminuindo o custo associado no horizonte de tempo. Vários cenários foram apresentados para mostrar as possíveis soluções identificadas no estudo de caso (MARTÍNEZ, 2014).

Resultados satisfatórios também foram obtidos para a cidade de Morelia, no México. Montoya *et al.* (2015) elaborou formulações de otimização de projetos de sistemas de aproveitamento de água de chuva em um complexo habitacional envolvendo coleta, armazenamento e distribuição de água pluvial. As variações sazonais também foram consideradas no modelo.

Um sistema de captação de águas pluviais, localizado perto da cidade de Mirandela-Portugal, foi dimensionado para um volume de reservação com 100% de eficiência (FERNANDES, TERÊNCIO & PACHECO, 2015). O design do sistema foi baseado em um registro de precipitação que abrange um período de três décadas. As capacidades de armazenamento calculadas satisfizeram a demanda de água mesmo quando ocorrem secas prolongadas.

No entanto, como os eventos de seca foram bastante escassos, os valores de reservação foram considerados superdimensionados e substituídos por volumes ótimos. Em ambos os cenários, as economias relacionadas à otimização do reservatório foram notáveis, enquanto os períodos de retorno do investimento diminuíram substancialmente do original para as soluções otimizadas (FERNANDES, TERÊNCIO & PACHECO, 2015).

O desempenho de sistemas de coleta de águas pluviais de pequena e grande escala em prédios comerciais, na Malásia, foram avaliados sob diferentes cenários de confiabilidade e de tarifas de água no futuro. Os resultados revelaram que os percentuais de confiabilidade dos sistemas para os edifícios comerciais pequenos e

grandes foram superiores a 90%, dependendo do tamanho do tanque de águas pluviais. Os benefícios econômicos do sistema proposto foram altamente influenciados pelo tamanho do tanque e pela tarifa de água (LANI *et al.*, 2018).

A confiabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva localizados no sul da Itália foi analisada pela Universidade Kore de Enna. A análise forneceu resultados com aplicações práticas, e a identificação do tamanho ótimo do tanque de água pluvial e as curvas anuais de confiabilidade do sistema em função da precipitação média anual. Além disso, o estudo apontou que a região é favorável tecnicamente à instalação dos sistemas (NOTARO; LIUZZO; FRENI, 2016).

Pesquisadores da Universidade Tecnológica de Pereira, da Colômbia, desenvolveram uma ferramenta de modelagem que contribuísse com o planejamento urbano de águas para o desenvolvimento de cidades inteligentes. Plugrisost é um modelo de simulação que facilita a avaliação dos sistemas de coleta de águas pluviais e águas cinza em diferentes escalas de planejamento urbano (MOLARES-PINZÓN *et al.*, 2015)

Com a ferramenta constatou-se que na escala residencial, a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva seria possível se o preço da água fosse superior a 4 euros/m³; e a análise ambiental seria favorável para reservatórios com menos de 5 m³ de capacidade de armazenamento.

Um problema recorrente em sistemas de aproveitamento de água de chuva é a presença de mosquitos. Esse fato pode alterar a eficiência do sistema no sentido sanitário. Assim, foi desenvolvido um estudo na Austrália que explora a extensão em que os mosquitos se reproduzem nos sistemas de captação de águas pluviais, bem como a eficácia de diferentes ações de mitigação de riscos (MOGLIA, GAN E DELBRIDGE, 2016).

Após explorar diferentes configurações de sistemas, o estudo verificou que, para mitigar o risco de criação de mosquitos em tanques, todas as rotas de acesso potenciais devem ser adequadamente vedadas. E que a erradicação completa de mosquitos em tanques de águas pluviais pode precisar de mais investigações, pois 4% dos sistemas com proteção adequada na entrada e no transbordamento ainda apresentavam mosquitos.

Diante do cenário das mudanças climáticas, alguns estudos versam sobre o impacto destas sob a eficiência dos sistemas de aproveitamento de água de chuva em alguns países como a China (ZHANG *et al.*, 2018), Uganda (KISAKYE;

BRUGGEN, 2018), Estados Unidos da América (ALAMDARI *et al.*, 2018) e Austrália (HAQUE; RAHMAN; SAMALI, 2016).

Na Austrália, o estudo indica que os desempenhos de um sistema de captação de águas pluviais serão impactados negativamente devido às condições de mudanças climáticas no futuro. Descobriu-se que um determinado tamanho de reservatório nos locais selecionados não seria capaz de fornecer o volume esperado de água sob condições climáticas variáveis no futuro (HAQUE; RAHMAN; SAMALI, 2016).

Por outro lado, um estudo realizado com dados de 94 estações climáticas espalhadas por 41 países constatou que a mudança climática terá pouco impacto na captação de água da chuva e que está pode reduzir a insegurança da água doméstica mesmo em regiões áridas (MUSAYEV; BURGESS; MELLOR, 2018).

Com isso, o presente estudo não considerou as mudanças climáticas nas simulações realizadas para os municípios da área de estudo. Ou seja, as séries de precipitação foram consideradas estacionárias.

Vale ressaltar ainda que alguns estudos se concentram em avaliar os projetos de captação de água de chuva no sentido de encontrar o impacto destes no escoamento superficial.

A exemplo tem-se o estudo da aplicação de um modelo analítico probabilístico para estimar as reduções do escoamento superficial com a implantação de sistemas de captação de água de chuva na Universidade Nacional de Seul, Coreia do Sul (KIM; HAN; LEE, 2018). O estudo foi útil para avaliar a redução do escoamento e projetar a capacidade do tanque de armazenamento.

A cidade de Hamadan, no Irã, tem a inundação como o seu maior desafio ambiental. Esse problema está associado à ausência de sistemas urbanos de esgoto, na maior parte da cidade. Assim, um estudo buscou avaliar que efeito a captação de água da chuva de telhados, áreas de estacionamento e estradas poderia desempenhar na redução da propensão à inundação e no consumo de água das famílias de toda cidade. Concluindo que a instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva traria benefícios técnicos e econômicos às famílias e à gestão municipal (SEPEHRI *et al.*, 2018).

A boa eficiência de sistemas de captação de águas pluviais depende também de seu desenho técnico e da identificação de locais adequados para instalação. Com isso, um estudo desenvolvido no Iraque, buscou identificar locais adequados

através da criação de um modelo no ArcGIS 10.2. O modelo combinou vários fatores biofísicos como inclinação, profundidade de escoamento, uso da terra, textura do solo e ordem de fluxo (ADHAM *et al.*, 2018).

Os locais das barragens foram selecionados a partir de áreas de drenagem e de formações geológicas que favorecessem a minimização das perdas por evaporação e garantissem o armazenamento necessário. Foram identificados 39 locais potenciais de instalação de barragens com base na interpretação visual de imagens de satélite e uma análise de cartografia em grande escala dentro da área de estudo que contemplava 13 370 km².

Outros autores também abordaram estudos geoespaciais para identificação de locais e estruturas adequadas para a coleta de águas pluviais como Mugo e Odera (2018) no Quênia, Al-Adamat *et al.* (2010) na Jordânia, Inamdar *et al.* (2013) na Austrália e Jha *et al.* (2013) na Índia. Adham *et al.* (2016) identificou 48 estudos publicados que abordassem a identificação de locais adequados para estruturas de captação de águas pluviais em regiões áridas e semiáridas.

Vários critérios socioeconômicos podem influenciar na viabilidade de aproveitamento de águas pluviais, como distância a assentamentos/estradas, tamanho da família e educação. E identificar bons indicadores associados ao funcionamento desses sistemas é muito mais difícil para condições socioeconômicas do que para condições biofísicas (ADHAM *et al.*, 2018).

A inclusão de critérios socioeconômicos é, portanto, muito importante para obter informações significativas para melhorar a eficácia dos sistemas aproveitamento de água de chuva e para planejar estruturas futuras.

Na Malásia, por exemplo, desde 1999 o governo vem incentivando a prática de utilização de água de chuva, contudo a tarifa média de água é considerada uma das mais baixas da região. Esse fato sugere que o tempo de retorno com a implantação do sistema pode levar anos e esse custo-benefício pode torna-se desnecessário devido ao baixo retorno do investimento (ERN LEE *et al.*, 2016).

Além disso, a população desse país tende a pensar que há abundância de recursos hídricos devido à baixa tarifa, o que reforça a ideia de não necessidade de aproveitamento de águas pluviais. No entanto, a instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva no país seria capaz de reduzir a dependência do abastecimento doméstico de água, desenvolvendo uma valorização dos recursos hídricos entre os moradores da área urbana (ERN LEE *et al.*, 2016).

Pesquisadores avaliaram os fatores socioeconômicos que influenciam o uso das tecnologias de captação de água da chuva em 351 residências no leste do Quênia, região de forte escassez hídrica, falta de chuva e insegurança alimentar. O estudo concluiu que a idade do agricultor, tamanho da família, tamanho da fazenda, histórico agrícola, treinamento e educação formal foram fatores importantes que influenciaram a utilização das tecnologias de coleta e economia de água da chuva (URIU-NG'ANG'A, F.W *et al.*, 2017).

4.3.4.2 No Brasil

No Brasil, são inúmeros os estudos que contemplam a análise do potencial de aproveitamento de água de chuva em industriais (KISSMANN, 2014; SANTO, 2015; CALDEIRA, 2016; SANTOS, 2016; TEXEIRA *et al.*, 2016; ANDRADE; LISBOA; LISBOA, 2017).

E em instituições de ensino (LOPES; 2012; RODRIGUEZ, 2012; CECIN, 2012; SANTOS, 2012; YOSHINO, 2012; BARRETO, 2013; BIER, 2013; AMARAL, 2015; BUTSCHKAU, 2016; ALMEIDA, 2016; NUNES, 2016; MORAIS, 2017; GANEM; OHNUMA; OBRACZKA, 2017; BOZZINI *et al.* 2017; ALMEIDA, 2018; SOUZA, 2018; SILVA; CARVALHO; BARBOSA, 2018).

Outros estudos contemplam a avaliação de métodos de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água chuva (AMANDA; ANDRADE NETO; MAIA, 2017; AMORIM; PEREIRA, 2008; BEZERRA *et al.*, 2010; COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008; NOVAKOSKI; MARQUES; CONTERATO, 2013; SOUZA *et al.*, 2016; CUNHA & NEVES, 2017; LEMOS *et al.*, 2017; NOVAKOSKI *et al.*, 2017; BARROS & SILVA, 2017).

Os efeitos dos elementos de projetos sobre os volumes de reservação também são objetos de estudo, como no caso de Perius (2016). Foram avaliadas as falhas na série de precipitação, as condições de captação-demanda, a situação inicial do reservatório, os volumes de descarte, diferentes séries de demandas além de diferentes alterações nas séries de precipitação.

A avaliação de parâmetro de projeto de sistemas de aproveitamento de água de chuva também foi avaliada por Mendes Junior (2017). Esse estudo resultou na definição de uma técnica de dimensionamento e escolha das variáveis de entrada de

cálculo. A técnica foi aplicada à uma residência que recebeu a implantação do sistema.

Da mesma forma, Lopes *et al.* (2017) utilizou soluções analíticas para avaliar o desempenho e auxiliar na escolha de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. O estudo simulou tipologias comuns de demanda de água não potável e de áreas de cobertura, avaliando como essas influenciam na eficiência do sistema.

O sistema indicou ser mais eficiente no atendimento de demandas com menores proporções de área de cobertura. A avaliação econômica aponta valores presentes líquidos positivos para investir em sistemas de aproveitamento de água de chuva, especialmente para grandes áreas de telhado.

Outros estudos estimam o potencial aproveitamento de água potável em áreas urbanas no semiárido do Brasil (SOUZA, 2015; SANTOS e FARIAS, 2017; BARROS *et al.*, 2017; JESUS & SILVA, 2017). Entre os quais, Andrade (2014) avaliou o desempenho de cisternas, de modo a estabelecer a influência da variabilidade temporal da precipitação no padrão de eficiência das cisternas, concluindo que a variabilidade temporal da precipitação pode ser desconsiderada na análise das eficiências de pequenos reservatórios, no estado do Rio Grande do Norte.

Para esse Estado foram avaliados efeitos da mudança climática em sistemas domésticos de aproveitamento de água de chuva, com base em diferentes combinações de superfície de telhado, tamanhos de reservatórios e demandas de água. Os resultados mostraram que sistemas de aproveitamento de água de chuva com menores áreas de telhado e tamanho de cisterna e maior demanda, sofrem mais impactos frente aos diferentes cenários estudados.

O estudo concluiu que sistemas de aproveitamento de água de chuva localizados no semiárido são mais vulneráveis às mudanças no clima, em função da baixa precipitação e da concentração da mesma no tempo.

Ainda, são inúmeros os estudos de caso aplicados apenas à uma determinada realidade visando o aproveitamento de água de chuva, com destaque para a Região Amazônica (LIMA *et al.*, 2011; GONÇALVES, 2012; VELOSO & MENDES, 2014; DIAS, 2013; CRUZ, 2014; ALVES, 2015; MENEZES, 2016; ANDRADE, 2017; CUESTA, 2017; NEU *et al.*, 2018), visto que grande parte dos moradores das ilhas e locais de difícil acesso, não dispõem de saneamento básico, o

que contribui para que acabem ingerindo a água dos rios sem nenhum tipo de tratamento ou consumam por água de qualidade duvidosa (RODRIGUES, 2016).

Correa (2016) realizou uma análise do potencial de aproveitamento de água de chuva para cidade de Belém – PA, de forma que para a análise da viabilidade econômica na ótica do consumidor residencial foi elaborado dois cenários, com e sem os custos de implantação do sistema de aproveitamento. Obteve-se para o primeiro cenário inviabilidade econômica e para o segundo, viabilidade. Na ótica da concessionária de abastecimento, o aproveitamento mostrou ser economicamente viável.

A crise hídrica que assolou a Região Metropolitana de São Paulo a partir do ano de 2014 revelou a necessidade de se investir em formas alternativas de aproveitamento da água em meios urbanos.

Dessa forma, Moreira (2018) elaborou regras de uso para a água da chuva armazenada em reservatórios, visando à economia de água potável aliada a benefícios econômicos na conta de água do consumidor. O estudo mostrou que a adoção de regras de uso pode ser vantajosa em termos econômicos para situações nas quais a residência dispunha de reservatório.

No Estado do Rio de Janeiro foram desenvolvidas ferramentas computacionais de dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva (PÊGO, 2012; MELO *et al*, 2017; NICOLAU & CARMO, 2017). Uma dessas ferramentas avaliou técnicas de dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva em empreendimentos visando o uso não potável, concluindo que o método da Simulação apresenta resultados mais ponderados à realidade.

Além disso, observou-se a importância da utilização do maior número de variáveis possíveis para que se tenha uma base de cálculos de maior confiança e um resultado mais preciso e que traga uma melhor relação custo/benefício (NICOLAU & CARMO, 2017).

Avaliou-se o potencial de aproveitamento de água de chuva na área central da cidade de Juiz de Fora - MG, caracterizada por um forte adensamento populacional e habitacional. Os resultados obtidos apontam para um expressivo potencial de captação de água de chuva, sobretudo nos meses mais chuvosos do ano, durante os quais é possível obter-se uma economia de água potável de até 100% (MARTINS & RIBEIRO, 2017).

No Sul tem-se um estudo realizado em Irati, no Paraná, que buscou avaliar economicamente a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva nas residências do município, tendo como resultado a máxima economia de 45% das demandas diárias (MAIA; SANTOS; OLIVEIRA FILHO, 2011).

No Estado de Santa Catarina, foi elaborado um modelo para a concepção de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social (COHAB). A aplicação do modelo resultou em economias de água e financeiras à essas habitações (ALICE, 2014).

Ainda, nesse mesmo Estado, estimou-se o potencial de economia de água de potável em edificações multifamiliares com a utilização da água de chuva captada de vias públicas. Resultando em uma economia de até 33% do consumo, além de apontar a importância da economia e uso racional da água, e que a captação de água de chuva em vias públicas pode ser uma alternativa para a economia de água potável em edificações, além de contribuir para a existência de uma drenagem urbana sustentável (SILVA, 2016).

Com esse mesmo objetivo, foi desenvolvido um estudo para a cidade de Belo Horizonte, também tendo resultados satisfatórios. A pesquisa concluiu que se pode obter uma economia anual equivalente a 2 meses de abastecimento de água potável para residências com a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva (CHAIB *et al.*, 2015).

4.3.4.3 No Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul os estudos têm sido desenvolvidos principalmente nas cidades maiores e mais populosas, como Porto Alegre e região metropolitana, Passo Fundo e Santa Maria. A maioria dos estudos vislumbra a busca a avaliação da viabilidade técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva nesses locais. Além da criação de ferramentas para tomadas de decisões em projetos de aproveitamento de água de chuva.

Na Cidade Porto Alegre – RS, mesmo com a existência de lei municipal que exige a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em empreendimentos de grande porte, apenas 23 empresas da Região Metropolitana da área de engenharia civil trabalham com a implantação desses sistemas, o que representa apenas 2,4 % do total.

Dornelles (2012) avaliou o efeito do aproveitamento de água de chuva na vazão da rede pluvial. Nesse estudo foram elaborados ábacos que auxiliassem no dimensionamento de sistemas de aproveitamento para todas as capitais brasileiras. Em Porto Alegre, o estudo foi aplicado em demandas para padrões de habitação populações e também de classe alta. Não obtendo resultados satisfatórios ao final do estudo.

Outra ferramenta de auxílio na tomada de decisões em projeto de aproveitamento de água de chuva desenvolvida foi a criação de tabelas e gráficos que combinavam diferentes áreas de captação, volumes de reservação e demandas atendidas, porcentagem de perdas e de falhas no atendimento (SILVA, 2012).

Afim de avaliar a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações de Porto Alegre-RS, Silveira (2013) elaborou um simulador para tomada de decisão. Esse simulador auxilia na definição preliminar de quanto de água de chuva o sistema pode ofertar para o consumo dentro de determinada edificação e quanto da demanda de água da edificação pode passar a ser atendida por tal sistema. Ainda, o simulador apresenta um valor aproximado de economia mensal a ser obtido na conta de água.

Mano (2004) avaliou os benefícios da implementação de sistemas de aproveitamento de água de chuva para fins residenciais na área urbana de Porto Alegre-RS, concluindo que é viável tecnicamente utilizar a água de chuva em residências na cidade.

Perius (2016) avaliou a influência de distintas variáveis de projeto no volume e desempenho de reservatórios de aproveitamento de água de chuva em cinco capitais brasileiras. Em Porto Alegre-RS, os resultados apontam que a bacia sanitária representa o maior consumo e que a demanda da irrigação gera menores falhas, chegando a valores próximos a zero.

Seeger (2008) desenvolveu um estudo sobre a eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais na região central do Rio Grande do Sul, ênfase nos municípios de Cacequi, Cachoeira do Sul, Caçapava do Sul, Cruz Alta, Jaguari, Júlio de Castilhos, Restinga Seca, Rosário do Sul, São Francisco de Assis, São Gabriel, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Santa Maria, Santiago e Tupanciretã.

Esse estudo apontou que, segundo a classificação hidrológica de Azevedo Netto (1991), o aproveitamento da água de chuva para essa região é “muito bom”

para o atendimento das demandas de água não potável para usos em residências unifamiliares, residências multifamiliares, além de postos de combustíveis e indústria de cerveja.

Pozzebon (2013) realizou em estudo sobre a viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva para consumo não potável em um condomínio residencial na Cidade de Santa Maria-RS, onde concluiu que no que diz respeito a viabilidade técnica, o potencial de precipitação de Santa Maria é em média 1.812,65 mm/ano e a demanda total não potável em uma residência é de 33,13 L/hab.dia, um reservatório de 40 m³ apresenta 40,73 % de garantia.

Quanto a viabilidade econômica, o sistema é capaz de suprir cerca de 33,5% das demandas água não potável consumidos por dia no residencial, o que resulta em uma economia de 259,6 m³ por ano, proporcionando uma economia de R\$ 937,19/ano. O valor de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi estimado em R\$ 8.078,34, e o custo de operação e manutenção em R\$ 150,00 por ano (POZZEBON, 2013).

A Cidade de Alegrete-RS possui um residencial com sistema de aproveitamento de águas pluviais destinado a atender as demandas das descargas sanitárias e em 2015 foi realizado um estudo técnico econômico dessa estrutura. Segundo Dávila (2015), um volume de reservação de 8.000L é suficiente para abastecer a demanda total de 2.010 L/dia em 29% dos dias simulados e mesmo com essa realidade, o edifício economiza cerca de R\$ 130,73 por mês com o abastecimento de água, sem considerar os gastos com energia devido ao conjunto motor-bomba instalado.

Para o município de Estrela-RS, avaliaram-se a potencialidade de aproveitamento de água para uma edificação residencial, os métodos de dimensionamento do reservatório de armazenamento de água, com a intenção de utilizá-la na descarga de bacia sanitária, rega de jardins e lavagem de automóveis da residência e verificar a viabilidade econômica sobre a instalação do sistema (GUINDANI, 2016).

Os resultados demonstraram um potencial para a instalação de sistemas de captação de água da chuva devido à ocorrência de precipitações homogêneas durante o ano. Um reservatório de 5000L atende a 94% da demanda de água não potável, com uma confiança de 95,6% e redução de cerca de R\$45,00 mensais na conta de abastecimento de água.

5 ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO INTEGRANTES DO TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA – TED FUNASA Nº 02/2015

Com o intuito de atingir a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, onde estão inclusos o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007) e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbana (BRASIL, 2016), foi instituída a Lei Federal nº 11.445/2007 que traz o conceito de Plano de Saneamento Básico.

O Plano de Saneamento Básico pode ser elaborado em âmbito nacional, estadual, distrital e municipal. O seu conteúdo abrange o diagnóstico de como os serviços de saneamento estão sendo prestados à população, usando para essa análise indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos. A indicação de objetivos e metas para o alcance da universalização do acesso no horizonte do Plano e respectiva proposição de programas, projetos e ações, inclusive as de emergência e contingência. Além do estabelecimento de índices mínimos para aferir o desempenho dos prestadores de serviços; e a definição dos mecanismos para acompanhamento, avaliação dos resultados alcançados e revisão do Plano (FUNASA, 2018).

O Decreto nº 7.217/2010 regulamenta que a partir do exercício financeiro de 2014, a existência de plano de saneamento básico, elaborado pelo titular dos serviços, será condição para o acesso a recursos orçamentários da União ou a recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico (BRASIL, 2010). Contudo, esse prazo passou por várias prorrogações, sendo o atual até dia 31 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2017).

Em janeiro de 2017, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, ligada ao Ministério das Cidades, publicou o documento “Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico”. O levantamento comprovou a grande dificuldade dos municípios em realizar os PMSB. Segundo o levantamento, das 5.570 cidades brasileiras, apenas 1.693 (30%) realizaram seus Planos Municipais e 38% das cidades declararam que estão com os planos em andamento.

Diante da dificuldade em elaborar Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), foi firmado um Termo de Execução Descentralizada (TED) entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) com a finalidade de dar apoio técnico e financeiro aos municípios do Rio Grande do Sul de até 50.000 habitantes para a elaboração de seus PMSB.

O TED FUNASA nº 02/2015 foi dividido em duas etapas, sendo a primeira com início em maio de 2017 e término previsto para julho de 2018, e a segunda fase terá início em julho de 2018 com término previsto para julho de 2019. Ao todo foram selecionados 49 municípios, sendo 28 para a primeira fase e 24 para a segunda. A lista de municípios integrantes do TED FUNASA nº 02/2015 está organizada no Tabela 8 abaixo.

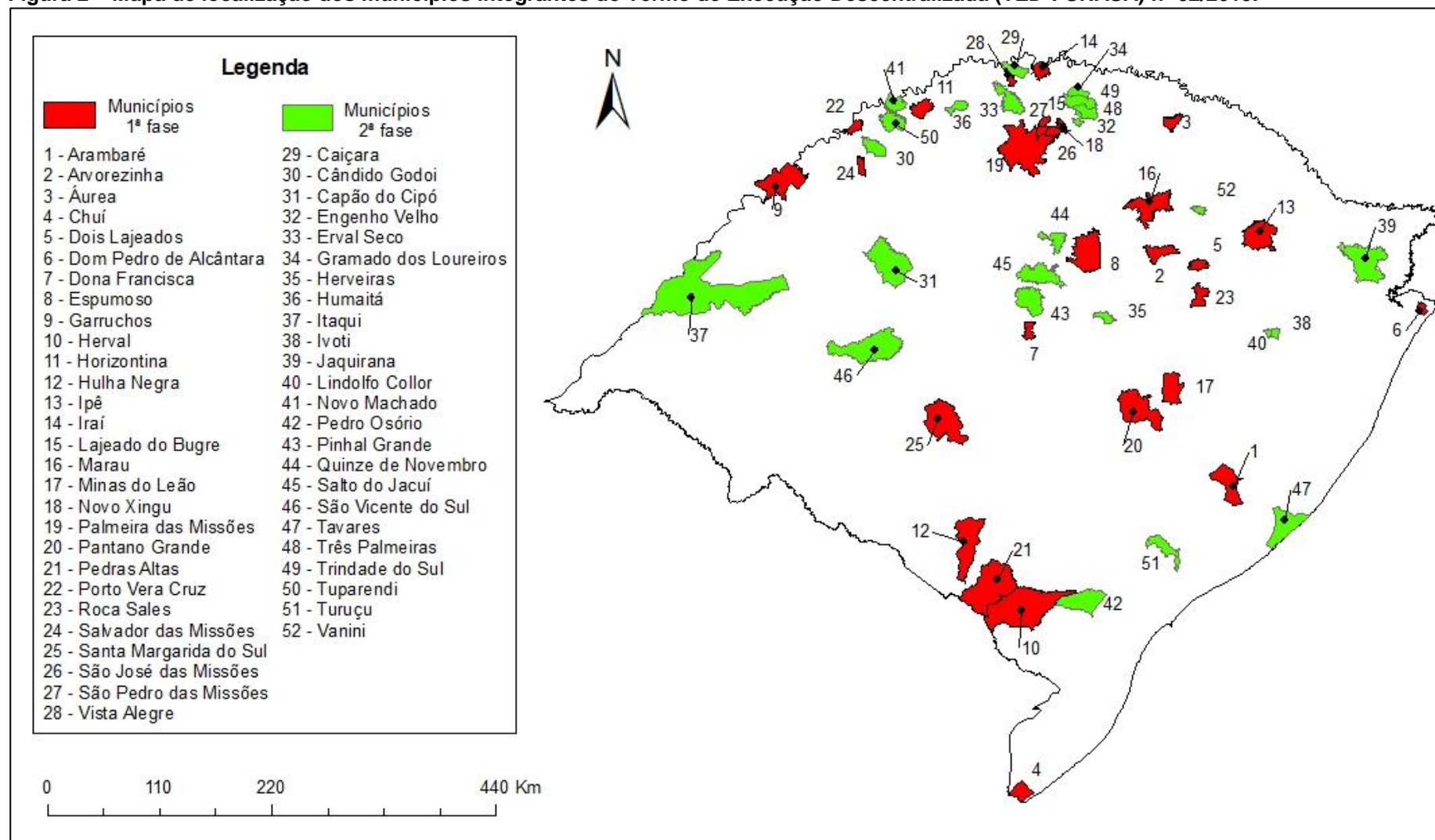
Tabela 8 – Lista de municípios integrantes do TED FUNASA nº 02/2015

Qtd	Primeira Fase	Qtd	Segunda Fase
1	Arambaré	1	Caiçara
2	Arvorezinha	2	Cândido Godói
3	Áurea	3	Capão do Cipó
4	Chuí	4	Engenho Velho
5	Dois Lajeados	5	Eral Sêco
6	Dom Pedro de Alcântara	6	Gramado dos Loureiros
7	Dona Francisca	7	Herveiras
8	Espumoso	8	Humaitá
9	Garruchos	9	Itaqui
10	Herval	10	Ivoti
11	Horizontalina	11	Jaquirana
12	Hulha Negra	12	Lindolfo Collor
13	Ipê	13	Novo Machado
14	Iraí	14	Pedro Osório
15	Lajeado do Bugre	15	Pinhal Grande
16	Marau	16	Quinze de Novembro
17	Minas do Leão	17	Salto do Jacuí
18	Novo Xingú	18	São Vicente do Sul
19	Palmeira das Missões	19	Tavares
20	Pantano Grande	20	Três Palmeiras
21	Pedras Altas	21	Trindade do Sul
22	Porto Vera Cruz	22	Tuparendi
23	Roca Sales	23	Turuçu
24	Salvador das Missões	24	Vanini
25	Santa Margarida do Sul		
26	São José das Missões		
27	São Pedro das Missões		
28	Vista Alegre		

Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 2 é possível observar o mapa de localização dos 52 municípios integrante do TED nº 02/2015.

Figura 2 – Mapa de localização dos municípios integrantes do Termo de Execução Descentralizada (TED-FUNASA) nº 02/2015.



Fonte:

Autor,

2019.

Os PMSB elaborados pelos municípios em parceria com a UFRGS seguem as instruções do Termo de Referência para Elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico da FUNASA e são compostos por relatórios, que vão de A ao K (FUNASA, 2018), dentre esses destacam-se o Relatório de Diagnóstico Técnico-Participativo e o Relatório Prospectivas e Planejamentos Estratégicos.

No Diagnóstico Técnico-Participativo são apresentadas as principais informações de saneamento do município, principal base de dados do desenvolvimento desse estudo. A partir dessas informações foram elaboradas as Prospectivas e Planejamentos Estratégicos, por meio do qual foi possível estimar cenários futuros dos serviços de saneamento, para o horizonte de 20 anos prevendo, assim, onde devem ocorrer melhorias em cada setor.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

Os municípios integrantes da primeira fase do TED nº02/2015 comporão a área de desenvolvimento da pesquisa visto que esses já possuem um Diagnóstico Técnico-Participativo consolidado, com as informações necessárias e ano-base de 2017. Uma breve descrição desses está organizada no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – População Urbana e Rural, Número de Residências Urbanas e Rurais, Área e Responsável pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) dos Municípios da área de estudo.

Município	Urbana		Rural		Área (Km ²) ¹	Responsável pelo SAA
	População	Residências	População	Residências		
Arambaré	3.068	1.061	821	273	519,124	CORSAN
Arvorezinha	6.298	2.076	3.968,	1.127	271,643	CORSAN
Áurea	1.562	542	2.162	674	158,291	CORSAN
Chuí	6.301	1.863	243	88	201,169	CORSAN
Dois Lajeados	1.833	555	1.737	501	133,372	Prefeitura
Dom Pedro de Alcântara	744	271	1.812	682	78,158	Prefeitura
Dona Francisca	2.382	740	1.019	377	114,346	CORSAN
Espumoso	11.630	3.770	4.293	1.329	783,065	CORSAN
Garruchos	1.291	367	1.943	724	803,736	Prefeitura
Herval	4.703	1.778	2.325	808	1.757,607	CORSAN
Horizontalina	14.987	5.315	3.887	1.266	229,398	CORSAN
Hulha Negra	3.183	978	3.429	964	822,899	Prefeitura
Ipê	3.137	1.021	3.342	972	599,247	CORSAN
Iraí	4.488	1.545	3.590	1.100	180,962	CORSAN
Lajeado do Bugre	711	240	1.795	562	67,933	Prefeitura
Marau	31.684	10.619	4.825	1.545	649,300	CORSAN
Minas do Leão	7.598	2.373	301	99	424,339	CORSAN
Novo Xingú	1.129	205	664	370	80,590	Prefeitura
Palmeira das Missões	30.340	9.681	4.574	1.383	1.419,430	CORSAN
Pantano Grande	8.489	2.827	1.498	545	841,225	CORSAN
Pedras Altas	802	293	1.410	465	1.375,758	CORSAN
Porto Vera Cruz	457	174	1.466	509	114,539	Prefeitura
Roca Sales	7.733	2.260	3.581	1.293	208,629	CORSAN
Salvador das Missões	1.094	385	1.575	506	94,042	Prefeitura
Santa Margarida do Sul	682	186	2.224	573	955,299	CORSAN
São José das Missões	567	286	1.443	617	98,070	Prefeitura
São Pedro das Missões	532	176	1.354	435	79,965	Prefeitura
Vista Alegre	1206	398	1.677	487	77,455	CORSAN

¹ Área da unidade territorial: Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

A Agência Nacional de Águas, através do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos, disponibiliza em seu site um mapa interativo com a rede hidrometeorológica nacional (Hidroweb), e foi por meio dessa que se realizou o levantamento das estações pluviométricas do Rio Grande do Sul.

Foram identificados que 8 municípios da área de estudo possuem estações pluviométricas, cadastradas no Hidroweb, dentro do território municipal, esses são: Arambaré, Dona Francisca, Garruchos, Herval, Iraí, Palmeira das Missões, Pantano Grande e Pedras Altas. As informações dessas estações pluviométricas estão organizadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Informações das estações pluviométricas dos municípios da área de estudo.

Nome da Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim	Anos de dados
Arambaré	3051038	-30:54:20	-051:29:40	2	02/11/2004	28/02/2018	13,3
Dona Francisca	2953008	-29:37:28	-053:21:07	25	01/05/1943	28/02/2018	74,9
Garruchos	2855001	-28:11:16	-055:38:13	60	24/03/1949	28/02/2018	69,0
Herval	3253004	-32:01:43	-053:23:52	260	01/04/1966	28/02/2018	52,0
Iraí	2753019	-27:11:20	-053:15:12	240	02/01/1989	28/02/2018	29,2
Palmeira das Missões	2753015	-27:54:48	-053:18:39	610	31/08/1976	28/02/2018	41,5
Pantano Grande	3052016	-30:11:54	-052:22:21	40	01/04/1986	28/02/2018	31,9
Pedras Altas	3153007	-31:44:00	-053:35:17	380	16/01/1966	28/02/2018	52,2

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DOMICILIARES DE ÁGUA

Para realização do estudo do potencial do aproveitamento da água de chuva em residências faz-se necessário o entendimento quantitativo do consumo de água e os usos aos quais a água de chuva pode ser aplicada. Segundo Dornelles (2012) a estimativa dos usos e das demandas reflete diretamente no balanço de massas do sistema de aproveitamento de água de chuva, que por sua vez interfere nas estimativas de garantia de atendimento à demanda.

A partir do levantamento realizado nos Diagnósticos Técnico-Participativos, que tiveram como base de informações o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017) e as próprias Prefeituras Municipais foi possível estimar demandas máximas diárias domiciliares de água para as zonas urbanas e rurais de

cada município da área de estudo. Esses valores encontram-se organizados na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Demandas *per capita*s máximas urbanas e rurais dos municípios da área de estudo.

Município	Demanda de água (L/hab.dia)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Arambaré	283,31	283,09
Arvorezinha	131,84	131,95
Áurea	134,97	135,07
Chuí	163,86	163,56
Dois Lajeados	199,38	134,80
Dom Pedro de Alcântara	180,00	180,24
Dona Francisca	157,06	156,86
Espumoso	173,77	173,69
Garruchos	548,11	191,65
Herval	137,23	137,13
Horizontalina	240,00	180,05
Hulha Negra	235,07	235,09
Ipê	140,74	140,90
Iraí	240,06	239,95
Lajeado do Bugre	179,85	180,02
Marau	164,27	164,20
Minas do Leão	166,82	166,49
Novo Xingú	452,28	452,82
Palmeira das Missões	162,01	162,07
Pantano Grande	168,75	167,84
Pedras Altas	141,13	140,94
Porto Vera Cruz	170,15	170,91
Roca Sales	156,87	156,83
Salvador das Missões	-	-
Santa Margarida do Sul	146,96	146,46
São José das Missões	176,76	177,23
São Pedro das Missões	-	-
Vista Alegre	117,49	117,47

Como pode observado na Tabela 10, os municípios de Salvador das Missões e São Pedro das Missões não possuem informações quanto a demanda de água em domicílios da zona urbana e da zona rural. Além desses, os municípios de Garruchos e Novo Xingú apresentaram valores de demanda muito acima da média do Estado, cujo valor é de 152,19 L/hab.dia (SNIS, 2017), fato que sugere uma inconsistência dos dados levantados. Dessa forma, não se realizou o estudo de demandas e usos para esses municípios.

Ainda segundo os Diagnósticos Técnicos-Participativos, elaborou-se a Tabela 11 com a quantidade de habitantes sem acesso aos serviços de abastecimento de água por município de área de estudo, além da qualidade que esse valor representa do total.

Tabela 11 – População sem atendimento do serviço de abastecimento de água

Município	População total	População sem acesso	
	hab.	hab.	%
Arambaré	3.889	927	24%
Arvorezinha	10.266	3.760	37%
Áurea	3.724	2.118	57%
Chuí	6.544	369	6%
Dois Lajeados	3.570	-	-
Dom Pedro de Alcântara	2.556	1.795	70%
Dona Francisca	3.401	1.280	38%
Espumoso	15.923	4.434	28%
Garruchos	3.234	354	11%
Herval	7.028	2.358	34%
Horizontina	18.874	3.560	19%
Hulha Negra	6.612	178	3%
Ipê	6.479	3.613	56%
Iraí	8.078	3.681	46%
Lajeado do Bugre	2.506	-	-
Marau	36.509	2.953	8%
Minas do Leão	7.899	130	2%
Novo Xingu	1.793	0	0%
Palmeira das Missões	34.914	4.580	13%
Pantano Grande	9.987	1.845	18%
Pedras Altas	2.212	1.455	66%
Porto Vera Cruz	1.923	219	11%
Roca Sales	11.314	5.239	46%
Salvador das Missões	2.669	-	-
Santa Margarida do Sul	2.906	2.365	81%
São José das Missões	2.010	110	5%
São Pedro das Missões	1.886	66	3%
Vista Alegre	2.883	1.600	55%

Constata-se a partir da Tabela 11 que a quantidade de habitantes sem acesso aos serviços de abastecimento de água em Lajeado do Bugre e Salvador das Missões é negativa. Isso quer dizer que a quantidade de pessoas com acesso ao serviço é superior a população residente no município, essa informação realmente pode estar correta, mas também pode ter ocorrido falhas no preenchimento de

dados. Ainda, tem-se o caso do município de Dois Lajeados, que não apresentou informações de população não atendida.

Novo Xingu é o único município em que toda a população é atendida. Por outro lado, em Santa Margarida do Sul, 81% da população não tem acesso ao serviço. Em seguida têm-se os municípios de Dom Pedro de Alcântara (70%), Pedras Altas (66%), Áurea (57%), Ipê (56%) e Vista Alegre (55%). Nesses municípios, mais da metade da população não é atendida.

Esse levantamento é relevante no processo de avaliação e buscar de novas alternativas para universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico da população, bem como um levantamento econômico-social no âmbito municipal.

A partir das Prospectivas e Planejamento Estratégico dos PMSB dos municípios da área de estudo levantou as despesas totais com os serviços de água e esgoto, por ano, além da tarifa de água (R\$/m³) para zona urbana e rural, conforme pode ser observado no ANEXO I.

Outro dado importante no que diz respeito aos investimentos feitos pelas prefeituras para melhorar o sistema de abastecimento de água dos municípios é Plano Plurianual (PPA), que basicamente é um planejamento de médio prazo, que deve ser realizado por meio de lei. Nele, são identificadas as prioridades para o período de quatro anos e os investimentos de maior porte. No ANEXO II estão organizados os dados presentes nos PPA vigentes dos municípios no que tange os sistemas de abastecimento de água.

A ANA (2016) realizou uma avaliação da oferta e demanda de água nas sedes municipais brasileiras, publicado no Atlas do Abastecimento Urbano, no qual determinou que se o abastecimento fosse dado como satisfatório até o ano de 2025, não haveria a necessidade de investimento. Os resultados desse levantamento para os municípios da área de estudo estão organizados na Tabela 12.

Tabela 12 – Avaliação da oferta e demanda de água nas sedes urbanas municipais.

Municípios	Situação do Abastecimento (2015):	Investimento Total em Água (2025)
Arambaré	Abastecimento satisfatório	-
Arvorezinha	Abastecimento satisfatório	-
Áurea	Abastecimento satisfatório	-
Chuí	Requer novo manancial	-
Dois Lajeados	Requer ampliação do sistema	2 milhões
Dom Pedro de Alcântara	Requer ampliação do sistema	1 milhão
Dona Francisca	Abastecimento satisfatório	-

(Conclusão)

Espumoso	Requer ampliação do sistema	5 milhões
Garruchos	Abastecimento satisfatório	-
Herval	Abastecimento satisfatório	-
Horizontina	Abastecimento satisfatório	-
Hulha Negra	Requer ampliação do sistema	1 milhão
Ipê	Requer ampliação do sistema	2 milhões
Iraí	Abastecimento satisfatório	-
Lajeado do Bugre	Abastecimento satisfatório	-
Marau	Abastecimento satisfatório	-
Minas do Leão	Abastecimento satisfatório	-
Novo Xingú	Abastecimento satisfatório	-
Palmeira das Missões	Requer ampliação do sistema	12 milhões
Pantano Grande	Abastecimento satisfatório	-
Pedras Altas	Requer ampliação do sistema	1 milhão
Porto Vera Cruz	Requer ampliação do sistema	2 milhões
Roca Sales	Requer ampliação do sistema	9 milhões
Salvador das Missões	Abastecimento satisfatório	-
Santa Margarida do Sul	Requer ampliação do sistema	1 milhão
São José das Missões	Abastecimento satisfatório	-
São Pedro das Missões	Abastecimento satisfatório	-
Vista Alegre	Requer ampliação do sistema	3 milhões

Fonte: ANA, 2016.

A partir da Tabela 12 depreende-se que, em 2015, 11 sedes municipais requerem ampliação dos seus sistemas de abastecimento de água. Os municípios são: Dois Lajeados, Dom Pedro de Alcântara, Espumoso, Hulha Negra, Ipê, Palmeira das Missões, Pedras Altas, Porto Vera Cruz, Roca Sales, Santa Margarida do Sul e Vista Alegre.

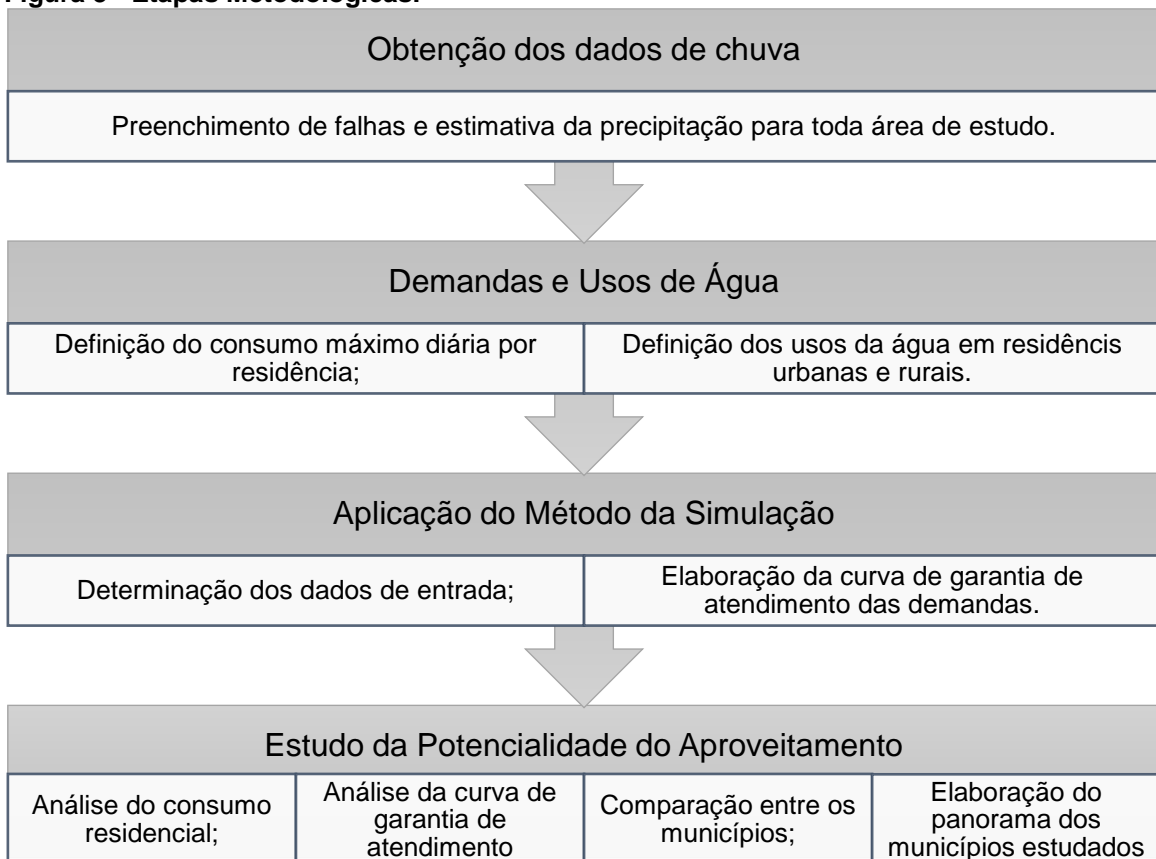
Esses municípios necessitam investir até o ano de 2025, valores iguais ou superiores a R\$ 1 milhão, podendo chegar a R\$ 12 milhões, como o caso do município de Palmeira das Missões. No município de Chuí, a situação é tão alarmante que se faz necessária a escolha de um novo manancial de abastecimento.

6 METODOLOGIA

Aqui é apresentado o procedimento metodológico da pesquisa, que é constituído de estimativa de demanda de água por município da área de estudo, zona rural e urbana, o método de dimensionamento de reservatório de armazenamento de água de chuva, além de explicitar a forma como será estimada a curva de garantia de atendimento para diferentes demandas.

De modo geral, as etapas que compõem o procedimento metodológico podem ser observadas na Figura 3 a seguir e foram aplicadas em cada cidade.

Figura 3 - Etapas Metodológicas.



Fonte: Autor, 2019.

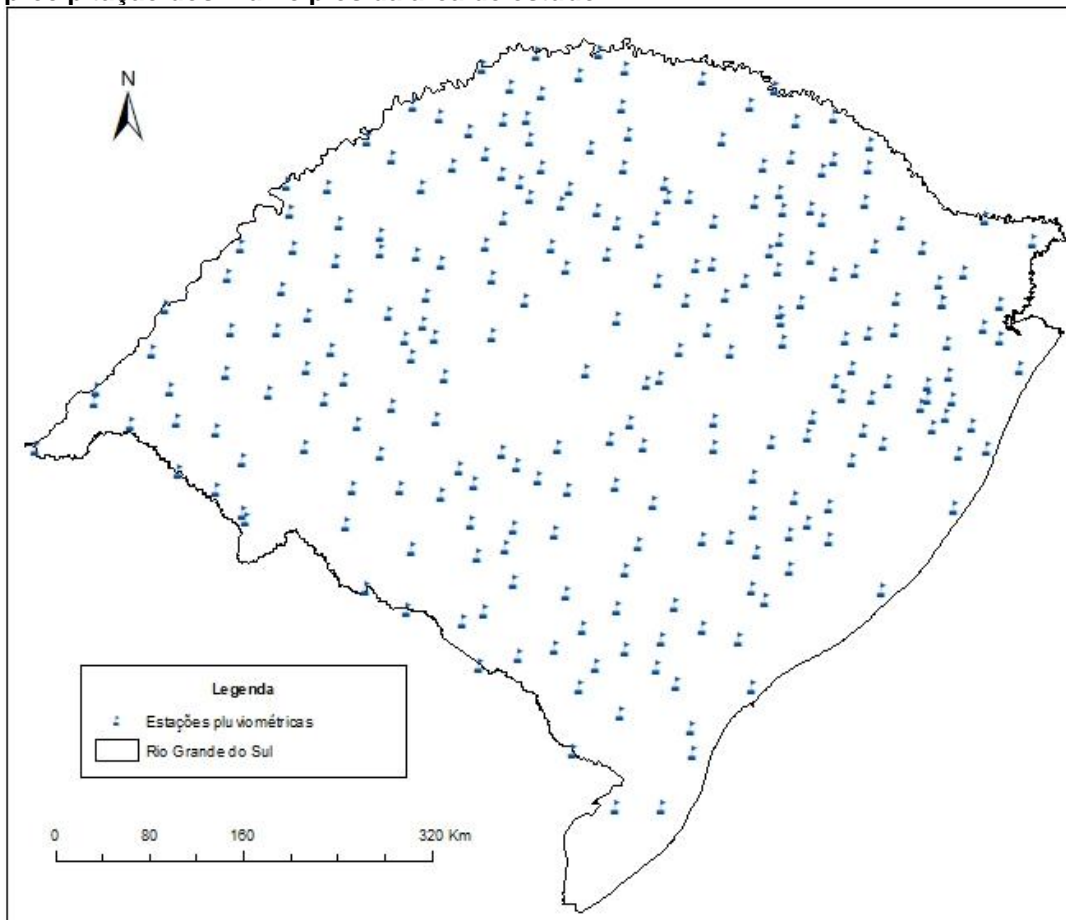
6.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CHUVA

A fim de se obter dados pluviométricos para todos os municípios da área de estudo, utilizou-se o método de ponderação do inverso-distância-quadrado (BURROUGH & MCDONNELL, 1998). Este método preserva no local de estudo os dados observados quando registrados.

O método supõe explicitamente que os dados das estações pluviométricas mais próximas dos municípios representam melhor a sua realidade quando comparadas com as mais distantes. Dessa forma, o preenchimento de falhas é obtido através da média ponderada pelos inversos das distâncias dos postos com dados conhecidos

A base de dados utilizada foi a disponibilizada pelo Hidroweb. Nesse estudo, foram utilizados dados diários de 233 estações pluviométricas do Rio Grande do Sul, conforme apresentado na Figura 4 abaixo.

Figura 4 – Mapa de localização das Estações Pluviométricas utilizadas para estimada da precipitação dos municípios da área de estudo.



Fonte: Adaptado de HidroWeb – ANA, 2018.

6.2 DEMANDAS E USOS DE ÁGUA

Sabendo-se que em residências, geralmente, habitam mais de uma pessoa, realizou-se um levantamento no CENSO (IBGE, 2010) da quantidade de habitantes por domicílio em cada um dos municípios da área de estudo e admitiu-se que esses

valores se permaneceram constantes até o ano da pesquisa, 2018. Ainda, admitiu-se que todos os habitantes dos municípios da área de estudo moravam em casas.

Os consumos per capita utilizados estão organizados na Tabela 10 (na página 57) que juntamente com a quantidade de habitantes por residência possibilitaram a estimativa do consumo de água por residência da zona urbana e rural dos municípios da área de estudo. De posse dos valores totais de consumo de água da residência, realizou-se a discretização dos usos, a partir dos dados presentes na Tabela 13.

Tabela 13 – Consumos *per capita* adotados para estimativa da demanda de água em residências.

Usos	Consumo	Consumo <i>per capita</i>
Chuveiro	106 L/dia	35,3 L/hab.d
Pia da cozinha	91 L/dia	30,3 L/hab.d
Máquina de lavar roupa	83 L/dia	27,7 L/hab.d
Bacia sanitária (caixa acoplada)	14 L/dia	14 L/hab.d
Tanque	13,6 L/dia	13,6 L/hab.d
Lavatório	32 L/dia	10,8 L/hab.d

Fonte: Adaptado de Barreto, 2008.

É importante destacar que como as perdas, a lavagem de carros, a lavagem de pisos e a rega de jardins não variam diretamente em função no número de habitantes da residência, optou-se por usar percentuais que representassem esses valores.

Admitiu-se que as perdas (3%), a lavagem dos carros (2%) e a lavagem dos pisos (5%) juntos representam 10% das demandas residenciais, sendo essas também de uso de água não potável, assim denominou-se esse conjunto de demandas como uso externo de água não potável (UEANP). Ainda, admitiu-se que a rega de jardins representaria 5% do total consumo na residência.

O procedimento de discretização das demandas ocorreu conforme ilustrado na Figura 5. Para melhor entendimento, tomemos como exemplo a discretização do consumo de água com o per capita do Estado do Rio Grande do Sul (152,2 L/hab.dia) e 3 habitantes por residência. O que resulta em um consumo domiciliar diário total de 456,6 L/res.dia, o produto entre o per capita e a quantidade de moradores.

Se cada morador gasta 14 L de água por dia na bacia sanitária, o consumo na residência é de 42L, o que representa 9% do total. Da mesma forma, cada morador

utiliza cerca de 35,3 L de água no chuveiro, como são 3 moradores, tem-se o total de 105,9 L/res.dia representando 23% do consumo da residência. Assim, discretizou-se todos os usos internos, sendo o consumo do lavatório de 32,4 L/res.dia (7% do total), o da pia da cozinha de 90,9 L/res.dia (20% do total), o do tanque de 40,8 L/res.dia (9% do total), o da máquina de lavar roupas de 83,1 L/res.dia (18% do total), assim sendo, o consumo interno representa 87% da demanda de água da residência.

Em seguida, realizou-se a diferença entre o consumo total e o consumo interno discretizado. Tendo restado água da discretização dos usos internos, realizou-se o mesmo procedimento para os usos externos, como perdas, lavagem de carros, lavagem de pisos e rega de jardins, ainda caso tenha restado água considerou-se que todo o restante seria destinado a outros usos.

Para o exemplo do Rio Grande do Sul tem-se que consumo externo representa 13% do total, 61,5 L/res.dia. Como a porcentagem de perdas foi pré-estabelecida e vale 3% do total, tem-se 13,7 L/res.dia de perdas na residência, restando ainda 47,8 L/res.dia. Da mesma forma, a lavagem de pisos consumo 22,8 L/res.dia (5% do total) e lavagem de carros 9,1 L/res.dia (2% do total) restando assim 15,8 L para rega de jardins (3% do total).

Foram ainda apresentadas estimativas das despesas mensais com abastecimento de água de cada residência dos municípios da área de estudo, para que posteriormente se pudesse estimar a economia financeira que um sistema de aproveitamento de água de chuva poderia proporcionar à população.

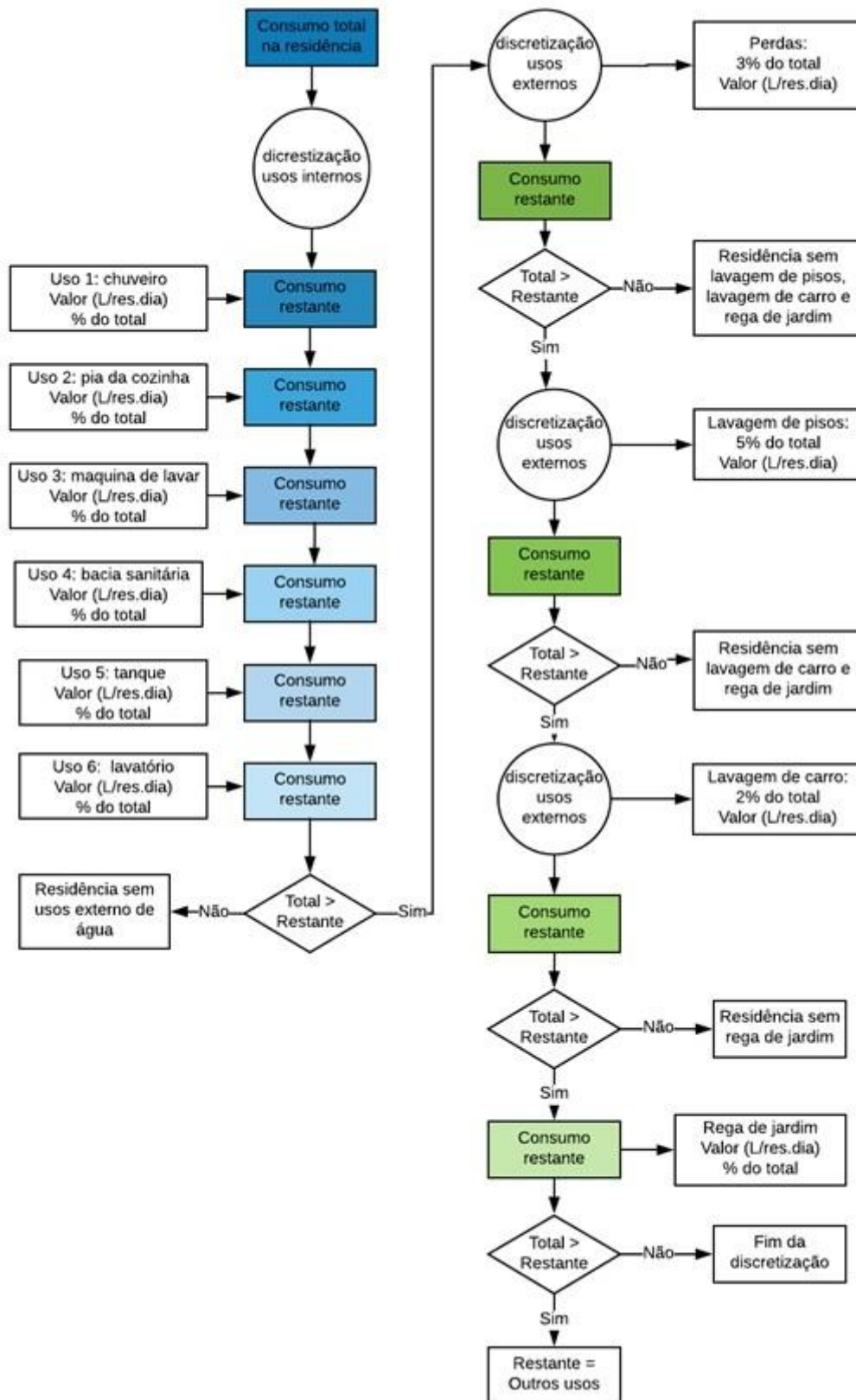
Essa estimativa foi realizada a partir dos dados presentes no Anexo II – Despesas totais com os serviços de água e esgoto e tarifa de água, de cada município da área de estudo. Vale ressaltar que, devido apenas três municípios possuírem dados da zona rural, realizou-se essa estimativa apenas para a zona urbana.

Assim, de posse das tarifas de água (R\$/m³) e do consumo diário de residência (L/res.dia), e admitindo que um mês possui 30 dias, estimou-se o valor da tarifa paga por residência.

Geralmente, quando no município há coleta e/ou tratamento de esgoto sanitário, o custo desse serviço é calculo encima do valor consumo de água na residência. Nesse estudo não foi levado em consideração a porcentagem cobrada

para manutenção do sistema de esgotamento sanitário para cálculo da tarifa paga ao prestador de serviço.

Figura 5 – Fluxograma do procedimento de discretização das demandas.



6.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA SIMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DA CURVA DE GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS

Para que seja possível viabilizar o aproveitamento de águas pluviais pelas residências um dos maiores desafios é a definição do volume de reservação. O método aqui aplicado foi o Método da Simulação, conforme a NBR 15.527/2007 – Anexo A (informativo) Métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios.

A simulação baseada em princípios de balanço de massa tem sido usada com maior frequência (GUO & GUO, 2018). Este método consiste basicamente na fixação de um volume para o reservatório e na verificação do percentual de consumo que será atendido (AMORIM; PEREIRA, 2008).

O método considera duas hipóteses, uma é que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e outra é que os dados históricos são representativos para as condições futuras (ABNT NBR, 2007).

Através desse método foi possível realizar um balanço hídrico em escala diária a partir de volumes pré-definidos de reservatório. Os cálculos são feitos com base no balanço hídrico calculado pelas Equações 1 e 2 abaixo.

$$Q_t = P_t \times A \times \eta \quad \text{Equação 1}$$

$$S_t = S_{t-1} + Q_t - D_t, \text{ sendo } 0 \leq S_t \leq V \quad \text{Equação 2}$$

Nas quais:

S_t = volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

S_{t-1} = volume de água no reservatório no tempo t-1 (m^3);

Q_t = volume de chuva captada no tempo t (m^3);

D_t = demanda ou consumo no tempo t (m^3);

P_t = precipitação no tempo t (mm);

A = área de captação (m^2);

V = volume do reservatório (m^3);

η = Rendimento do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial além do coeficiente de escoamento superficial.

Essa simulação foi executada em planilha eletrônica do Microsoft Office Excel, utilizando equação lógica, que considerou dois tipos de dados de entrada, os fixos e os variáveis. Admitiu-se que quando chove não ocorre rega de jardins.

6.3.1 Dados de Entrada

Os dados fixos necessários para realização das simulações foram a precipitação diária para cada município e o coeficiente de perdas adotado. Os dados variáveis foram a área de captação, visto que as moradias são diferentes dentro de cada território municipal, as demandas diárias, cujas variam em função de diversas características como apresentado no Levantamento Bibliográfico, e os volumes do reservatório. A seguir é apresentada uma descrição de cada dado utilizado.

- Área de captação

Foram adotadas 6 áreas de captação diferentes, cujos valores são 75 m², 100 m², 125 m², 150 m², 175 m² e 200 m² para abranger a diversidade de residências dos municípios avaliados.

- Volume de precipitação

O volume de precipitação diário, vazão de entrada, pôde ser calculado com base na seguinte expressão:

$$\text{Volume de Precipitação (m}^3\text{)} = \frac{\text{Área de captação (m}^2\text{)} \times \text{Precipitação (mm)}}{1000}$$

Sendo que a precipitação adotada para cada município foi a apresentada no item 5.2 (página 56).

- Rendimento do sistema de captação

Admitiu-se que o rendimento do sistema de captação de água de chuva é de 90%. Logo, há no sistema 10% de perdas.

- Demandas diárias

Considerou-se as demandas a serem atendidas com o sistema de aproveitamento de água de chuva de 100% da demanda total da residência mais provável, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20% e 10%. Sendo

que cada zona urbana e rural de cada município da área de estudo possui um valor específico de demanda levantado.

- Volume do reservatório

Os volumes de reservatórios fixados foram 500L, 750L, 1000L, 1500L, 2000L, 3000L e 5000L, conforme disponibilidade no mercado para reservatórios de armazenamento de água prontos.

Resumidamente, foram estabelecidas 10 demandas diárias, 6 áreas de captação e 7 volumes de reservatórios, que combinados culminam em 420 cenários de aproveitamento de água de chuva para cada local de análise. Como são duas regiões por municípios (urbana e rural), tem-se 840 simulações por município. Sendo a área de estudo composta por 28 municípios, temos um total de 23.520 simulações.

6.3.2 Dados de Saída

Estabelecidos os dados de entrada, realizaram-se os estudos de volume de água potencialmente aproveitável em função da área de captação, da capacidade de reservação e da demanda de água a ser atendida com base no balanço diário de vazões no reservatório, tendo como dado de saída a quantidade de dias em que o sistema não teve capacidade de atender as demandas, ou seja, os dias com falha.

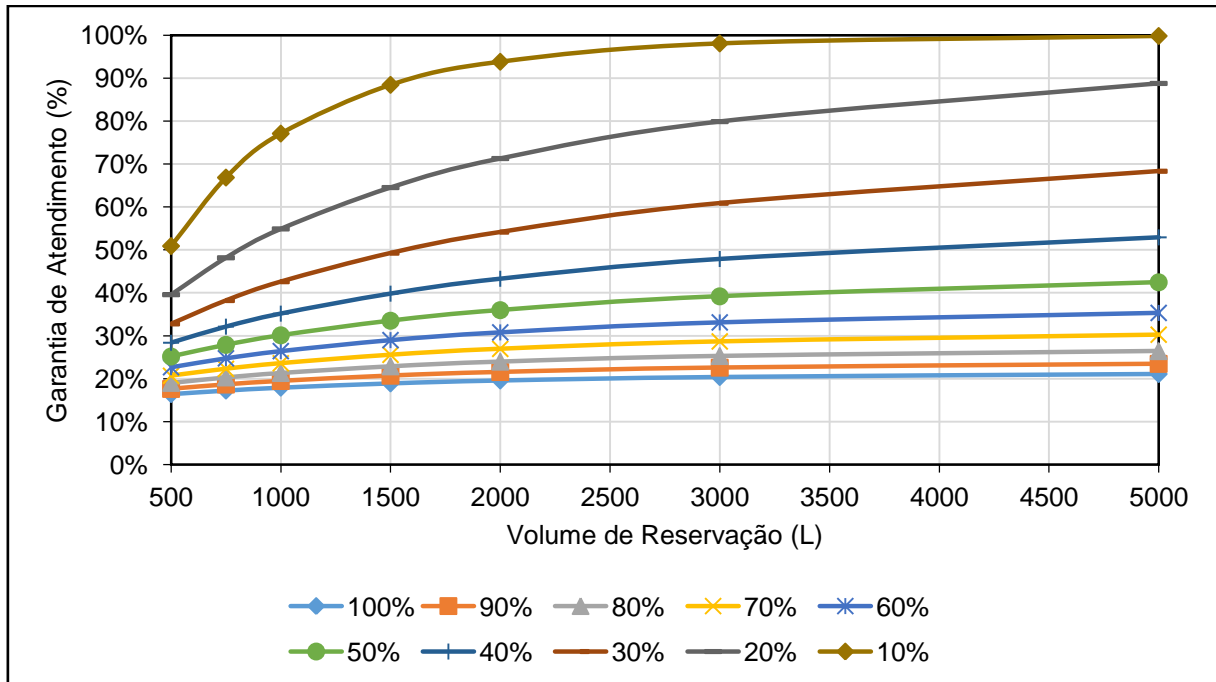
De posse do número total de falhas e do número total de dados será realizada a estimativa da porcentagem de garantia de atendimento das demandas através da seguinte expressão:

$$\%_{\text{garantia}} = \frac{\sum \text{volume atendido}}{\sum \text{volume total}} \times 100\%$$

6.3.3 Curva de Garantia de Atendimento

A partir dos valores de garantia de atendimento das demandas foi possível elaborar um conjunto de curvas de garantia, conforme o modelo presente Figura 6. Essa figura apresenta a garantia de atendimento em função da porcentagem de demanda atendida com o sistema de aproveitamento e do volume de reservação, tendo sido elaborado um gráfico para cada área de captação.

Figura 6 – Modelo de curva de garantia de atendimento das demandas que foi elaborado para cada área de captação em função do percentual da demanda máxima residencial diária atendida.



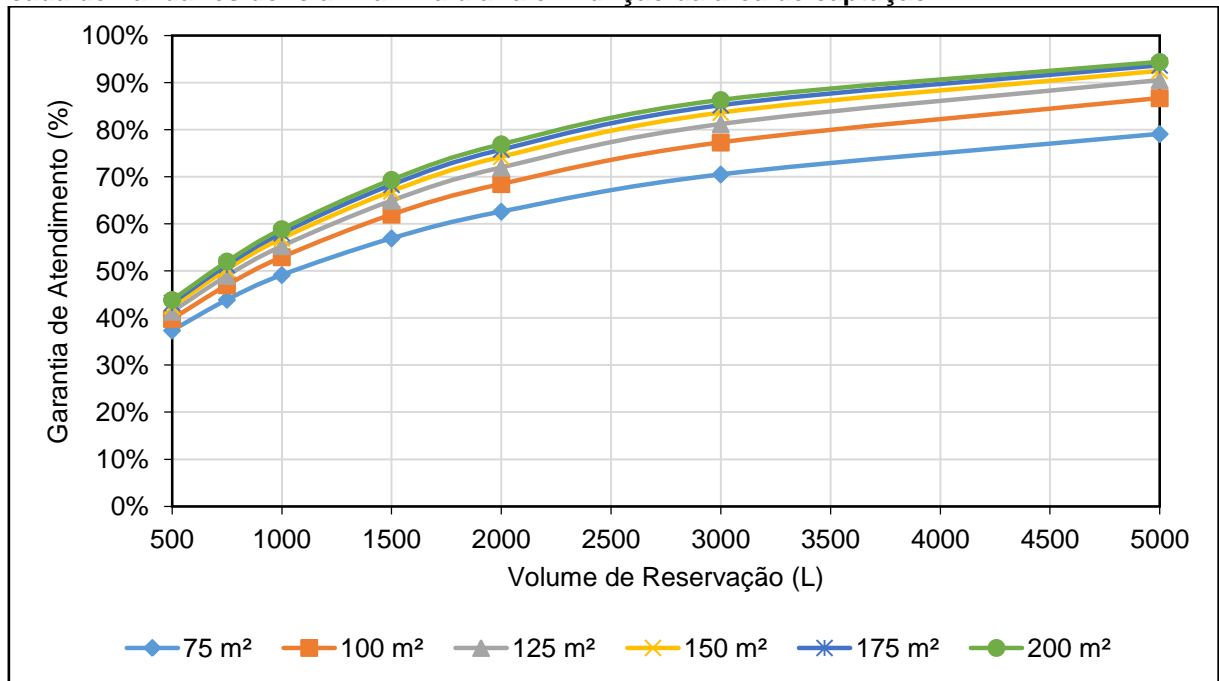
Fonte: Autor, 2019.

A interpretação da Figura 6 ocorre da seguinte forma. Para uma única área de captação (residência) o sistema de aproveitamento de água de chuva pode atender a vários usos. Cada curva presente na figura acima representa uma porcentagem total dos usos da residência. No eixo das abscissas tem-se os volumes de reservação adotados e no eixo das ordenadas têm-se as garantias de atendimento das demandas.

Dessa forma, seguindo o exemplo da Figura 6, para atendimento de 30% dos usos da residência com água de chuva e com um volume de reservação de 1 500L, a garantia de atendimento das demandas é de 50%. Agora, para atendimento de todos os usos da residência (curva de 100%) a garantia de atendimento, para qualquer volume de reservação, ficou em torno de 20%.

Após a realização dos cálculos para todas as áreas de captação adotados, também foi possível elaborar uma figura com um conjunto de curvas de garantia de atendimento das demandas para diferentes áreas de captação e mesma demanda máxima diária (Figura 7).

Figura 7 – Modelo de curva de garantia de atendimento das demandas que foi elaborado para cada demanda residencial máxima diária em função da área de captação.



Fonte: Autor, 2019.

A interpretação da Figura 7 ocorre da seguinte forma. Para atendimento de uma única demanda existem diferentes combinações de áreas de captação e volumes de reservação. Cada curva presente na figura acima representa uma área de captação. No eixo das abscissas tem-se os volumes de reservação adotados e no eixo das ordenadas tem-se as garantias de atendimento das demandas.

Dessa forma, a menor área (75 m²) não atende possui garantia de atendimento das demandas igual ou superior a 80% para nenhuma área de captação. Ainda, O volume de reservação de 500L tem capacidade garantia de atendimento máximo de 45% quando associado a uma área de 200 m².

6.4 ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O estudo da eficiência de sistemas de aproveitamento da água de chuva se deu através da avaliação da curva de garantia de atendimento das demandas, onde considerou-se uma eficiência satisfatória a garantia de atendimento que apresentasse valor igual ou superior a 80%. Assim, foi possível estimar para quais usos seria viável realizar o aproveitamento da água de chuva em cada zona municipal.

O item referente à apresentação do estudo da eficiência de sistemas de aproveitamento de água de chuva foi organizando da seguinte forma. Primeiramente, para melhor compreensão da aplicabilidade do estudo no âmbito da gestão municipal, elencou-se o Município de Palmeira das Missões para análise completa das curvas de garantia de atendimento das demandas e dos valores possíveis de aproveitamento, apresentando o melhor cenário para atendimento satisfatório das demandas de água das residências.

Esse foi desenvolvido de forma explicativa para os demais municípios da área de estudo e também como forma de inserção da análise da potencialidade do aproveitamento de água de chuva no Relatório de Prognóstico e Planejamento Estratégico do Plano Municipal de Saneamento Básico.

Feito isso, foram apresentadas análises técnicas municipais, descrevendo a capacidade mínima e máxima de exploração do sistema para cada objeto de estudo analisado. Nesse item foram relacionados a máxima demanda atendida de forma satisfatório (80% de garantia), as áreas de captação simuladas e os possíveis volumes de reservação para atendimento das demandas.

Em seguida, elaborou-se uma avaliação socioeconômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, em função de cada porcentagem da demanda residencial atendida de forma satisfatória (80% de garantia), da quantidade de pessoas sem acesso ao serviço de abastecimento de água, além de relacionar os investimentos previstos ao setor no Plano Plurianual vigente de cada município (Anexo II) e com o diagnóstico apresentado pelo Atlas do Abastecimento Urbano da ANA (Tabela 12 – Página 59).

Nesse item foi apresentada a estimativa da economia com o sistema de abastecimento de água regular que a residência poderia obter com o aproveitamento de água de chuva. Para tanto, realizou-se a estimativa de gastos mensais com o sistema regular. Essa estimativa de custos foi elaborada a partir do produto entre o consumo de água das residências e a tarifa cobrada pelo serviço (Anexo I).

Já a estimativa de economia foi elaborada em função da qualidade de água que deixaria de ser abastecida pelo sistema regular de distribuição e passaria a ser abastecida pelo sistema de aproveitamento de água de chuva. Por exemplo, suponhamos que uma residência gaste por mês R\$ 100,00 com o sistema regular de abastecimento, ao utilizar a água de chuva como fonte de complementar para atendimento de 50% das demandas da residência com uma garantia satisfatória

(80% de garantia), a economia gerada seria de R\$ 40,00 (R\$ 100,00 x 80% x 50%). Ou seja, a residência pagaria R\$ 60,00/mês com o serviço de abastecimento de água regular.

Feito isso, foi apresentada uma análise geral de todos os objetos de estudo. A análise baseou-se na escolha de três valores de área de captação dentre aqueles que foram consideradas para a determinação da eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva. Essa medida foi adotada para fins comparativos.

As áreas escolhidas foram 75 m², 125 m² e 200 m². Essa escolha deu-se através da análise das características principais dos projetos-padrão de residências unifamiliares apresentados pela NBR 1.2712/2007 que trata da avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios (ABNT, 2007).

Foram selecionados alguns valores de demanda para serem apresentados e discutidos, a fim de melhor demonstrar as variações dos sistemas de aproveitamento de água de chuva em função do uso ao qual a água será destinada. As demandas selecionadas foram: 100%, 70%, 50%, 30% e 10%.

Para fins comparativos, escolheu-se a seguinte configuração: 125 m² de área de telhado, 1500 L de reservação e atendimento de 50% dos usos domiciliares. A partir desses valores, elaborou-se um cenário do Rio Grande do Sul, apenas para zona urbana dos municípios da área de estudo.

Também foi possível elaborar um panorama geral do conjunto de municípios da área de estudo do Rio Grande do Sul no que diz respeito ao máximo potencial de aproveitamento de água de chuva como fonte alternativa para atendimento às demandas.

Por fim, foram estudados com mais detalhamento os casos especiais encontrados no decorrer da pesquisa. Analisando as causas dos êxitos e insucessos observados durante as análises.

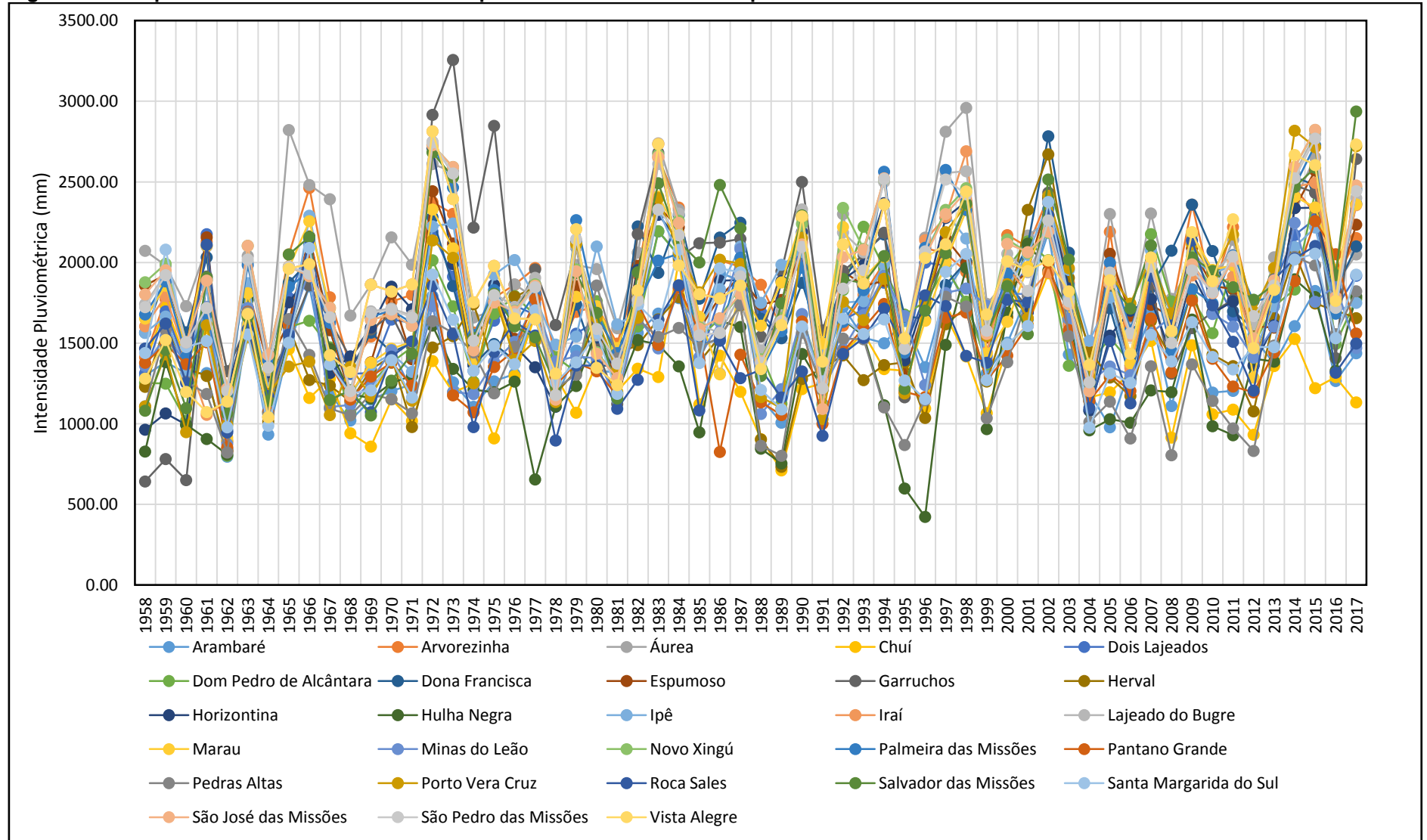
7 RESULTADOS

7.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CHUVA

Foram interpolados dados diários de 233 estações pluviométricas do Rio Grande do Sul, culminando em 28 séries históricas de 60 anos sem falhas (01/01/1958 a 31/12/2017).

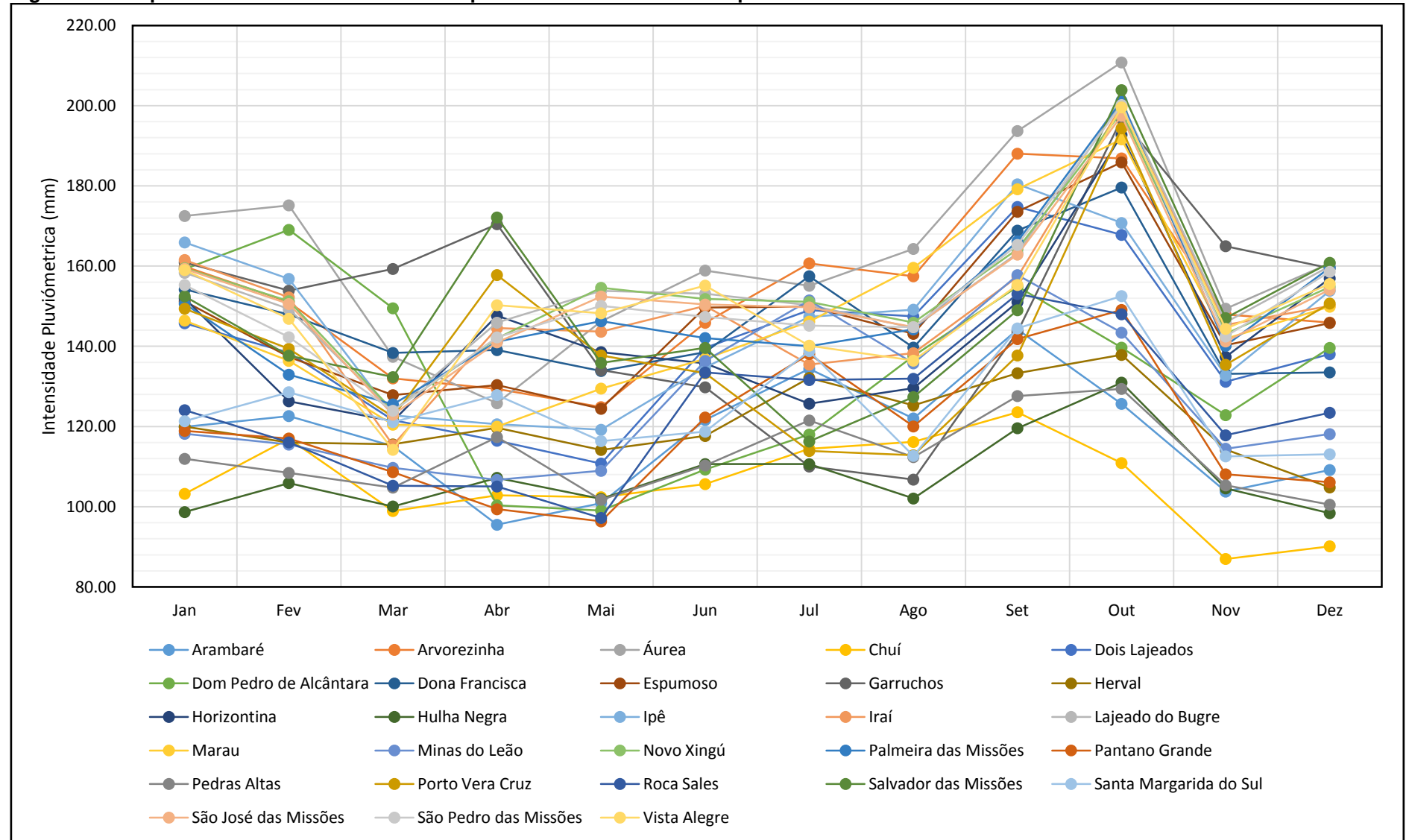
Na Figura 8 pode ser observado um gráfico do comportamento pluviométrico interanual de cada município da área de estudo e na Figura 9, o comportamento pluviométrico intraanual.

Figura 8 – Comportamento interanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 9 - Comportamento intraanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autor, 2019.

7.2 ESTUDO DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS

Na Tabela 14 podem ser observadas as demandas máximas residenciais para os 24 municípios da área de estudo, zona urbana e rural. Vale ressaltar que o presente estudo admitiu que todos os habitantes dos municípios em questão residem em casas, e não em edifícios com apartamentos.

Tabela 14 – Demanda Máxima Residencial de Água dos Municípios da Área de Estudo.

Município	Zona Urbana			Zona Rural		
	habitantes por residência	demanda per capita	demanda residencial	habitantes por residência	demanda per capita	demanda residencial
	hab/res	L/hab.dia	L/res.dia	Hab	L/hab.dia	L/res.dia
Arambaré	3	283,31	849,92	4	283,09	1132,36
Arvorezinha	4	131,84	527,34	4	131,95	527,81
Áurea	3	134,97	404,90	4	135,07	540,30
Chuí	4	163,86	655,44	3	163,56	490,67
Dois Lajeados	4	199,38	797,54	4	134,80	539,19
Dom Pedro de Alcântara	3	180,00	540,00	3	180,24	540,72
Dona Francisca	4	157,06	628,23	3	156,86	470,58
Espumoso	4	173,77	695,06	4	173,69	694,74
Herval	3	137,23	411,70	3	137,13	411,38
Horizontalina	3	240,00	719,99	4	180,05	720,19
Hulha Negra	4	235,07	940,28	4	235,09	940,35
Ipê	4	140,74	562,96	4	140,90	563,59
Iraí	3	240,06	720,19	4	239,95	959,79
Lajeado do Bugre	3	179,85	539,54	4	180,02	720,08
Marau	3	164,27	492,81	4	164,20	656,82
Minas do Leão	4	166,82	667,27	4	166,49	665,94
Palmeira das Missões	4	162,01	648,03	4	162,07	648,28
Pantano Grande	4	168,75	675,00	3	167,84	503,52
Pedras Altas	3	141,13	423,38	4	140,94	563,74
Porto Vera Cruz	3	170,15	510,46	3	170,91	512,74
Roca Sales	4	156,87	627,47	3	156,83	470,48
Santa Margarida do Sul	4	146,96	587,82	4	146,46	585,84
São José das Missões	2	176,76	353,52	3	177,23	531,69
Vista Alegre	4	117,49	469,97	4	117,47	469,87

Fonte: Autor, 2019.

Segundo a Tabela 14, o município com maior consumo residencial na zona urbana é Hulha Negra, que possui em média, cerca de 4 habitantes por residência e o segundo maior consumo per capita. Em seguida tem-se o município de Arambaré, que tem o maior consumo per capita da área de estudo, mas apenas 3 habitantes por residência, em média.

Basicamente, se ambos os municípios possuísem a mesma quantidade de habitantes por residência, o consumo domiciliar de Arambaré seria 20% maior que o de Hulha Negra, como ocorre na zona rural desses municípios.

Vista Alegre é o município com o menor consumo per capita, tanto na zona urbana quanto na zona rural, o que reflete em um baixo consumo domiciliar, mas como há 4 habitantes por residência em média nesse município, as residências de São José das Missões (zona urbana) e Herval (zona rural) foram as que apresentam os menores valores de consumo de água.

Os dados organizados na Tabela 14 sugerem uma heterogeneidade no consumo residencial de água dos municípios, variando de 469,97 L/res.dia a 940,28 L/res.dia em domicílios com 4 habitantes e, de 404,90 L/res.dia a 849,92 L/res.dia para domicílios com 3 habitantes nas zonas urbanas. Enquanto que para a zona rural constatou-se variações de 469,87 L/res.dia a 1.132,36 L/res.dia e 411,38 L/res.dia a 540,72 L/res.dia, para 4 e 3 habitantes por residência, respectivamente.

Ao compararmos as demandas urbanas e rurais de um mesmo município é perceptível que não há grandes variações. Exceto o caso dos municípios Dois Lajeados e Horizontina, com demanda urbana maior que rural, sendo o caso mais evidente o do município de Dois Lajeados, com uma diferença de 258,35 L/res.dia.

Outros municípios apresentaram diferenças desta mesma ordem, contudo a quantidade de habitantes por residência também variou, fazendo com que a média do consumo de água de todos os domicílios da zona rural fosse superior aos da zona urbana.

Devido a essa pequena diferença entre as demandas residenciais urbanas e rurais de alguns municípios da área de estudo admitiu-se um mesmo valor para os casos de Arvorezinha, Dom Pedro de Alcântara, Espumoso, Herval, Hulha Negra, Ipê, Minas do Leão, Palmeira das Missões, Porto Vera Cruz, Santa Margarida do Sul e Vista Alegre. Para esses municípios foram realizadas discretizações apenas para a zona urbana.

Na discretização estimaram-se os valores demandados em cada uso de água da residência conforme orientado na Tabela 13 (Página 63). Os valores apontados, em porcentagem do total, para o consumo residencial nesse estudo encontram-se organizados na Tabela 15 para zona urbana e rural, em ordem crescente de consumo de água.

Tabela 15 – Discretização dos usos e demandas de água em residências urbanas e rurais, em porcentagem do total.

Municípios	BS	CHU	LAV	PIA	TAN	MLR	UEANP	IRRIG	OUTRO	TOTAL
Arambaré - Urb	5	12	4	11	5	10	10	5	38	100
Arambaré - Rur	5	12	4	11	5	10	10	5	38	100
Iraí - Urb	6	15	4	13	6	12	10	5	29	100
Horizontina - Urb	6	15	5	13	6	12	10	5	28	100
Iraí - Rur	6	15	5	13	6	12	10	5	28	100
Hulha Negra	6	15	5	13	6	12	10	5	28	100
Dois Lajeados - Urb	7	18	5	15	7	14	10	5	19	100
Horizontina - Rur	8	20	6	17	8	15	10	5	11	100
Lajeado do Bugre - Rur	8	20	6	17	8	15	10	5	11	100
Dom Pedro de Alcântara	8	20	6	17	8	15	10	5	11	100
Lajeado do Bugre - Urb	8	20	6	17	8	15	10	5	11	100
São José das Missões - Rur	8	20	6	17	8	16	10	5	10	100
São José das Missões - Urb	8	20	6	17	8	16	10	5	10	100
Espumoso	8	20	6	17	8	16	10	5	10	100
Porto Vera Cruz	8	21	6	18	8	16	10	5	8	100
Pantano Grande - Urb	8	21	6	18	8	16	10	5	8	100
Pantano Grande - Rur	8	21	6	18	8	17	10	5	7	100
Minas do Leão	8	21	6	18	8	17	10	5	7	100
Marau - Urb	9	21	7	18	8	17	10	5	5	100
Marau - Rur	9	21	7	18	8	17	10	5	5	100
Chuí - Urb	9	22	7	18	8	17	10	5	4	100
Chuí - Rur	9	22	7	19	8	17	10	5	3	100
Palmeira das Missões	9	22	7	19	8	17	10	5	3	100
Dona Francisca - Urb	9	22	7	19	9	18	10	5	1	100
Roca Sales - Urb	9	23	7	19	9	18	10	5		100
Dona Francisca - Rur	9	23	7	19	9	18	10	5		100
Roca Sales - Rur	9	23	7	19	9	18	10	5		100
Santa Margarida do Sul	10	24	7	21	9	19	10			100
Pedras Altas - Urb	10	25	8	21	10	20	10			104
Pedras Altas - Rur	10	25	8	21	10	20	10			104
Ipê	10	25	8	22	10	20	10			105
Herval	10	26	8	22	10	20	10			106
Áurea - Rur	10	26	8	22	10	21	10			107
Áurea - Urb	10	26	8	22	10	21	10			107
Dois Lajeados - Rur	10	26	8	22	10	21	10			107
Arvorezinha	11	27	8	23	10	21				100
Vista Alegre	12	30	9	26	12	24				113

Legenda: BS = Bacia sanitária; CHU = Chuveiro; LAV = lavatório; PIA = Pia da cozinha; M.L.R. = Máquina de lavar roupa; UEANP = uso externo de água não potável; IRRIG = rega de jardins.

Fonte: Autor, 2019.

A partir da Tabela 15 é possível observar que o município de Vista Alegre possui um consumo residencial baixo em relação aos demais, o que sugere que a demanda de água interna das residências desse município seja inferior aos valores de uso sugeridos.

Da mesma forma, os municípios de Santa Margarida do Sul, Pedras Altas, Ipê, Herval, Áurea, Arvorezinha e Dois Lajeados (zona rural) não demonstraram possuir demanda destinada à irrigação. Nessa situação, um sistema de

aproveitamento de água seria uma alternativa complementar ao sistema de abastecimento de água da concessionária de forma a atender aos usos não supridos pelo sistema público.

Para a zona rural desses municípios o baixo consumo verificado pode ser justificado pelo fato de que geralmente nas zonas rurais existem outras formas de abastecimento, não ligados à rede, como as Soluções Alternativas Coletivas - SAC e as Soluções Alternativas Individuais – SAI.

No Apêndice I é possível observar combinações de usos de água na residência agrupados em função da porcentagem total de demandas e de critérios sanitários. Por exemplo, foram apresentadas possibilidades de usos que requerem apenas 10% da demanda total, 20%, 30% até 100%, para cada município, agrupando-os se apresentassem o mesmo comportamento ou o mesmo valor para zona urbana e rural. Nessa apresentação das possibilidades de uso da água foram priorizados os usos menos nobres.

Na Tabela 16 é possível observar uma estimativa dos valores das despesas residenciais com o serviço de abastecimento de água, para os domicílios da zona urbana da área de estudo.

Tabela 16 - Estimativa da despesa domiciliar mensal com abastecimento de água potável para a zona urbana dos municípios da área de estudo.

Município	L/res.d	m ³ /res.mês	R\$/m ³	R\$/res.mês
Arambaré	849,9	25,5	8,27	210,86
Arvorezinha	527,0	15,8	7,51	118,73
Áurea	404,9	12,1	7,86	95,47
Chuí	655,4	19,7	7,22	141,97
Dois Lajeados	797,5	23,9	2,59	61,97
Dom Pedro de Alcântara	540,0	16,2	2,38	38,56
Dona Francisca	628,2	18,8	6,76	127,41
Espumoso	695,0	20,9	5,99	124,89
Herval	411,0	12,3	7,86	96,91
Horizontina	720,0	21,6	6,56	141,69
Hulha Negra	940,3	28,2	0,20	5,64
Ipê	563,0	16,9	7,52	127,01
Iraí	720,2	21,6	7,05	152,32
Lajeado do Bugre	539,5	16,2	2,83	45,81
Marau	492,8	14,8	6,71	99,20
Minas do Leão	667,0	20,0	7,03	140,67
Palmeira das Missões	648,0	19,4	6,86	133,36
Pantano Grande	675,0	20,2	6,81	137,90
Pedras Altas	423,4	12,7	7,85	99,71

Porto Vera Cruz	511,6	15,3	2,75	42,21
Roca Sales	627,5	18,8	6,86	129,13
<i>(Conclusão)</i>				
Santa Margarida do Sul	586,8	17,6	7,71	135,73
São José das Missões	353,5	10,6	0,50	5,30
Vista Alegre	470,0	14,1	7,71	108,71

Fonte: Autor, 2019.

A partir da interpretação da Tabela 16, têm-se que os municípios de Hulha Negra e São José das Missões possuem despesas muito baixas em comparação aos demais municípios da área de estudo; principalmente o município de Hulha Negra que apresenta a maior demanda e o mesmo tempo a menor tarifa de água.

Quando a tarifa é baixa, geralmente, a população tem a falsa sensação de há abundância do recurso hídrico, o que pode fazer com que haja uma menor preocupação em conserva-lo e utiliza-lo de forma consciente. Além de sugerir a inviabilidade de um sistema de aproveitamento de água de chuva, devido ao elevado tempo de retorno com a implantação deste, como acontece em uma região da Malásia (ERN LEE *et al.*, 2016).

Vale ainda ressaltar que o município de Hulha Negra requer ampliação do sistema de abastecimento de água em sua sede, conforme apresentado na Tabela 12 – Avaliação da oferta e demanda de água nas sedes urbanas municipais. (Página 59), estudo realizado pela ANA (2015).

Domicílios do município de São José das Missões possuem o menor consumo em relação aos demais e, conseqüentemente, a menor despesa com o serviço de abastecimento de água regular, cujo valor é de cerca de R\$ 5,30 por mês. Esse fato ocorre devido a média de 2 moradores por residência, conforme apresentado na Tabela 14 (Página 77), além da tarifa de R\$ 0,50/m³ (Anexo I).

No geral, tem-se que o município de Arambaré é um dos com maior consumo de água e também com maior tarifa, o que reflete em uma despesa domiciliar mensal em torno de R\$ 210,86. Em seguida tem-se o município de Chuí, seguido de Iraí e Horizontina, com elevada demanda residencial de água.

Nesses municípios, além de um Projeto de Aproveitamento de Água de Chva, seria interessante a implementação de um Programa de Educação Ambiental voltado para redução do consumo de água afim de minimizar o desperdício.

7.3 ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Basicamente, o procedimento de avaliação e escolha do sistema é o mesmo para todos os municípios. Assim, elegeu-se o município de Palmeira das Missões para apresentação da descrição detalhada do sistema de aproveitamento de água de chuva. O detalhamento da eficiência dos demais sistemas de aproveitamento de água de chuva da área de estudo, zona urbana e rural, encontram-se nos Apêndice II ao Apêndice XXIV.

7.3.1 Análise do Município de Palmeira das Missões - RS

O município de Palmeira das Missões está localizado geograficamente na mesorregião noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 10). Segundo dados do IBGE (2017) seu território é formado por cerca de 15.000 km² com 30.340 habitantes na zona urbana distribuídos em 9.681 residências e 4.574 habitantes e 1.383 residências na zona rural. Assim, o município possui em média 4 habitantes por residência em todo território.

Figura 10 - Localização do município de Palmeira das Missões-RS.



Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu apud PMSB de Palmeira das Missões-RS, 2018.

O responsável pelo sistema de abastecimento de água do município é a CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) e segundo a ANA (2017) o município requer ampliação do sistema com investimento de R\$ 12 milhões.

Ainda, no município cerca de 13% da população total não tem acesso aos serviços de abastecimento de água. E mesmo com esse quadro, no Plano Plurianual do município não estão previstos investimentos no setor de abastecimento de água, tampouco em qualquer coisa setor de saneamento básico.

Como o consumo per capita levantando no Diagnóstico Técnico-Participativo (PMSB, 2018) para o município é de 162,01 L/hab.dia e 162,07 L/hab.dia, zona urbana e rural, respectivamente, admitiu-se o valor de 162 L/hab.dia como único para todo o município. Assim, o consumo em cada residência é de 648 L/dia.

A partir da discretização presente na Tabela 15 (Página 79) elaborou-se o Quadro 3 que apresenta combinações de usos de água na residência agrupados em função da porcentagem total das demandas e de critérios sanitários.

Quadro 3 - Combinações de usos de água agrupados em função da porcentagem das demandas e de critérios sanitários.

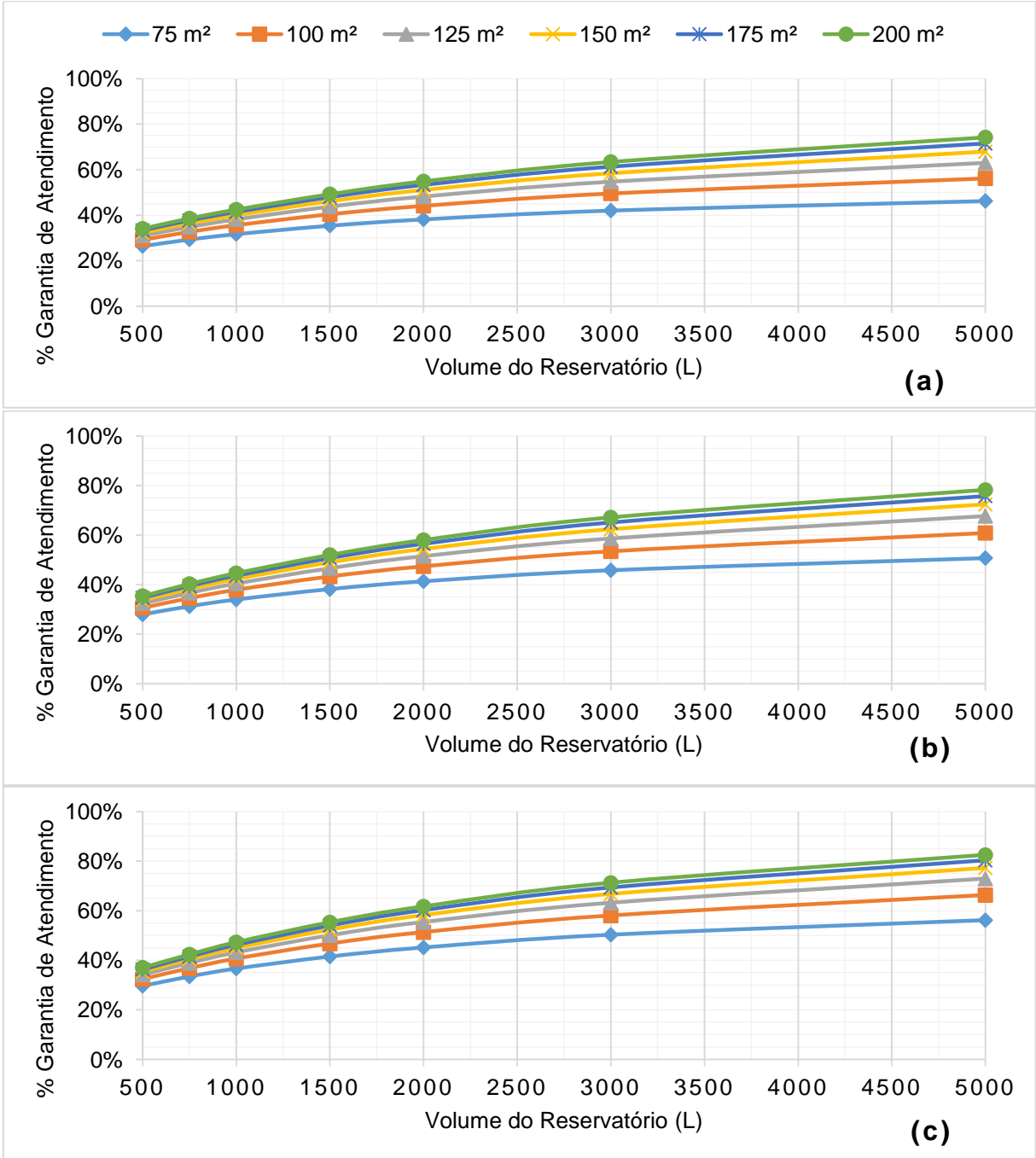
10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
UEANP ou BS	UEANP BS	UEANP BS IRRIG	UEANP BS TAN ou UEANP BS TAN IRRIG	UEANP BS TAN IRRIG MLR	UEANP BS TAN	UEANP BS TAN IRRIG MLR PIACOZ	UEANP BS IRRIG LAV PIACOZ TAN MLR OUTROS	UEANP BS IRRIG CHU LAV TAN MLR OUTROS ou UEANP BS IRRIG CHU PIACOZ MLR OUTROS	UEANP BS IRRIG CHU LAV TAN MLR OUTROS

Legenda: BS = Bacia sanitária; CHU = Chuveiro; LAV = lavatório; PIA = Pia da cozinha; M.L.R. = Máquina de lavar roupa; UEANP = uso externo de água não potável; IRRIG = rega de jardins.

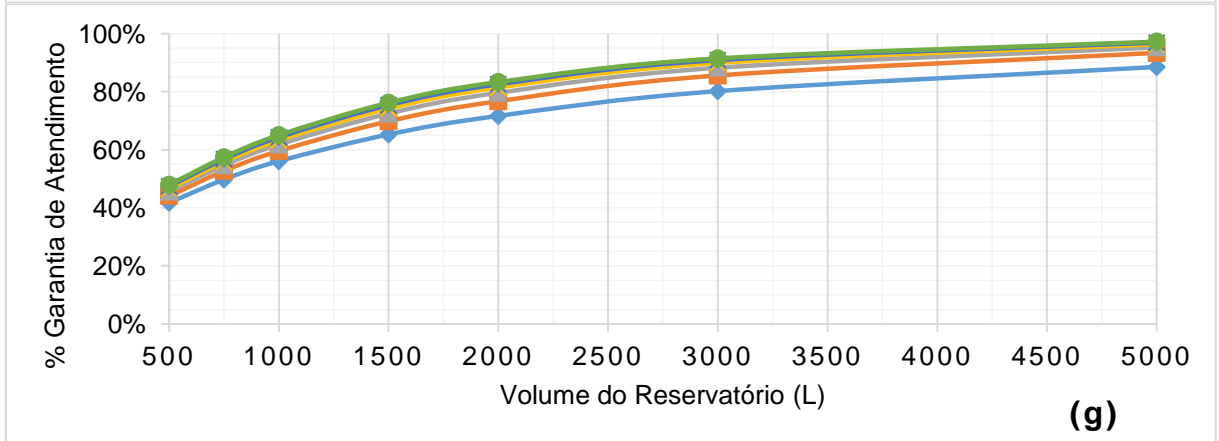
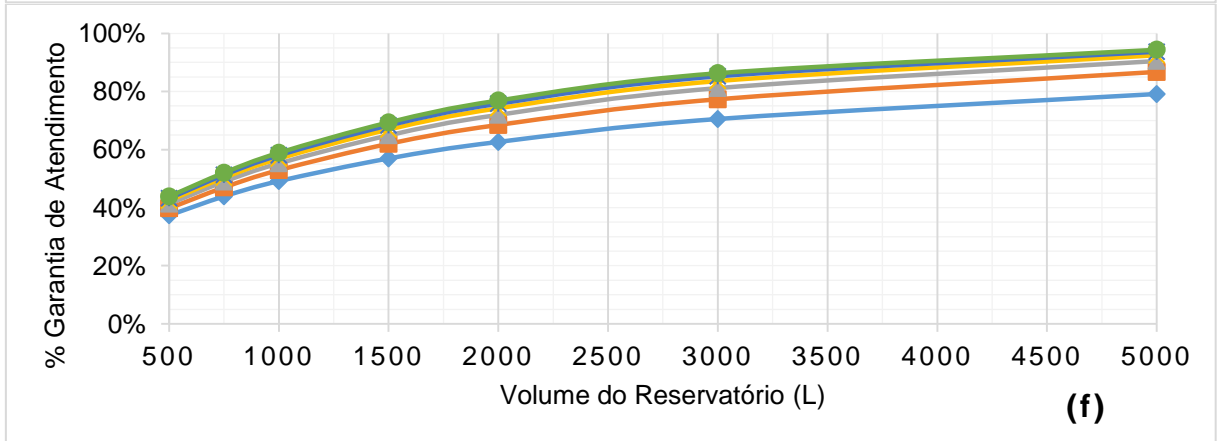
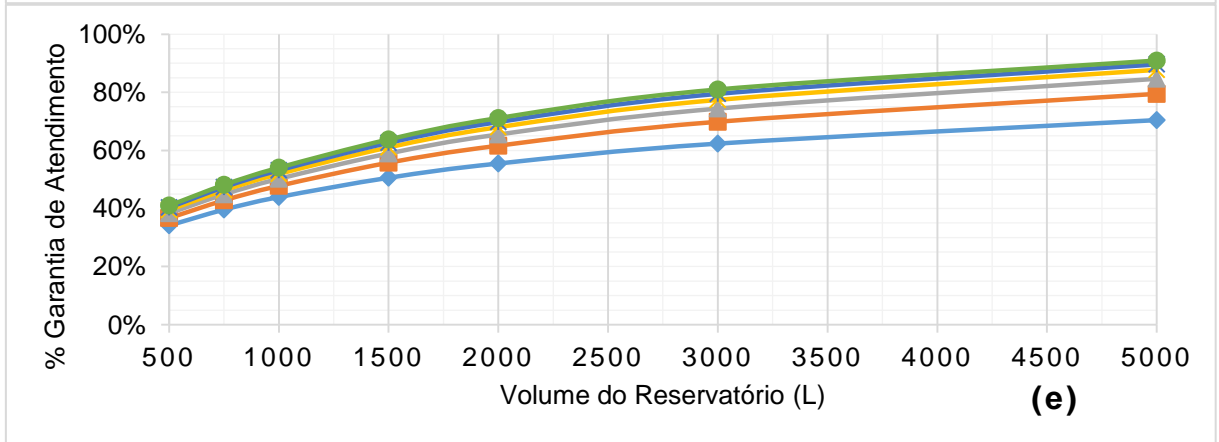
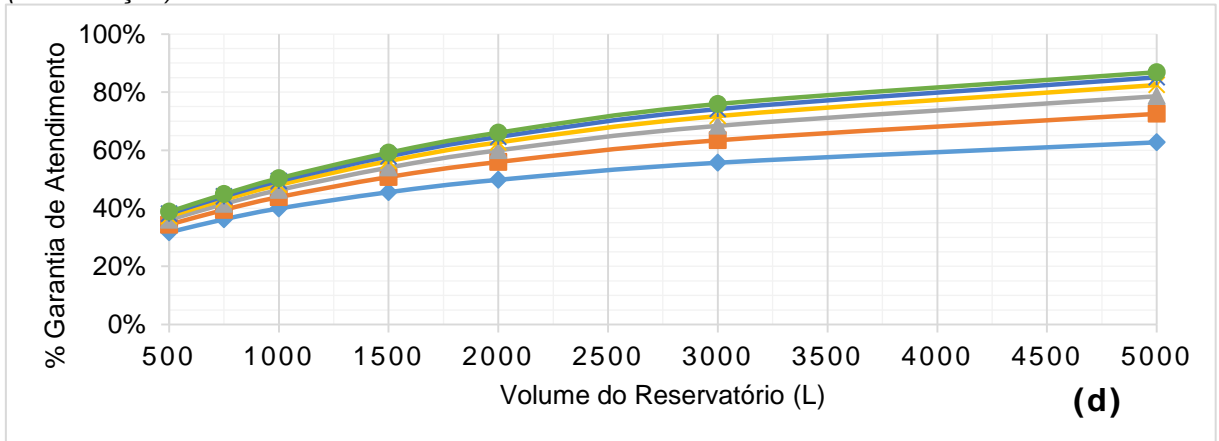
Fonte: Autor, 2019.

A Figura 11 agrupa os resultados das simulações para o município em questão representado através das curvas de garantia de atendimento das demandas. Cada imagem agrupa as curvas elaboradas em função da área de captação para atendimento de uma única demanda.

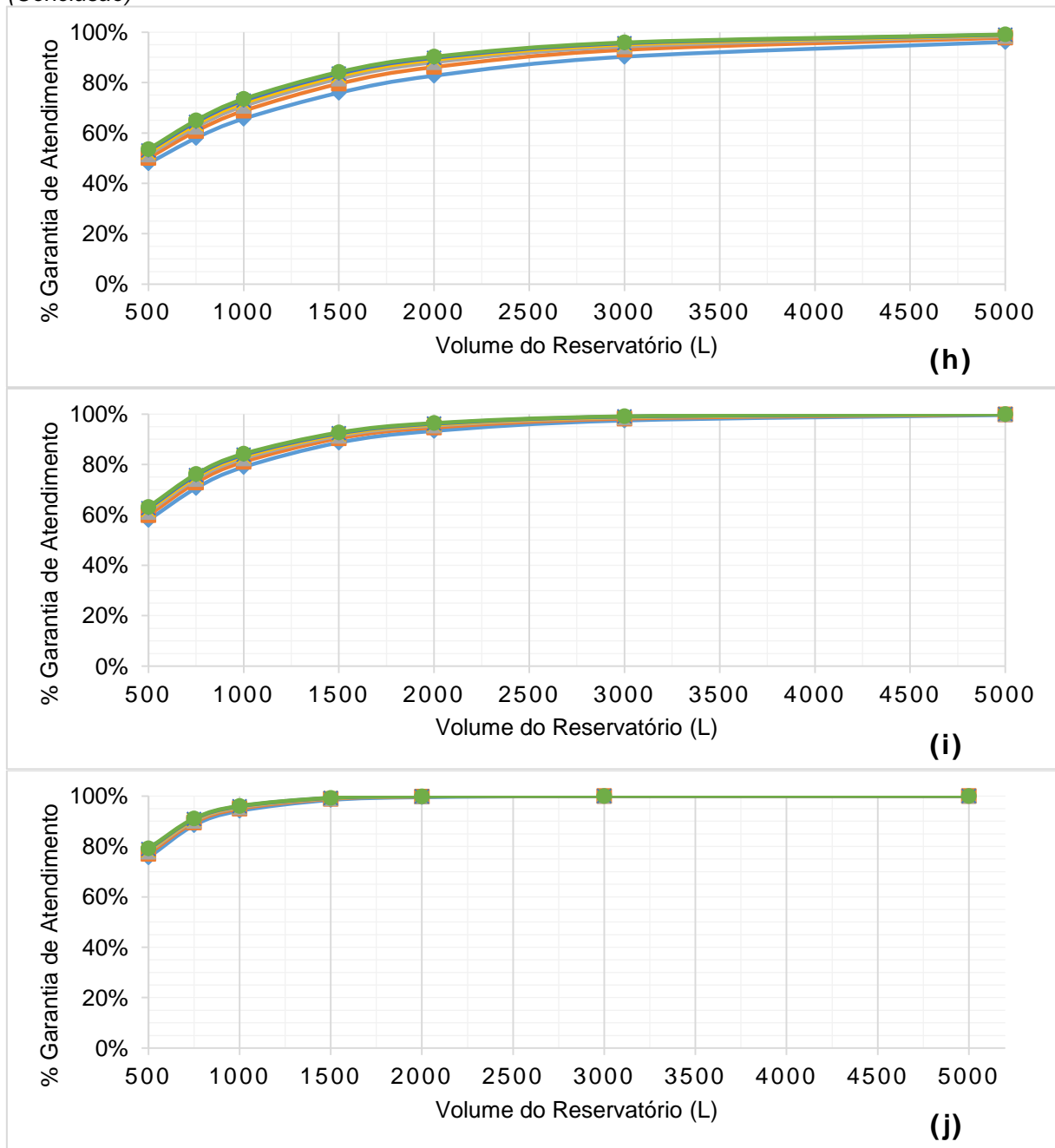
Figura 11 – Curvas de garantia de atendimento das demandas em função da área de captação para o Município de Palmeira das Missões-RS. (a) 100% das demandas; (b) 90% das demandas; (c) 80% das demandas; (d) 70% das demandas; (e) 60% das demandas; (f) 50% das demandas; (g) 40% das demandas; (h) 30% das demandas; (i) 20% das demandas; e (j) 10% das demandas.



(Continuação)



(Conclusão)



Fonte: Autor, 2019.

A análise da Figura 11 sugere que não foi possível obter uma eficiência satisfatória para atendimento de 100%, 90% e 80% das demandas residências, sendo que a configuração com melhor resultado foi a que apresentou 200 m² de área de captação e 5.000 L de reservação, com garantia de 74%, 76% e 78% respectivamente.

Assim, caso o objetivo fosse atender a 80% ou mais da demanda máxima com de água de chuva, seria necessária a instalação de um sistema com área

superior a 200 m² e/ou reservação superior a 5.000 L, o que se tornaria inviável tecnicamente para uma residência.

Para atender a 70% da demanda da residência, áreas de captação a partir de 150 m² já passam a apresentar bons resultados quando associados à reservatórios de 5.000 L. Agora, para atendimento de 50% da demanda, que apresenta todos os usos de água não potável da residência (conforme Quadro 3 – Página 83), caberiam as seguintes configurações: Reservação de 3.000 L e área de captação mínima de 125 m², e Reservação de 5.000 L e área de captação mínima de 100 m².

Um sistema com configurações de 100 m² de telhado e 1.000 L de reservação atenderia satisfatoriamente aos usos externos de água não potável e à bacia sanitária da residência, que representam 20% do total demandado.

Se analisarmos os resultados em função da área de captação, teremos que um telhado com 75 m² pode atender satisfatoriamente a 40% das demandas com uma reservação mínima de 3.000 L e também a 10% das demandas com um reservatório de 750 L.

Da mesma forma, com uma eficiência igual ou superior a 80%, um telhado com 100 m² atende a 10% da demanda quando o reservatório for de 750 L ou atende a 50% da demanda quando o reservatório for de 5.000 L. Enquanto que um telhado com 125 m² e 5.000 L de reservação bastariam para atender 60% das demandas e um de 150 m² atenderia a 70% das demandas com a mesma reservação.

A partir da área de 125 m² não houveram melhorias significativas quando o atendimento for para apenas 10% das demandas. E áreas de captação de 175 m² e 200 m² apresentaram eficiências semelhantes, sendo que para obter um atendimento satisfatório de 80% das demandas seria necessário um reservatório de 5.000 L, em ambos os casos.

Avaliando a mínima e a máxima exploração do sistema, temos que a mínima reservação encontrada foi de 750L para atendimento de 10% das demandas com qualquer área de captação entre 75 m² e 200 m². Obtêm-se eficiência satisfatória para atendimento de 40% das demandas quando o volume de reservação for 3000L e o telhado 75 m². Com uma área entre 175 m² e 200 m² e um reservatório de 5000L, a máxima demanda abastecida é 70% do total.

A economia mensal que se obteria com um sistema de aproveitamento de água de chuva em seu mínimo potencial de exploração, com configuração de 75 m²,

10% de atendimento e 750L, seria de R\$ 13,34. Agora, um sistema com o máximo potencial de exploração, 175 m², 80% de atendimento e 5000L, resulta em uma economia de R\$ 106,69.

A melhor configuração apresentada para a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência no Município de Palmeira das Missões seria um telhado com 125 m² de área e um reservatório de 3000 L, atendendo à todas as demandas não potáveis. O que resultaria em uma redução de metade da quantidade de água que chega através da rede de distribuição.

Com essa configuração podemos pressupor que haverá uma menor exploração do sistema de abastecimento de água no município e com isso os 4.580 habitantes que não tem acesso ao sistema poderão ter acesso, ainda mais com a não previsão de investimentos no setor por parte da administração pública.

A tarifa cobrada pela prestadora de serviços no município é R\$ 6,86, logo, uma residência gasta com água o valor estimado de R\$ 133,36. Com a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva que atenda a 50% das demandas diárias com uma garantia de 80%, teremos uma economia de 40%, o que representa R\$ 53,34 por mês.

7.3.2 Análise da Eficiência

Considerando que cada zona municipal com diferente valor de demanda é um objeto de estudo e que os municípios de Arvorezinha, Dom Pedro de Alcântara, Espumoso, Herval, Hulha Negra, Ipê, Minas do Leão, Palmeira das Missões, Porto Vera Cruz, Santa Margarida do Sul e Vista Alegre possuem a mesma demanda na zona urbana e rural, tem-se ao todo 37 áreas de estudo à serem comparadas e analisadas separadamente.

7.3.2.1 Análise Técnica Municipal

As melhores configurações de sistema de aproveitamento de água de chuva para cada município da área de estudo em função da área do telhado das residências estão organizadas na Tabela 17 seguinte.

O termo “mínimo” refere-se ao máximo percentual de demanda que o sistema proporciona com garantia de atendimento igual ou superior a 80% com mínima

reservação e captação, enquanto que o termo “máximo” também se refere ao maior atendimento das demandas com essa eficiência, mas agora com um sistema com maior reservação e captação.

Tabela 17 – Configurações para máxima e mínima reservação em sistema de aproveitamento de água chuva, com eficiência satisfatória, para cada área de estudo.

Municípios	Variáveis	Área de Captação											
		75 m ²		100 m ²		125 m ²		150 m ²		175 m ²		200 m ²	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Arambaré – Urbano	Demanda	10%	30%	10%	30%	10%	40%	10%	50%	10%	50%	10%	50%
	Volume	750L	5000L	750L	3000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L
Arambaré – Rural	Demanda	10%	20%	10%	20%	10%	30%	10%	30%	10%	40%	10%	40%
	Volume	1500L	5000L	1000L	3000L	1000L	5000L	1000L	5000L	1000L	5000L	1000L	5000L
Arvorezinha – Urbana e Rural	Demanda	10%	60%	10%	70%	10%	80%	10%	90%	10%	100%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Áurea – Urbano	Demanda	20%	80%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	3000L	500L	3000L	500L	3000L
Áurea – Rural	Demanda	10%	60%	10%	80%	10%	90%	10%	100%	10%	100%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Chuí – Urbano	Demanda	10%	30%	10%	40%	10%	50%	10%	50%	10%	60%	10%	60%
	Volume	750L	5000L	750L	3000L	750L	3000L	500L	3000L	500L	5000L	500L	5000L
Chuí – Rural	Demanda	10%	40%	10%	60%	10%	70%	10%	70%	10%	80%	10%	90%
	Volume	500L	3000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Dois Lajeados – Urbano	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	70%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	6000L	500L	5000L	500L	5000L
Dois Lajeados – Rural	Demanda	10%	60%	10%	70%	20%	80%	20%	90%	20%	100%	20%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Dom Pedro de Alcântara – Urbana e Rural	Demanda	10%	50%	10%	70%	10%	80%	10%	90%	20%	100%	20%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Dona Francisca – Urbano	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	70%	10%	80%
	Volume	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L
Dona Francisca – Rural	Demanda	10%	60%	10%	70%	10%	90%	10%	90%	10%	100%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Espumoso – Urbana e Rural	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	70%	10%	70%
	Volume	750L	5000L	750L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L

(Conclusão)

Pedras Altas – Urbano	Demanda	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	80%	10%	80%	10%	90%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Pedras Altas – Rural	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	50%	10%	60%	10%	60%	10%	70%
	Volume	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L
Porto Vera Cruz – Urbana e Rural	Demanda	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	70%	10%	80%	10%	80%
	Volume	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L
Roca Sales – Urbano	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	60%	10%	60%	10%	70%	10%	70%
	Volume	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L	750L	5000L
Roca Sales – Rural	Demanda	10%	50%	10%	70%	10%	80%	10%	80%	10%	90%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Santa Margarida do Sul – Urbana e Rural	Demanda	10%	40%	10%	50%	10%	60%	10%	70%	10%	80%	10%	80%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
São José das Missões – Urbano	Demanda	10%	90%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	3000L	500L	3000L	500L	3000L
São José das Missões – Rural	Demanda	10%	60%	10%	70%	10%	80%	10%	90%	10%	90%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L
Vista Alegre – Urbana e Rural	Demanda	10%	60%	10%	80%	10%	90%	10%	100%	10%	100%	10%	100%
	Volume	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L	500L	5000L

Fonte:

Autor,

2019.

Em se tratando o mínimo potencial de exploração do sistema, tem-se que a demanda que possui maiores chances de ter uma garantia de atendimento satisfatória (80% de garantia) é a que abastece apenas 10% das demandas residenciais. No qual, em áreas de captação de 75 m² se encontra 97% da área estudo, destacando-se apenas o município de Áurea (zona urbana), com potencial para atender à 20% das demandas com essa configuração.

Em áreas de 100 m² e 125 m² tem-se 95% da área de estudo que atende a 10% das demandas. Destacando-se agora São José das Missões (zona urbana) além de Áurea (zona urbana). E em áreas de 150 m², tem-se 92% da área de estudo, destacando-se Dois Lajeados (zona rural), sem contar com os já citados.

Seguindo a mesma lógica, em áreas de 175 m² e 200 m², tem-se 89% da área de estudo, com os municípios de Dom Pedro de Alcântara, Dois Lajeados (zona rural), São José das Missões (zona urbana) e Áurea (zona urbana), atendendo à 20% das demandas. Em todos os casos, para esses municípios, o volume de reservação foi igual a 500 L.

Tem-se que São José das Missões (zona urbana) e Áurea (zona urbana), pode atender até 90% e 80% das demandas, respectivamente, em áreas de captação de 75 m², chegando a 100% de atendimento em áreas de 100 m². O que torna esses os resultados mais vantajosos obtidos nesse estudo. Por outro lado, Hulha Negra e Arambaré (zona rural) podem atender, no máximo, a 20% das demandas, em áreas de 75 m² e 100 m².

O máximo potencial de exploração do sistema é atingido em 41% da área de estudo (15 zonas municipais) quando atende à 40% das demandas domiciliares, com área de captação de 75 m². E também quando atende à 100% das demandas, com área de captação de 200 m².

O grande desafio dos cenários simulados com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva foi atender a todas as demandas da residência. Essa situação foi constada em 5%, 5%, 11%, 30% e 41% dos casos, quando as áreas de captação são 100 m², 125 m², 150 m², 175 m² e 200 m², respectivamente.

Em todos os casos, apenas São José das Missões (zona urbana) e Áurea (zona urbana), necessitaram de reservação de 3000L, os demais só conseguem atingir tal percentual de atendimento quando houver reservação de 5000L.

A partir da Tabela 17 depreende-se que na zona urbana do município de Arambaré, a eficiência de sistemas com área igual ou superior a 150 m² tende a apresentar o mesmo comportamento. Em comparação com a zona rural, uma casa com 75 m² necessita do dobro do volume de reservação para atender a mesma porcentagem da demanda urbana, fato que sugere que um sistema nessa zona requereria maiores esforços técnico-financeiros.

O máximo potencial de exploração do sistema de aproveitamento de água de chuva nesse município tende a 50% das demandas de uma residência na zona urbana e à 40% das demandas na zona rural.

Arvorezinha e Herval apresentaram bons resultados, visto que em ambos os municípios um telhado com 175 m² e 5.000L de reservação são suficientes para abastecer a todos os usos da residência, tanto na zona urbana quanto na zona rural de ambos os municípios. E um reservatório de 500L armazena água para atendimento de 10% das demandas, para qualquer área de captação igual ou superior a 75 m².

Áurea possui valores ainda mais favoráveis. A sede do município apresentou forte potencial para aproveitamento de água de chuva em residências quando com apenas um reservatório de 500 L e 75 m² de telhado consegue abastecer 20% das demandas residenciais. Para atendimento de todas as demandas residenciais, uma área de captação mínima de 100 m² e um reservatório de 5000L são suficientes; para áreas iguais ou superiores a 150 m², bastam 3000L de reservação.

Da mesma forma que Arambaré, o município de Chuí não apresentou valores promissores para aproveitamento de água de chuva, principalmente na zona urbana, onde uma residência com 200 m² de telhado e 5000L de reservação consegue atender no máximo a 60% das demandas, enquanto que na zona rural essa mesma demanda seria atendida com metade da área de captação. Na zona rural, áreas com 200 m² tem a capacidade de abastecer 90% das demandas com um volume de 5000L de reservação.

A zona rural de Dois Lajeados apresentou uma garantia de atendimento das demandas mais propícia para aproveitamento de água de chuva do que a zona urbana para o atendimento máximo apresentado. Uma área de captação de 75 m² e 5000L de reservação consegue abastecer a 40% dos usos de uma residência na zona urbana e a 60% de uma residência na zona rural. Ainda, na zona rural é possível instalar um sistema que atenda a todos os usos das residências com uma

área de captação mínima de 175 m² e um reservatório de 5000L, enquanto que na zona urbana, o atendimento máximo é de 70%.

Para atendimento de apenas 10% das demandas de uma residência da zona urbana de Dona Francisca, um sistema com no mínimo 75 m² de área de captação e reservação de 750L é suficiente. O atendimento máximo que um sistema com área de captação de 200 m² e 5000L de reservação consegue atender é 80% das demandas. O comportamento da zona rural de Dona Francisca foi semelhante ao do município de Arvorezinha, tendo capacidade de atender a todos os usos de água.

Para a máxima reservação em sistemas de aproveitamento de água de chuva do município de Espumoso, observa-se o mesmo comportamento que o município de Dona Francisca. Áreas iguais ou superiores a 125 m² e reservação de 500L são suficientes para abastecer 10% das demandas. Para armazenar essa mesma quantidade de água com um telhado de no mínimo 75 m², sugere-se uma reservação de 750L. Nesse município, a máxima exploração do sistema tem capacidade de atender a 70% das demandas.

No município de Horizontina, tanto na zona urbana quanto na zona rural, o máximo atendimento das demandas que se pode obter com a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva é de 70% do total, isso para uma casa com 200 m² e um reservatório de 5000L. O mínimo potencial do sistema é observado quando ocorre o atendimento de 10% das demandas, com um volume de reservação de 750L para qualquer área de captação analisada.

O município de Hulha Negra destaca-se dentre todos os municípios estudados, pois foi o que apresentou os resultados mais desfavoráveis para a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. A demanda máxima a ser atendida com uma área de captação de 200 m² e 5000L de reservação, é de apenas 30%. Para atendimento o mínimo potencial de exploração do sistema tem-se o atendimento de 10% das demandas com uma reservação de 2000L e área de captação de 75 m².

Ipê, assim como a maioria dos municípios, terá uma exploração mínima do sistema quando atender à 10% das demandas com uma área de captação mínima de 75 m² e um reservatório de 500L. O máximo potencial de exploração que sistema consegue atingir é quando ocorre uma reservação de 5000L, sendo a garantia de atendimento de 50% das demandas quando a área de captação for 75 m² e 100% quando a área for 200 m².

A área rural de Iraí está entre os municípios de Hulha Negra e Arambaré (zona rural), com baixo desempenho. Para exploração mínima do potencial do sistema, independente da área de captação, o volume de reservação deve ser igual ou superior a 1000L e apenas 10% das demandas poderão ter atendidas. Na zona urbana, o cenário não é muito melhor, a diferença está no volume de reservação, que passa a ser 750L. Para a exploração máxima do sistema tem-se que na zona rural se consegue atender a até 50% das demandas e na zona urbana a 70%.

A zona urbana dos municípios de Lajeado do Bugre e Marau tiveram o mesmo comportamento que os municípios de Arvorezinha e Herval. Enquanto que zona rural de Lajeado do Bugre teve o mesmo comportamento que a zona urbana de Dona Francisca. Já a zona rural de Marau diferenciou-se do município de Lajeado do Bugre (zona rural) e Dona Francisca apenas para o caso de residências com área de captação de 200 m², quando para atendimento de 10% das demandas o volume de reservação passa a ser 750L, ao passo que nos demais municípios a reservação necessária é de 500L.

Os cenários de aproveitamento de água de chuva no município de Minas do Leão foram os mesmos observados para o município de Iraí (zona urbana). Da mesma forma, as zonas urbanas de Pantano Grande e Dois Lajeados, e a zona rural de Pantano Grande e o município de Ipê também tiveram o mesmo comportamento.

Palmeira das Missões teve comportamento semelhante ao da zona rural de Marau. A mínima reservação encontrada foi de 750L para atendimento de 10% das demandas com qualquer área de captação entre 75 m² e 200 m². Obtêm-se eficiência satisfatória para atendimento de 40% das demandas quando o volume de reservação for 3000L e o telhado 75 m². Com uma área entre 175 m² e 200 m² e um reservatório de 5000L, a máxima demanda abastecida é 80% do total.

Já no caso da zona urbana de Pedras Altas (zona urbana), a mínima reservação, 500L, atende satisfatoriamente a 10% das demandas, para todas as áreas de captação, e enquanto que para atendimento de demandas acima de 50% do total, necessita-se de um reservatório de 5000L. A zona rural de Pedras Altas apresentou o mesmo comportamento que a zona rural de Horizontina.

O município de Porto Vera Cruz atende satisfatoriamente a 10% das demandas com um volume de reservação mínimo de 750L, para qualquer área de captação entre 75 m² e 200 m². Ocorrerá o atendimento de 50% das demandas quando o telhado possuir 75 m² e o volume de reservação 5000L, aumentando para

60% em áreas de 100 m². Áreas de captação de 125 m² e 150 m², bem como áreas de 175 m² e 200 m², apresentaram o mesmo comportamento, abastecendo 70% e 80% das demandas, respectivamente.

Minas do Leão, zona urbana de Iraí e a zona urbana de Roca Sales possuem a mesma interpretação. Já na zona rural de Roca Sales tem-se um atendimento de 10% das demandas com um volume de reservação mínimo de 750L, para qualquer área de captação entre 75 m² e 200 m². Áreas de 125 m² e 150 m² atendem à 80% das demandas com uma reservação de 5000L. Áreas inferiores atendem até 50% (75 m²) e 70% (100m²). Enquanto que áreas de 200 m², com essa reservação, têm capacidade de atender a todos os usos da residência.

No município de Santa Margarida do Sul, a reservação máxima tem a mesma interpretação que a reservação máxima de Palmeira das Missões. Quanto a reservação mínima, observa-se um atendimento de 10% das demandas com um volume de reservação de 500L, para qualquer área de captação entre 75 m² e 200 m².

O município de São José das Missões, zona urbana, apresentou resultados acima da média dos demais municípios, com forte viabilidade de aproveitamento de água de chuva. Áreas entre 100 m² e 150 m² atendem à todas as demandas da residência com uma reservação de 5000L. Área superior a essa atendem a mesma demanda com um reservatório de 3000L. Um reservatório de 500L abastece à 10% das demandas de uma residência com 75 m² de telhado, e à 20% das demandas quando a área ficar entre 100 m² e 200 m².

Na zona rural desse município os resultados não são tão promissores quanto na zona urbana, mas ainda favorecem a instalação do sistema. Com um reservatório de 500L é possível atender a 10% das demandas em residências com área de telhado entre 75 m² e 200 m². Com essas áreas e um reservatório de 5000L é possível atender de 60% a 100% das demandas.

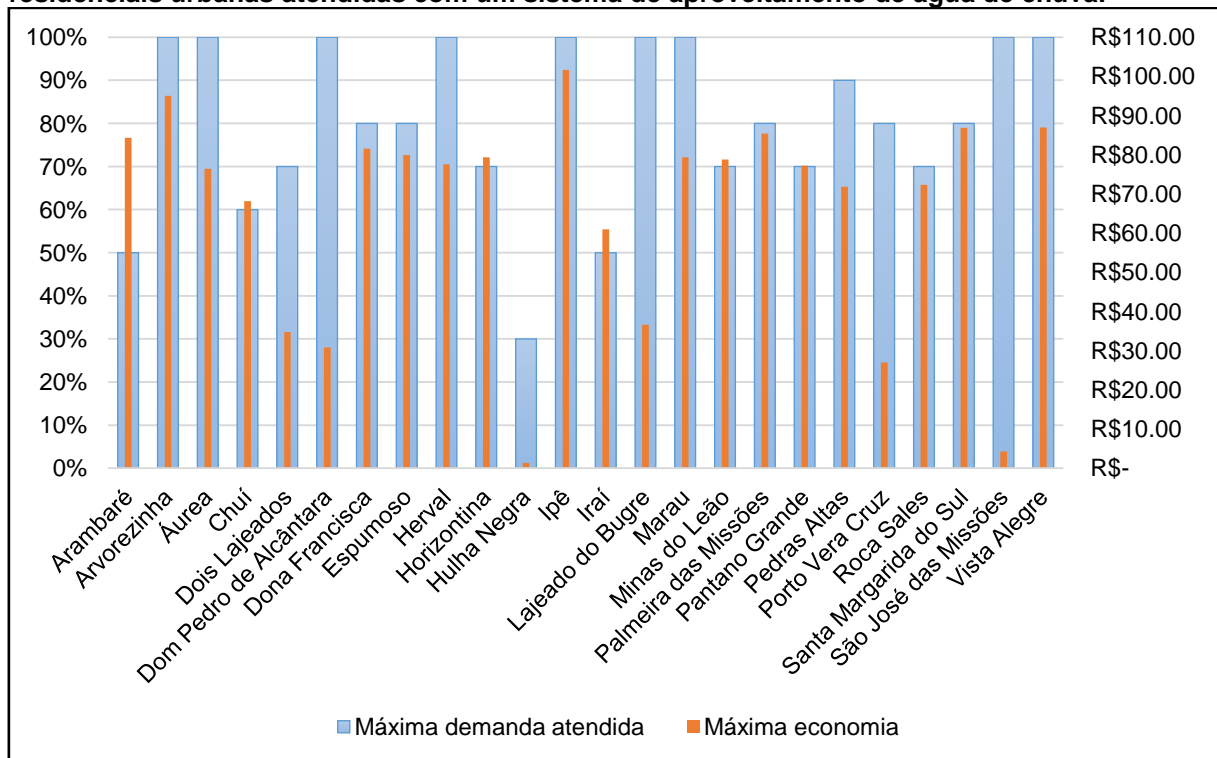
Vista Alegre, bem como São José das Missões e Áurea, apresenta um bom potencial de aproveitamento de água de chuva, atendendo à 100% das demandas com um reservatório de 5000L em áreas de captação de 150 m² a 200 m². Esse mesmo volume de reservação abastece 60%, 80% e 90% das demandas quando o telhado tiver 75 m², 100 m² e 125 m², respectivamente. Em se tratando da reservação mínima de 500L, atendem-se um atendimento de 10% das demandas em qualquer área entre 75 m² e 200 m².

7.3.2.2 Análise Socioeconômica Municipal

É importante destacar que o sucesso de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende não somente de aspectos técnicos, mas também de quão bem esse se encaixa no contexto social da parte interessada e do benefício econômico que proporciona.

Em termos de economia de água tem-se o comportamento apresentado na Figura 12, elaborada a partir da Tabela 16 (Página 80). Nessa figura, a coluna das máximas demandas atendidas (azul) refere-se a maior capacidade de atendimento das demandas com um sistema de aproveitamento de água de chuva a partir das possibilidades simuladas. A coluna da máxima economia (laranjado) refere-se aos valores possíveis de serem economizados com a instalação do sistema a partir das simulações realizadas.

Figura 12 – Gráfico da economia de água, em R\$/mês, e da porcentagem das demandas residenciais urbanas atendidas com um sistema de aproveitamento de água de chuva.



Fonte: Autor, 2019.

A interpretação da Figura 12 infere que mesmo um determinado município tendo potencial para atender a todos os usos da residência com água de chuva, o valor economizado pode não refletir em um bom retorno econômico. A exemplo tem-se os municípios de Ipê e de São José das Missões.

Tanto o município de Ipê quanto o município de São José das Missões têm potencial para atender a todos os usos da residência com um sistema de aproveitamento de água de chuva. Contudo, o reflexo econômico que o sistema pode gerar em uma residência de Ipê é muito maior do que em São José das Missões.

Esse fato é justificado pelo valor da tarifa cobrada em cada município. Em Ipê, o metro cúbico de água custa R\$ 7,52, e o consumo de água por residência é de 563 L/d. Enquanto que em São José das Missões, o metro cúbico de água custa R\$ 0,50 e consumo de água por residência é 353 L/d, ambos menores.

A partir da Figura 12 e das discussões realizadas nos itens anteriores, pode-se constatar que em São José das Missões possui forte potencial de aproveitamento de água de chuva, contudo a média do valor pago por mês para o abastecimento de água da residência é muito baixo, o que pode não favorecer a implantação de um sistema pela falsa sensação de abundando que esse valor sugere.

Nesse município, apenas 5% da população (110 habitantes) não tem acesso aos serviços de abastecimento de água, um dos menores valores dentre os municípios da área de estudo. E ainda, a prefeitura prevê em seu PPA vigente um investimento de R\$ 1,68 milhões para manutenção e ampliação do sistema de abastecimento de água. Com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva como fonte complementar ou integral, essa quantia poderia ser destinada a outros setores mais carentes.

Em Lajeado do Bugre e Dom Pedro de Alcântara a média do valor pago por mês para o abastecimento de água da residência também é baixo. No primeiro, o sistema atual atende à todas os moradores do município e, segunda a ANA (2016), o sistema não quer ampliação. Dessa forma, os R\$ 1,65 milhões destinados aos serviços de saneamento básico previstos do PPA poderão ser alocados nos demais eixos, como esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

No caso do município de Dom Pedro de Alcântara, que requer ampliação do sistema de abastecimento de água (ANA, 2016) até o ano de 2025. Segundo os investimentos planejados pela Prefeitura Municipal (ANEXO II - Página 107) no Plano Plurianual - PPA vigente, o município está direcionando cerca de R\$ 435 mil para a ampliação e construção de redes de distribuição de água no período de 2018 a 2021.

Além dos municípios citados, Arvorezinha, Áurea, Herval, Ipê, Marau e Vista Alegre têm potencial para gerar uma economia de até 100% do custo mensal com abastecimento de água. Em Arvorezinha, que possui uma das maiores taxas entre esses, o aproveitamento de água de chuva pode ser uma alternativa promissora. Segundo a ANA (2016) o município não quer ampliação do sistema, mas 37% da população do município (3.760 hab) não são atendidos pelo serviço de abastecimento de água.

O município de Áurea, que possui forte potencial de aproveitamento de água de chuva para atendimento de 100% das demandas, tem um baixo valor com despesa no setor de abastecimento, contudo, cerca de 57% da população (2.118 hab) não tem acesso a esse serviço. Ainda, no PPA vigente não são direcionados recursos para a ampliação e construção de novas redes. Dessa forma, o aproveitamento da água de chuva seria uma alternativa viável para essa população sem acesso ao serviço de abastecimento de água.

Em Herval, que tem potencial para atender à todas as demandas residenciais, as despesas mensais com o serviço de abastecimento de água são razoáveis. Mesmo que segundo a ANA (2016) não haja necessidade de ampliação do sistema e que no PPA vigente não sejam destinados recursos para qualquer setor do saneamento básico, 34% da população munícipe não tem acesso ao serviço de abastecimento de água. O que torna o aproveitamento de água de chuva uma alternativa viável para esse local.

O município Ipê prevê investimentos no PPA vigente para melhoria dos serviços de abastecimento de água apenas da zona rural, onde se encontra cerca de metade da população do município. Sendo que segundo ANA (2016) o sistema de abastecimento de água urbano quer ampliação de R\$ 2 milhões e 56% da população não tem acesso a esse serviço. Assim, diante de um cenário alarmante, a gestão pública municipal deve considerar a utilização da água de chuva como fonte suplementar ao sistema.

Em Marau, 8% da população não tem acesso aos serviços de abastecimento de água, o que representa cerca de 3 000 habitantes, valor expressivo se comprado com a população dos demais municípios da área de estudo. O município tem potencial para atender a todas as demandas da residência com a implantação de um sistema de aproveitamento da água de chuva, mas o que pode ser realizado também é o atendimento parcial dessa demanda com o sistema para diminuir as

pressões no serviço de abastecimento de água visto que o município não prevê em seu PPA valores específicos para esse serviço.

O município de Vista Alegre, que possui uma das menores demandas de água por residência ainda não atende cerca de 55% de sua população com o serviço de abastecimento de água, e, segunda a ANA (2016) requer uma ampliação do sistema com investimento de R\$ 3 milhões. Mesmo com esse quadro alarmante, não consta no PPA vigente do município investimentos destinados para o setor de saneamento básico, tal pouco para melhorias no sistema de abastecimento de água.

Diante dessa situação, a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva seria a alternativa mais viável para as residências desse município que carecem de melhorias, visto que há potencial para suprir todas as demandas da residência.

Hulha Negra, município com menor potencial de aproveitamento de água de chuva, possui uma despesa mensal com o serviço de abastecimento de água baixa, fatores que associados inviabilizam a ideia de instalação de um sistema de coleta de água de chuva. Contudo, outros fatores devem ser analisados dentro da realidade socioeconômica municipal.

Na Tabela 12 – Avaliação da oferta e demanda de água nas sedes urbanas municipais. (Página 59) da ANA (2016) consta-se que o município de Hulha Negra requer ampliação do sistema com investimento de R\$ 1 milhão até 2025 e segundo o PPA vigente, apenas R\$ 200 mil estão sendo destinados para remediar essa situação. O município atende a 97% de sua população, contudo sofre constantes períodos de estiagem e racionamento.

O município de Arambaré apresenta o maior valor mensal gasto com o serviço de abastecimento de água. Dessa forma, mesmo que o município tenha potencial para abastecer no máximo 50% dos usos da residência, a implantação do sistema é uma alternativa que vai gerar um bom retorno nesse requisito. Além do fato de que no PPA vigente não há recurso destinado ao setor de abastecimento de água, tão pouco para melhoria dos demais serviços de saneamento, no município cerca de 24% da população não tem abastecimento de água.

O município de Chuí não destina recursos para o setor de saneamento em seu PPA vigente, e segundo a Tabela 11 – População sem atendimento do serviço de abastecimento de água (Página 58), apenas 8% da população não tem acesso ao serviço de abastecimento de água. Contudo, segundo dados da ANA (2016), o

município requer um novo manancial de captação de água para abastecimento (ANA. 2016).

Nesse município, o sistema de aproveitamento de água de chuva tem potencial para atender no máximo 60% das demandas. O que proporcionaria uma economia de até R\$ 68,14 no custo mensal com o sistema de abastecimento além de gerar uma diminuição das pressões no sistema atual e, assim, não haveria necessidade de ampliar o sistema existente.

No PPA de Dois Lajeados não são apresentados valores destinados às melhorias no setor de abastecimento de água, contudo são descritos programas que as buscam. Esses programas estão previstos para ocorrer apenas na zona rural, mesmo a ANA (2016) estimando a necessidade de investimento de R\$ 2 milhões na ampliação do sistema de abastecimento de água da zona urbana. Ainda, a zona rural apresenta potencial para atender à 100% das demandas residenciais com sistemas de aproveitamento de água de chuva, enquanto que a máxima economia que esse sistema poderia gerar na zona urbana seria de R\$ 34,70 nas despesas mensais. No que diz respeito ao número de habitantes de acesso à água, não foram encontrados valores.

Em Dona Francisca 38% da população não tem acesso aos serviços de abastecimento de água, esse número representa 1.280 habitantes. A ANA (2016) aponta a necessidade de investir R\$ 2 milhões no setor que estão sendo previstos no PPA vigente. Ainda assim, se todos os valores previstos forem destinados a melhorias no sistema de abastecimento de água, um sistema de aproveitamento de água de chuva que atendesse apenas parte das demandas das residências, seria uma alternativa para diminuir os custos com as despesas com o serviço, visto que os gastos mensais da residência ultrapassam R\$100,00.

O PPA de Espumoso não prevê valores específicos para o sistema de abastecimento de água, fixando apenas um total de R\$ 372.202,00, mesmo a ANA (2016) tendo estimado a necessidade de investimentos de R\$ 5 milhões para ampliação do sistema de abastecimento de água da zona urbana. Ainda, o município com cerca de 16 mil habitantes possui 28% da sua população sem atendimento do serviço.

Nesse município, o sistema de aproveitamento de água de chuva seria uma boa alternativa complementar ao sistema existente, com atendimento de até 80% das

demandas, o que resultaria em uma economia de até R\$ 99,91 nos gastos mensais com o sistema.

Os municípios de Horizontina e Iraí não disponibilizaram informações de seus PPA vigentes e não há necessidade de ampliação do sistema de abastecimento de água na zona urbana desses municípios (ANA, 2016). Contudo, em ambos os municípios cerca de 3.500 pessoas não têm acesso à rede de abastecimento, de forma que em Horizontina esse valor represente 19% do total e em Iraí, 46% e ainda são gastos no respectivamente, R\$ 113,35 e R\$ 121,86, por mês com abastecimento de água.

A implementação de um sistema de aproveitamento de água de chuva nesses municípios tem potencial para atender até 70% e 50% das demandas em Horizontina e Iraí. Reduzindo, dessa forma, as elevadas despesas mensais com o serviço, além de possibilitar uma menor exploração da rede e consequentemente uma maior disponibilidade de água para a população sem acesso.

Um sistema de aproveitamento de água de chuva em Minas do Leão e Pantano Grande tem capacidade de atender até 70% das demandas residências, o que resultaria em uma economia de R\$ 78,78 e R\$ 77,22, respectivamente. Além de favorecer a população que não tem acesso ao sistema de abastecimento de água, que em Minas do Leão são 130 pessoas (2%), já em Pantano Grande 1.845 (18%).

Ainda, diante desse quadro, a prefeitura de Pantano Grande destina em seu PPA vigente valores na ordem de R\$ 1 milhão para a manutenção dos sistemas de água e esgoto.

Pedras Altas é um dos municípios com situação mais alarmante no que diz respeito à falta de acesso ao sistema de abastecimento de água. Cerca de 66% de sua população encontra-se nesse estado. Mesmo a ANA (2016) estimando a necessidade de investimento de R\$ 1 milhão no setor, o PPA vigente contempla o serviço apenas apontando ações de construção de redes sem apresentar valores.

Dessa forma, o sistema de aproveitamento de água de chuva, com capacidade de atender até 90% dos usos da residência, torna-se uma alternativa viável para melhoria do quadro apresentado. Ainda, associada a implementação do sistema, seria interessante a criação de políticas de educação ambiental voltadas para a redução do consumo de água nas residências, de modo que todos os usos pudessem ser abastecidos com água de chuva.

Em Porto Vera Cruz há no PPA cerca de R\$ 266 mil destinados para melhorias no setor de abastecimento de água, contudo foi estimada da necessidade de investimento de R\$ 2 milhões (ANA, 2016). O custo mensal da residência com abastecimento público não é elevado nesse município, e apenas 11% da população (219 pessoas) não tem acesso a esse serviço.

Dessa forma, um sistema de aproveitamento de água de chuva seria uma alternativa complementar ao sistema existente, podendo ser aplicado apenas para usos não potáveis, mesmo o município tendo potencial para atender até 80% das demandas.

O município de Roca Sales também prevê em seu PPA investimento para o setor de abastecimento de água, sendo fixado juntamente com os serviços de esgotamento sanitário. Ainda assim, esses valores não atingem o estipulado pela ANA (2016) com R\$ 9 milhões para ampliação do sistema da zona urbana. Esse elevado valor refere-se às 5.239 pessoas, que representam 46% do total, sem acesso aos serviços de abastecimento público de água.

O máximo potencial de aproveitamento de água de chuva encontrado para o município atende a 70% das demandas da residência, o que resultaria em uma economia de R\$ 72,31 reais por mês. E ainda reduziria a exploração do sistema público de modo que esse poderia atender a uma maior quantidade de habitantes.

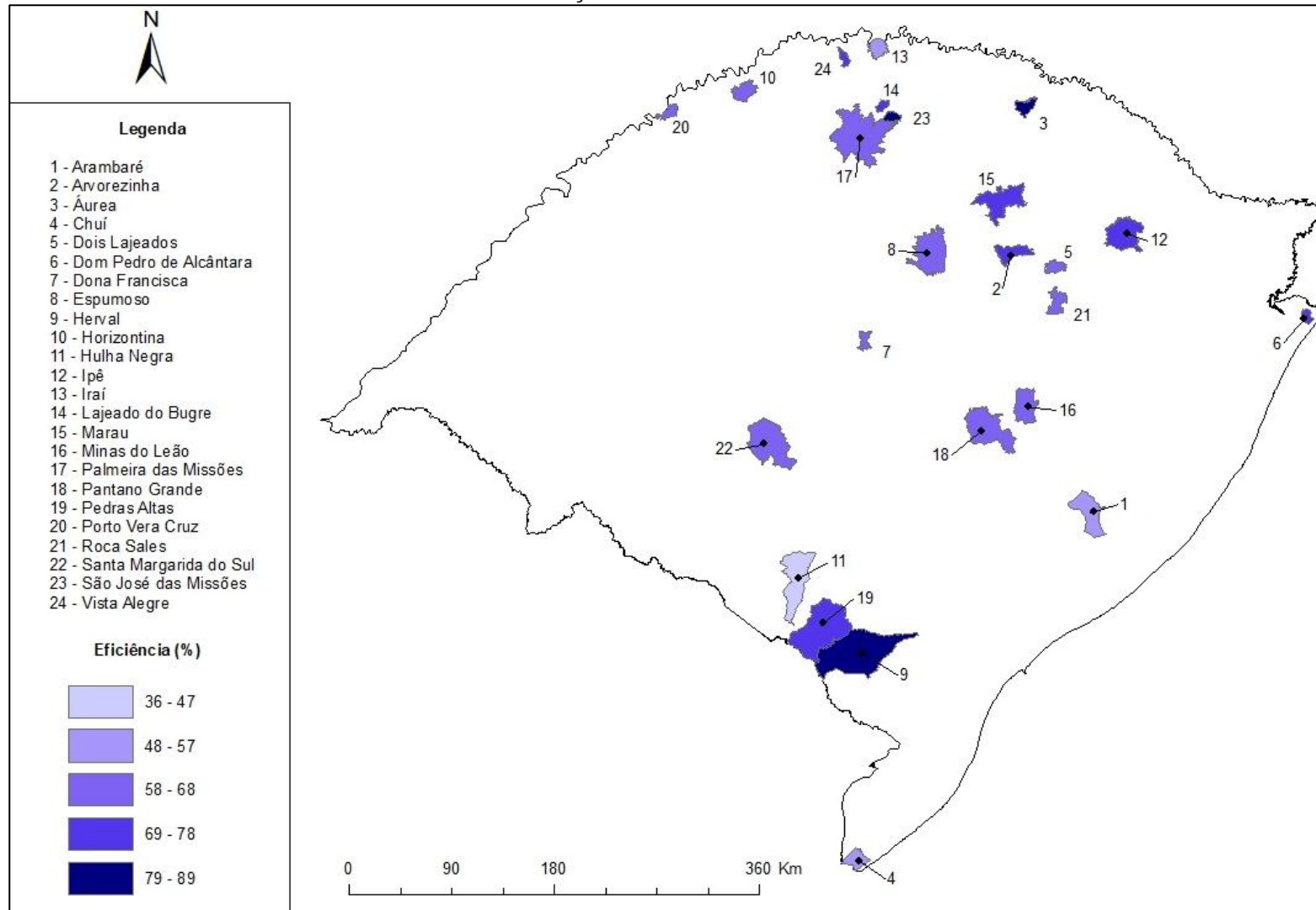
O município de Santa Margarida do Sul é o que possui o pior cenário em se tratando de acesso ao sistema de abastecimento de água. Nesse município apenas 19% da população tem acesso a rede pública de abastecimento. Ainda que estejam previstos cerca de R\$ 332 mil para melhorias no setor pelo PPA vigente, a quantia estipulada pela ANA supera os R\$ 1 milhão.

O município tem potencial para atender até 80% das demandas, o que reduziria em R\$ 86,87 as despesas mensais da residência com o serviço de abastecimento. Nesse caso, faz-se necessária a ampliação do sistema existente e também a implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

7.3.2.3 Análise Geral

A Figura 13 apresenta o cenário do Rio Grande do Sul no que tange o aproveitamento de água de chuva em uma residência padrão e atendimento de 50% dos usos domiciliares.

Figura 13 – Cenário dos municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul em função da garantia de atendimento de 50% das demandas de uma residência com 125 m² de telhado e 1500L de reservação.



Fonte: Autor, 2019.

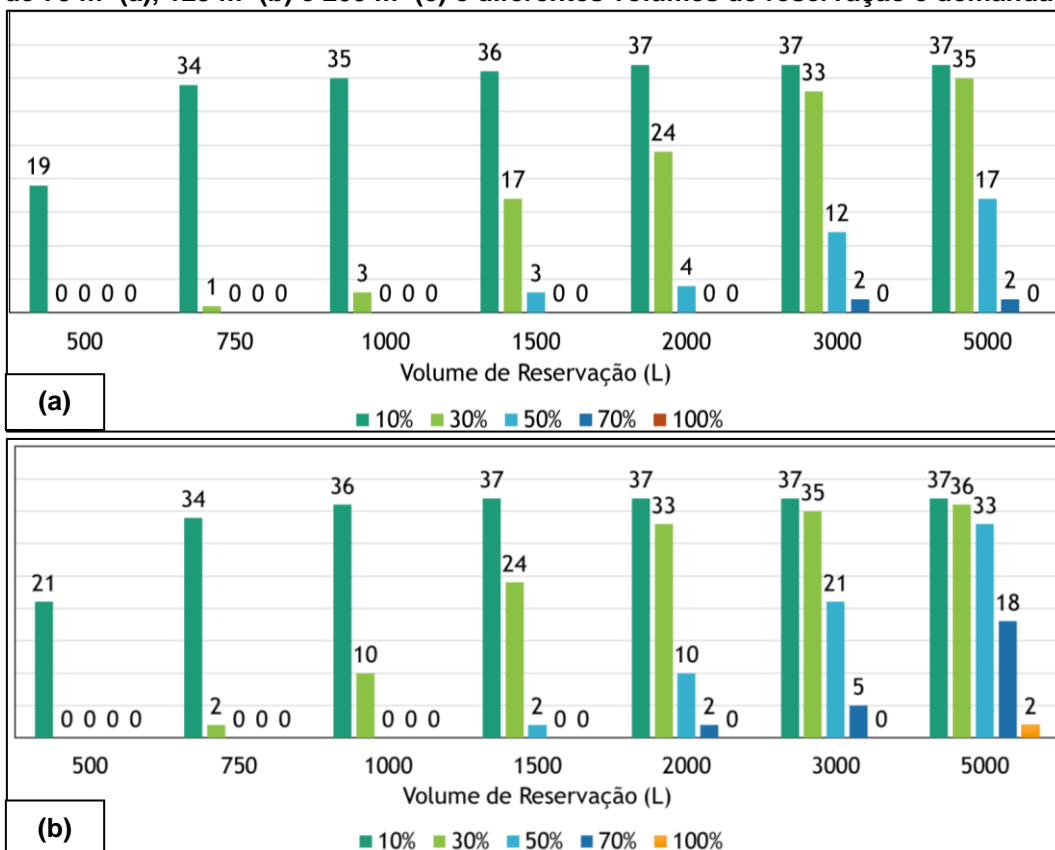
A interpretação da Figura 13 aponta que o município de Hulha Negra é o município com menor potencial para aproveitamento de água de chuva. Esse município possui uma garantia de atendimento de 36% das demandas apenas. Em seguida tem-se Iraí, com uma eficiência de 50%, bem distante de Hulha Negra, mas com garantia ainda insatisfatória (inferior a 80%).

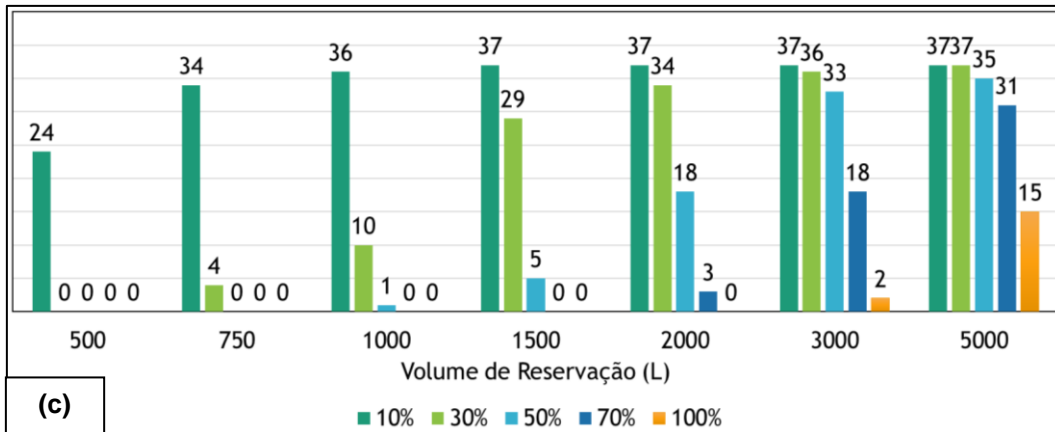
Os demais municípios tiveram um aumento gradativo de valores na ordem de 3 unidades, até que São José das Missões, Áurea e Herval apresentaram garantias de atendimento iguais a 84%, 86% e 89%, respectivamente.

A Figura 13 infere que não há um padrão espacial associado ao desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva para os municípios da área de estudo. Isso ocorre devido ao fato de que a variabilidade do consumo de água das residências não ocorre de forma espacial, apenas a precipitação.

Na Figura 14 a seguir é possível observar o gráfico da quantidade de municípios com atendimento satisfatório das demandas (garantia de atendimento igual ou superior a 80%) para uma área de captação de 75 m², 125 m² e 200 m² e diferentes volumes de reservação e demandas atendidas.

Figura 14 - Quantidade de municípios com atendimento satisfatório para uma área de captação de 75 m² (a), 125 m² (b) e 200 m² (c) e diferentes volumes de reservação e demandas atendidas.





Fonte: Autor, 2019.

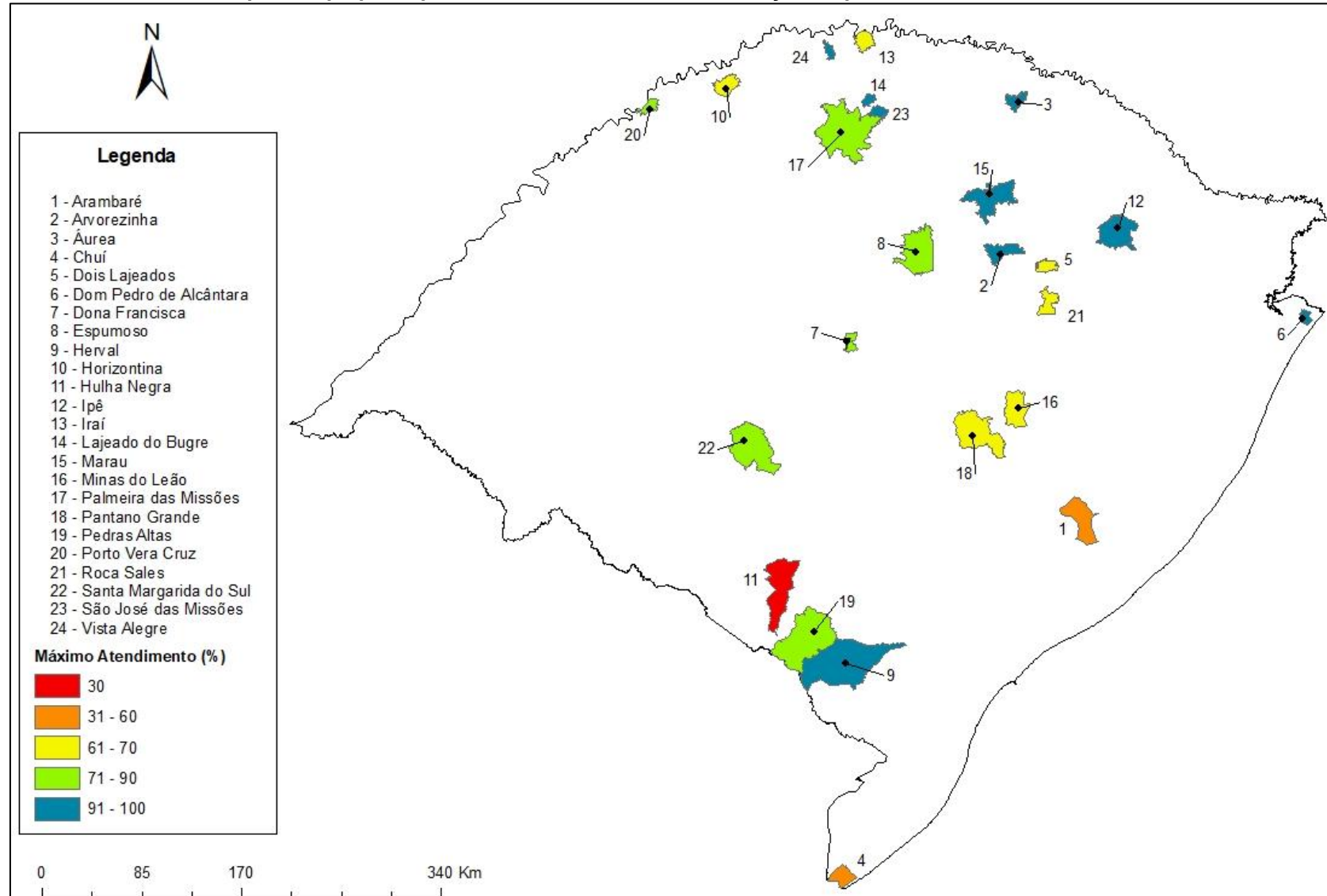
Para atendimento de 10% das demandas, temos que 19, 21 e 24 zonas municipais apresentam resultados favoráveis quando utilizam uma reservação mínima de 500 L em áreas de captação de 75 m², 125 m² e 200 m², respectivamente. Essa demanda é que apresenta maiores quantidades de zonas municipais com atendimento satisfatório, o que é uma alternativa para utilização da água de chuva em usos externos de água não potável (UEANP).

Por outro lado, para atender metade das demandas domiciliares tem-se que nem todas as áreas de estudo conseguiram resultados satisfatórios, mesmo com reservação de 5000L e área de captação de 200 m².

O atendimento de 100% das demandas somente é atingido quando há reservação de 5000L em áreas de 125 m² e 200 m², e também quando há reservação de 3000 L, mas dessa vez, apenas em áreas de 200 m².

Na Figura 15 é possível observar um mapa do Rio Grande do Sul no qual estão organizados os municípios da área de estudo por escala de cor em função da máxima capacidade de atendimento das demandas domiciliares.

Figura 15 – Cenário dos municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul em função do potencial de atendimento das demandas.



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 15 aponta o comportamento geral dos municípios da área de estudo. Em vermelho temos apenas 1 município (Hulha Negra), com o cenário mais desfavorável, atendendo no máximo a 30% das demandas. Em seguida temos os municípios em laranja 3 municípios, que tem potencial para atender de 31% a 60% das demandas. Esses são Arambaré (50%) e Chuí (60%).

6 municípios (Dois Lajeados, Iraí, Horizontina, Minas do Leão, Pantano Grande, Roca Sales) têm capacidade de atender até 70% das demandas, como pode ser observado em amarelo na Figura 15.

Em verde tem-se 5 municípios com potencial de atendimento de 80% das demandas (Dona Francisca, Espumoso, Palmeira das Missões, Porto Vera Cruz, Santa Margarida do Sul) e 1 (Pedras Altas) com potencial para atendimento de 90%.

Ainda, em azul tem-se 9 municípios que tiveram melhor desempenho, tendo capacidade de atender à todas as demandas da residência. Esses são Arvorezinha, Áurea, Dom Pedro de Alcântara, Herval, Ipê, Lajeado do Bugre, Marau, São José das Missões, Vista Alegre.

Comparando as Figuras 13 e 15 podemos observar que não há o mesmo comportamento entre os municípios. Na primeira, uma maior quantidade de municípios teve capacidade de atender satisfatoriamente a metade das demandas da residência, enquanto que na segunda apenas 3 municípios desenvolveram tal comportamento.

Especialmente, não foi possível definir um comportamento visto que a potencialidade de aproveitamento de água de chuva aqui analisada depende do consumo de água da residência e da precipitação.

Dessa forma, mesmo a incidência de chuva tendo um padrão espacial, o consumo de água das residências não o possui. Assim, como pôde ser observado na Figura 14, o município de Hulha Negra é o que possui os piores resultados, mesmo estando geograficamente próximo à Herval e Pedras Altas.

Ainda, Herval, que tem potencial para atender a todos os usos da residência com água de chuva, encontra-se geograficamente distante dos demais municípios que também desenvolvem esse comportamento.

A partir interpretação dos resultados apresentados anteriormente observa-se que os melhores valores de eficiência dos sistemas de aproveitamento de água de chuva para atendimento das demandas foram apresentados pelos municípios de

Áurea e São José das Missões, enquanto que Hulha Negra foi o que apresentou as situações mais desfavoráveis, seguido de Arambaré.

Para melhor entendermos essa situação foi elaborada Figura 16 que relaciona as demandas domiciliares diárias e as precipitações medias diárias de cada município da área de estudo. Nesse quadro, os municípios estão em ordem crescente de precipitação e em decrescente de demanda. Dessa forma, o nome do município com maior precipitação e do município com menor demanda são colocados lado-a-lado.

Figura 16– Relação entre demanda domiciliar e precipitação dos municípios da área de estudo.

Precipitação (mm/ano)	Chuí	Hulha Negra	Demanda (L/res.dia)
	Hulha Negra	Arambaré	
	Pedras Altas	Dois Lajeados	
	Arambaré	Iraí	
	Pantano Grande	Horizontalina	
	Herval	Espumoso	
	Roca Sales	Pantano Grande	
	Santa Margarida do Sul	Minas do Leão	
	Minas do Leão	Chuí	
	Dom Pedro de Alcântara	Palmeira das Missões	
	Dois Lajeados	Dona Francisca	
	Porto Vera Cruz	Roca Sales	
	Horizontalina	Santa Margarida do Sul	
	Ipê	Ipê	
	Marau	Dom Pedro de Alcântara	
	Espumoso	Lajeado do Bugre	
	Dona Francisca	Arvorezinha	
	Palmeira das Missões	Porto Vera Cruz	
	Iraí	Marau	
	Vista Alegre	Vista Alegre	
	São José das Missões	Pedras Altas	
	Arvorezinha	Herval	
	Lajeado do Bugre	Áurea	
	Áurea	São José das Missões	

Fonte: Autor, 2019.

Os municípios de Áurea, Arambaré, Hulha Negra e São José das Missões destacaram-se durante o estudo, seja positivamente, seja negativamente e por isso foram elencados para realizados de um estudo mais detalhado que será apresentado posteriormente.

Constata-se a partir da interpretação do Quadro 4 que o município de Áurea apresenta o maior índice pluviométrico da área de estudo e a segunda menor demanda da área de estudo, situação que justifica o forte potencial de aproveitamento de água de chuva na cidade. Da mesma forma, São José das Missões apresenta a quarta maior precipitação e o menor consumo de água em residências.

Esses municípios possuem relativa proximidade geográfica, ambos na região norte do Estado, contudo a precipitação nos municípios não apresenta o mesmo comportamento. Esse fato foi apontado nas Figura 8 – Comportamento interanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul. (Página 26) e na Figura 9 - Comportamento intraanual dos dados pluviométricos de 28 municípios do Rio Grande do Sul. (Página 76).

Ao contrário de Áurea, Hulha Negra é o município com a maior demanda e com a segunda menor precipitação, o que justifica o baixo potencial de aproveitamento de água de chuva.

Os municípios de Arambaré e Herval possuem baixa precipitação em relação aos demais, contudo, em Arambaré o consumo de água na residência é muito elevado, o que inviabiliza o aproveitamento de água de chuva para atendimento de demandas superiores a 50% do total. Por outro lado, em Herval o consumo residencial é o terceiro menor, o que torna possível atender a todos os usos de água do domicílio com água de chuva.

8 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi avaliar a potencialidade de sistemas de aproveitamento da água de chuva como um cenário alternativo no planejamento estratégico na gestão municipal do saneamento básico, no que tange ao sistema de abastecimento de água. O primeiro passo para tanto foi a definição de diferentes áreas de captação e volumes de armazenamento capazes de abranger a diversidade de residências dos municípios da área de estudo.

As configurações com 5000L de reservação e 200 m² de captação atendem satisfatoriamente bem a todos os objetos de estudo analisados, de forma que a demanda atendida variou de 30% a 100% do total. Ainda, a menor configuração testada (volume de reservação de 750L e área de captação de 75m²) foi suficiente para atender a todos os usos externos de água da residência em 35 dos 37 os objetos de estudo.

Sobre os cuidados sanitários quando utilizada a água de chuva além dos usos não potáveis, há a necessidade de criação de mecanismo de controle de qualidade que incorporem técnicas de potabilização da água, como desinfecção e filtração. Nesse contexto, é necessário o desenvolvimento de estudos mais detalhados que incorporem o monitoramento de qualidade dessas águas dentro das residências.

A garantia de atendimento das demandas domiciliares com água de chuva variou em função de cada zona municipal estuda por fatores como precipitação e consumo de água na residência. Os municípios com maior eficiência no aproveitamento de água de chuva, Áurea e São José das Missões, possuem baixa demanda e elevada precipitação.

Da mesma forma, os municípios com o menor potencial de aproveitamento possuem elevada demanda e baixa precipitação, como os casos de Hulha Negra e Arambaré. Por outro lado, o município de Herval possui baixa precipitação, mas o consumo de água nas residências não é tão elevado quanto os demais, o que permite que o município tenha potencial para abastecer a todos os usos domiciliares com água de chuva.

Um ponto que pode desfavorecer a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva nestes locais é o baixo custo com o serviço de abastecimento de água. Esse fato pode trazer um baixo retorno financeiro quando

avaliado apenas do ponto de vista da comunidade. Contudo, conforme observado da descrição da situação do abastecimento de água desses municípios, outros fatores devem ser considerados, como o índice de não atendimento, a necessidade de ampliação da rede e de investimentos no setor;

Nessa situação destacam-se os municípios de São José das Missões, com forte potencial, mas com baixo custo pelo serviço prestado. E também Hulha Negra, que tem um baixo potencial de aproveitamento, um baixo custo com o serviço, contudo requer um investimento no setor pois apresenta deficiências no atendimento das demandas.

Em função dos resultados obtidos recomenda-se a implementação de um Programa de Educação Ambiental voltado para a redução do consumo de água em residências nos municípios de Arambaré, Horizontuna, Hulha Negra e Iraí.

Outro ponto que deve ser destacado é que nos municípios onde há coleta e/ou tratamento de esgotos sanitários, as taxas cobradas por esse serviço são associadas ao consumo de água das residências. Dessa forma, uma recomendação é que em outros estudos seja avaliado o valor a ser cobrado pelo serviço de esgotamento sanitário a uma residência que possui abastecimento de água considerando o aproveitamento de água da chuva.

Ainda, nessa pesquisa não foram considerados os custos com a infraestrutura do sistema de aproveitamento de água de chuva tampouco com a sua manutenção e operação deste. Com isso, recomenda-se a elaboração de um estudo mais detalhado nesse sentido para melhor investigar o payback do investimento com o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Conclusivamente, o aproveitamento de água de chuva mostrou-se uma alternativa viável como um cenário alternativo no planejamento estratégico da gestão municipal, principalmente para os municípios que demandam ampliação do sistema de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- ACRE. Lei nº 2.540, de 4 de janeiro de 2012. Determina a inserção de sistema de captação e armazenamento de água da chuva nos projetos arquitetônicos das unidades escolares estaduais. **Diário Oficial [do] Estado do Acre**, Rio Branco, AC, 05 de jan. de 2012, p.2.
- ADHAM, A. RIKSEN, M. OUEASSER, C.R. Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review. **International Soil and Water Conservation Research**, v4(2). p.108-120, 2016.
- ADHAM, A. SAYL, K. N. ABED, R. *et al.* A GIS-based approach for identifying potential sites for harvesting rainwater in the Western Desert of Iraq. **International Soil and Water Conservation Research**. v6(4), p297-304, Dezembro, 2018.
- AL-ADAMAT, R. DIABAT, A. SHATNAWI, G. Combining GIS with multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in Northern Jordan. **Journal of Arid Environments**. v74(11), p1471-1477, novembro, 2010.
- AGRA FILHO, S. S; BORJA, P. C; MORAES, L. R. S; SOUZA, D. N. Desigualdade no acesso à água de consumo humano: uma proposta de indicadores. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n17. setembro, 2010.
- ALAMDARI, Nasrin *et al.* Assessing climate change impacts on the reliability of rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 132, p. 178-189, maio. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917304445>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- ALICE, Cristiano Franco. Método de avaliação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2014.
- ALMEIDA, DEYVISON CARVALHO DE. **Aproveitamento de águas pluviais em Instituição de Ensino Federal**. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão Do Desenvolvimento Local Sustentável) - Universidade de Pernambuco, [S. l.], 2016.
- ALMEIDA, Maria Eduarda Pereira de. **Análise da viabilidade para implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva e ar-condicionado: estudo de caso no setor de aulas IV da UFRN**. 2018. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

ALVES, V.de O. **Aproveitamento de água de chuva para consumo humano em áreas rurais de municípios isolados pela seca no Estado do Amazonas.** Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

AMAPÁ. Lei nº 1.997, de 21 de março de 2016. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil do Estado do Amapá e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Amapá**, Macapá, AM, nº 6162, de 21 de mar. de 2016.

AMAPÁ. Lei nº2.003, de 22 de março de 2016. Dispõe sobre o Poder Executivo, através do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado do Amapá a instalação de sistema de coleta para captação da água de chuva. **Diário Oficial [do] Amapá**, Macapá, AM, nº 6163, de 22 de mar. de 2016.

AMARAL, X. S. A. **Avaliação de sistemas de tratamento de esgoto e aproveitamento de água de chuva em unidades educacionais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

AMORIM, Sv De; PEREIRA, Dj De Andrade. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 53–66, 2008.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos. Brasília, 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Atlas do Abastecimento Urbano de Água. Resultado por Município. 2016. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>> . Acesso em 27 Jun 2018.

ANDRADE, L. R. A influência do regime pluviométrico no desempenho de sistemas de aproveitamento de água de chuva. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira ; LISBOA, Marina Boldo; LISBOA, Henrique de Melo. Reservatório de ardósia para sistemas de aproveitamento de água de chuva. **Eng. Sanit. Ambient**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, May/June 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=3&script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000300563&lng=en&tng=en. Acesso em: 15 jan. 2019.

ANDRADE, VANESSA HELENA DE. **Ferramenta Gráfica Para o Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Águas Pluviais. Estudo de Caso na Região Norte de Rondônia.** 2017 117 f. Mestrado em Engenharia Ambiental Instituição de Ensino: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre. O descarte das primeiras águas e a qualidade da água de chuva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Federação das Indústrias do Estado da Paraíba, 2012.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Programa Um Milhão de Cisternas. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

AWWA. American Water Works Association. **Residential End Uses of Water, Version 2: Executive Report**. Water Research Foundation. 2016.

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.

BACKES, Ezequiele *et al.* Identificação de fontes emissoras de poluentes em amostra de precipitação total da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos através do fator de enriquecimento. In: (Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Ed.)VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL 2015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IV-010.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2018.

BAHIA. Lei nº 13.581, de 14 de setembro de 2016. Dispõe sobre a instalação de um sistema de reaproveitamento da água da chuva nas unidades habitacionais construídas pelo Governo do Estado da Bahia, na forma que indica. **Diário Oficial [da] Bahia**, Salvador, BA, nº 22017, de 15 de set. de 2016.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008. ISSN 1678-8621.

BARRETO, R. C. M. **Proposta de um sistema de captação de águas pluviais para redução de custo com abastecimento: Caso IFAM-CMC**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

BARROS, A. B. SILVA, C. S. Métodos de Dimensionamento para Reservatórios de Águas Pluviais. **XXII Símposio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Florianópolis, 2017.

BARROS *et al.* Potencial de aproveitamento de água de chuva em Municípios da Bacia Hidrográfica do Pajeú - PE. **XXII Símposio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Florianópolis, 2017.

BEZERRA, Stella Maris Da Cruz *et al.* Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído (Online)**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 219–231, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n4/a15v10n4>>

BOZZINI, *et al.* Captação de Água de Chuva em Ambientes Urbanos: Estudo para Dimensionamento e Operação de Cisternas em Escolas. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Florianópolis, 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 8 jan. 2007. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Lei nº 13.308, de 6 de julho de 2016. Altera a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 7 jul. 2016. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 22 jun. 2010. Seção 1, Edição Extra, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 9.254, de 29 de dezembro de 2017. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial, Brasília, DF, 29 dez. 2017. Seção 1, Edição Extra, p. 1.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil**. Brasília, 2017.

BURROUGH, P. A. MCDONNELL, R.A. Principles of Geographical Information System. Oxford University Press, USA.1998.

BUTSCHKAU, Elisa. **Potencial de aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, em escolas municipais da estância balneária de Caraguatatuba – São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Brasil, [S. I.], 2016.

CALDEIRA, J. K. A. Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CAMPISANO, A; BUTLHER, D; WARD, S; BURNS, M.L; FRIEDLER, E; DEBUSK, K; FISHER-JEFFES, L.N; GHISI, E; RAHMAN, A; FURUMAI, H; HAN, M. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. **Water Research**. v.115, p.195-209, Maio, 2017.

CAMPOS, Marcus André Siqueira; AMORIM, Simar Vieira De. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multifamiliar no município de São Carlos. **CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e**

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, [s. l.], p. 12, 2004.

CEARÁ. Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do ceará. **Diário Oficial [do] Ceará**, Fortaleza, CE, 22 de jun de 2016, série 3 ano VIII nº116, p. 10.

CECIN, Jorge Alberto. **Aproveitamento de água de chuva em escola municipal de ensino básico - Estudo de caso**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto De Pesq.Tecnológicas Do Estado De São Paulo, São Paulo, 2012.

CEPED. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2012. Santa Catarina, 2013. Disponível em < <http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>>. Acesso em 30 Abr 2018.

CERQUEIRA, M. R. F; PINTO, M. F; DEROSI, I. N; ESTEVES, W. T; SANTOS, M. D. R; MATOS, M. A. C; LOWINSOHN, D. MATOS, R. C. Chemical characteristics of rainwater at a southeastern site of Brazil. **Atmospheric Pollution Research**. v5, n2, p253-261, Abril 2014.

CHAIB, *et al.* Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v20, n3, jul/set. 2015, p605-614.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. 2008. [s. l.], 2008. Disponível em: <http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf>

CONRADIE, E.H; VAN ZYL, P.G; PIENAAR, J.J; BEUKES, J.P; GALY-LACAUX, C; VENTER, A.D. MKHASTHWA, G.V. The chemical composition and fluxes of atmospheric wet deposition at four sites in South Africa. **Atmospheric Environment** v. 146, p113-131, dezembro 2016.

CORREA, Marina Scarano *et al.* a influenciada autolimpeza na qualidade das águas de chuva. In: XXI Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos 2015, Brasília. **Anais...** Brasília.

CORRE, R. dos S. **O estudo tem como objetivo geral avaliar o potencial do aproveitamento da água de chuva na cidade de Belém-PA, destacando a viabilidade econômica na percepção do consumidor residencial e o reflexo na despesa com a produção de água potável pela concessionária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Uniservidade Federal do Pará. Belém, 2016.

CUESTA, JHANIER SALAS. Avaliação dos usos múltiplos das águas e viabilidade de aproveitamento da água da chuva na reserva extrativista de São João da Ponta, Bacia Hidrográfica do Rio Mocajuba-PA. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

CUNHA, G. S. NEVES, M. G. F. P. das. Reservatório de Água de Chuva: Dimensionamento e Economia de Água Potável. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

DA CUNHA, Gilberto Rocca *et al.* Dinâmica do pH da água das chuvas em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 339–346, 2009.

DA CRUZ, W. M. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificações residenciais: Caso de estudo em Rio Branco/AC**. 2014. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

DA SILVA, C.V. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

DÁVILA, J. S. **Avaliação de um Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva em Edificação Residencial - Estudo de Caso na Cidade de Alegre - RS**. Monografia (TCC). Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015.

DE FARIAS, M. M. M. W. E. C. **Aproveitamento de Águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.

DE SOUZA, A., ANDRADE NETO, C., MAIA, A. Análise dos métodos de dimensionamento de cisternas com base na avaliação de volumes calculados para zonas pluviais homogêneas distintas. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA) ANÁLISE**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 147–169, 2017.

DIAS, A. D. e. **A sustentabilidade de tecnologias sociais de abastecimento de água de chuva: O caso Comunidades Insulares de Belém-PA**. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 6.065, de 02 de fevereiro de 2018. Altera o art. 68 da Lei nº 4.949, de 15 de outubro de 2012, que estabelece normas gerais para realização de concurso público pela administração direta, autárquica e fundacional do Distrito Federal, para suspender o prazo de validade dos concursos. **Diário Oficial [do] Distrito Federal**, Brasília, DF, 14 de fev de 2018, p. 2.

DORNELLES, F. Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e Seus Efeitos na Drenagem Urbana. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, 2012.

EMBRAPA. Aproveitamento da Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves. Concórdia, 2012.

Engeplas & AquaStock. Disponível em:
<http://www.engeplas.com.br/produtos/pro_ver_sub.asp?fprocodi=8&fsubcodi=37>
Acesso em 14 de abr de 2018.

ERN LEE, K; MOKHTAR, M; HANAFIAH, M.M; HALIM, A.A; BADUSAH, J. Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. **Journal of Cleaner Production**. v.126, p218-222, Julho 2016.

ESPIRITO SANTO. Lei Ordinária nº 10.624, de 12 de janeiro de 2017. Obriga a instalação de sistema e de equipamentos para captação, tratamento e armazenamento de água da chuva em postos de serviços e abastecimento de veículos e assemelhados no Estado, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Espírito Santo**, Vitória, ES, 13 de jan de 2017.

FERNANDES, S. L. F., TERÊNCIO, D. P., PACHECO, F. A. Rainwater harvesting systems for low demanding applications. **The Science of the total environment**. 2015, v.529, p91-100, Outubro 2015.

FERREIRA, C. A; MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação so telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**. 2007.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Termo de Referência para Elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico. Brasília, 2018.

GANEM, L. de O. OHNUMA, A. A. OBRACZKA, M. Modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água para fins não potáveis do Cap - UERJ de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

GIKAS, Georgios D.; TSIHRINTZIS, Vassilios A. Assessment of water quality of firstflush roof runoff and harvested rainwater. **Journal of Hydrology**, United States, v. 466, p. 115-126, 2012.

GNADLINGER, J. Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água (FMA), em Kioto, Japão, 16 a 23 de março de 2003.

GOIÁS. Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos, e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas. **Diário Oficial [de] Goiás**.Goiânia, 14 de setembro de 2010.

GOU, R; GOU, Y. Stochastic modelling of the hydrologic operation of rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**. v.562, p30-39 Julho 2018.

GOULD, JONH; NISSEN-PETERSEN; ERIK. Rainwwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation. Londres, **ITDG Publishing** 335p, 1999.

GUINDANI, A. M. **Estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em edificação residencial em Estrela-RS**. Centro Universitário UNIVATES, Lajeados, 2016.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da Qualidade da Água de Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, 2009.

HAGEMANN, Sabrina Elicker; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria - RS. **RBRH**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 525–536, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312016000300525&lng=pt&tlng=pt>

HAQUE, M. M; RAHMAN, A; SAMALI, B. Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. **Journal of Cleaner Production**. v137(20), p60-69, Novembro, 2016.

HERRERA, J; RODRÍGUEZ, S; BAÉZ, A.P. Chemical composition of bulk precipitation in the metropolitan area of Costa Rica, Central America. **Atmospheric Research**. v94, n2, p151-160, Outubro, 2009.

HUGO, Cleber Alberto da Silveira. **Aproveitamento de água da chuva: simulador para tomada de decisão quanto a viabilidade de implantação de sistemas**. Orientador: Dieter Wartchow. 2013. 50 f. Trabalho de conclusão de graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 Jan 2018.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2017.

IBGE, Área da unidade territorial: Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=4301404>>. Acesso em 28 mai 2018.

Inamdar, P.M. COOK, S. SHARMA, A.K, CORBY, N. O'CONNOR, J. PERERA, B.J.C. A GIS based screening tool for locating and ranking of suitable stormwater harvesting sites in urban areas. **Journal of Environmental Management**, v128, p363-370, 2013.

JESUS, T. B. de. SILVA, E. H. B. C. Captação de Água de Chuva em um Grande Edifício Público .XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, 2017.

JHA M.; CHOWDARY V; KULKARNI Y; MAL B. Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. **Resources, Conservation and Recycling**. v83. p96-111. 2014.

KHAN, M. N; SARWAR, A. Chemical composition of wet precipitation of air pollutants: A case study in Karachi, Pakistan. **Atmosfera**. v.27, n1, p35-46, Janeiro, 2014.

KIM, K; YOO, C. Hydrological Modeling and Evaluation of Rainwater Harvesting Facilities: Case Study on Several Rainwater Harvesting Facilities in Korea. **Journal hydrology Engineering**. 14 (6), p 545-561. 2009.

KIM, Hyoungjun; HAN, Mooyoung; LEE, Ju Young. The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall–runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 424, p. 213-218, maio. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712001969>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

KISAKYE, V; BRUGGEN, B. V de. Effects of climate change on water savings and water security from rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation and Recycling**. V.138, P.49-63, Novembro, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918302544>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

KISSMANN, Guilherme. **Aproveitamento da água da chuva em uma fábrica de Guaíba**. Orientador: Juan Martín Bravo. 2014. 64 f. Trabalho de conclusão de graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LANI, Nor Hafizi Md *et al*. Performance of small and large scales rainwater harvesting systems in commercial buildings under different reliability and future water tariff scenarios. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 636, p. 1171-1179, set. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718316176>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater e comparison of different roofing materials. **Environmental Pollution**, United States, v. 162, p. 422-429, Dec. 2012.

LEMOS, *et al*. Proposta de implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório segundo a NBR 15527:2007. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

LIMA, J. A de; DAMBROS, M, V. R; ANTONIA, M. A. P. M. de; JANZEN, J. G; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**. v.16, n.3, 2011.

LOPES, Gabriela Bernardi. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia/MG**. 2012. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2012

LOPES, Vitória A. R. *et al.* Performance of rainwater harvesting systems under scenarios of non-potable water demand and roof area typologies using a stochastic approach. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 148, p. 304-313, abr. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617301476>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

MAIA, Adelena Gonçalves; SANTOS, Alison Luiz dos; OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. **Ambiência**, [S. l.], 1, 2017. Disponível em: <https://doaj.org/article/dbc7e7af19dc484a8b695c229a23c2ea>. Acesso em: 15 jan. 2019.

MAY, Simone. **Estudo de Viabilidade de Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não potável em edificações**. 2004. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MANO, Rafael Simões. **A Captação Residencial de Água de Chuva para Fins Não Potáveis em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade e Benefícios do Sistema**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2004.

MARTÍNEZ, A.B; ORTEGA, J.M.P; RIVERA, F.N; GONZÁLEZ, M.S; MONTOYA, A.J.C; EL-HALWAGI, M.M. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. **Resources, Conservation and Recycling**. v.84, p44-56, Março, 2014.

MARTINS, M. C. RIBEIRO, C. R. Avaliação do potencial de aproveitamento de água de chuva da área central de Juiz de Fora (MG). **XXII Simpósio de Nacional de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 4.699, de 20 de julho de 2015. Institui a Campanha de Conscientização da Utilização da Água no âmbito do Estado de Mato Grosso do Sul. **Publicado no DOE - MS** em 21 jul 2015.

MELO, M. de B, *et al.* Sistema de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de baixa renda - Estudo de caso na Rocinha. **XXII Simpósio de Nacional de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

MENDES JÚNIOR, J. P. **Sistema para captação e uso de água da chuva: dimensionamento, custos e benefícios**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017.

MENDEZ, Carolina B. *et al.* The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. **Water Research**, New Zealand, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, Feb. 2011.

MENEZES, Cristina Edilaine Pamplona. **Avaliação da qualidade da água da chuva em sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na Universidade Federal do Pará**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2016.

MIERZWA, J. C; HESPANHOL; I. DA SILVA, M. C. C; RODRIGUES, L. D. B. Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Água da América Latina**. Vol. 4, no. 1, p. 29-37, jan./jun. 2007.

MIGLIAVACCA, D. *et al.* Atmospheric precipitation and chemical composition of an urban site, Guaíba hydrographic basin, Brazil. **Atmospheric Environment**, [s. l.], v. 39, n. 10, p. 1829–1844, 2005. a.

MIGLIAVACCA, Daniela Montanari *et al.* Composição Química Da Precipitação Atmosférica No Sul Do Brasil -Estudo Preliminar. **Quim. Nova**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 371–379, 2005. b.

MOGLIA, M. GAN, K. DELBRIDGE, N. Exploring methods to minimize the risk of mosquitoes in rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**, v543, p324-329, dezembro, 2016.

MOLARES-PINZÓN, Tito *et al.* Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 84, p. 613-626, jan. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010622>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

MONTOYA, Mariana García *et al.* Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. **Computers & Chemical Engineering**, [S.l.], v. 76, p. 104-116, maio. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135415000563>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

MORAIS, J. W. A de. **Viabilidade técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, [S. l.], 2017.

MORUZZI, R.B.; MURAKAMI, M.F. Variação temporal da qualidade da água armazenada para fins de aproveitamento. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 243-254, 2009

MUGO, G. M; ODERA, P. A. Site selection for rainwater harvesting structures in Kiambu County-Kenya. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. ISSN 1110-9823, Dezembro, 2018.

MURIU-NG'ANG'A, F.W *et al.* Socio-economic factors influencing utilisation of rain water harvesting and saving technologies in Tharaka South, Eastern Kenya. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 194, p. 150-159, dez. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377417303001>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

MUSAYEV, Sardorbek; BURGESS, Elizabeth; MELLOR, Jonathan. A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 132, p. 62-70, maio. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918300235>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

NEU, V. *et al.* Água da chuva para consumo humano: estudo de caso na Amazônia Oriental. **Revista IBICT**. [s.l.], v. 12, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/4403>>. Acesso em: 22 fev 2019.

NICOLAU, A. P. CARMO, D. F. Comparação entre métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais. Congresso **ABES/Fenasan**, Rio de Janeiro, 2017.

NOTARO, Vincenza; LIUZZO, Lorena; FRENI, Gabriele. Reliability Analysis of Rainwater Harvesting Systems in Southern Italy. **Procedia Engineering**, [S.l.], v. 162, p. 373-380, nov. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816333860>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

NOVAKOSKI, Carolina K.; MARQUES, Marcelo G.; CONTERATO, Eliane. Análise do Método da Simulação para Dimensionamento de Reservatórios de Águas Pluviais em Residências Unifamiliares. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, v. d, n. 1, p. 1–8, 2013.

NOVAKOSKI, C. K. MARQUES, M. G. CONTERATO, E. TEIXEIRA, E. D. FERLA, R. Comparação dos Métodos de Dimensionamento do Reservatório de Águas Pluviais. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2017.

NUNES, Juliana Gervasio. **Análise da concepção e comportamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em operação na UFMT, Campus Cuiabá**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3663488. Acesso em: 5 fev. 2019.

ONU. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – Relatório Executivo. **Água Residuárias: O recurso inexplorado**. 2017.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal. [s. l.], p. 32, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146199/1/documentos122.pdf>>

Pêgo, Carlos Sulzer. **Desenvolvimento de um software para dimensionar e avaliar a viabilidade do uso de águas pluviais no estado do Rio de Janeiro**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Pesquisa Operacional E Inteligência Computacional) - Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2012.

PELAK, N; PORPORATO, A. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. **Journal of Hydrology**. v.541-part B, p1340-1347, Outubro, 2016.

PEREIRA, Alini Patricia. **Avaliação da qualidade da água da chuva**. 2014. Centro Universitário UNIVATES, [s. l.], 2014.

PERIUS, Carla Fernanda. **VARIÁVEIS DE PROJETO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**. 2016. Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2016.

PNRH. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Panorama e Estados do Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente**. Vol. 1, p. 257. Brasília, 2006.

PORTO ALEGRE. Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. 2008.

_____. DECRETO Nº 16.305, de 26 de maio de 2009. Regulamenta a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. 2009.

POZZEBON, P. H. B. **Viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na Cidade de Santa Maria/RS**. Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Santa Maria, 2013.

PROENÇA, L.C.; GHISI, E.; TAVARES, D.F.; COELHO, G.M. Potential for electricity saving by reducing potable water consumption in a city scale. **Resources, Conservation and Recycling**. Florianópolis, SC. Vol 55, pp960-965, 2011.

RAO, P.S.P; TIWARI, S; MATWALE, J.L; PERVEZ, S; TUNVED, P; SAFARI, P.D; SRIVASTAVA, A.K; BISHT, D.B; SINGH, S; HOPKE, P.K. Sources of chemical species in rainwater during monsoon and non-monsoonal periods over two mega cities in India and dominant source region of secondary aerosols. **Atmospheric Environment**. v. 146, p 90-99, dezembro, 2016.

ROCHA, B. C. C. de M; REIS, R. P. A; ARAÚJO, J. V. G. de. Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e Cloro. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. n 3, v 1, 2011.

RODRIGUES, F. C. DA C. **Uso doméstico da água em comunidades ribeirinhas: diagnóstico das comunidades dos Furos Conceição e Samaúma, na Ilha das Onças, Estado do Pará**. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Universidade Federal do Mato

Grosso, Belém, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3663488https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3626249. Acesso em: 5 fev. 2019.

RODRIGUEZ, Paulo Sérgio Bertazzi. **Aproveitamento De Água Da Chuva Para Fins Não Potáveis Em Sanitário Público'** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, 2012.

SÁ, Susane Silva De. **Caracterização Geoquímica Das Precipitações Atmosféricas Do Município De Rio Grande, RS.** 2005. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE, [s. l.], 2005.

SAHIN, N. I; MANIOĞLU, G. Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. **Sustainable Cities and Society.** v44. p367-377. Janeiro, 2019.

SALAM, N. A; ADEKOLA, F.A; OTUYO, I.M. Chemical composition of wet precipitation in ambient environment of Ilorin, north central Nigeria. **Journal of Saudi Chemical Society.** v18, n5, p528-534, novembro, 2014.

SAMPLE, D. J; LIU, J; WANG, S. Evaluating the dual benefits of Rainwater harvesting systems using reliability analysis. **Journal hydrology Engineering.** 18 (10), 2013.

SAMPLE, D. J; LIU, J. Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture. **Journal of Cleaner Production.** v.75 p174-194. 2014.

SANTOS, Célia Medeiros Marques dos. **Proposição de sistema de aproveitamento de água de chuva para o campus Campina Grande do IFPB: estudo da viabilidade econômica.** 2012 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SANTOS, J. L. dos. **Potencial de Aproveitamento da Água de Chuva na Produção de Leite: um Estudo de Caso.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

SANTOS, L. de O. **Alimentação de caldeiras industriais por água de chuva: uma análise da viabilidade técnica e econômica.** 2016 155 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SANTOS, S.M.dos; FARIAS, M.M.M.W.E.C. de. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production.** v.164, p1007-1015, Outubro,2017.

SEEGER, Lília Mayumi Kaneda. **Eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais na região central do do Rio Grande do Sul.** 2008. Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2008.

SEPEHRI, M. MALEKINEZHAD, H. ILDEROMI, A.R. TALEBI, A. HOSSEINI, S.Z. Studying the effect of rain water harvesting from roof surfaces on runoff and household consumption reduction. **Sustainable Cities and Society.** v43, p317-324. Novembro, 2018.

SILVA, C.V. Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenado em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG. 115p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, Luiz Felipe Schech da. **Aproveitamento de águas pluviais: ferramentas para tomadas de decisões em projetos.** Orientador: Juan Martín Bravo. 2012. 123 f. Trabalho de conclusão de graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2017.

SILVA, Andressa Paolla Hubner da. **Caracterização e tratamento de águas pluviais visando seu aproveitamento em edificações.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SILVA, N. M. da. **Potencial de economia de água potável em edificações multifamiliares por meio do uso de água de chuva captada de vias públicas.** TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Florianópolis, 2016.

SILVA, D. CARVALHO, V. BARBOSA, I. Elaboração de projeto de captação de águas pluviais no IFPE – Campus Recife (Estudo de caso para o bloco F). **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE (CIENTEC).** Recife, v10, n1, 2018.

SOUSA, L. O. **Eficiências das cisternas de aproveitamento de água de chuva: análise frente aos cenários de mudanças climáticas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SOUZA, T. M. R. de. **Potencial de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas na UFPE: Estudo de caso do prédio da faculdade de medicina.** 2018. 104 f. Mestrado em Engenharia Civil Instituição de Ensino: Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SOUZA, J. F. *et al.* Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. **Revista Eletrônica Teccen,** [S. l.], v. 9, n. 1, 2016. Disponível em: <http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/212>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOUZA, T. J. Potencial de aproveitamento de água de chuva no meio urbano: o caso de Campina Grande – PB. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

TAVARES, A.C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semi-árido paraibano. 169p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

TAVARES, L. C. ALMEIDA, I. R. SOUZA, F. B. WARTCHOW, D. Estudo do Atendimento das Demandas de água em Municípios do Rio Grande do Sul: Um Estudo de Caso do Termo de Execução Descentralizada Nº 02/2015. 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. São Paulo, 2018.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q. de; BEZERRA, S. M. da C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr./jun. 2017.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja *et al.* Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR. **Gestão & Produção**, São Carlos, jul/set 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis - Volume I**. [s.l: s.n.]. 2003.

VELOSO, N. da S; MENDES, R. L R. Água da chuva na Amazônia o caso do Experiência nas Ilhas de Belém. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v.19, n.1. Jan/Mar 2014, p229-242.

VERIATO, M.K.L; BARROS, H.M.M; SOUZA, L.P; CHICO, L.R; BAROSI, K.X.L. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 10 n. 5. 2015.

VIEIRA, A. S. *et al.* Energy intensity of rainwater harvesting systems: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, United States, v. 34, p. 225-242, Jun. 2014.

XIAO-FENG HUANG; XIANG, LI; LING-YAN, HE; NING FENG; MINHU; YU-WENNIU; LI-WUZENG. 5-Year study of rainwater chemistry in a coastal mega-city in South China. **Atmospheric Research**. v 97,n 1-2, p185-193, julho 2010.

XAVIER, R.P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. 114p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

Yoshino, Gabriel Hiromite. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Cidade Universitária Professor José Da Silveira Netto - Belém/PA**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2012.

WANG, W; FU, JIANYU. Global assessment of predictability of water availability: A bivariate probabilistic Budyko analysis. **Journal of Hydrology**. n 557. P 643 – 650. 2018.

WARD, S. DORNELLES, F. GIACOMO, M.H. Incentivising and charging for rainwater harvesting – three international perspectives. Chapter 8 F.A. Memon, S. Ward (Eds.), **Alternative Water Supply Systems**, IWA Publishing, London, 2014.

WHO. Drinking-water. 2017. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>>. Acesso em 10 Jan 2018.

ZHANG, S; ZHANG, J; JING, X. WANG, Y; WNAG, Y; YUE, T. Water saving efficiency and reliability of rainwater harvesting systems in the context of climate change. **Journal of Cleaner Production**. v 196(20). p1341-1344, Setembro, 2018.

ZERBINATTI, O. E; SOUZA, I. U. L. de; PEREIRA, A. J; SILVA, A. B. da; REINATO, R; A; de O. Qualidade da água proveniente da chuva coletada em diferentes tipos de telhados. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 019-037, jul ./set . 2011

ANEXOS

ANEXO I - DESPESAS TOTAIS COM OS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO E TARIFA DE ÁGUA

Municípios	Despesas totais com os serviços R\$/ ano	Tarifa de água (R\$/m³)	
		Urbana	Rural
Arambaré	1.982.083,40	8,27	Sem dado
Arvorezinha	2.563.440,53	7,51	1,3
Áurea	585.861,41	7,86	Sem dado
Chuí	2.254.265,00	7,22	Sem dado
Dois Lajeados	166.407,44	2,59	1,7
Dom Pedro de Alcântara	131.040,00 ⁽¹⁾	2,38	1,67
Dona Francisca	1.092.778,34	6,76	Sem dado
Espumoso	3.681.314,01	5,99	Sem dado
Garruchos	99.679,49	0,57	Sem dado
Herval	2.132.713,33	7,86	Sem dado
Horizontalina	5.998.471,64	6,56	Sem dado
Hulha Negra	2.088.967,07	0,20	Sem dado
Ipê	635.169,93	7,52	Sem dado
Iraí	2.401.836,52	7,05	Sem dado
Lajeado do Bugre	⁽²⁾	2,83	Sem dado
Marau	9.447.786,23	6,71	Sem dado
Minas do Leão	2.516.479,61	7,03	Sem dado
Novo Xingú	598.786,10	1,28	Sem dado
Palmeira das Missões	9.151.703,15	6,86	Sem dado
Pantano Grande	56.000,00	6,81	Sem dado
Pedras Altas	485.278,70	7,85	Sem dado
Porto Vera Cruz	360.793,62	2,75	Sem dado
Roca Sales	1.437.337,22	6,86	Sem dado
Salvador das Missões	369.875,93	1,2	Sem dado
Santa Margarida do Sul	691.721,04	7,71	Sem dado
São José das Missões	225.614,20	0,5	Sem dado
São Pedro das Missões	9.600,00 ⁽³⁾	20,00 ⁽⁴⁾	Sem dado
Vista Alegre	594.413,76	7,71	Sem dado

⁽¹⁾ Dado obtido: R\$ 10.920,00 para o mês de outubro de 2017.

⁽²⁾ Possui apenas o valor de receita de R\$ 110.084,88;

⁽³⁾ Despesas de R\$ 800,00 por mensais com tratamento de água;

⁽⁴⁾ Valor cobrado por residência.

ANEXO II - DADOS PRESENTES NOS PLANOS PLURIANUAIS VIGENTES

Município	Beneficia o sistema de abastecimento de água?	Dado apresentado
Arambaré	Não	
Arvorezinha	Sim	#Programa N°127 (Fomento da atividade agrícola), atividade n°211 – ampliação da rede de água no interior. VALORES: 2018: R\$ 50.000,00 / 2019: R\$ 50.000,00 / 2020: R\$ 50.000,00 / 2021: R\$ 50.000,00. #Programa N°211 (infraestrutura), atividade n°190 – Sistema de abastecimento e drenagem pluvial. VALORES: 2018: R\$ 100.000,00 / 2019: R\$ 100.000,00 / 2020: R\$ 100.000,00 / 2021: R\$ 100.000,00.
Áurea	Sim	#Manutenção de rede de abastecimento de água, e Garantia do recolhimento do Lixo VALORES: 2018-2021: R\$ 1.418.000,00.
Chuí	Não	
Dois Lajeados	Sim, porém sem apresentar valores	#Programa 0060 – Abastecimento de água: Manter, reparar e desenvolver o sistema de rede de água, extensão nas diversas ruas da cidade e nas localidades do interior, instalação de bombas, canos e caixas de água, melhorando qualidade de vida da população, perfuração de poços artesianos exames e tratamento para água potável, com proteção das fontes, aquisição de filtros para purificar a água. Despesas com instalações de bombas, canos, energia elétrica etc... Controle da qualidade da água. Assinaturas de convênios e contratos. #Programa 0060- Abastecimento de água: Extensão de redes de água nas comunidades, visando o abastecimento de água potável aos moradores e suas propriedades.
Dom Pedro de Alcântara	Sim	#Construção/ Ampliação de Rede de Distribuição de Água VALORES: R\$ 434.278,00 (2018 a 2021)
Dona Francisca	Sim	#0060 - Abastecimento de Água R\$ 3.285.000,00 (1 - Ampliação e Conservação de Redes de Abastecimento de Água: 0001 – VALORES: R\$ 470.000,00; 2700 - Convênio Funasa R\$ 2.465.000,00; 3510 - Convênio Corsan - Abastecimento de Água R\$ 350.000,00
Espumoso	Investe em saneamento como um todo	#O Plano Plurianual vigente para o período 2018/2021 contempla em seu Anexo I - Programação das Despesas, a Ação 2099 - Manutenção do Saneamento Básico, vinculada a Função - 17 Saneamento e a Subfunção - 512 Saneamento Básico Urbano. Os valores fixados para as despesas anuais foram de R\$ 87.000,00 para 2018, R\$ 90.915,00 para 2019, R\$ 95.006,00 para 2020 e R\$ 99.281,00 para 2021
Garruchos	-	
Herval	Não	
Horizontalina	-	
Hulha Negra	Sim	#“Programa de Recuperação e Preservação de Fontes de Água e Nascentes de Rios”. O custo total estimado para o programa é de R\$ 20.000,00. #“Programa de Ajudagem”. O custo total estimado para o programa é de R\$ 80.000,00. #“Implantação ou Melhorias de Abastecimento de Água”. O custo total estimado para o programa é de R\$ 200.000,00.

Município	Beneficia o sistema de abastecimento de água?	Dado apresentado
Ipê	Sim	#136 2.093 Proteção de fontes de água superficial R\$ 15.400,00; #135 2.092 Captação e distribuição de água no meio rural R\$ 10.400,00; ATÉ 2021
Iraí	-	-
Lajeado do Bugre	Investe em saneamento como um todo	Sanemaneto Básico:R\$ 500.000,00 (2018); R\$ 525.000,00 (2019); R\$ 551.250,00 (2020); R\$ 578.812,50 (2021)
Marau	Investe em saneamento como um todo	O Plano Plurianual compreende os anos de 2018 a 2021, Consta um programa na Secretaria de Cidade Segurança e Transito nominado de "Saneamento Básico Urbano" que tem por objetivo oferecer rede de saneamento básico aos municípios em parceria com empresas públicas pensando na saúde e bem estar de todos. O valor previsto é R\$ 499.578,00.
Minas do Leão	Não	-
Novo Xingú	Sim	Atenção Básica a Saúde: AÇÃO: 2.013 – Programa de manutenção do Abastecimento de água R\$ 336.805,99 (2018 a 2021)
Palmeira das Missões	Não	-
Pantano Grande	Sim	FUNÇÃO: 17 – Saneamento Básico SUBFUNÇÃO: 512 – Manutenção dos Sistemas de Água e Esgoto VALORES: 2018: R\$ 240.570,00 2019: R\$ 274.120,00 2020: R\$ 304.070,00 2021: R\$ 370.650,00.
Pedras Altas	Sim, porem sem apresentar valores	No que se refere ao saneamento básico, o PPA vigente apenas contempla a seguinte ação em saneamento básico: Construção de redes de água nas localidades do Nascente, Bolsa, Solidão, São Diogo e Arroio Mau.
Porto Vera Cruz	Sim	#AÇÃO: 049 – Manutenção de abastecimento de água zona urbana FUNÇÃO: 17 – Saneamento SUBFUNÇÃO: 512 – Saneamento Básico Urbano UNIDADE MEDIDA: percentual, VALORES: 2018: R\$ 5.000,00 2019: R\$ 5.350,00 2020: R\$ 5.729,84 2021: R\$ 6.136,66. #AÇÃO: 048 – Manutenção do abastecimento de água zona rural FUNÇÃO: 17 – Saneamento SUBFUNÇÃO: 511 – Saneamento Básico rural UNIDADE MEDIDA: percentual VALORES: 2018: R\$ 55.000,00 2019: R\$ 58.580,00 2020: R\$ 63.028,35 2021: R\$ 67.503,36. #AÇÃO: 050 – Pagamento de energia elétrica de bombas submersas FUNÇÃO: 17 – Saneamento SUBFUNÇÃO: 752 – energia elétrica UNIDADE MEDIDA: unidade VALORES: 2018: R\$ 215.000,00 2019: R\$ 230.050,00 R\$ 2020: R\$ 246.383,55 2021: R\$ 263.876,78.
Roca Sales	Sim	#Ação 05.01- Manutenção dos serviços de saneamento: R\$ 20.000 (2018); R\$ 20.800 (2019); R\$ 21.632 (2020); R\$ 22.497 (2021); # Ação 05.01 - Obras e instalações de redes de água e esgoto: R\$ 50.000 (2018); R\$ 22.000 (2019); R\$ 54.080 (2020); R\$ 56.243 (2021).
Salvador das Missões	Sim	#Manutenção do sistema de abastecimento de água: R\$2.345.292; #Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água: R\$58.000; #Construção de poços: R\$99.000
Santa Margarida do Sul	Sim	#1.040-0001 – Ampliação da Rede de Água R\$ 20.500,00 #2.089-0001 – Manutenção e Conservação de Rede de Água R\$ 312.000,00

Município	Beneficia o sistema de abastecimento de água?	Dado apresentado
São José das Missões	Sim	#Ação: Manutenção do Sistema de Abastecimento de Água – Projeto: Manutenção da Rede de Abastecimento de Água; R\$ 1.500.000,00 #Ação: ampliação da Rede de Abastecimento de Água – Projeto: Construção de novas redes de Abastecimento de água, R\$ 180.000,00. (2018 a 2021)
São Pedro das Missões	Não	-
Vista Alegre	Não	-

APÊNDICES

APÊNDICE I - RELAÇÃO ENTRE AS PORCENTAGENS DE DEMANDAS DE ÁGUA E OS USOS

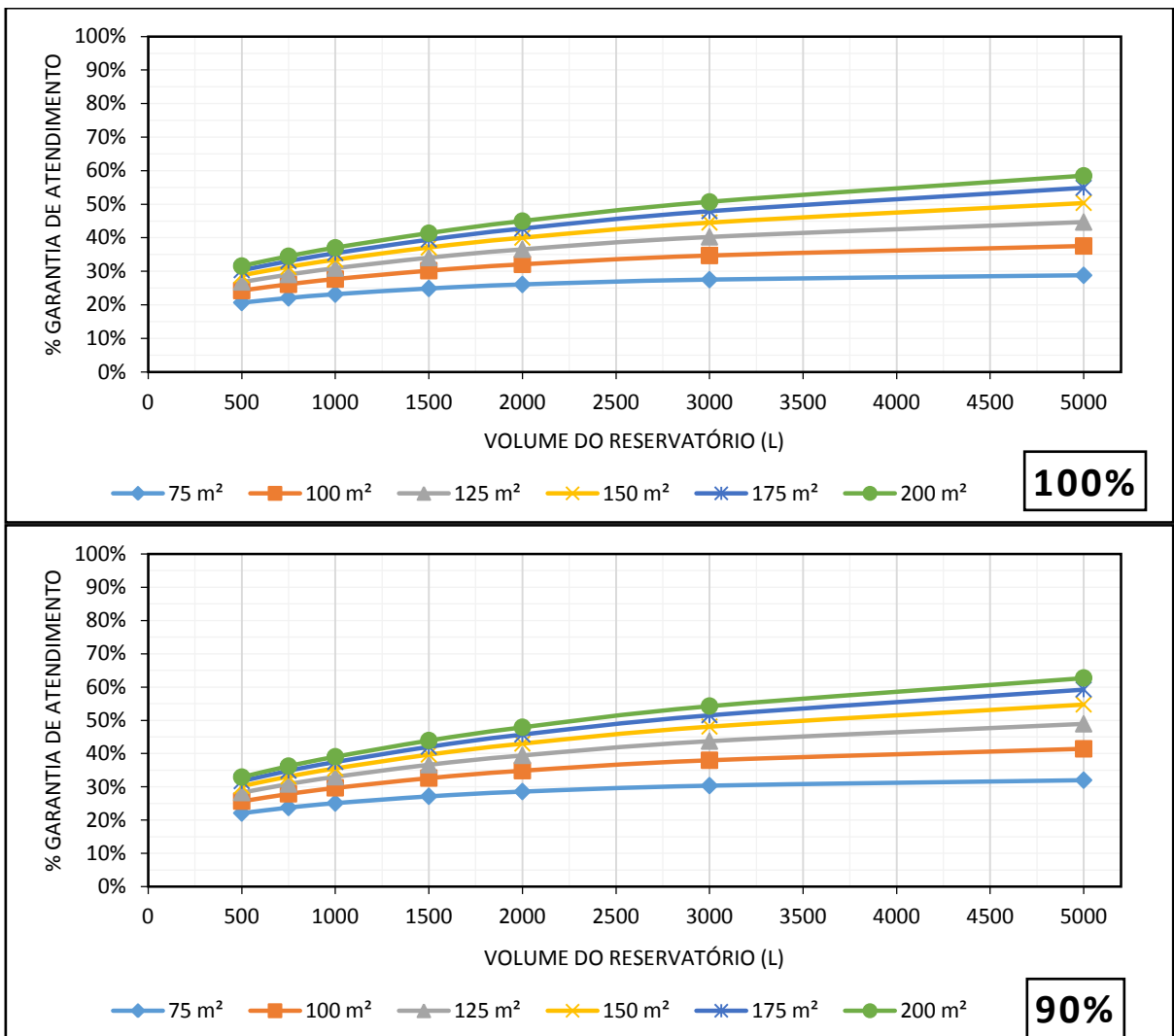
Municípios	10% da demanda	20% da demanda	30% da demanda	40% da demanda	50% da demanda	60% da demanda	70% da demanda	80% da demanda	90% da demanda
Arambaré – Urb	BS + IRRG ou UEANP	BS + IRRG + UEANP	BS + IRRG + UEANP + MLR	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN + PIA	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN + PIA + CHU	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN + PIA + CHU + OUTROS _{8%}	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN + PIA + CHU + OUTROS _{18%}	BS + IRRG + UEANP + MLR + LAV + TAN + PIA + CHU + OUTROS _{28%}
Arambaré - Rur									
Iraí - Urb	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU + OUTROS _{9%}	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU + OUTROS _{19%}
Horizontina - Urb	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU + OUTROS _{8%}	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU + OUTROS _{18%}
Iraí - Rur									
Hulha Negra									
Dois Lajeados - Urb	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA + CHU + OUTROS _{9%}
Horizontina - Rur	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA
Lajeado do Bugre - Rur									
Dom Pedro de Alcântara									
Lajeado do Bugre - Urb									
São José das Missões - Rur	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA
São José das Missões - Urb									
Espumoso									
Porto Vera Cruz	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV + PIA
Pantano Grande - Urb									

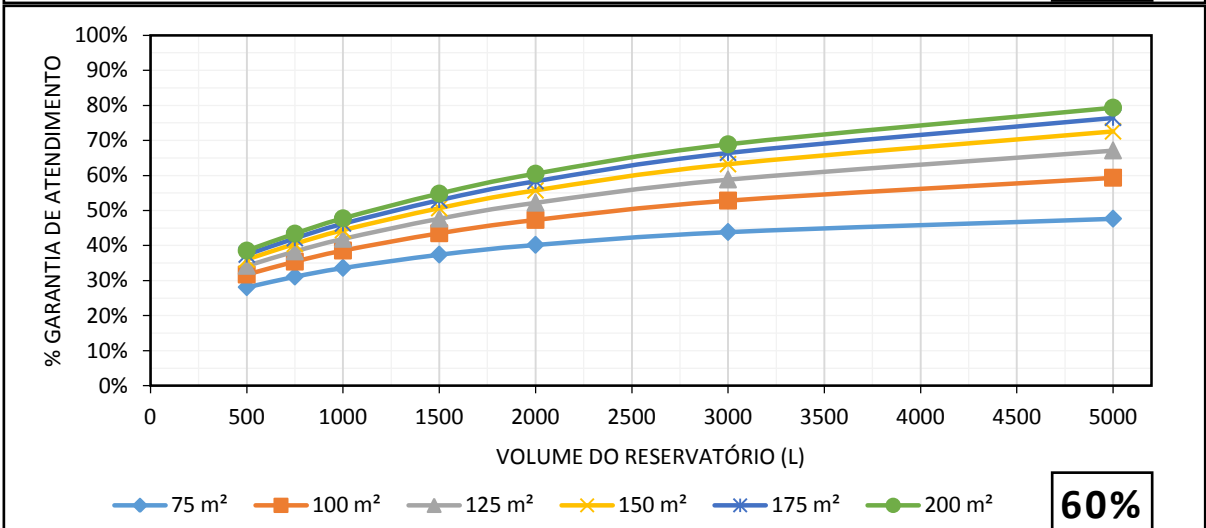
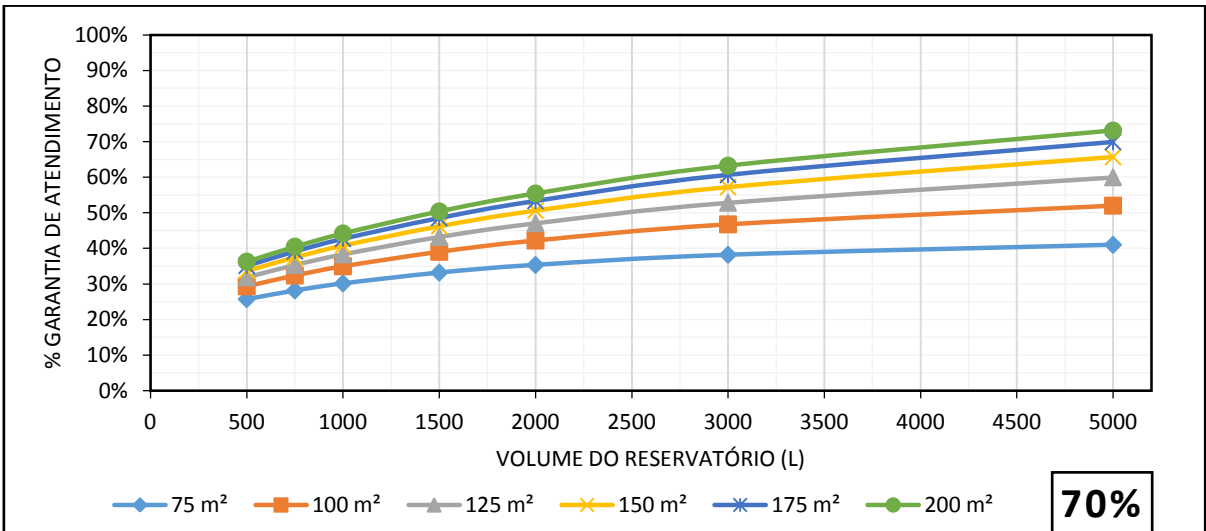
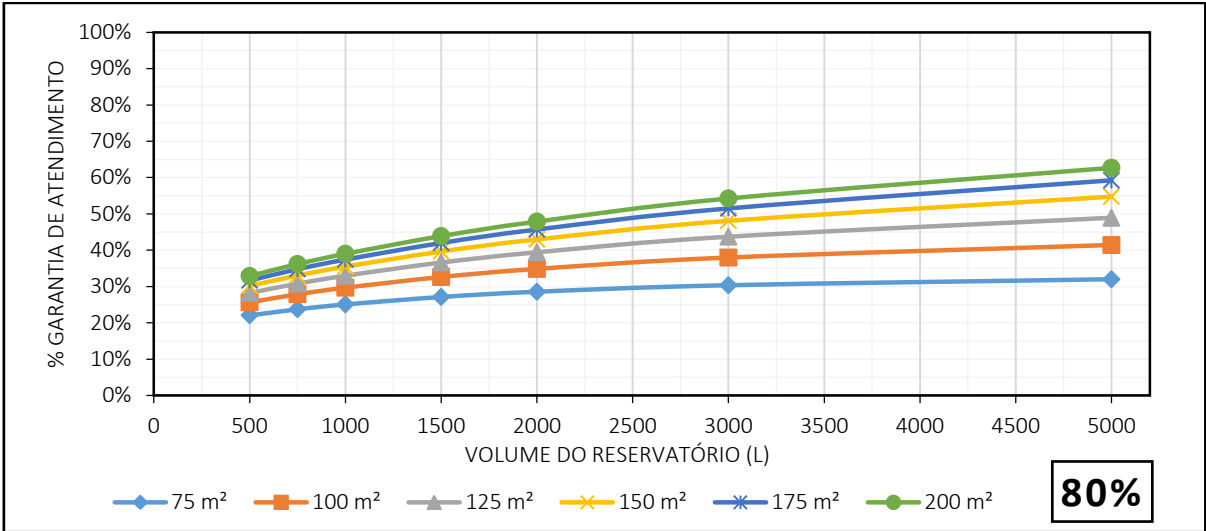
Municípios	10% da demanda	20% da demanda	30% da demanda	40% da demanda	50% da demanda	60% da demanda	70% da demanda	80% da demanda	90% da demanda
		UEANP + BS					LAV		
Herval	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	UEANP + BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + BS + MLR + TAN + LAV + PIA+CHU
Áurea - Rur	UEANP ou BS	UEANP + IRRIG ou UEANP + BS	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + BS + MLR + TAN + LAV + PIA+CHU
Áurea - Urb									
Dois Lajeados – Rur									
Arvorezinha	UEANP	UEANP + IRRIG	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR + TAN + LAV	BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + BS + MLR + TAN + LAV + PIA+CHU
Vista Alegre	UEANP	UEANP + IRRIG	UEANP + IRRIG + BS	UEANP + IRRIG + BS + TAN	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR	UEANP + IRRIG + BS + MLR	BS + MLR + TAN + LAV + PIA	UEANP + BS + MLR + TAN + LAV + PIA+CHU

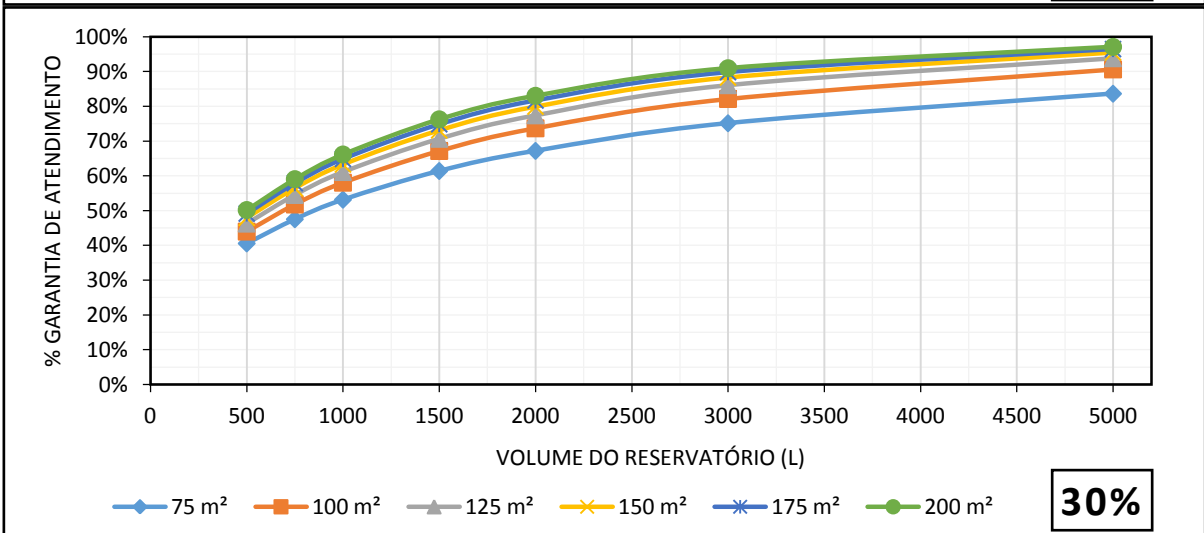
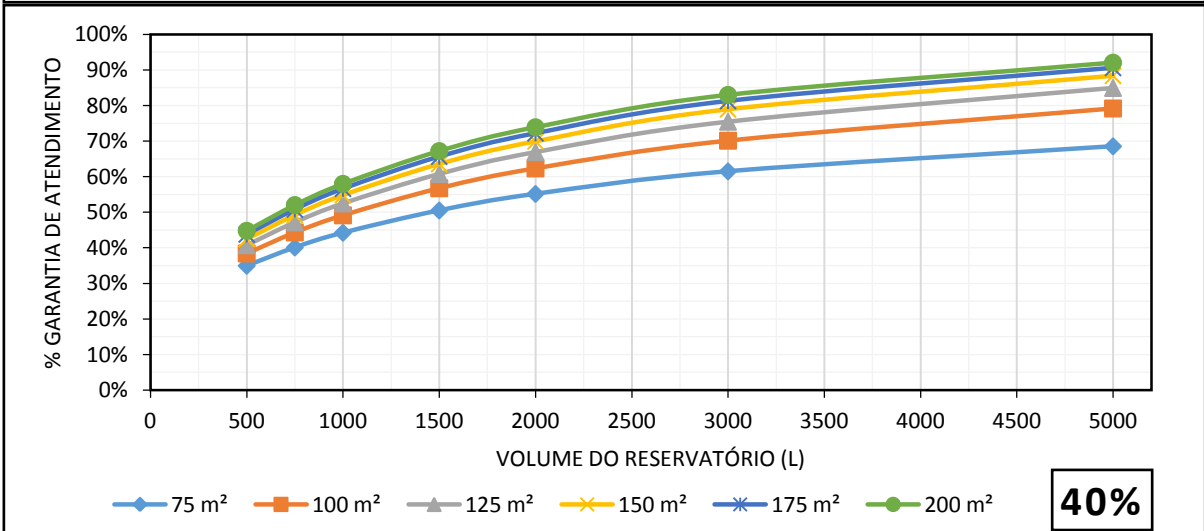
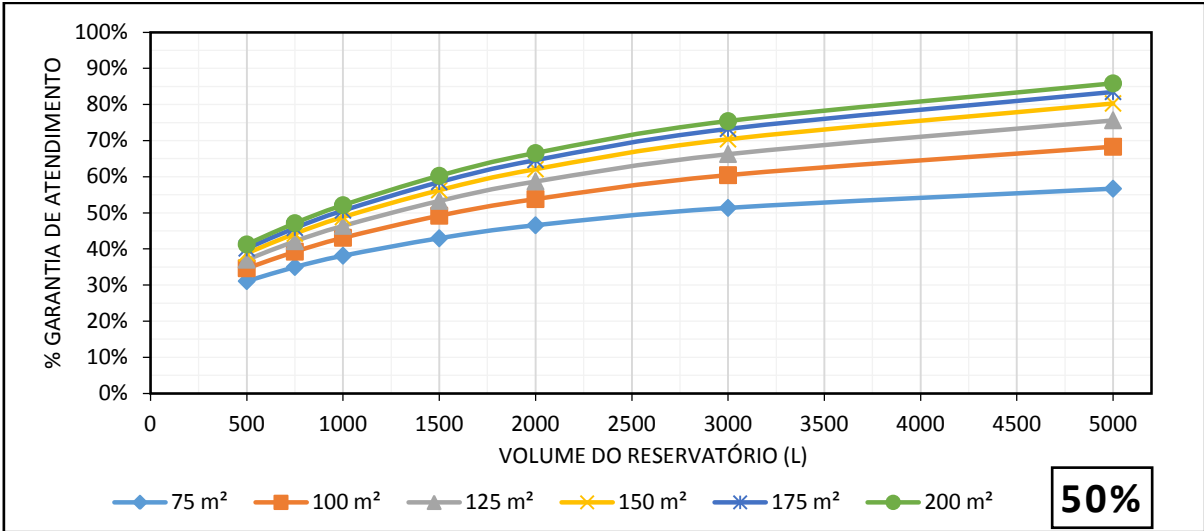
APÊNDICE II- GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE ARAMBARÉ

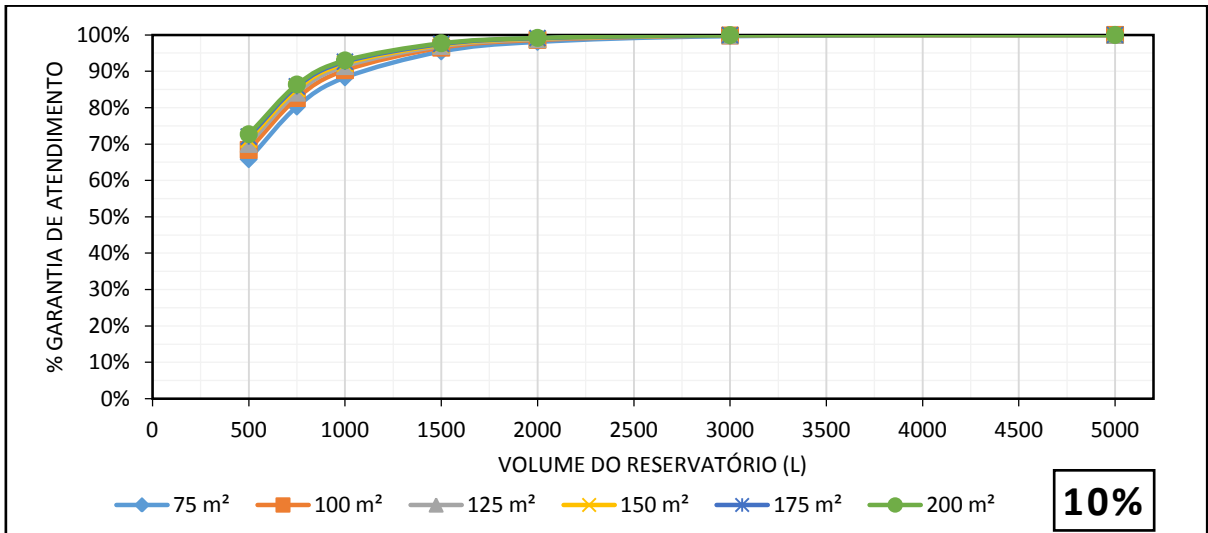
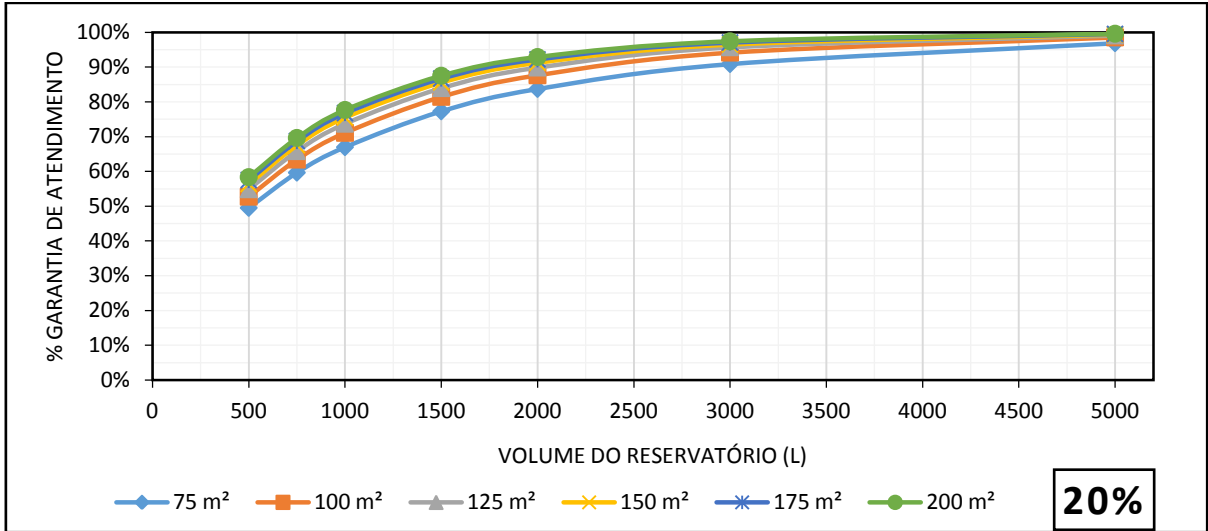
Este anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Arambaré. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

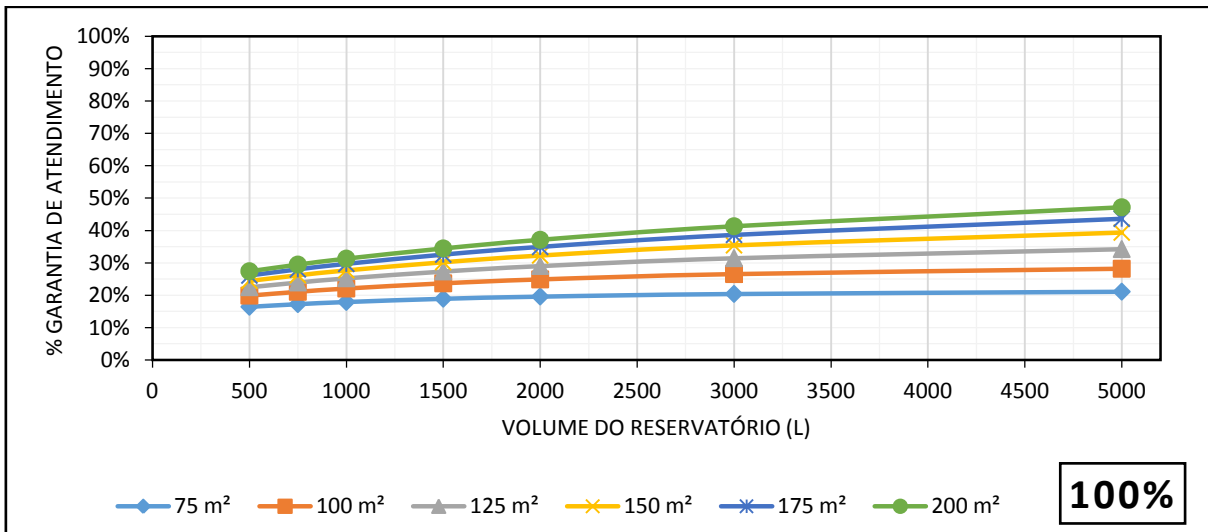


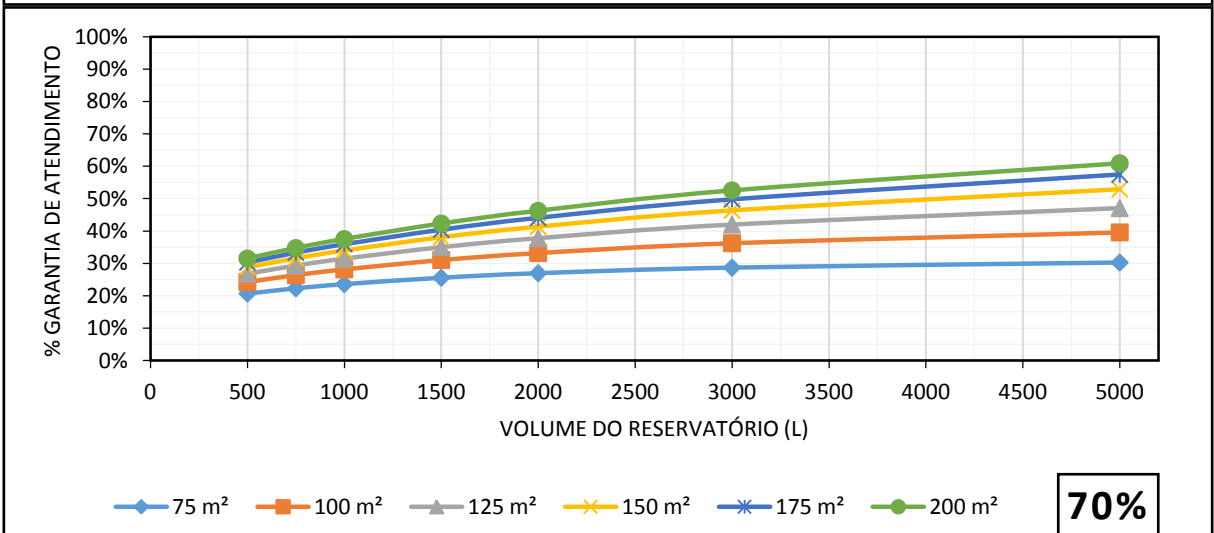
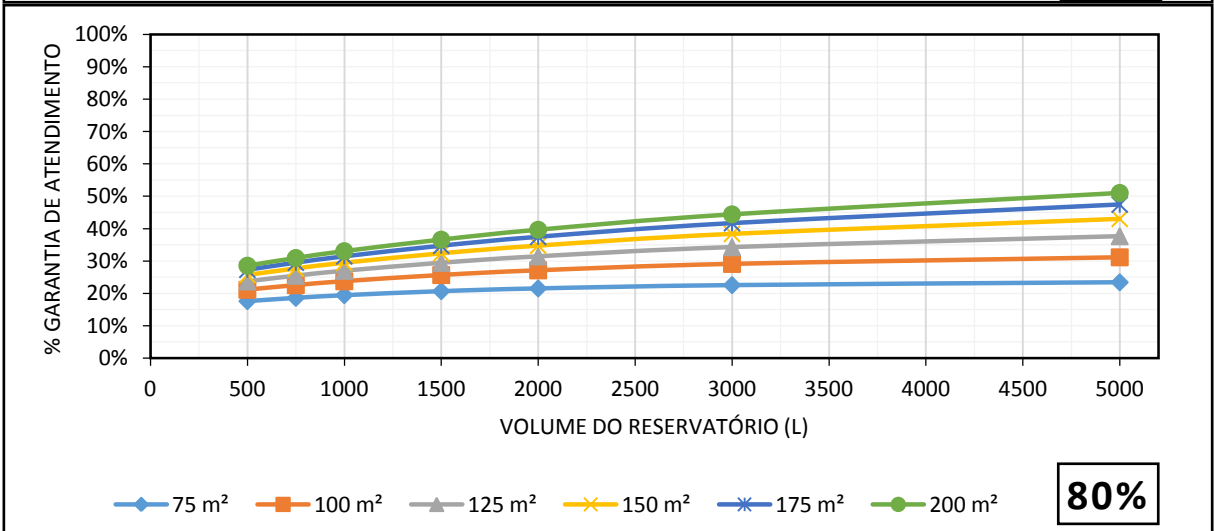
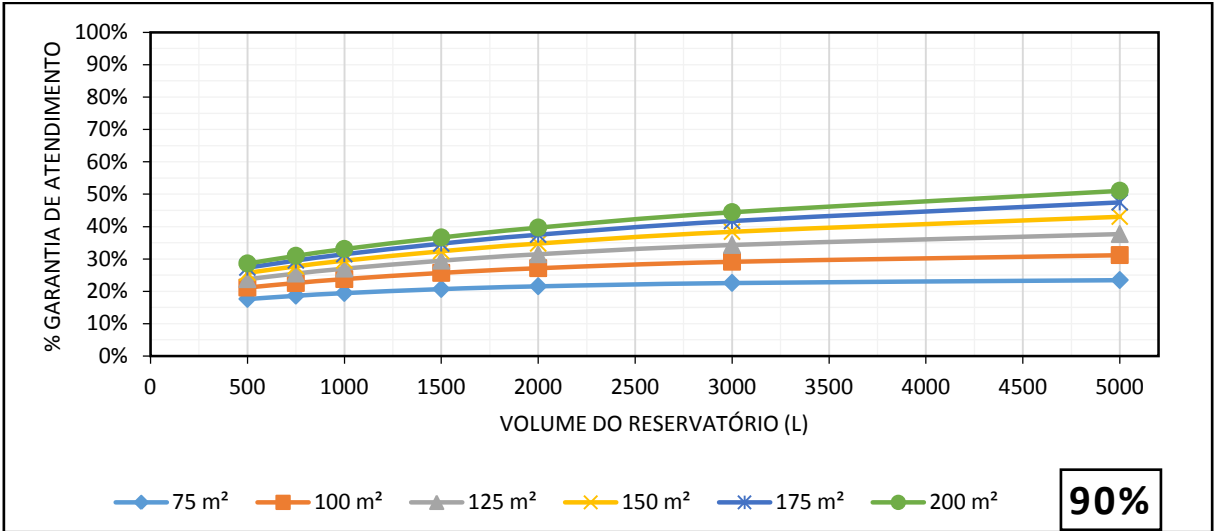


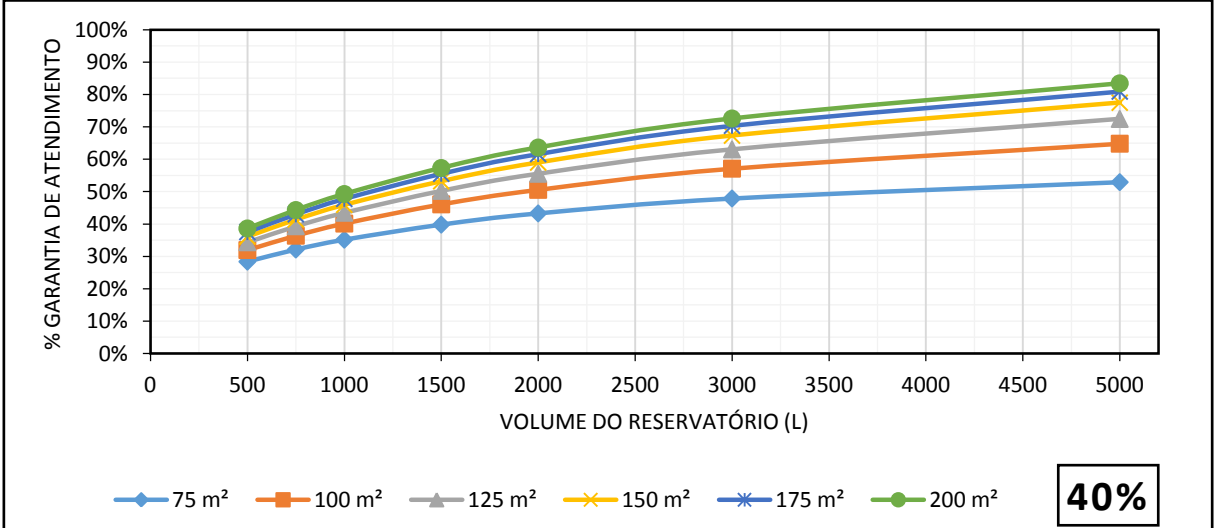
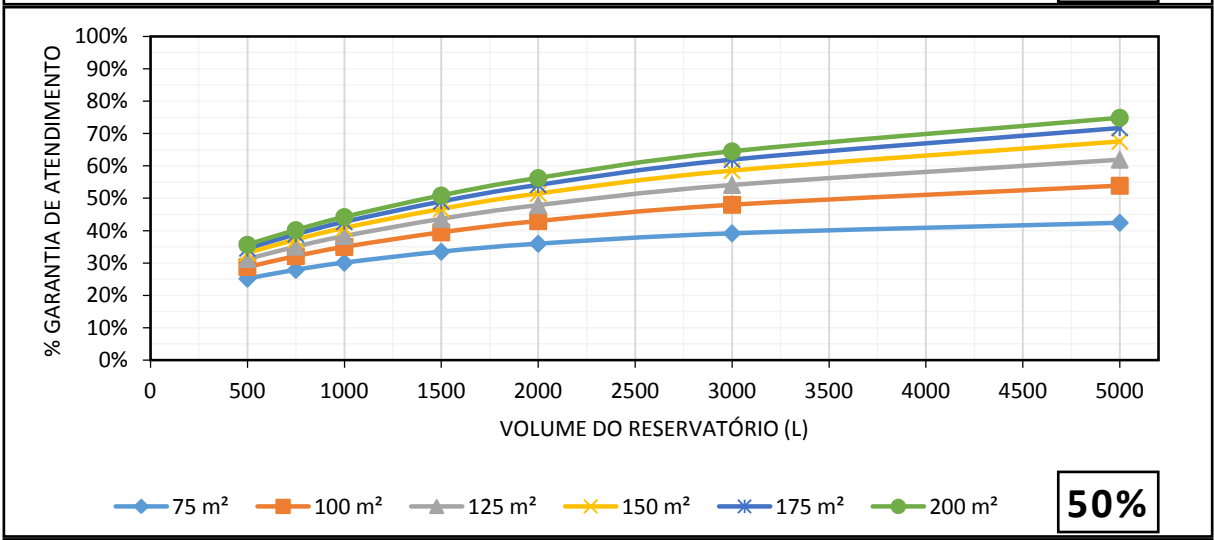
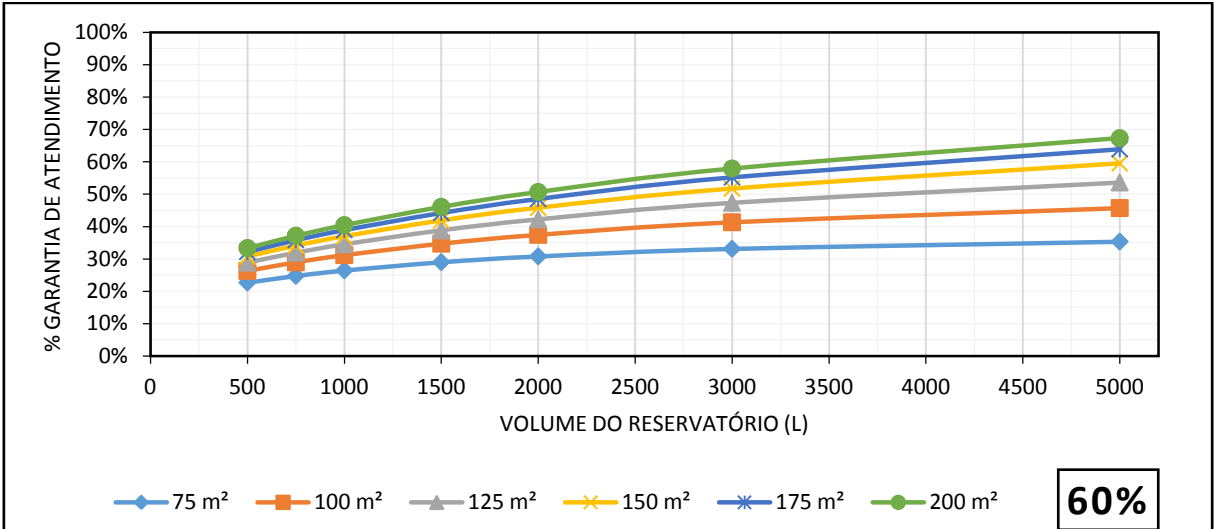


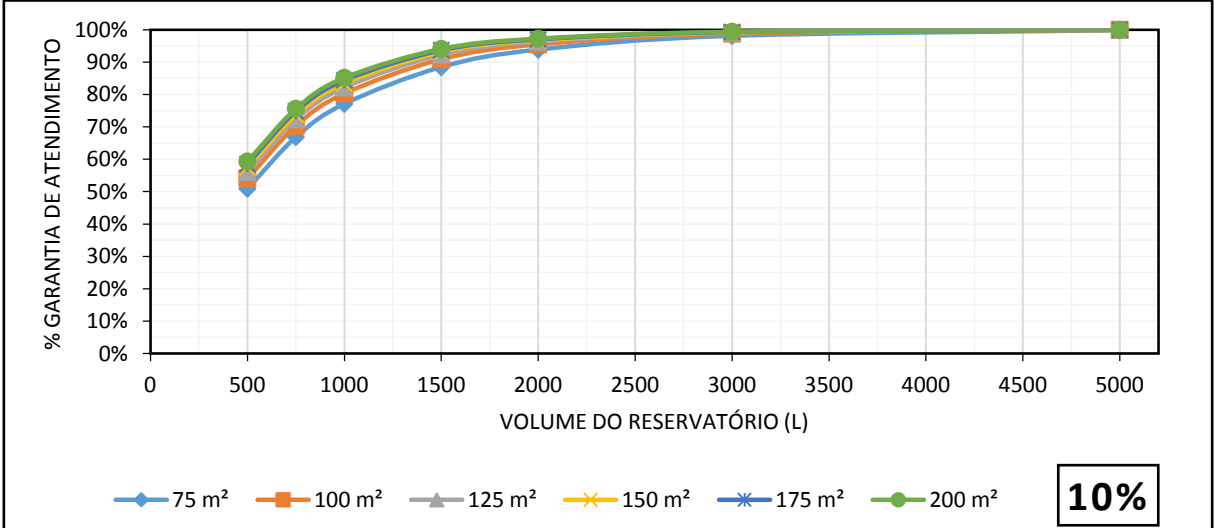
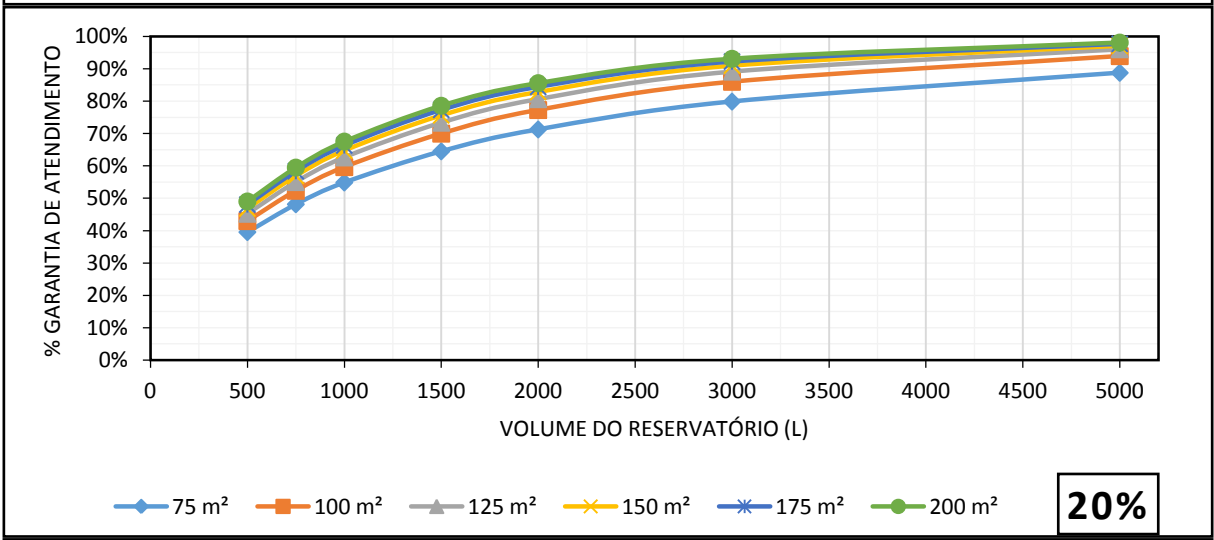
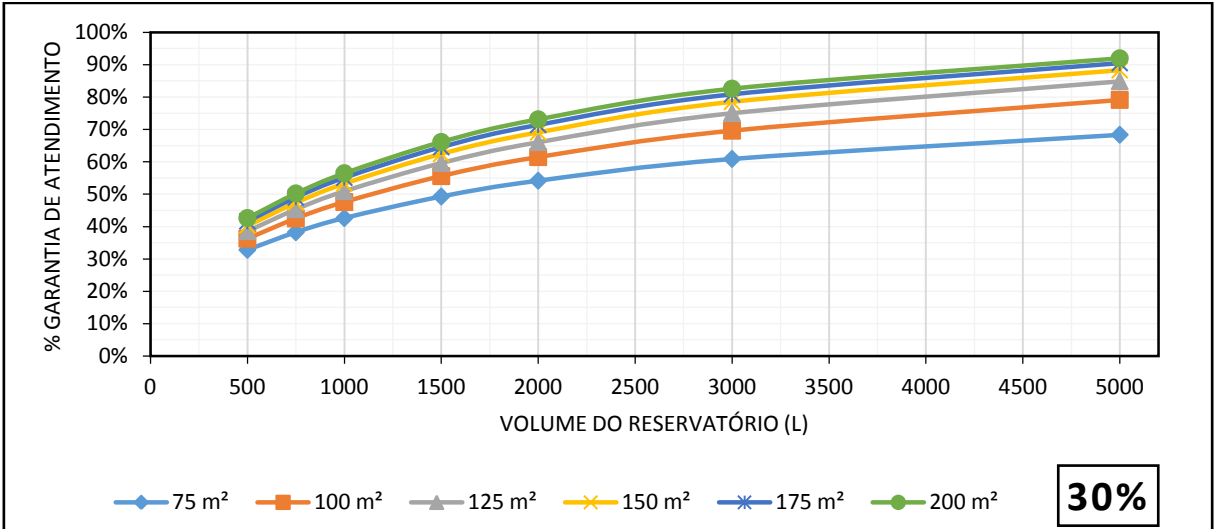


• Zona Rural





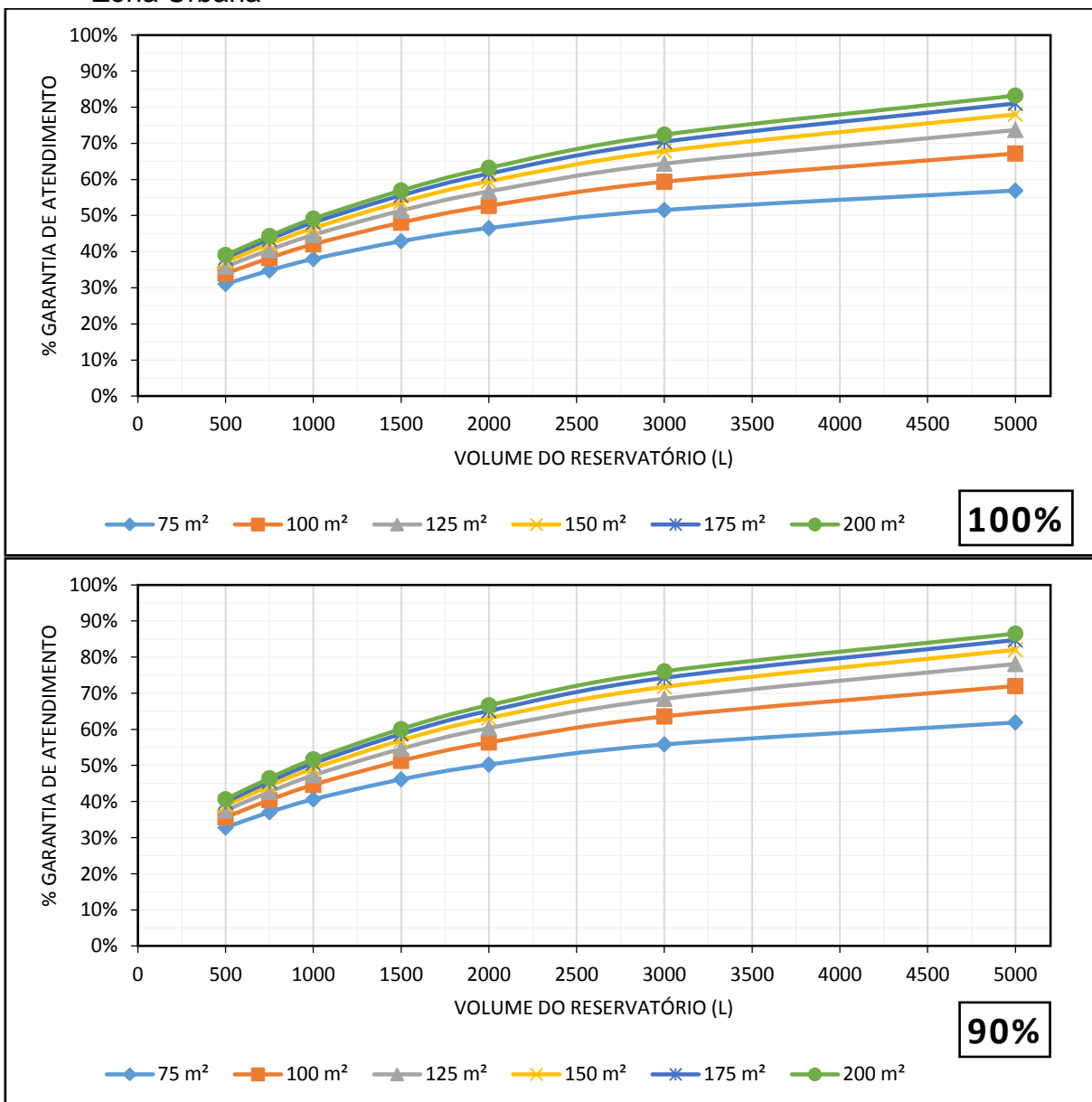


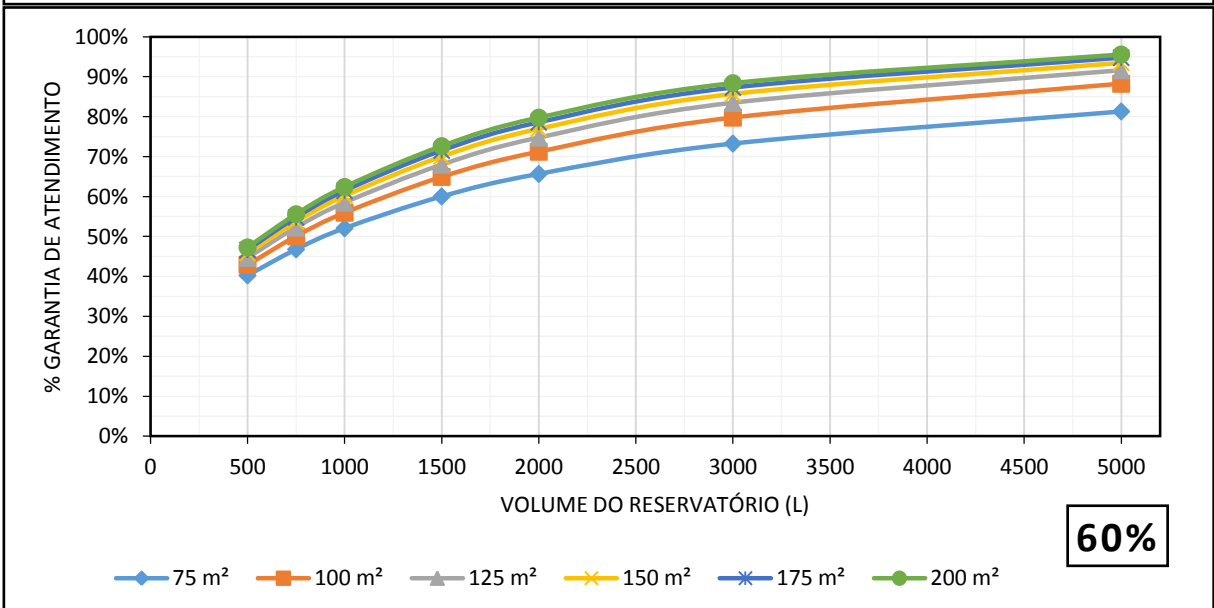
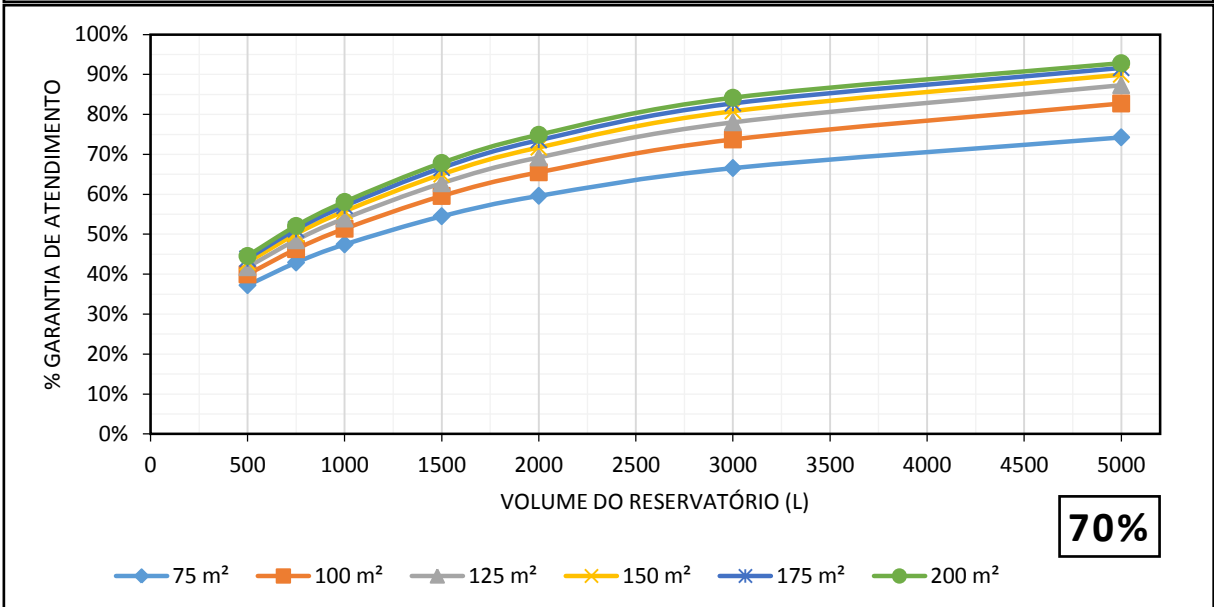
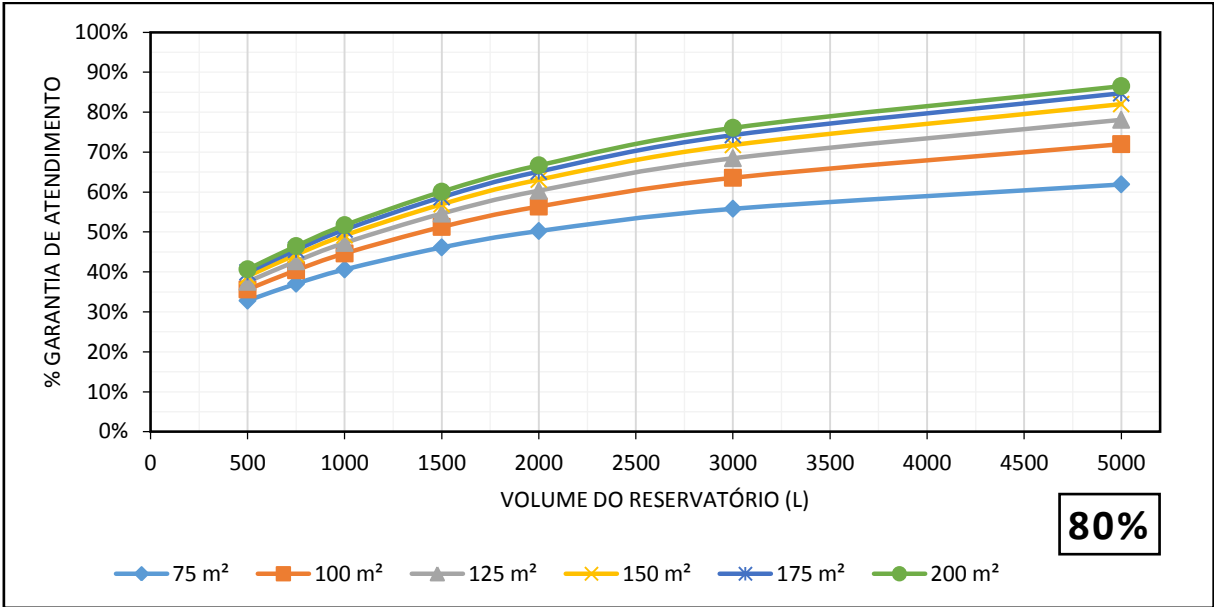


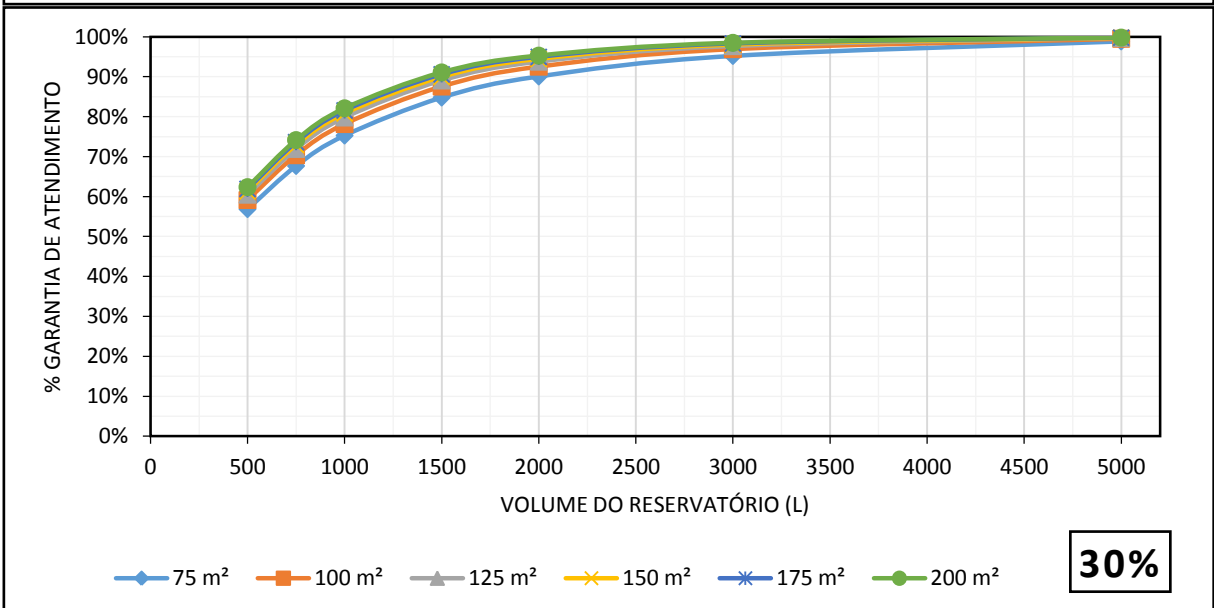
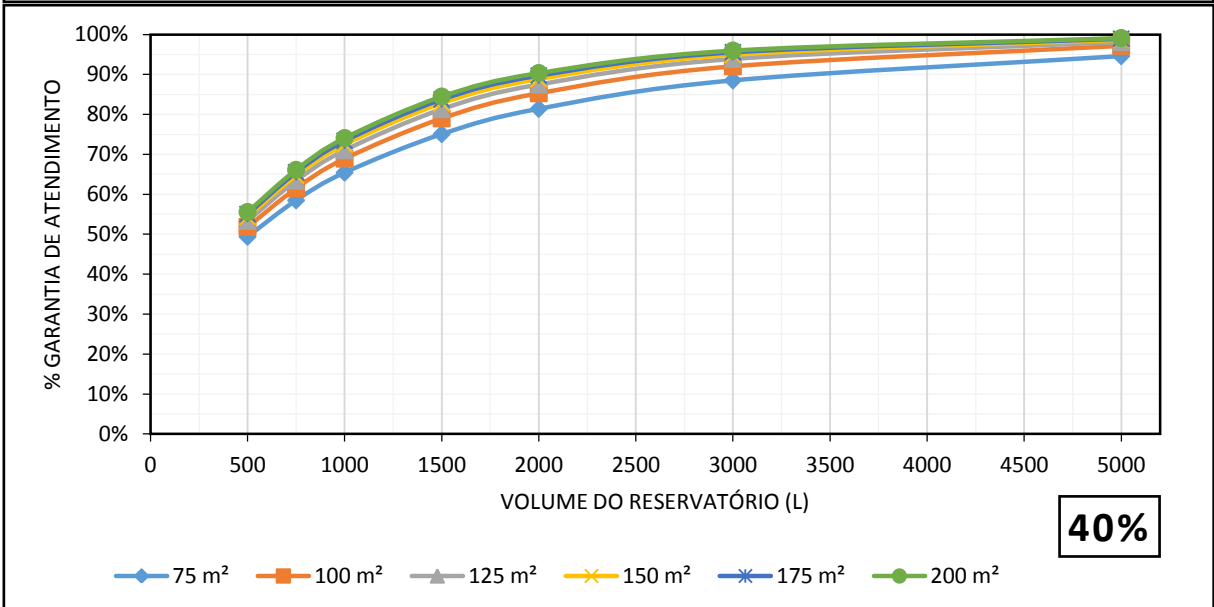
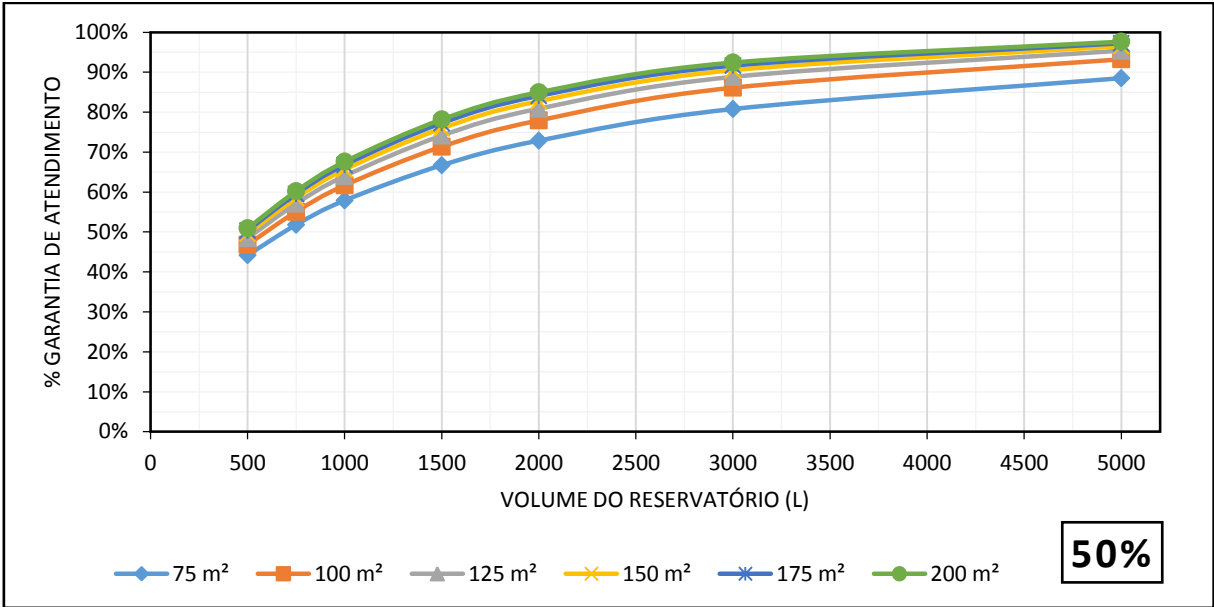
APÊNDICE III- GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE ARVOREZINHA

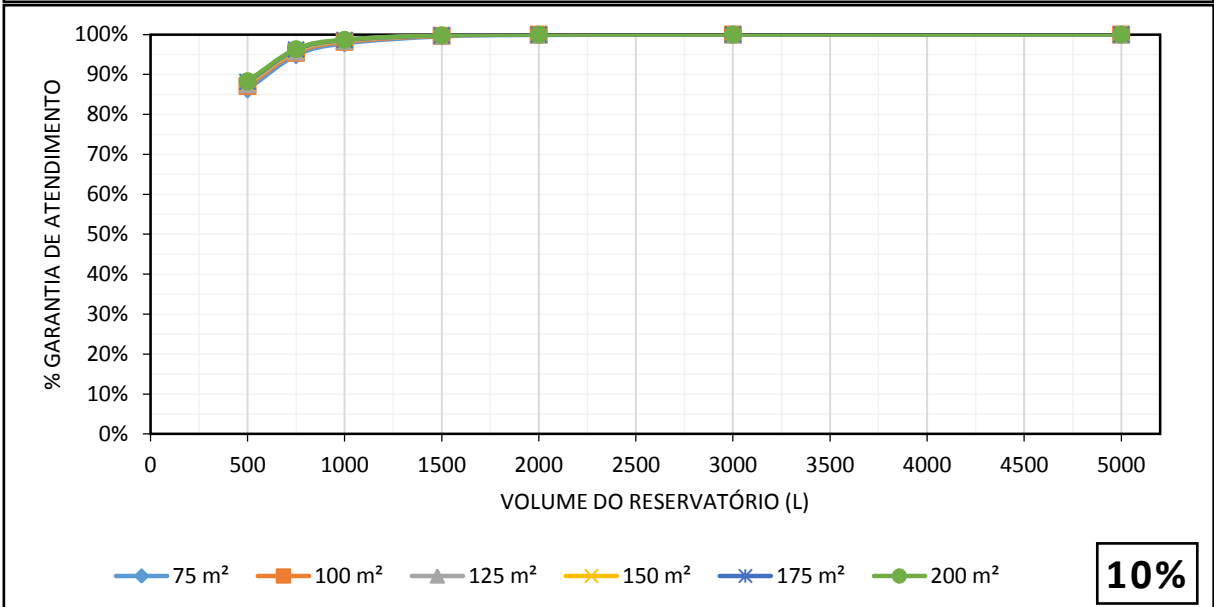
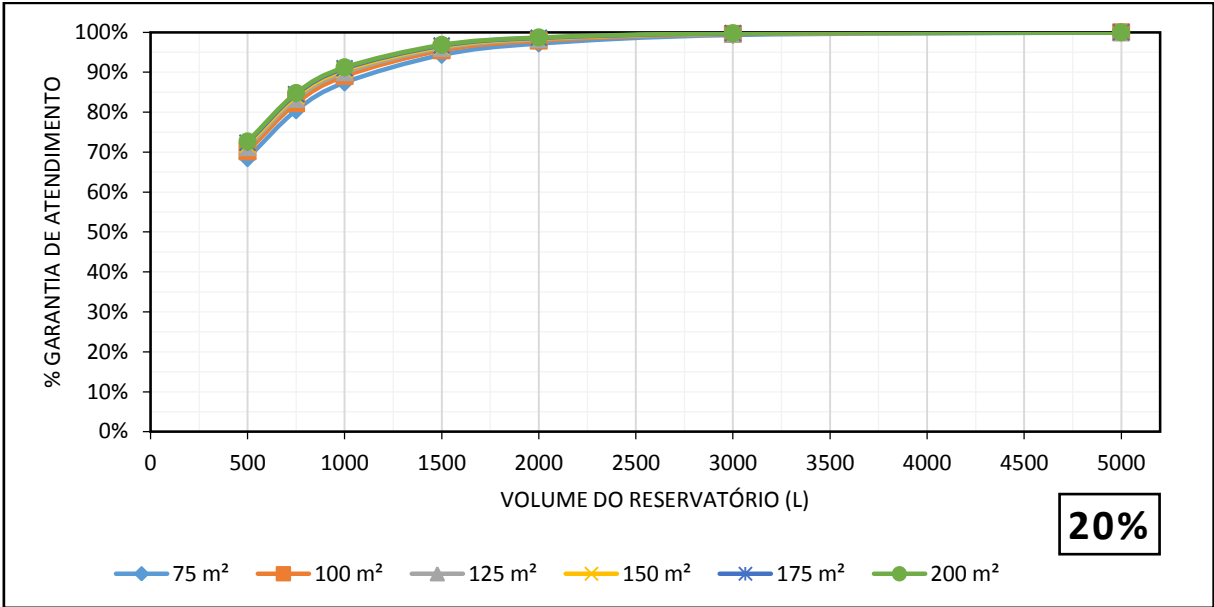
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Arvorezinha. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

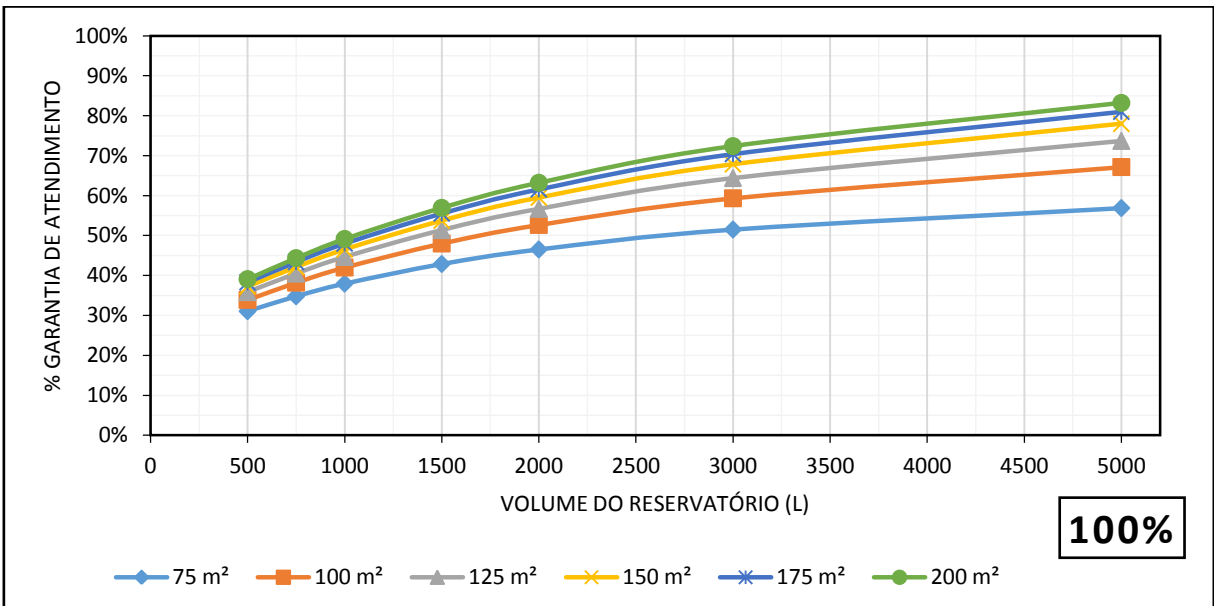


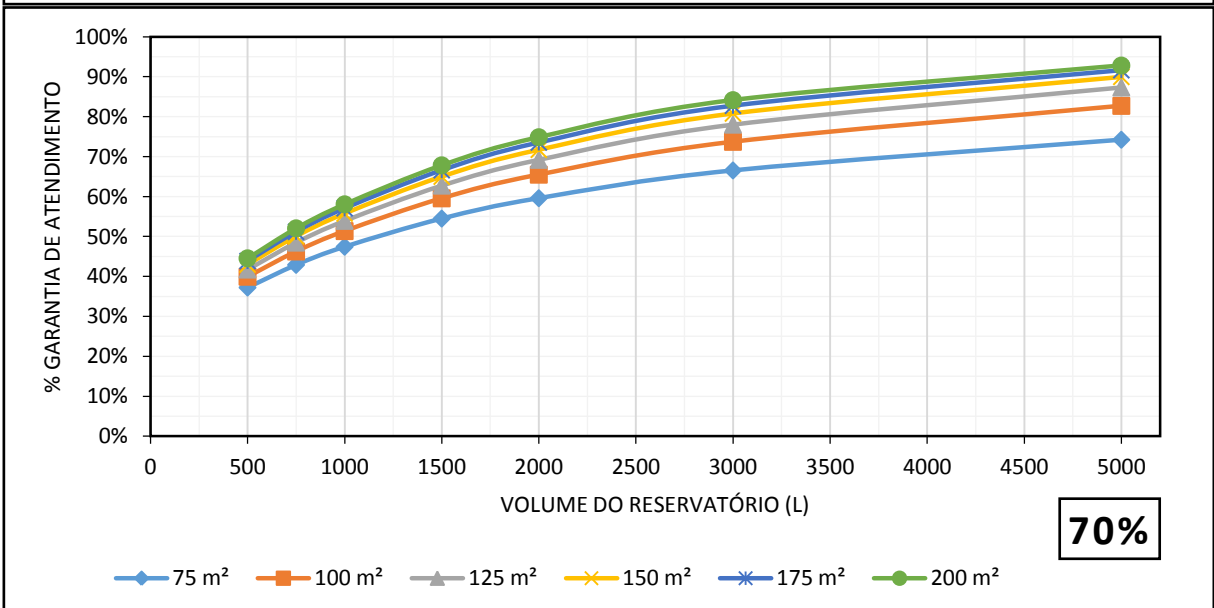
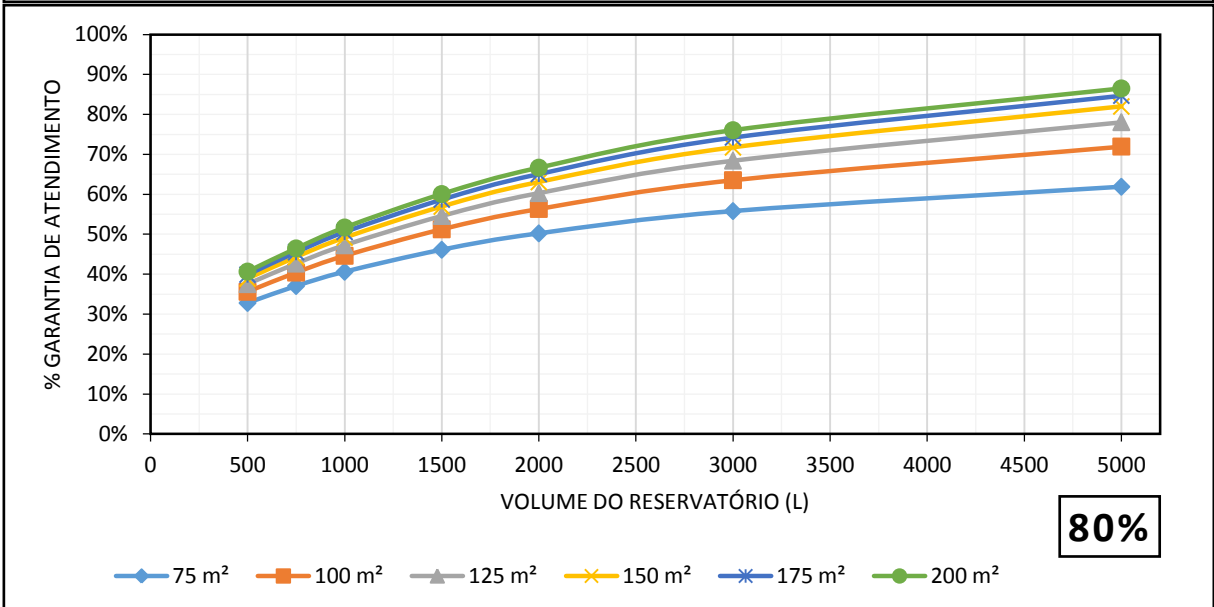
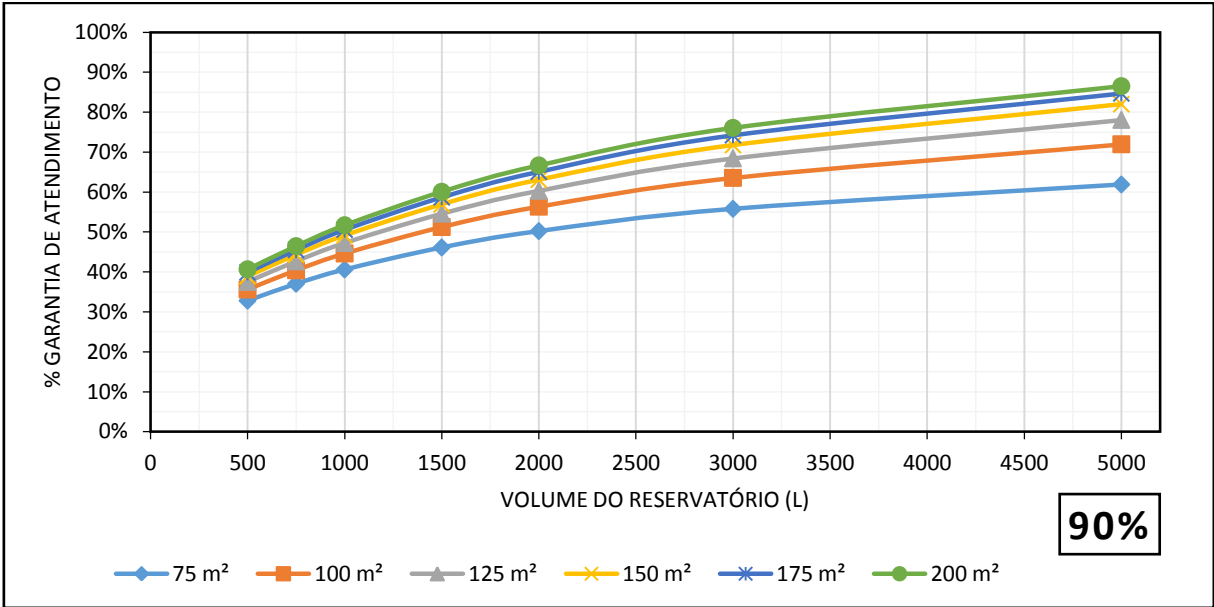


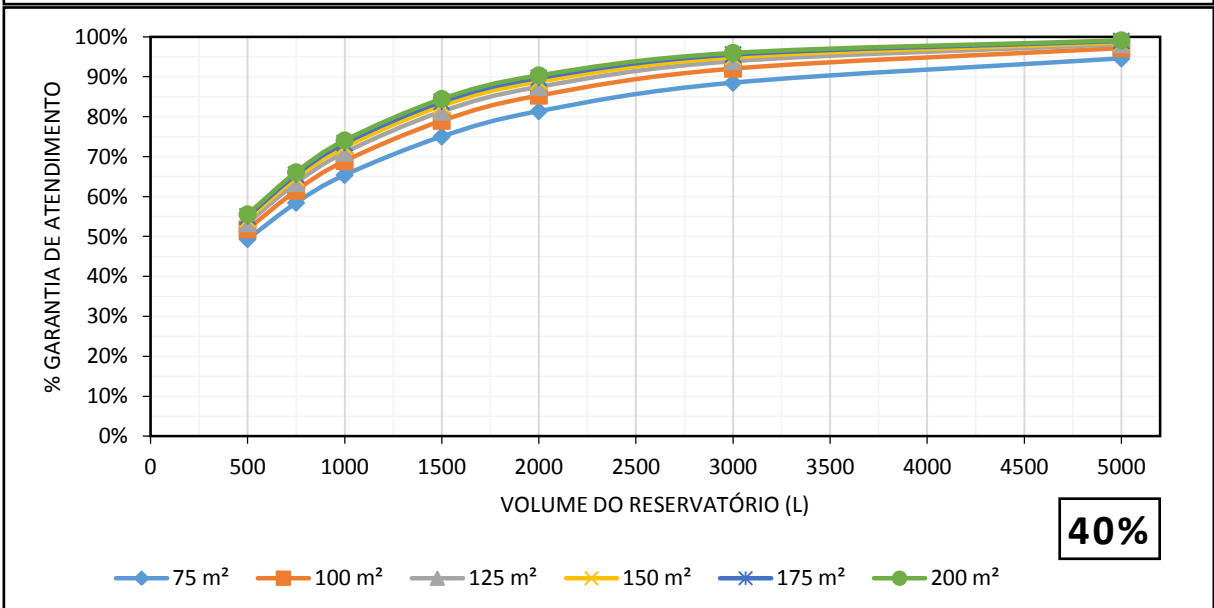
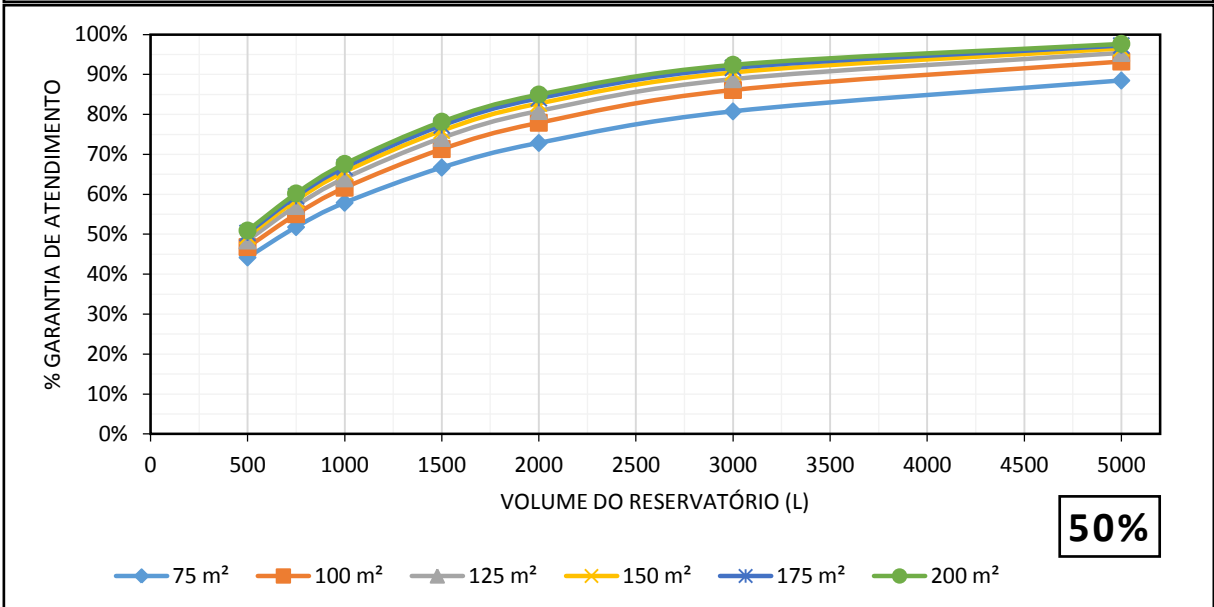
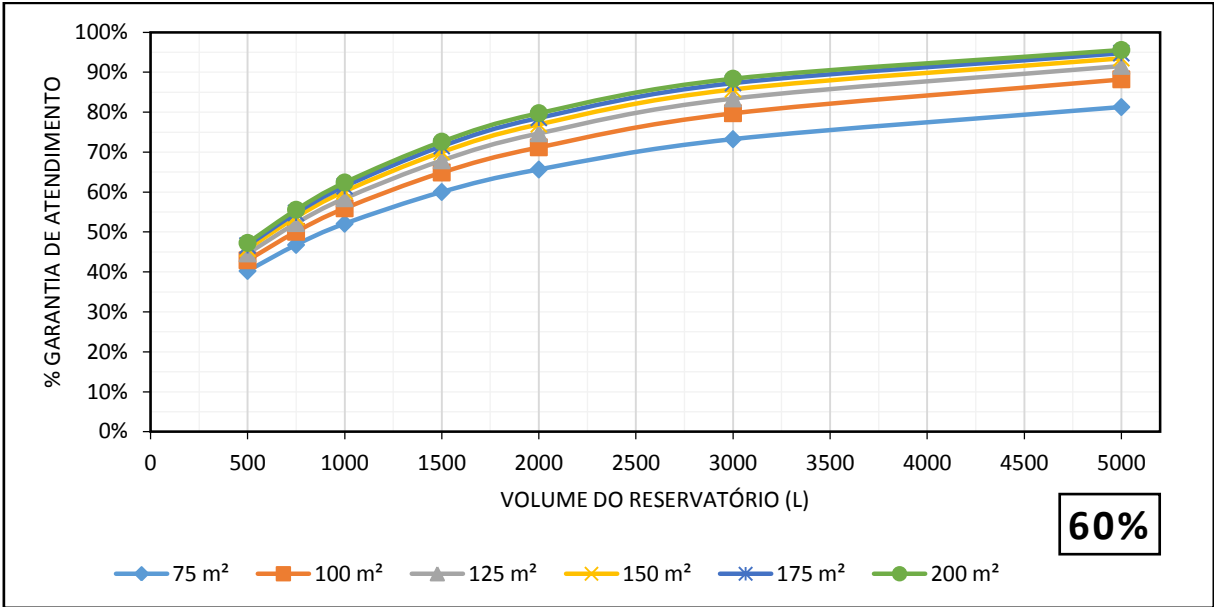




• Zona Rural



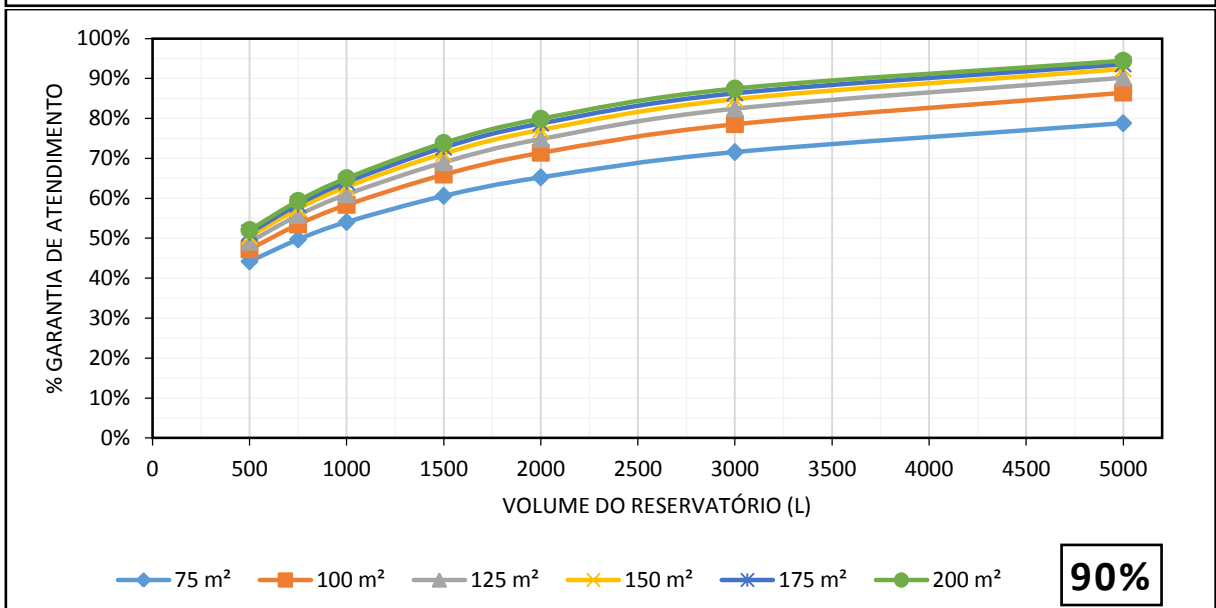
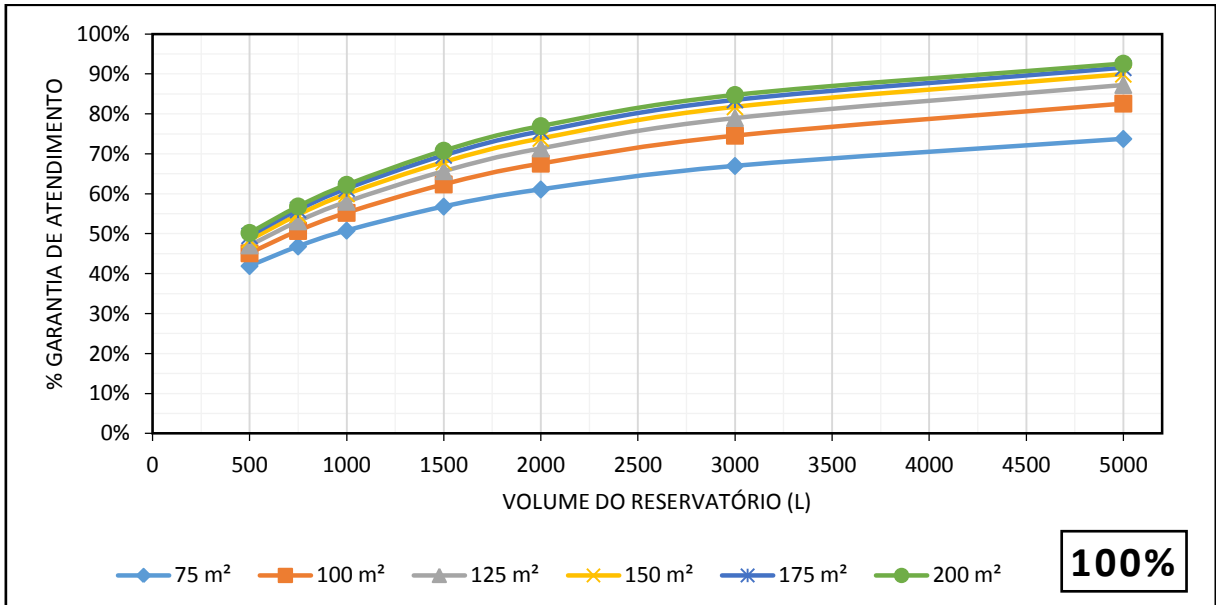


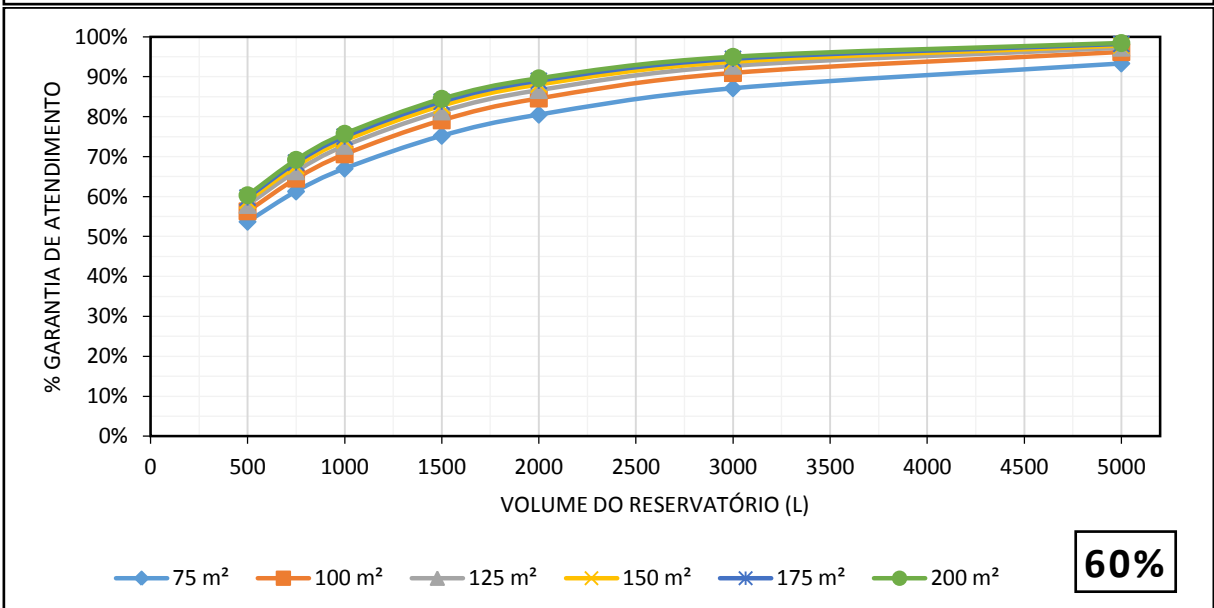
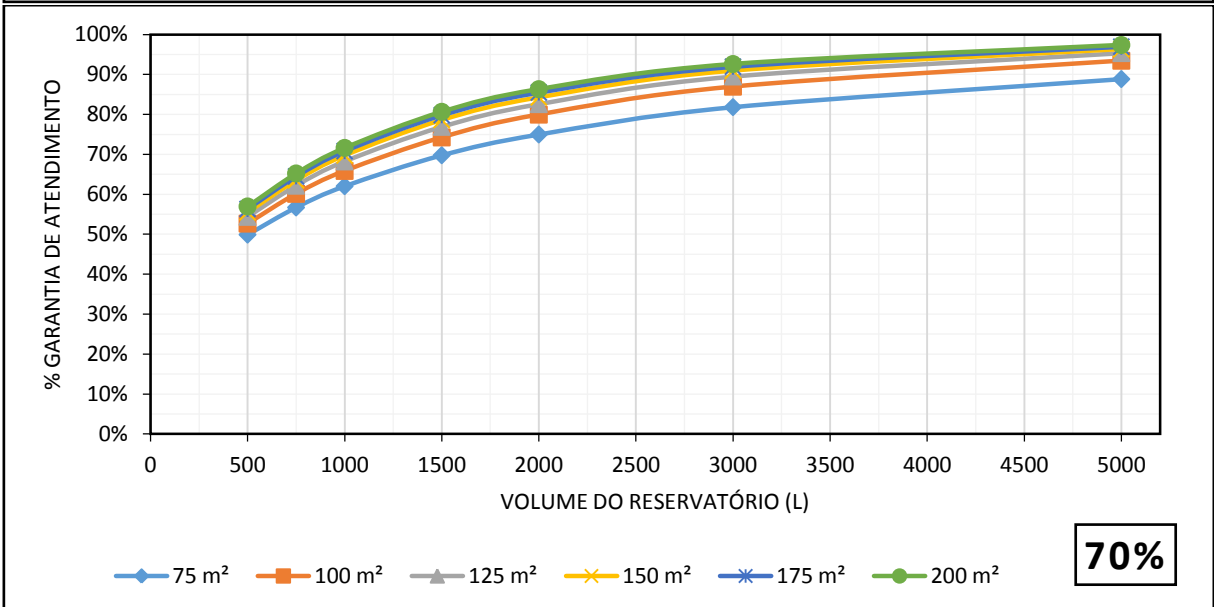
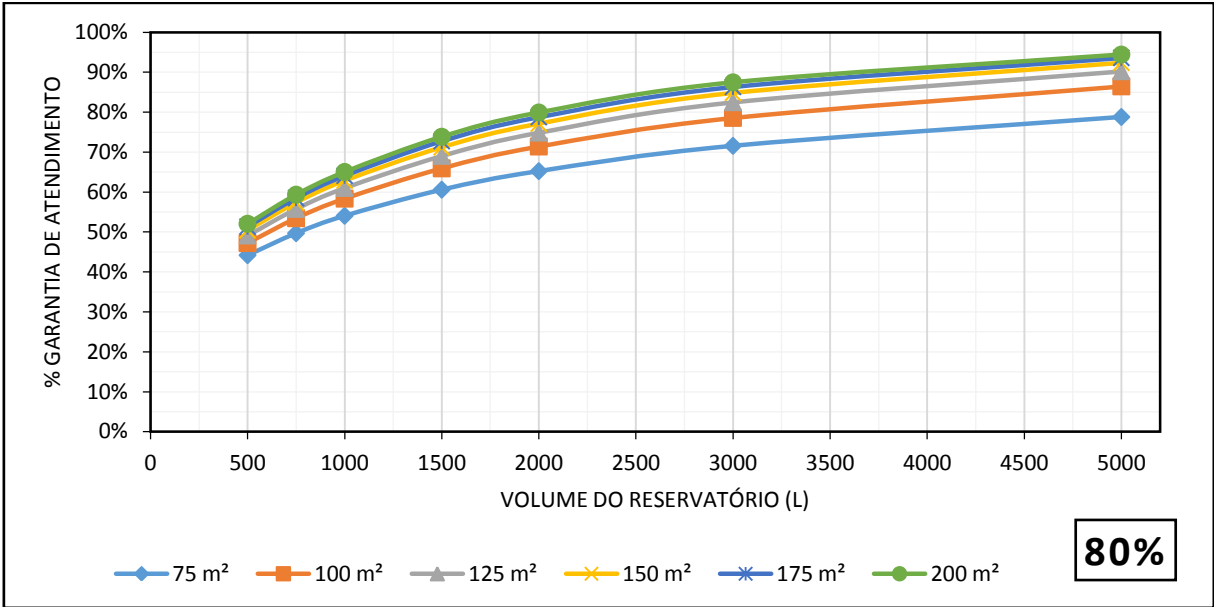


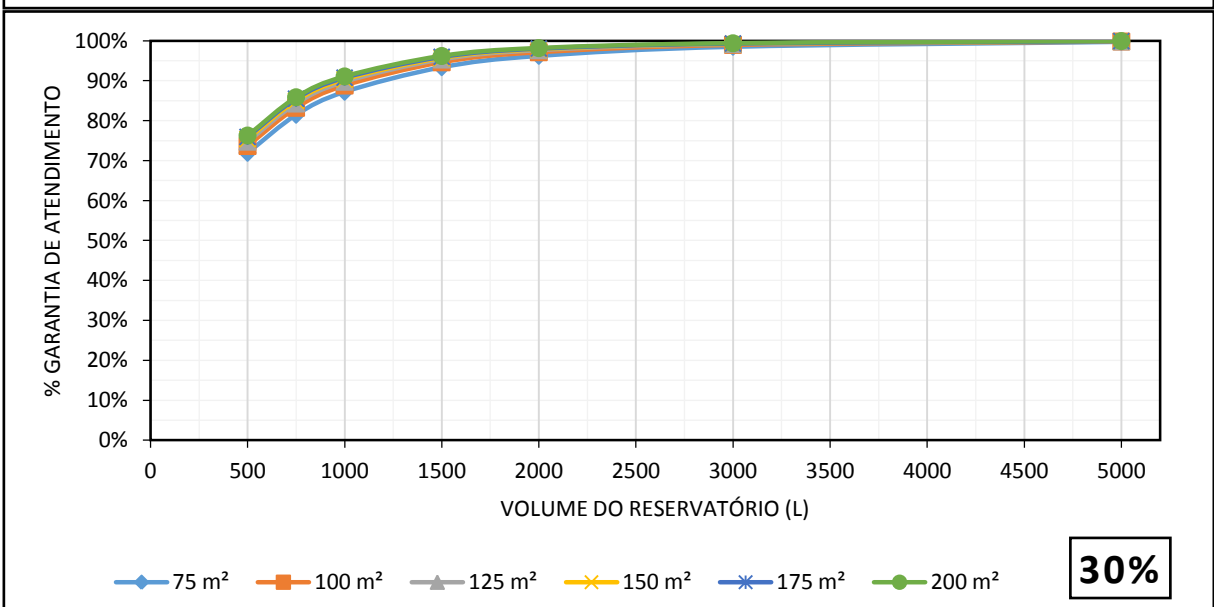
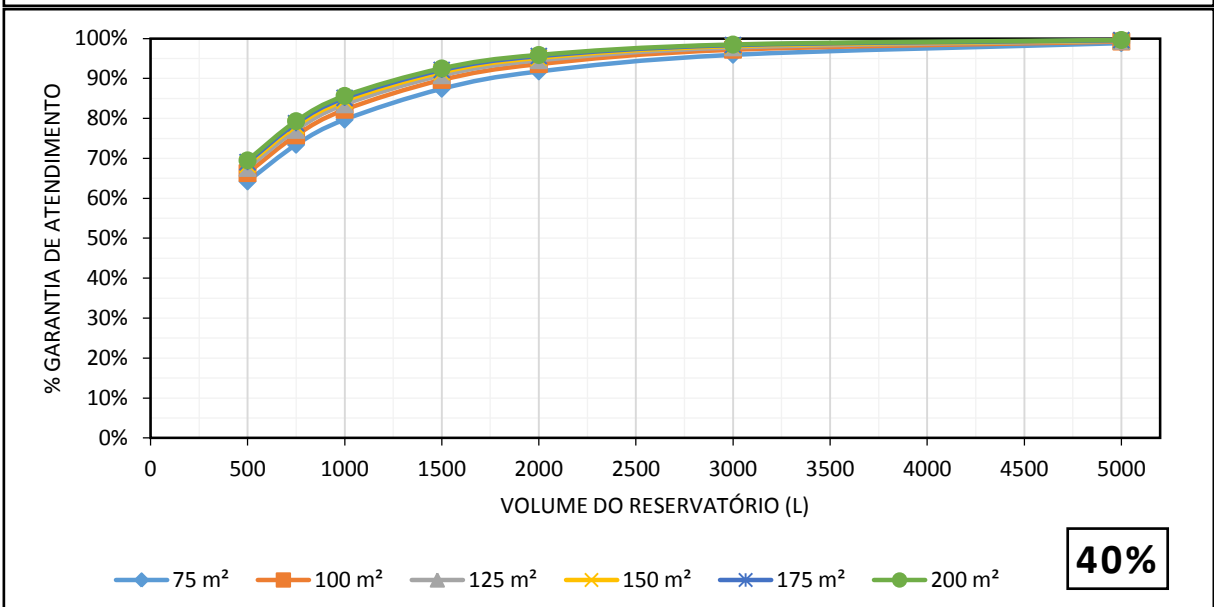
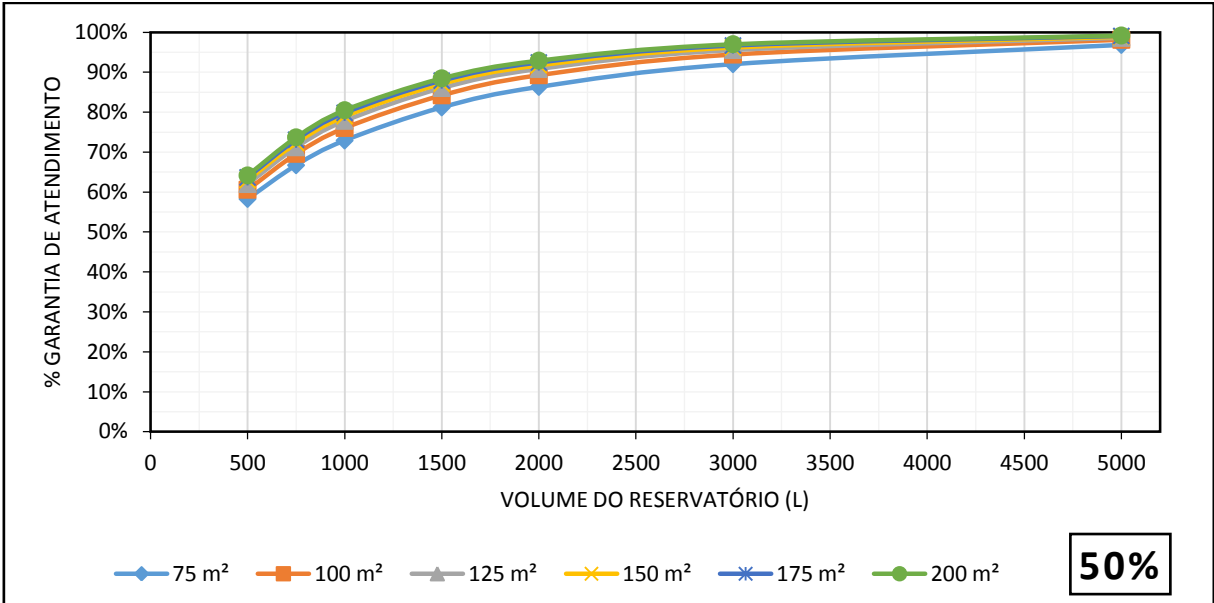
APÊNDICE IV - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE ÁUREA

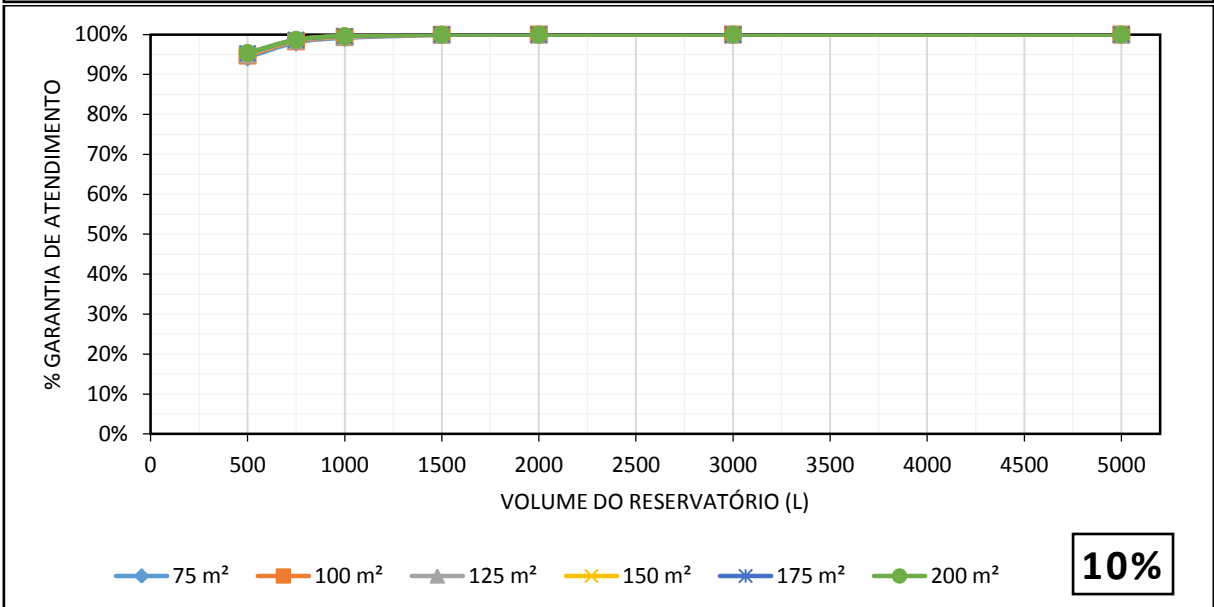
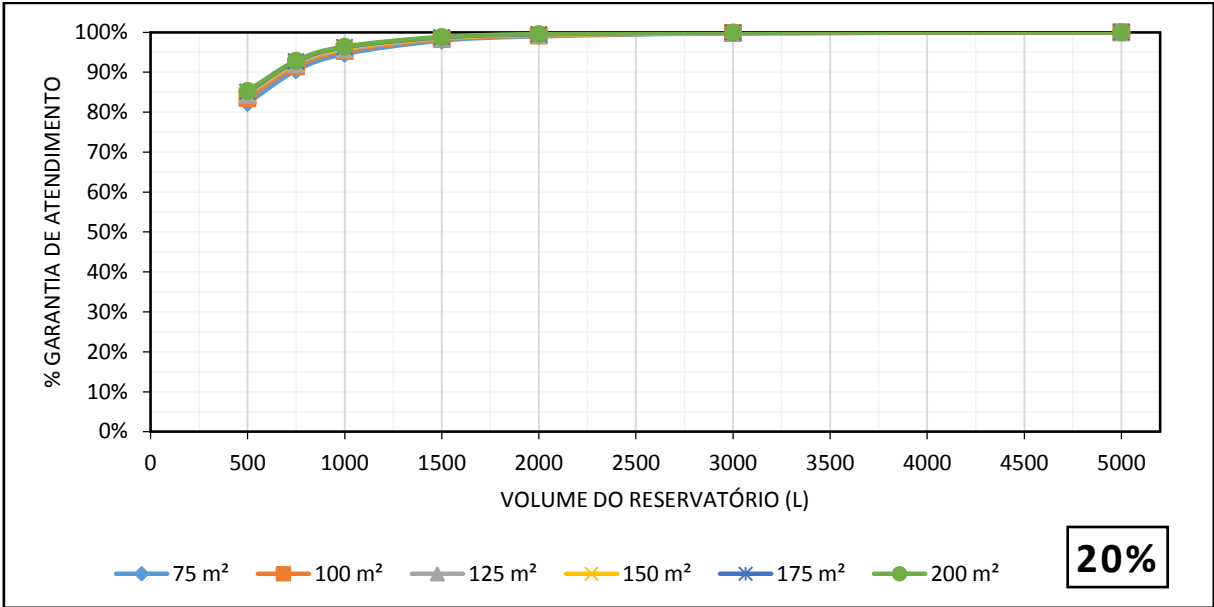
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Áurea. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

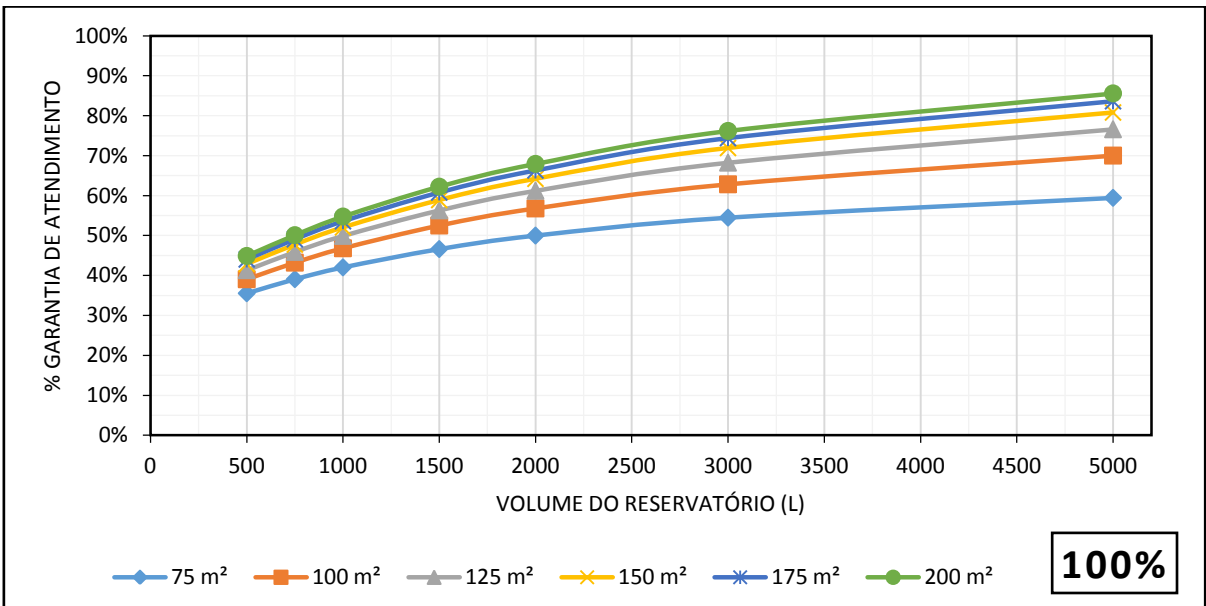


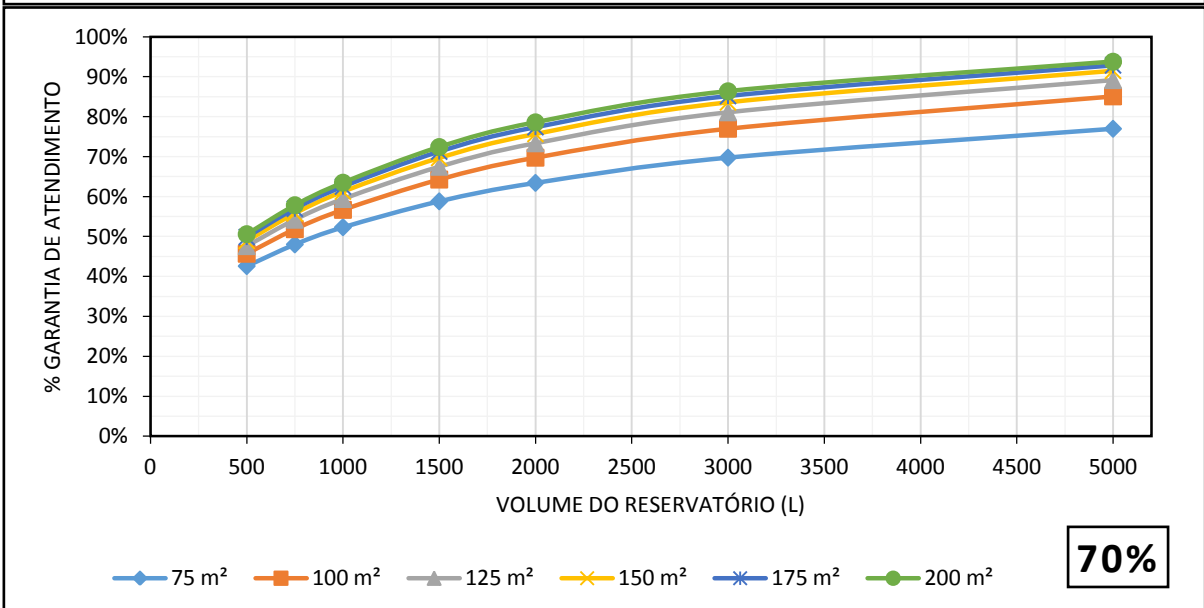
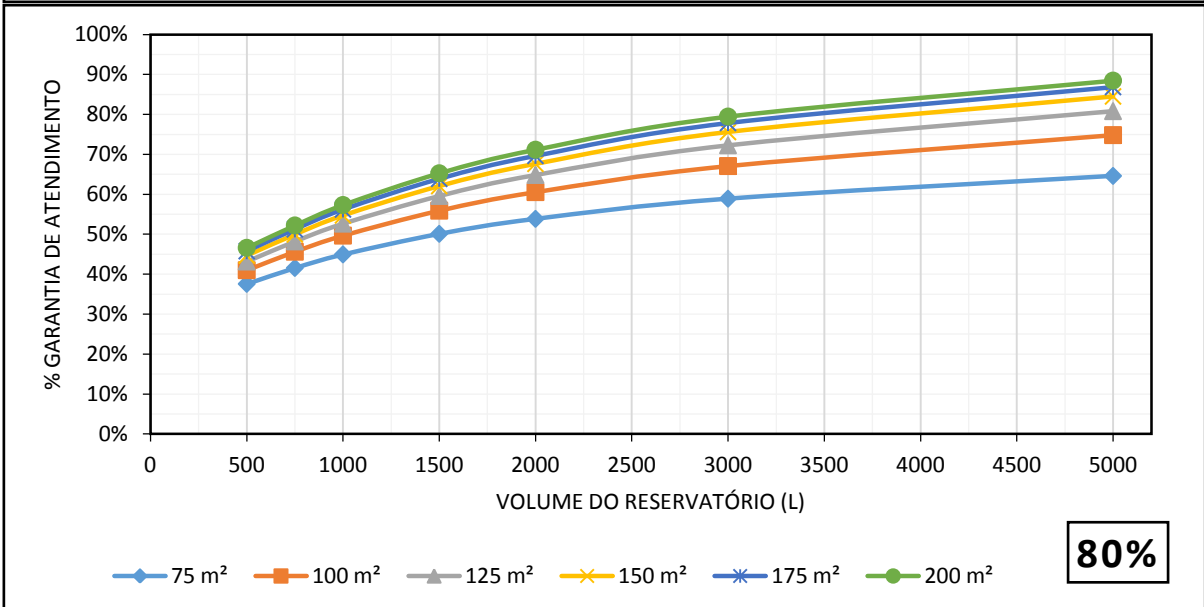
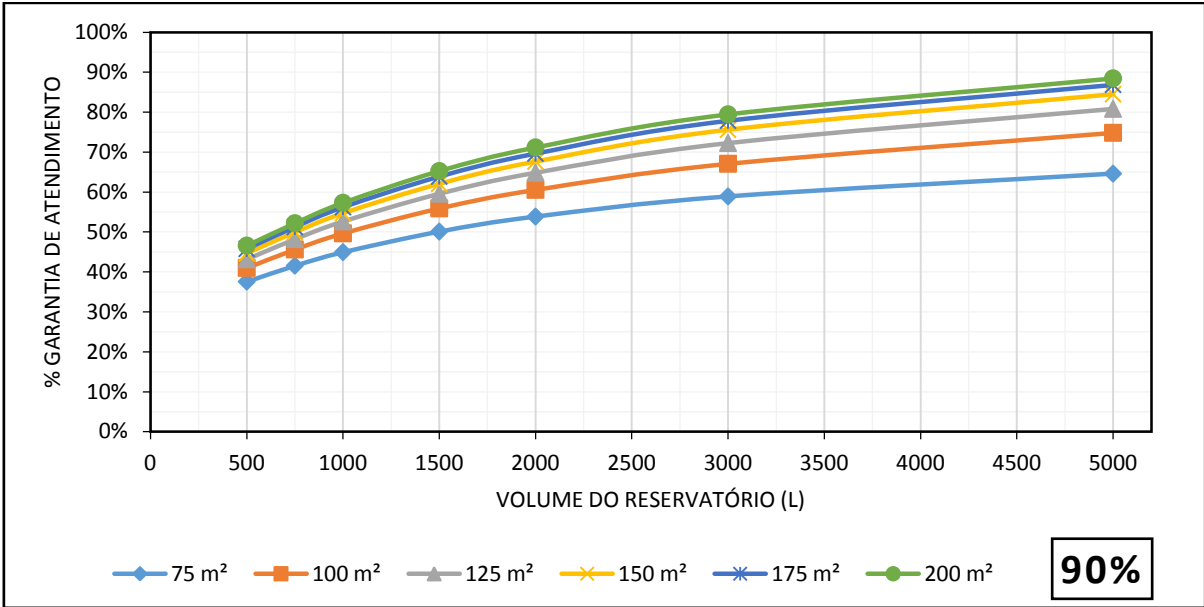


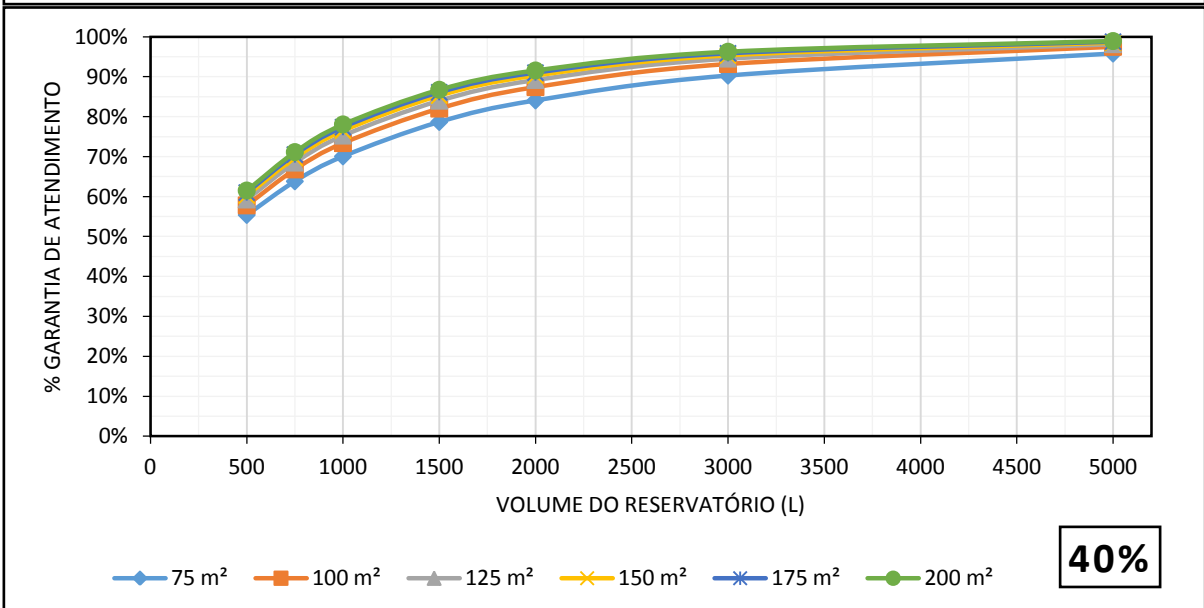
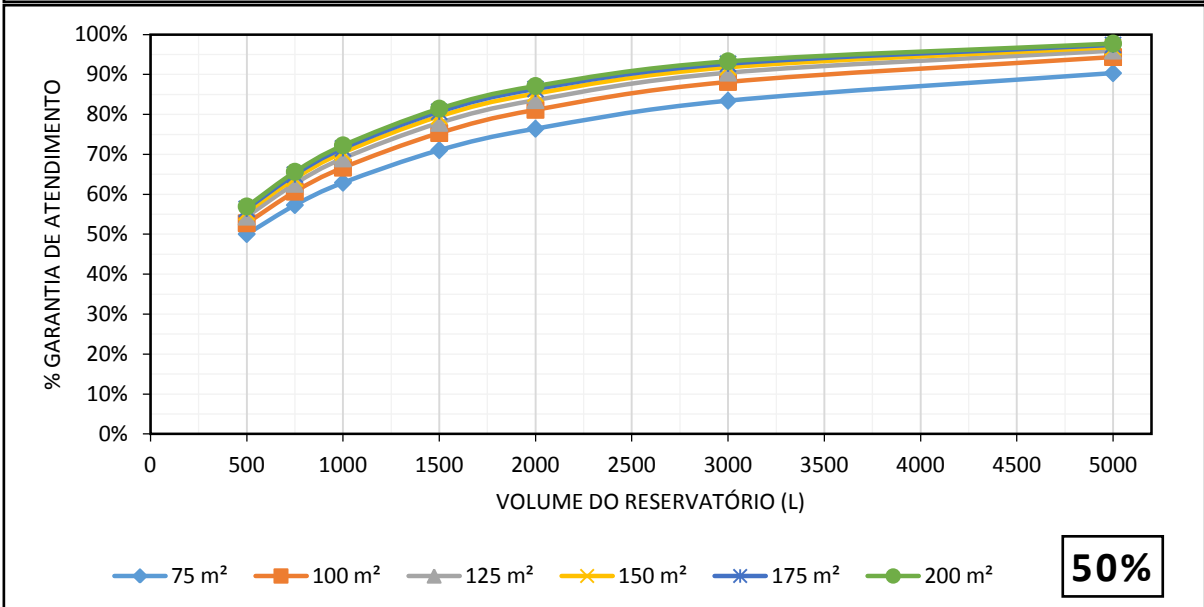
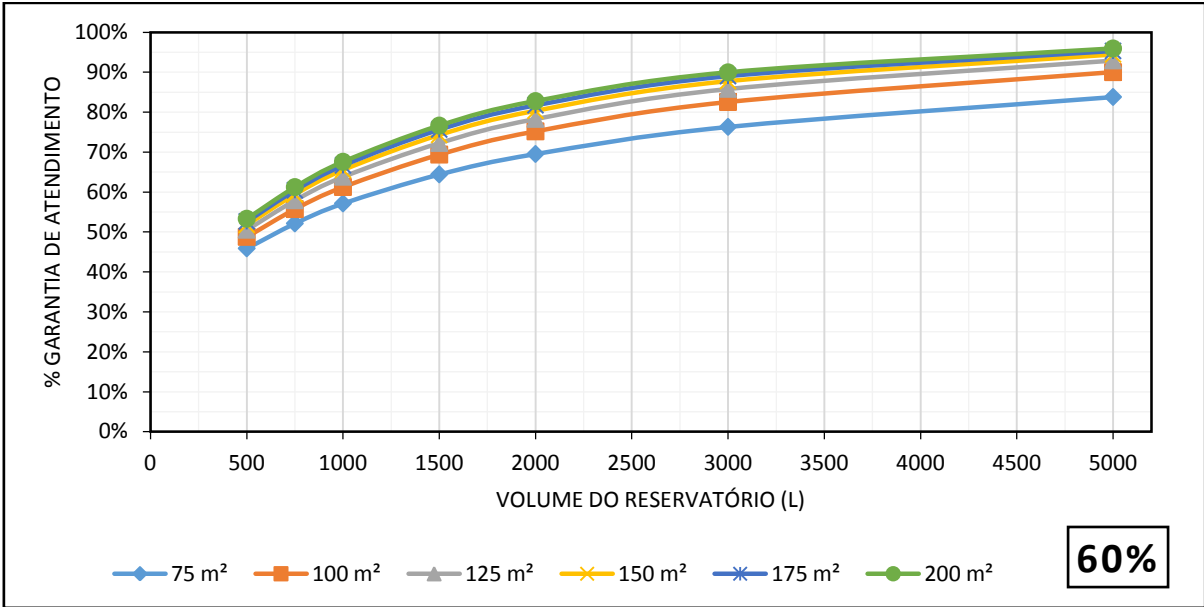


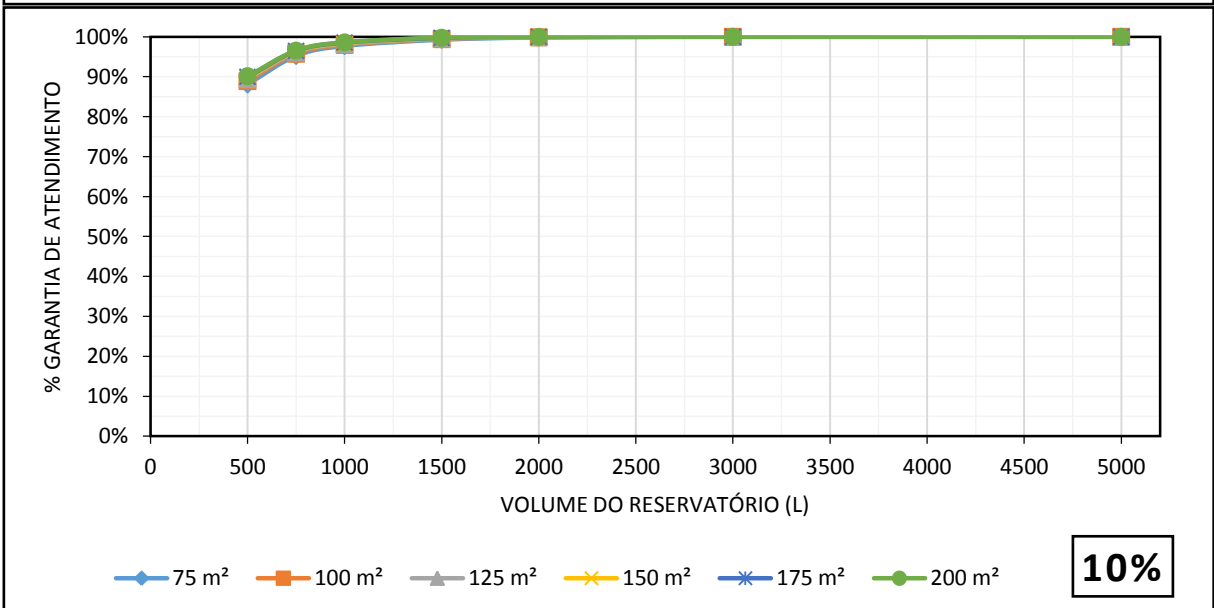
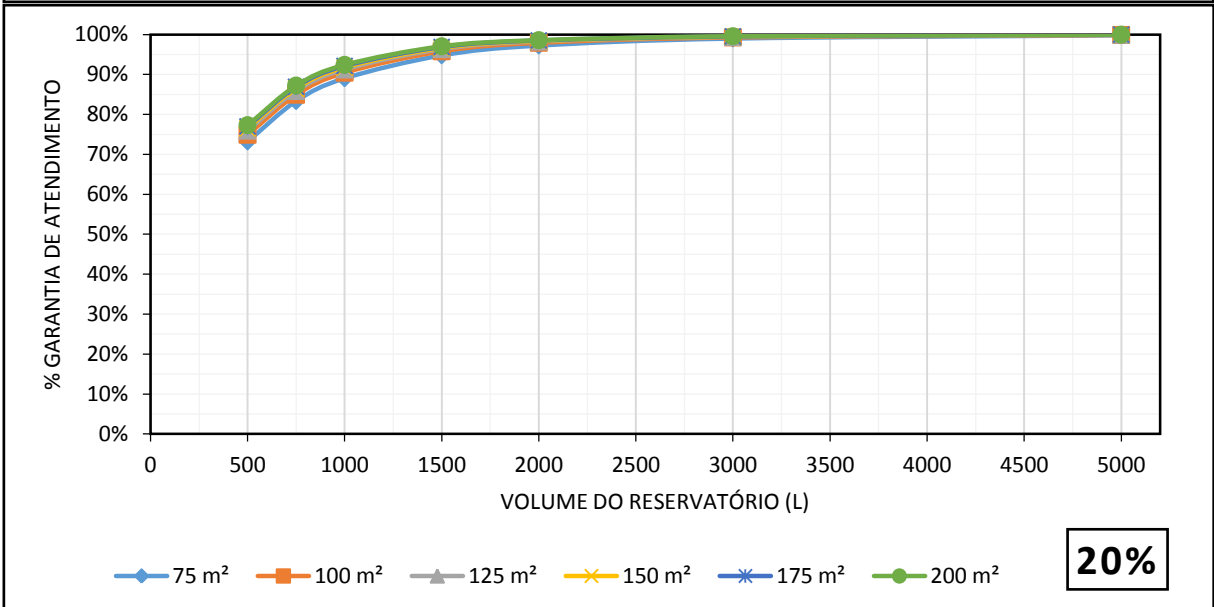
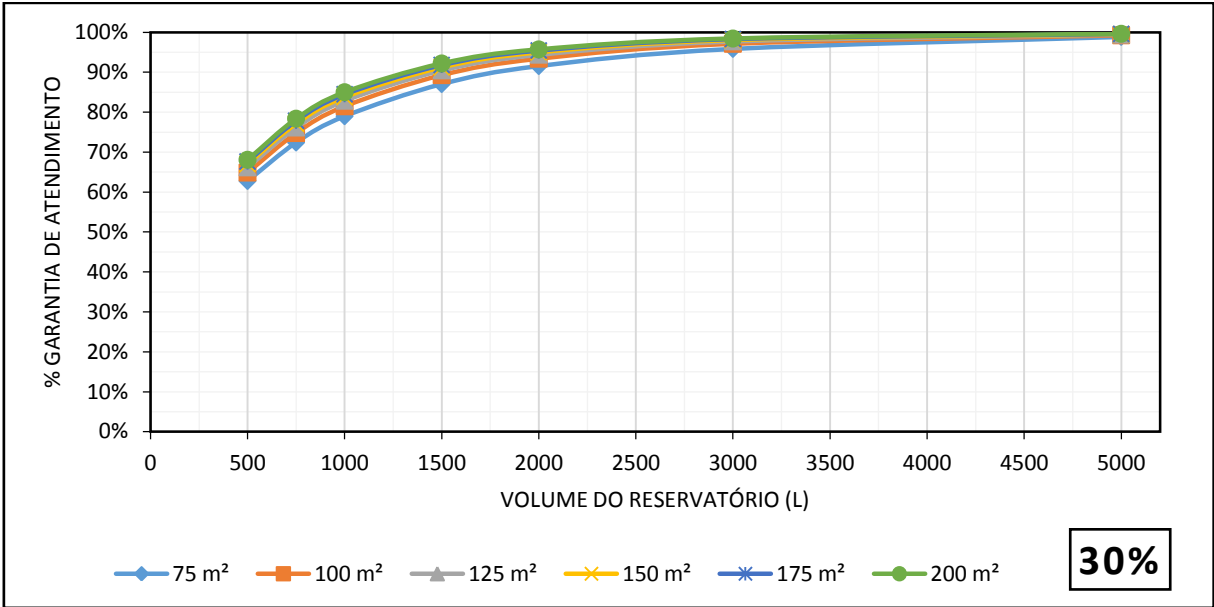


• Zona Rural





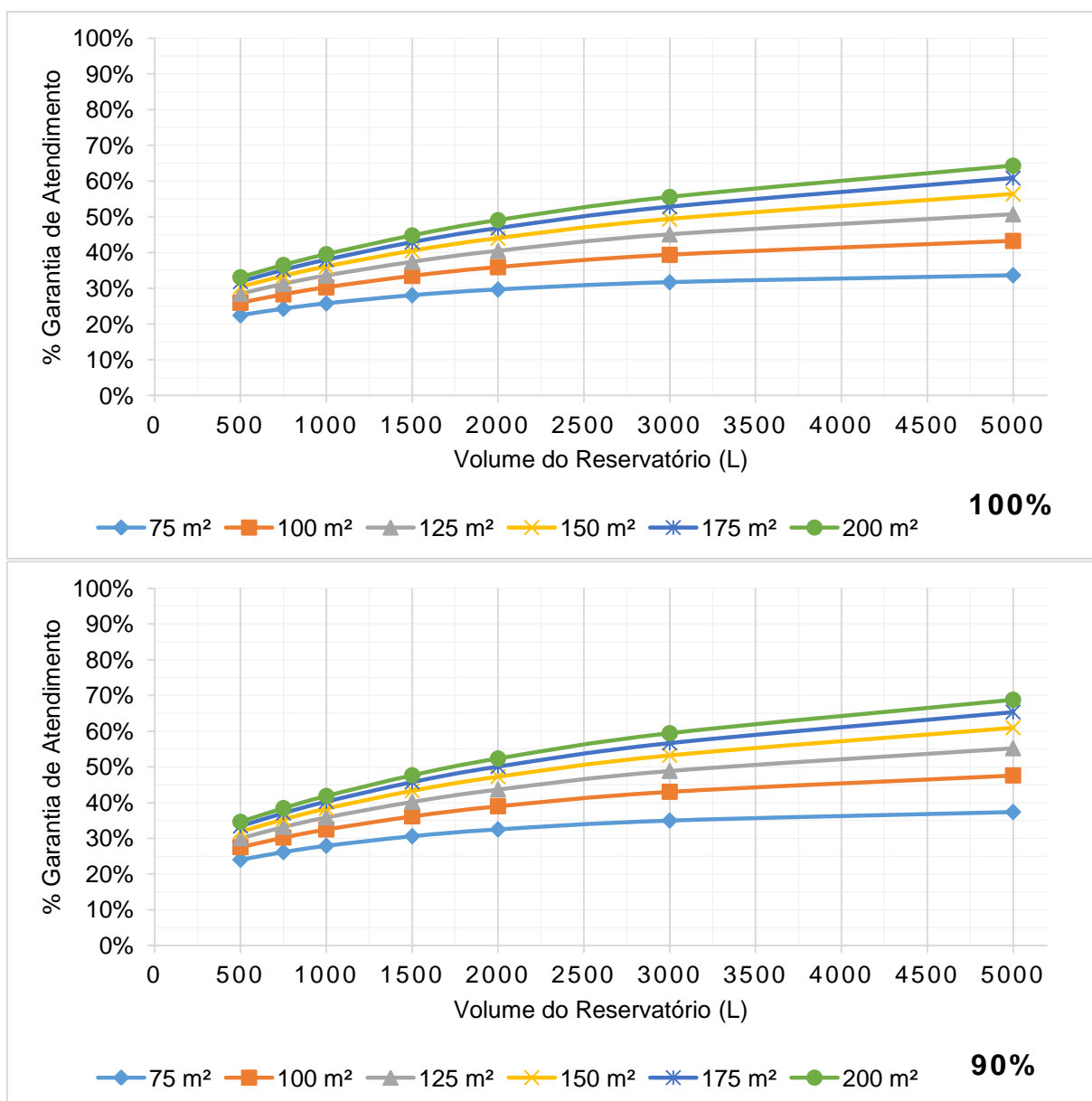


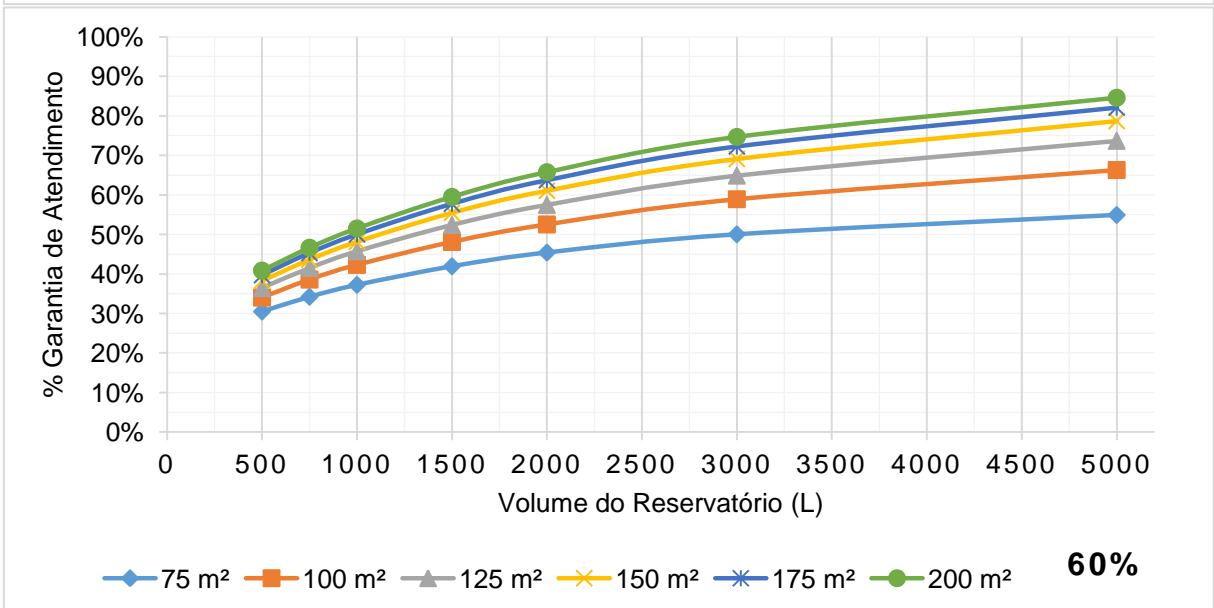
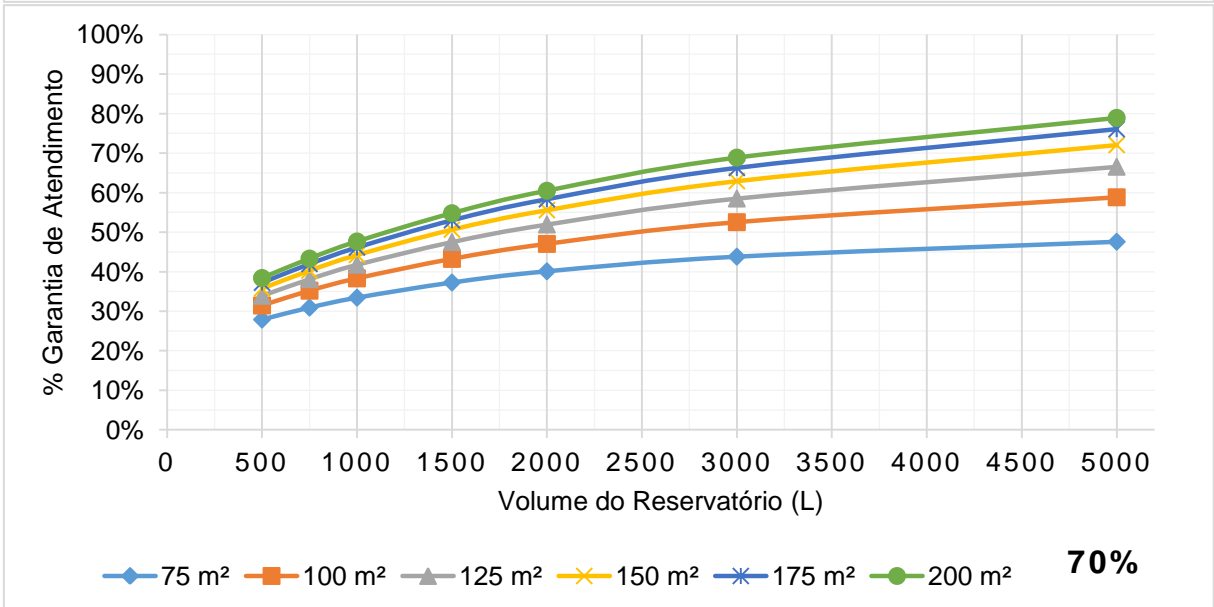
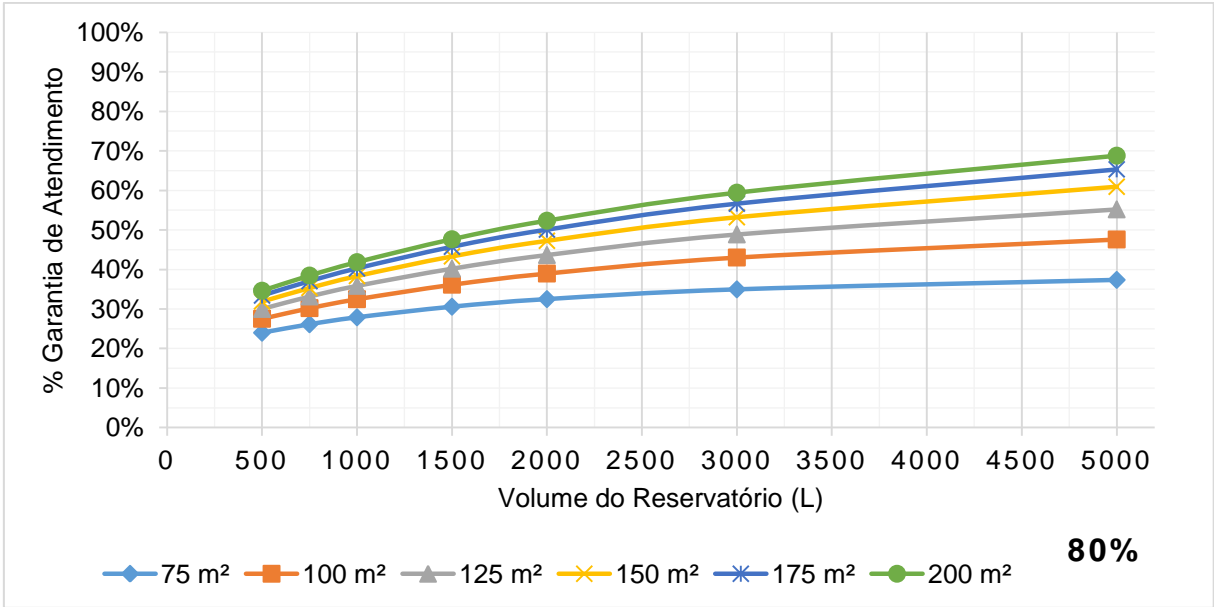


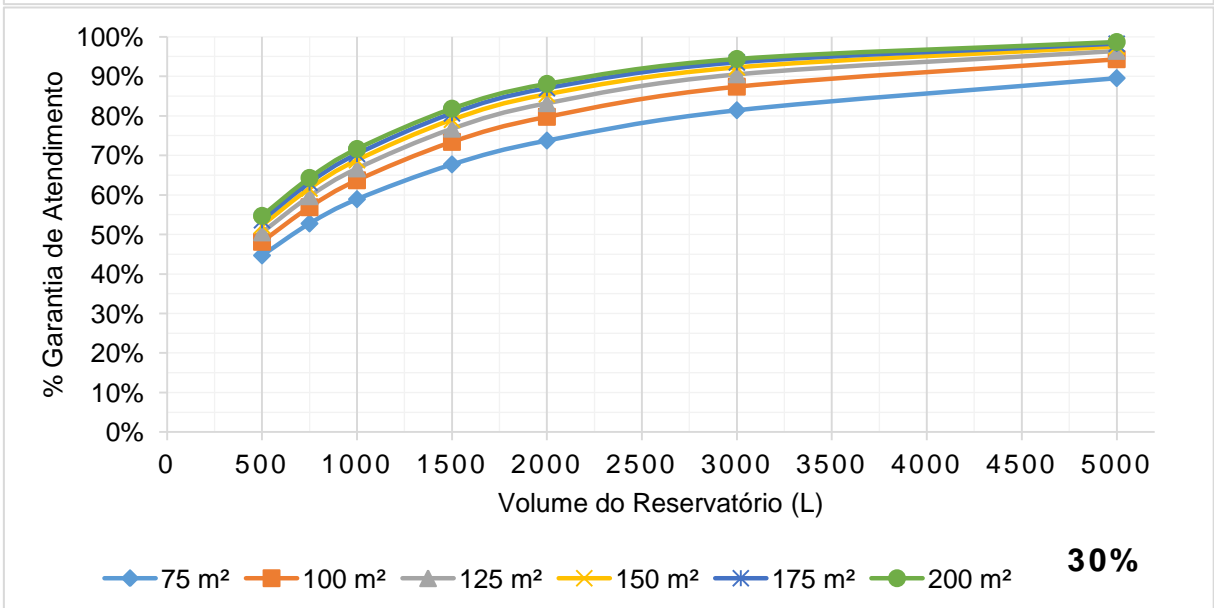
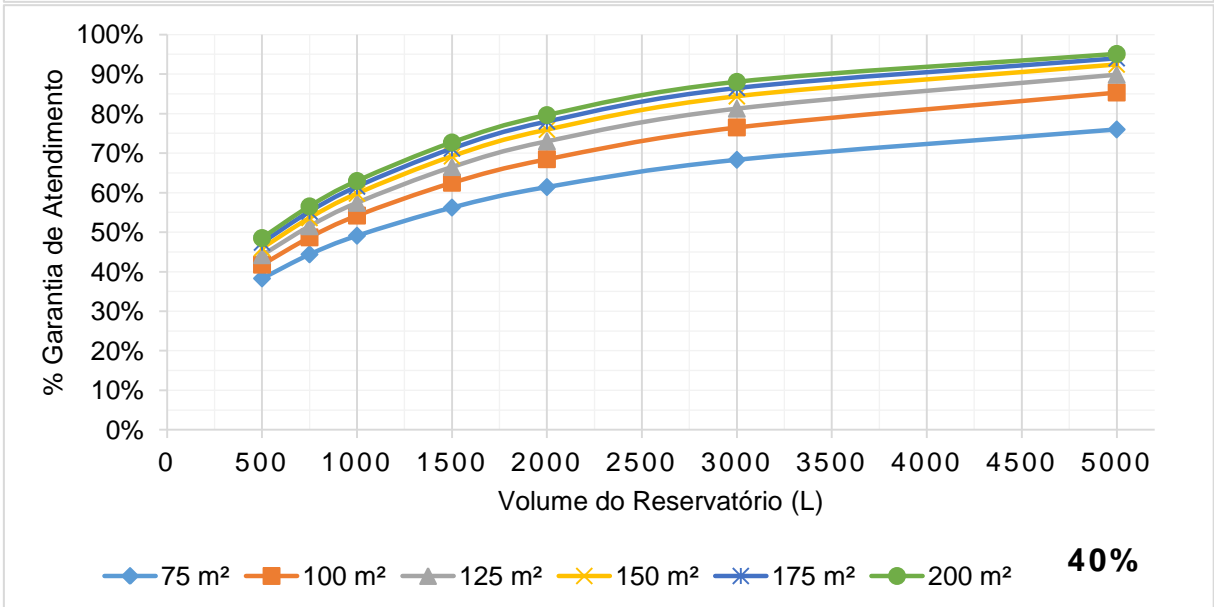
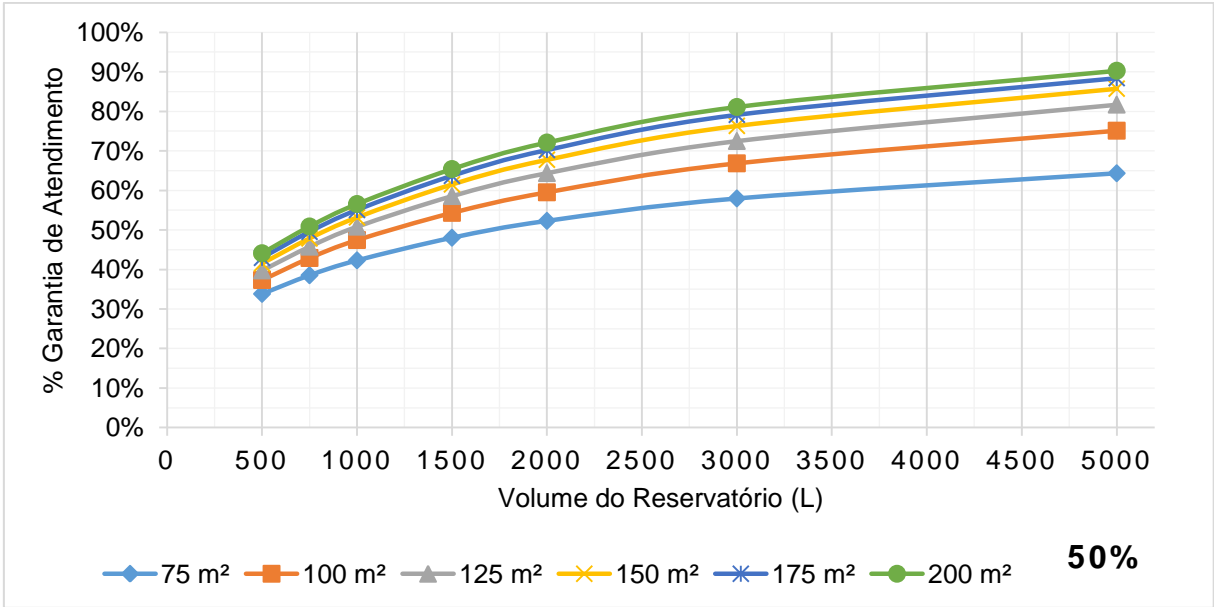
APÊNDICE V - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE CHUÍ

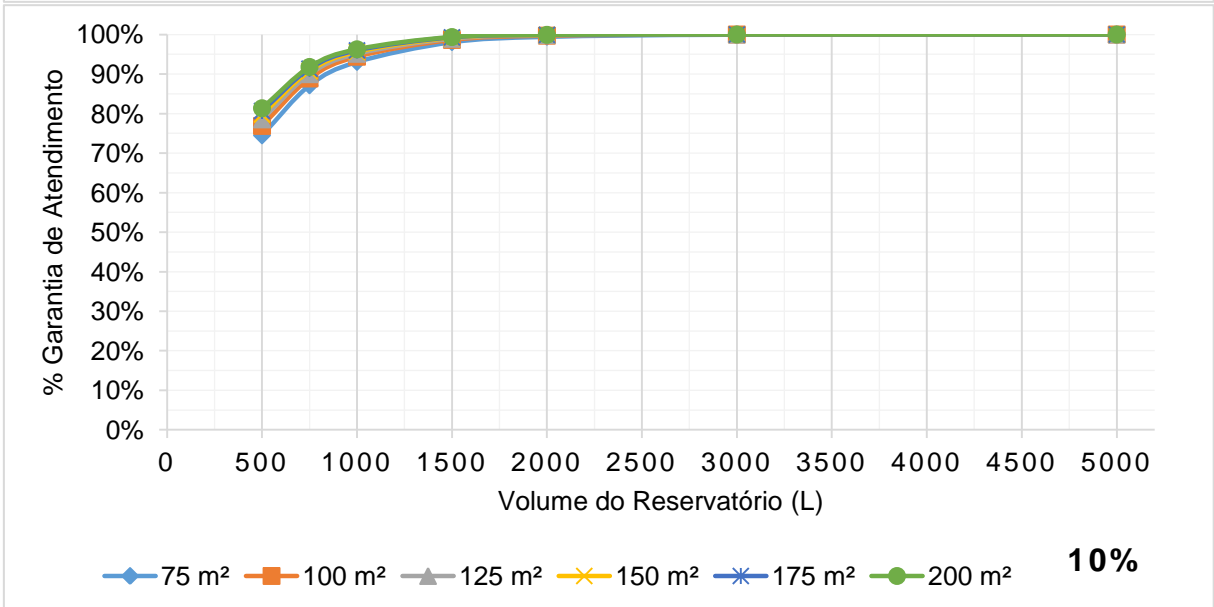
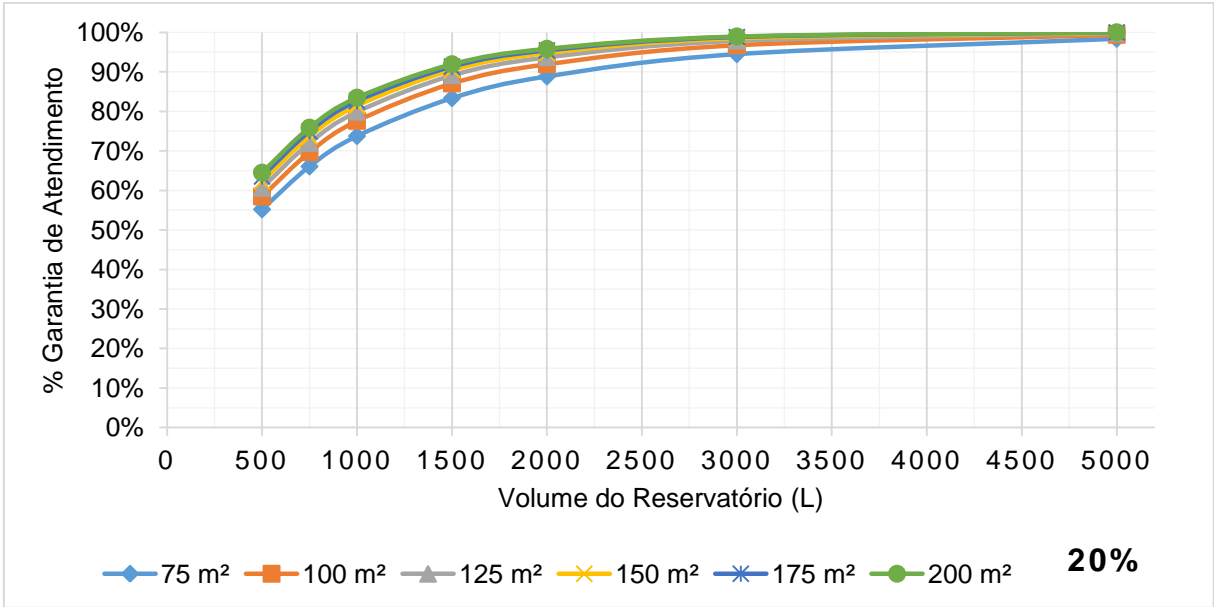
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Chuí. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

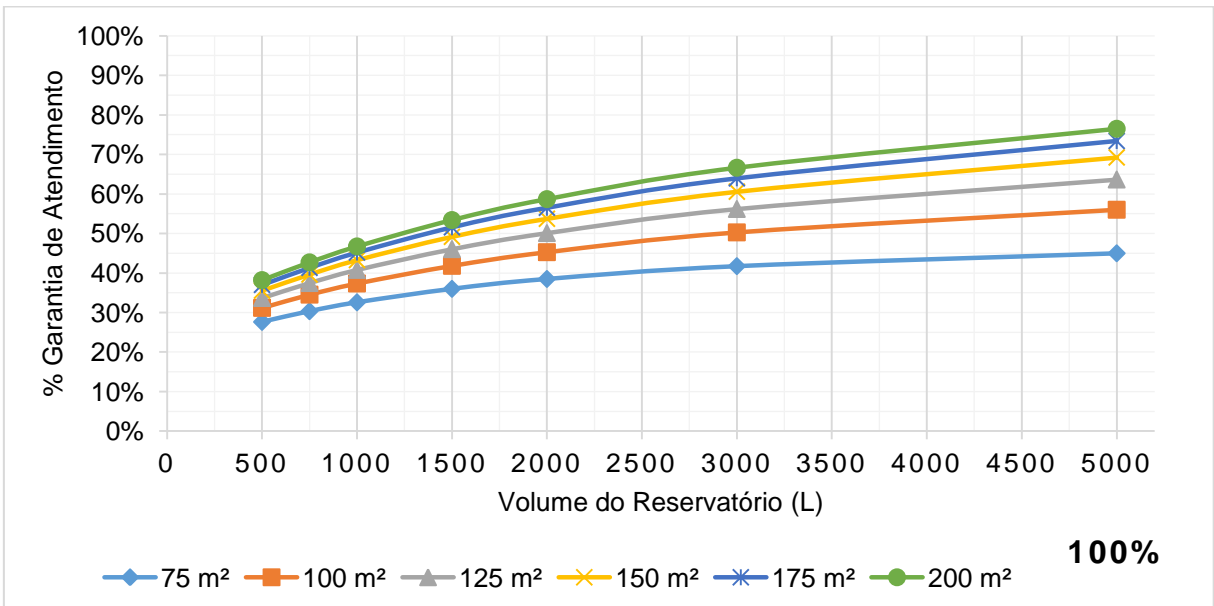


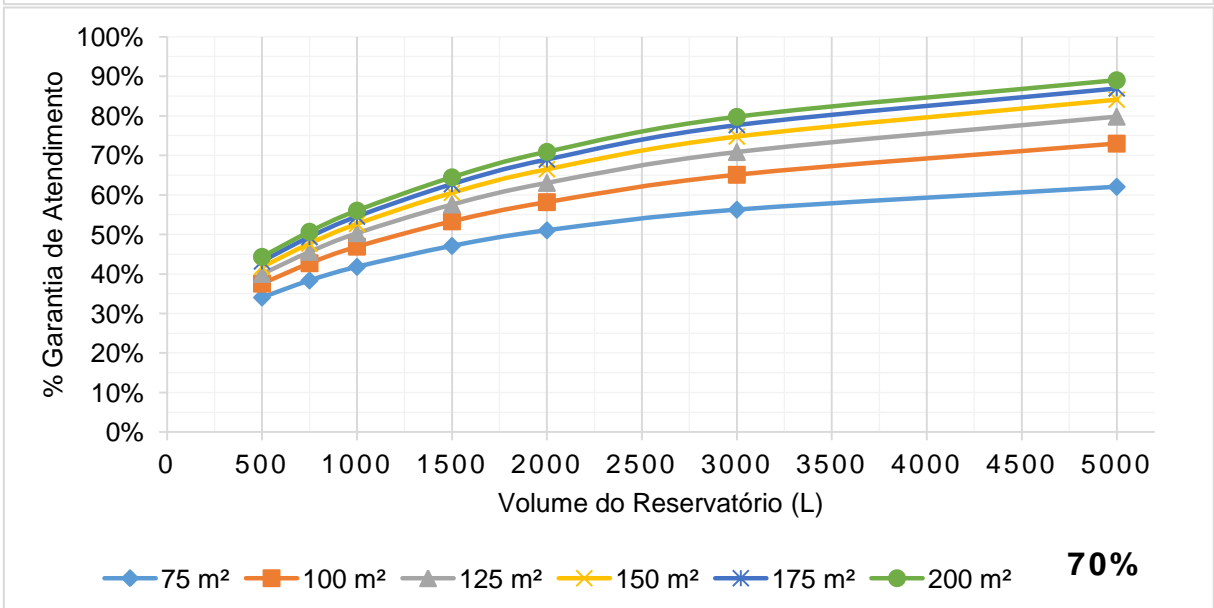
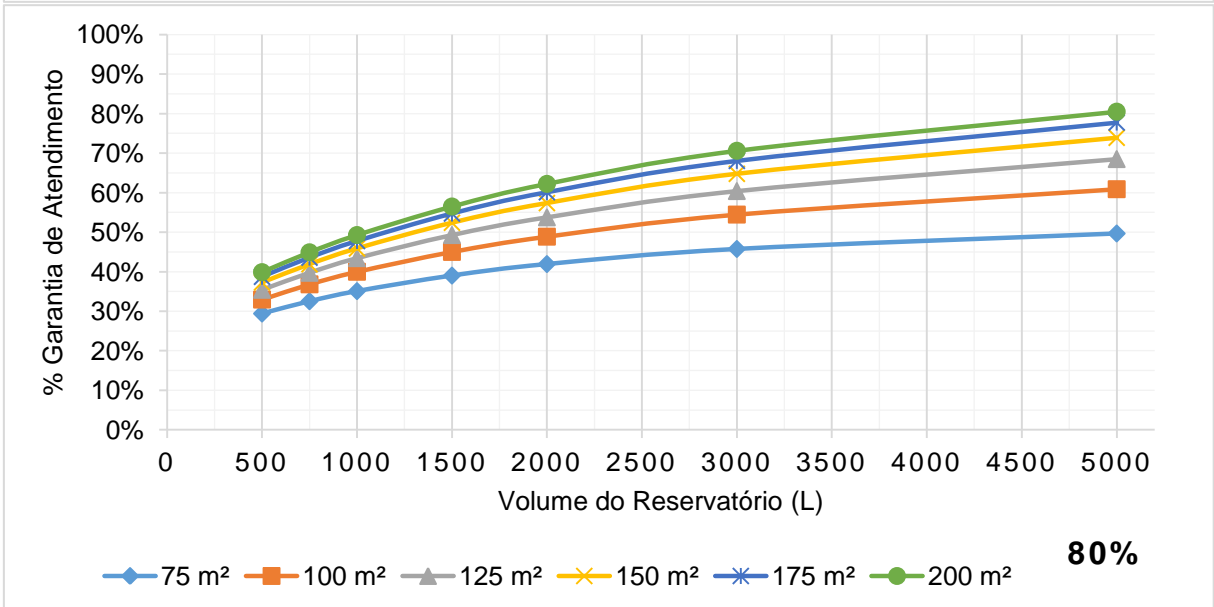
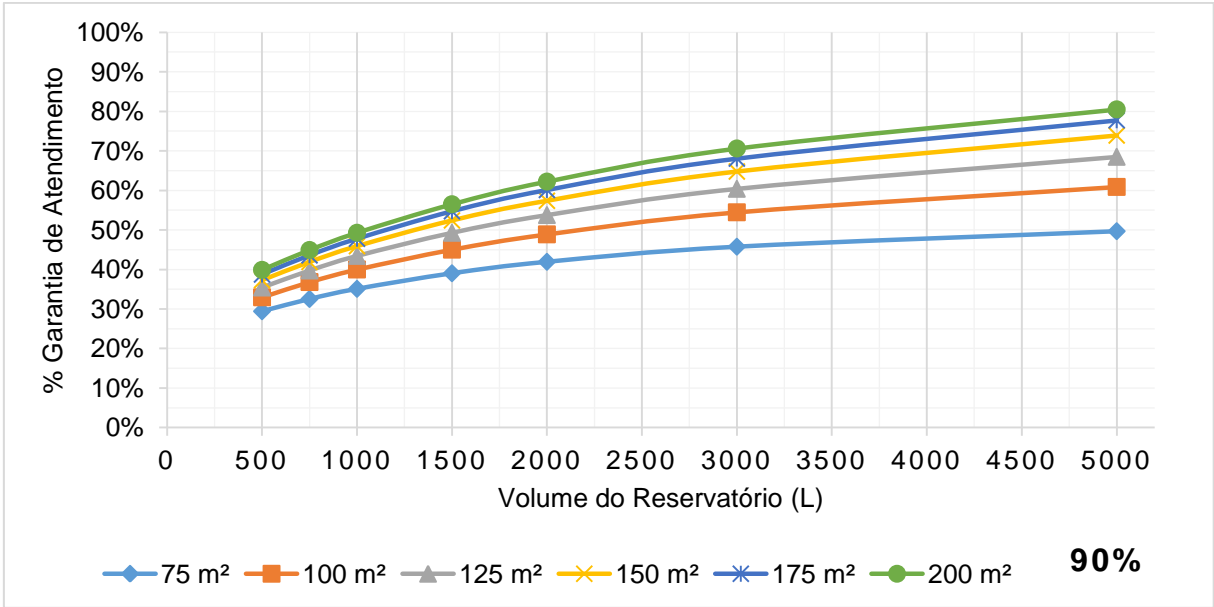


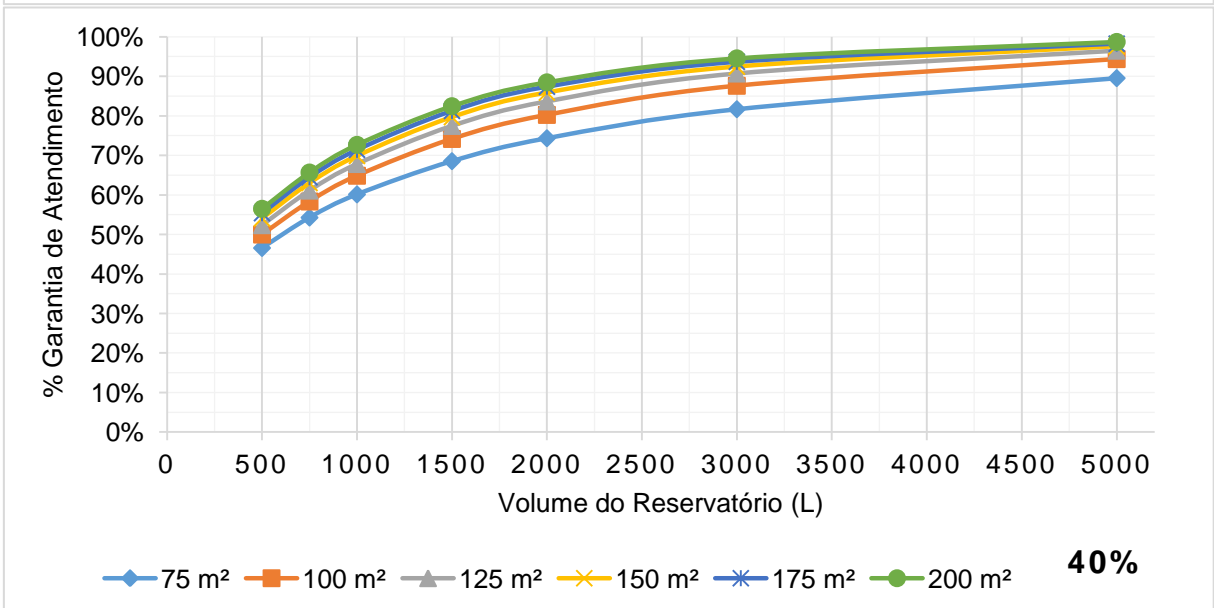
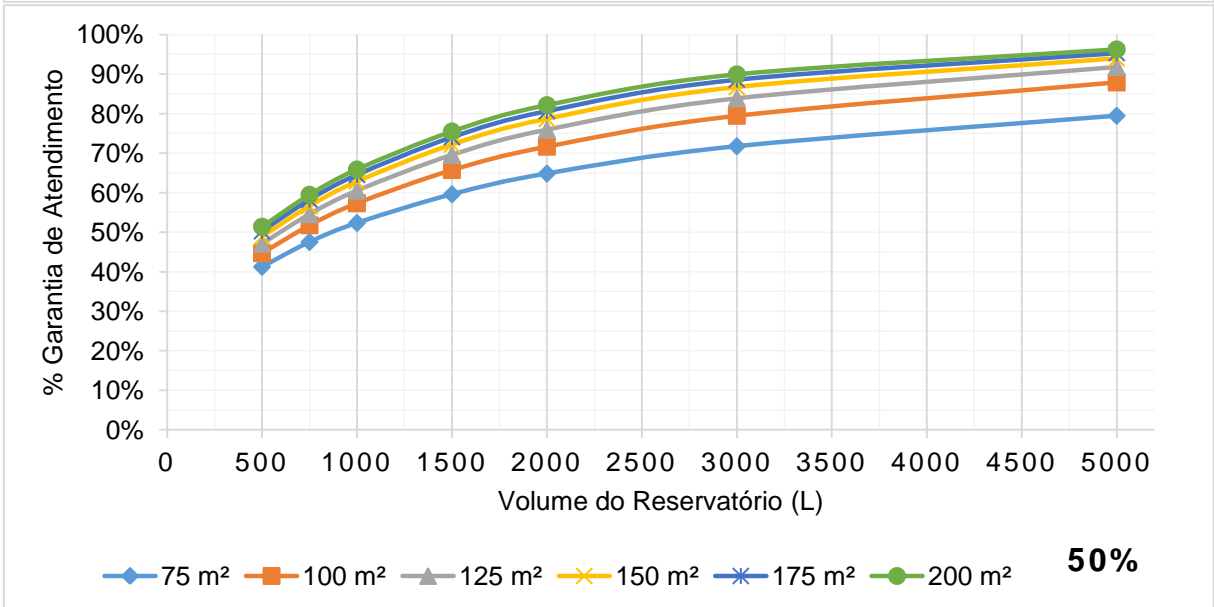
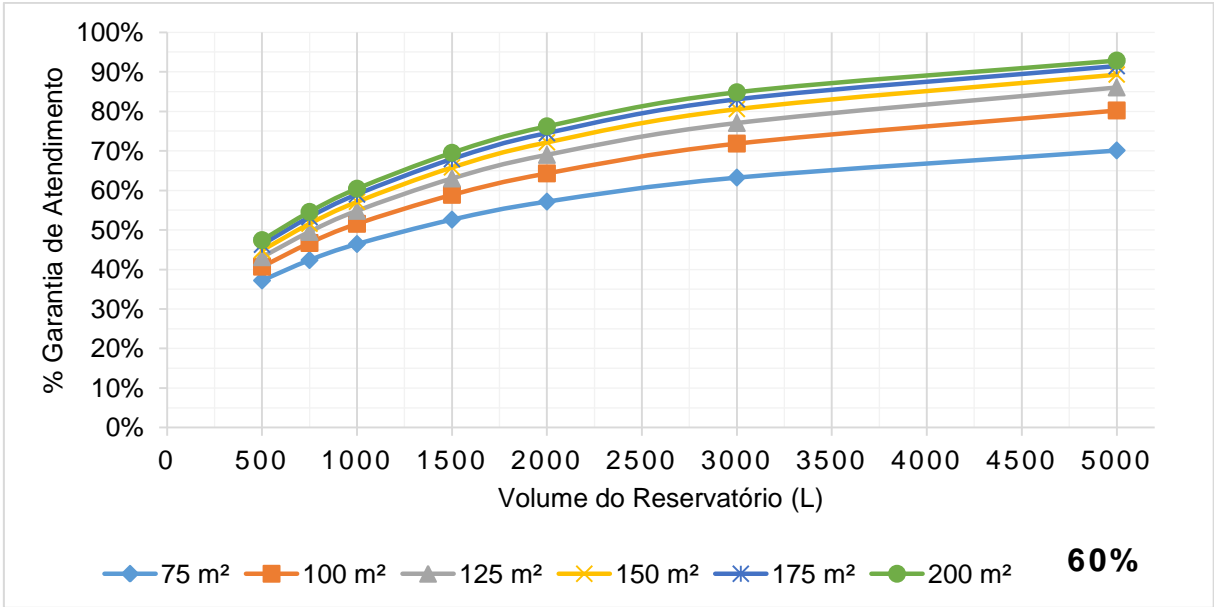




• Zona Rural



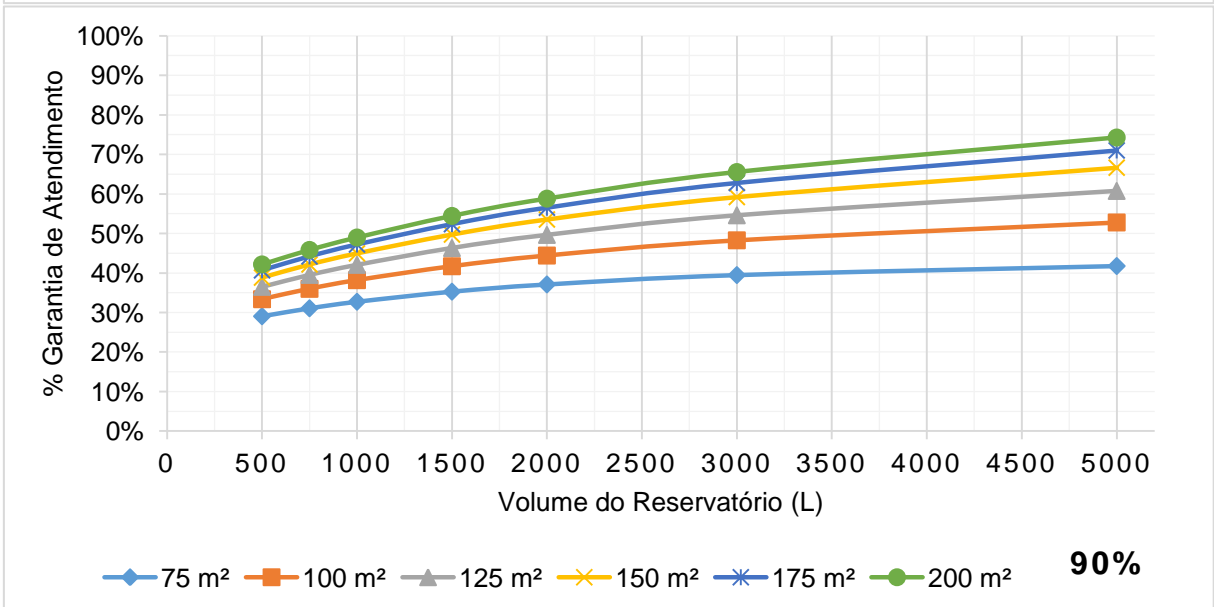
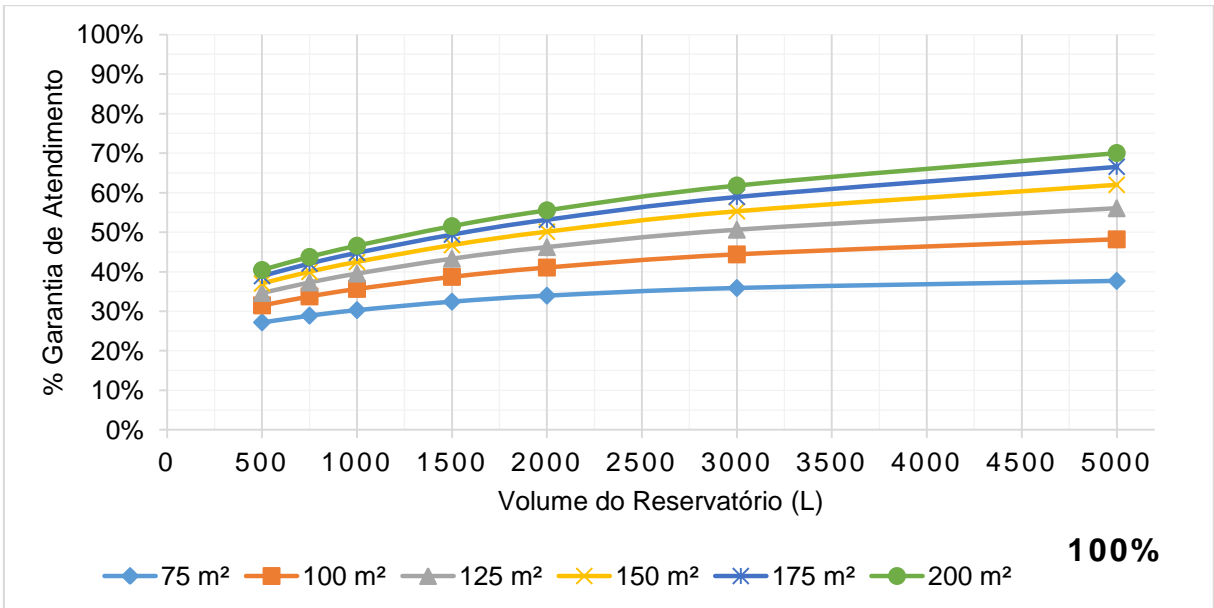


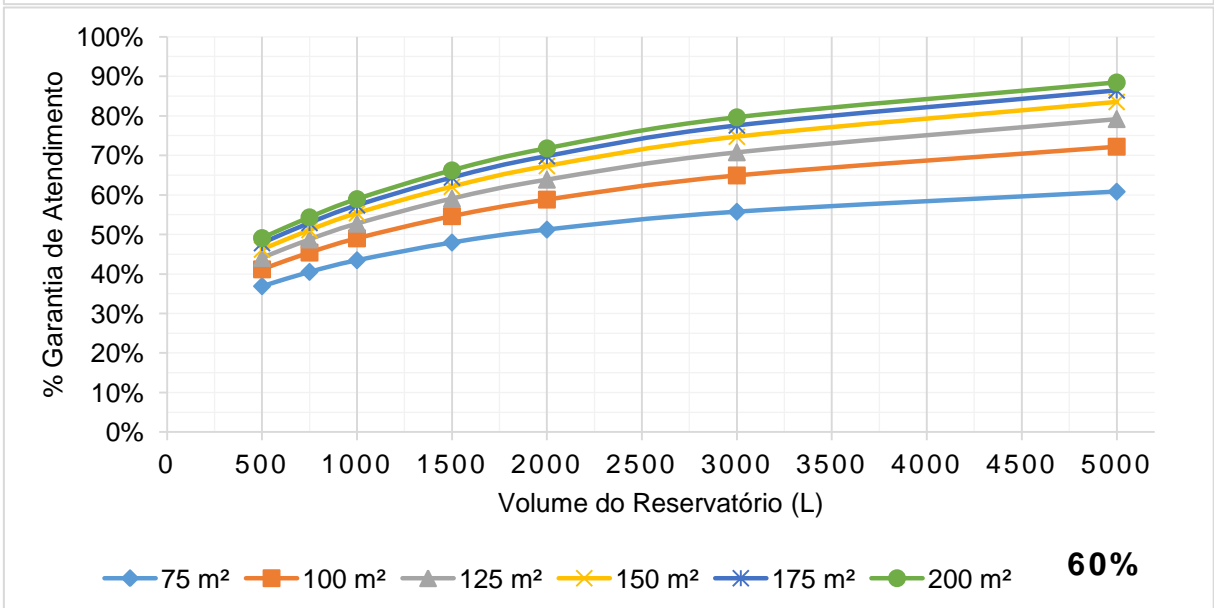
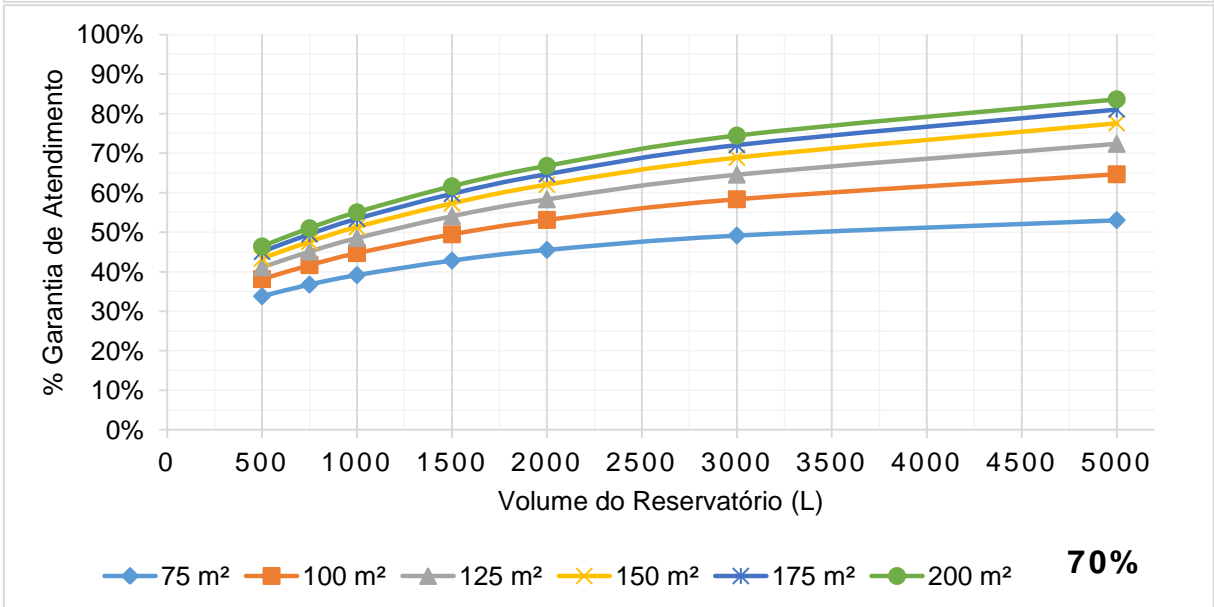
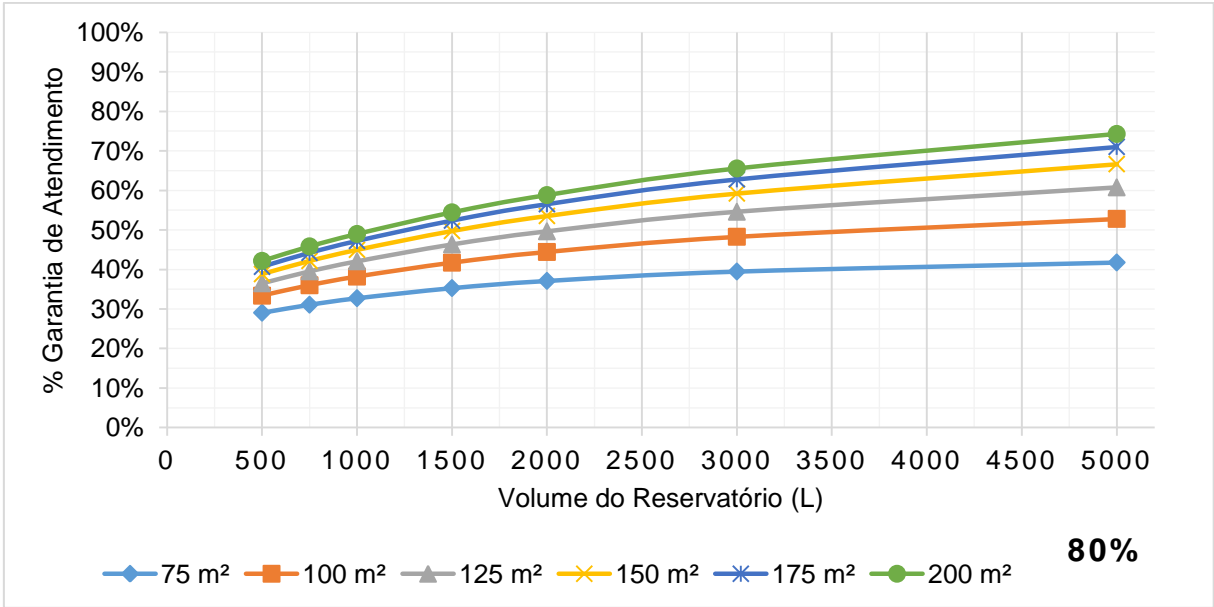


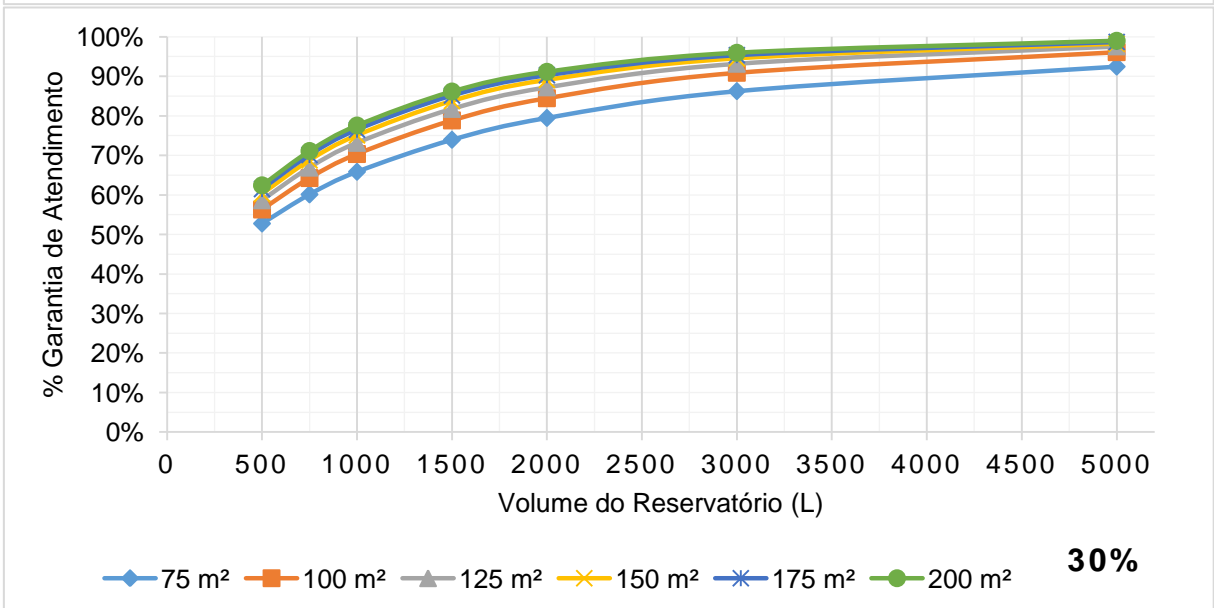
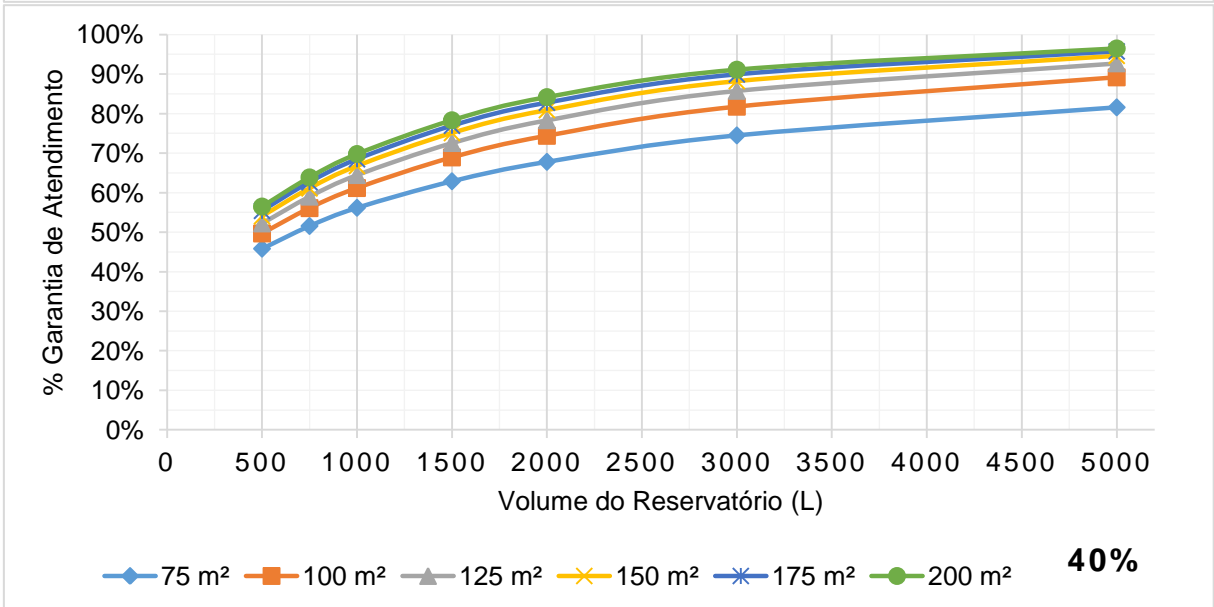
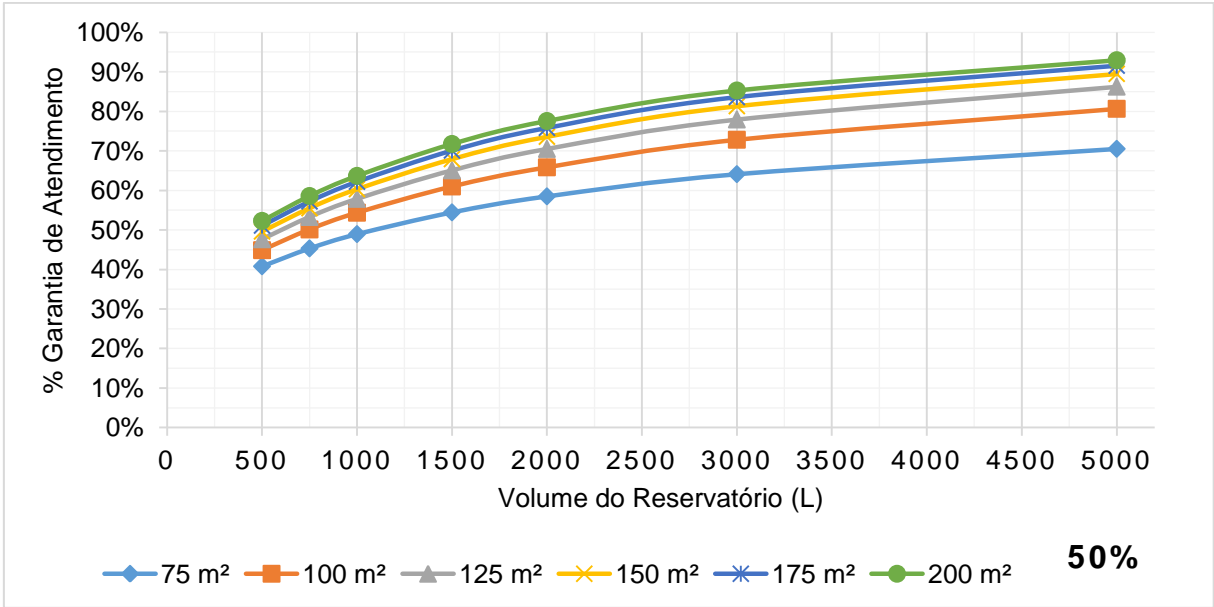
APÊNDICE VI - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE DOIS LAJEADOS

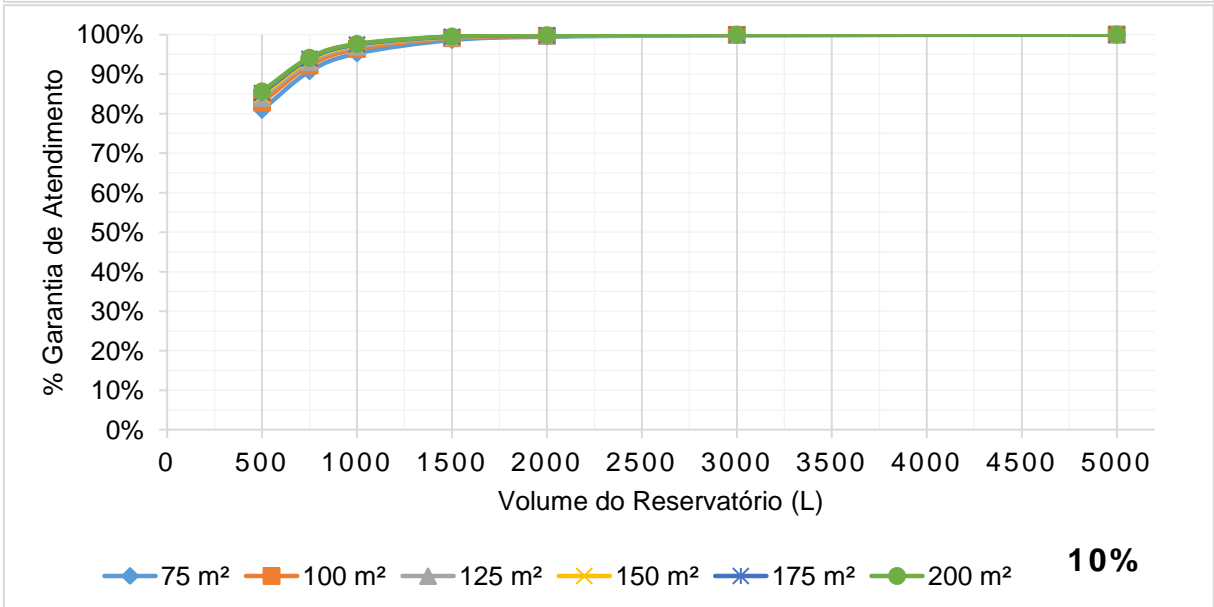
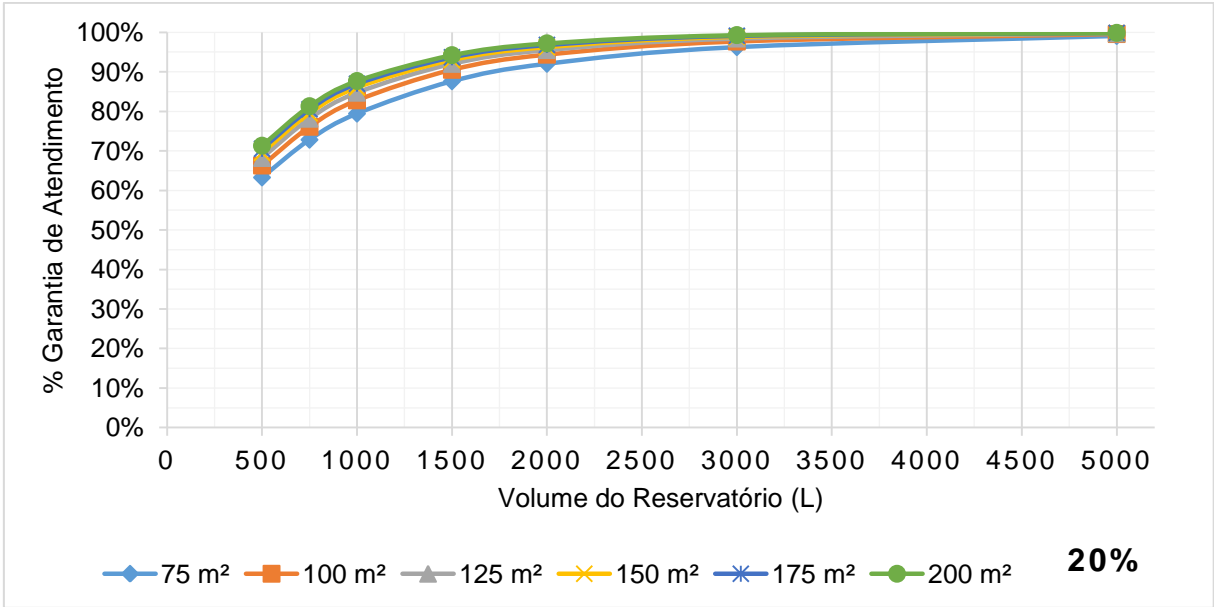
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Dois Lajeados. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

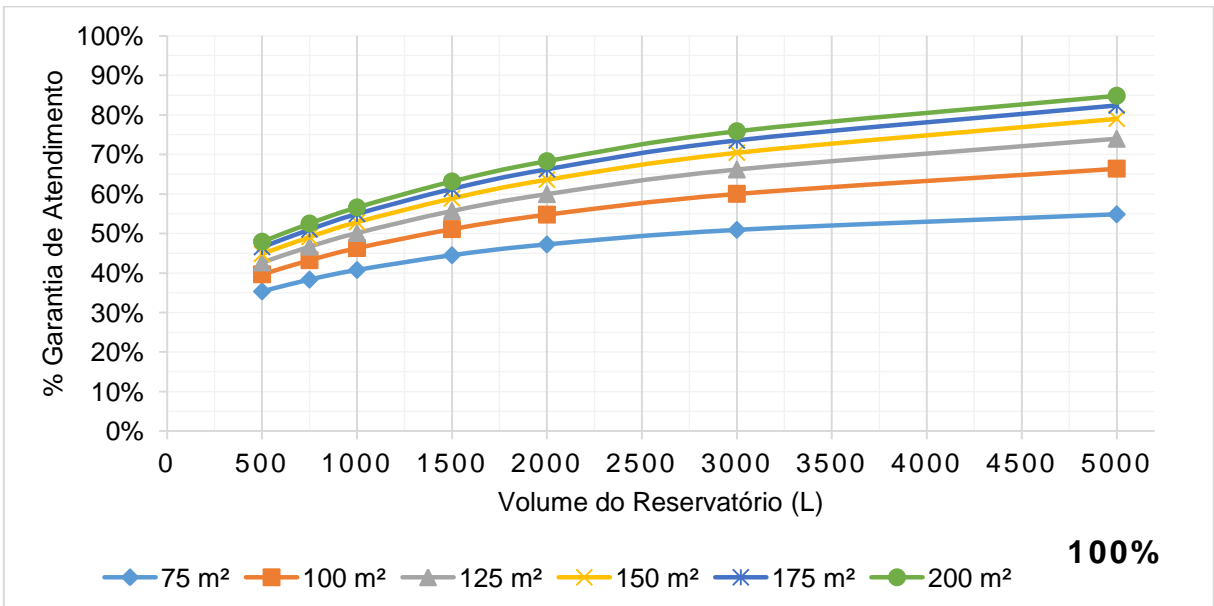


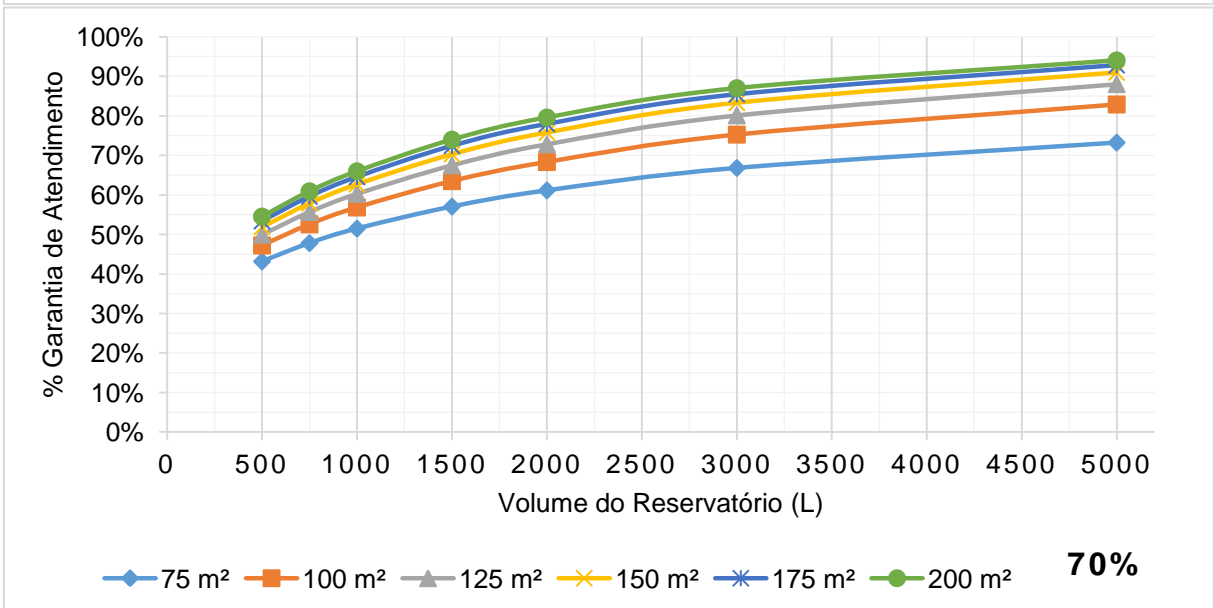
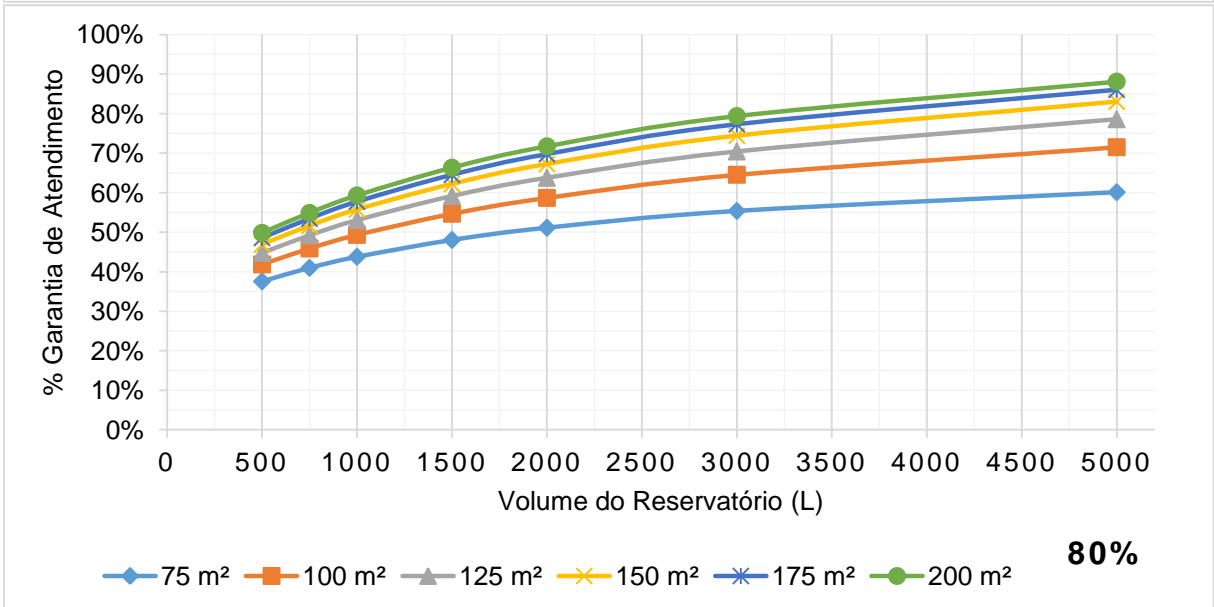
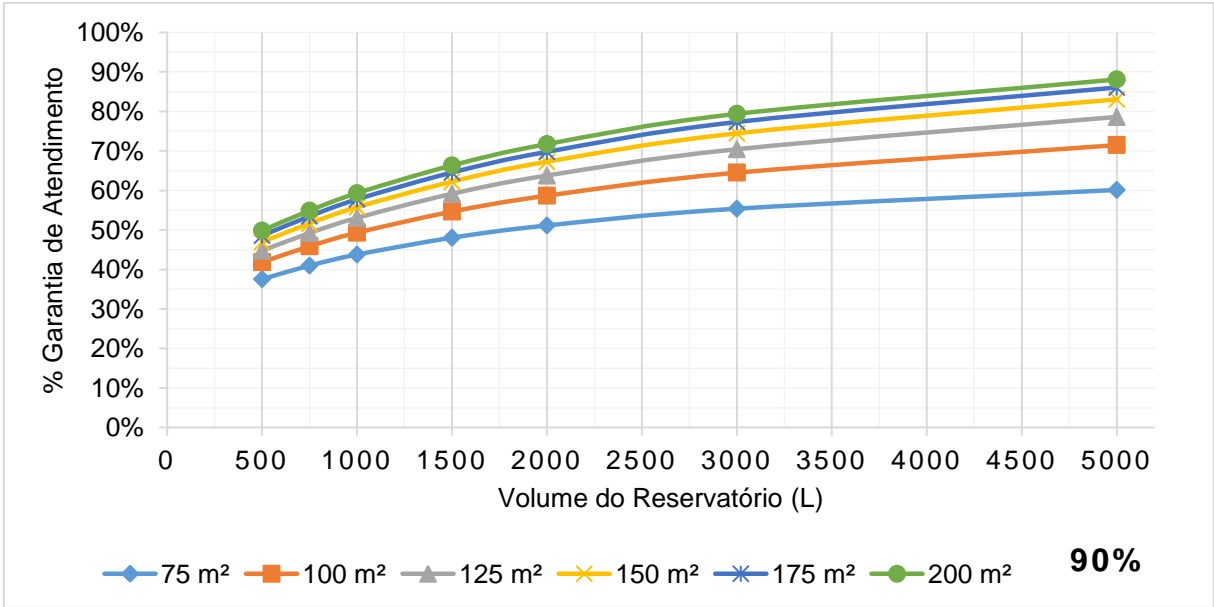


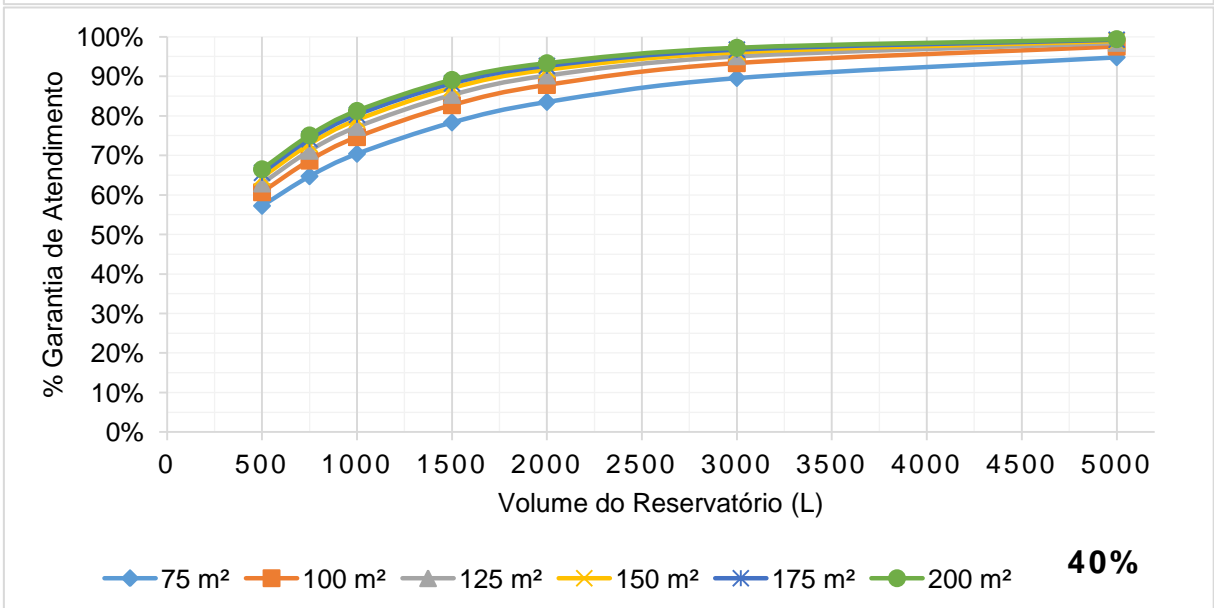
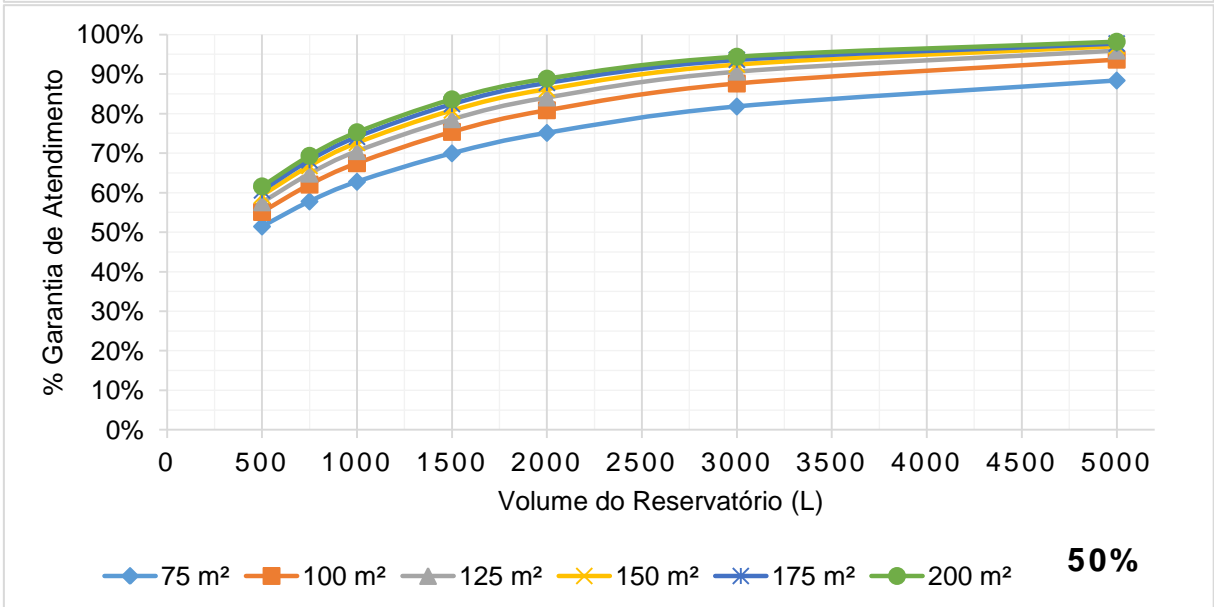
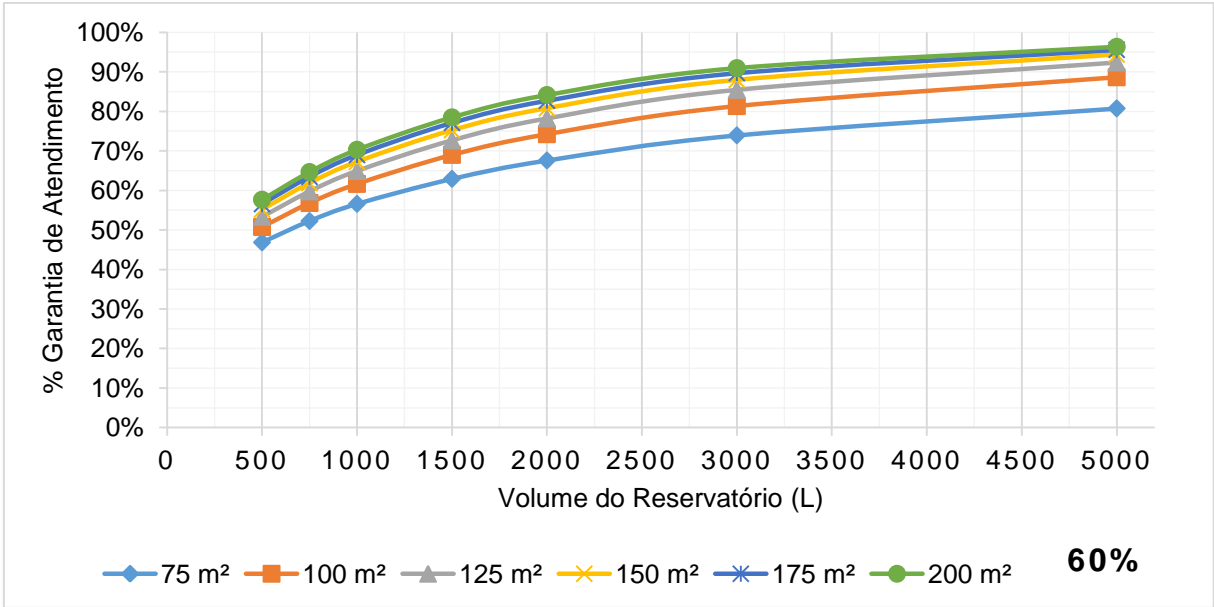




• Zona Rural



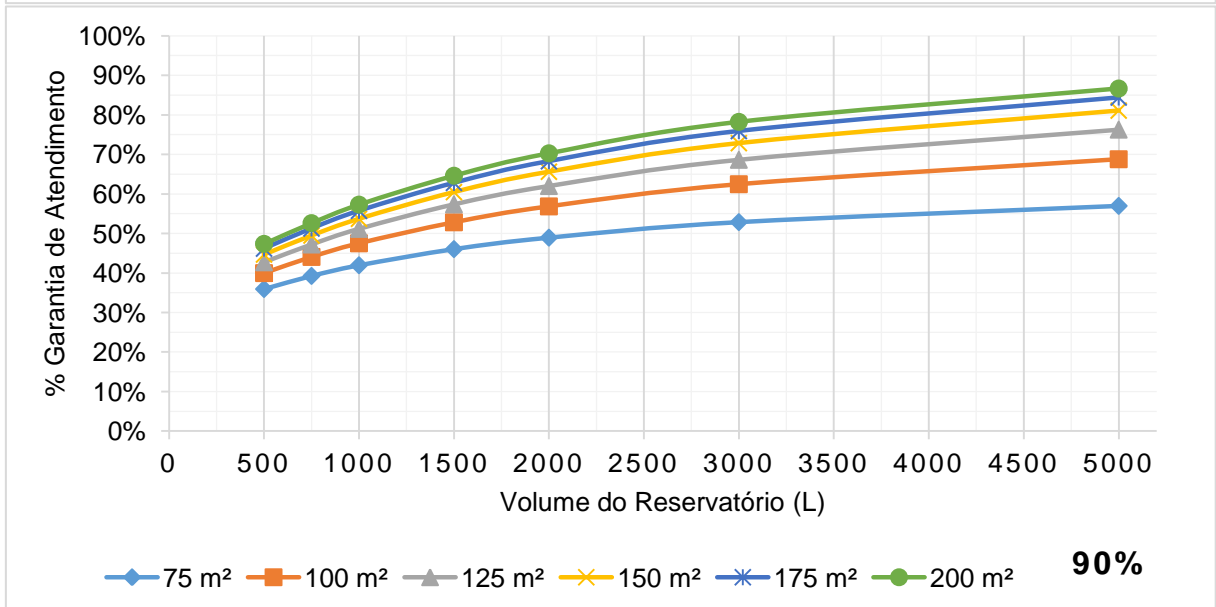
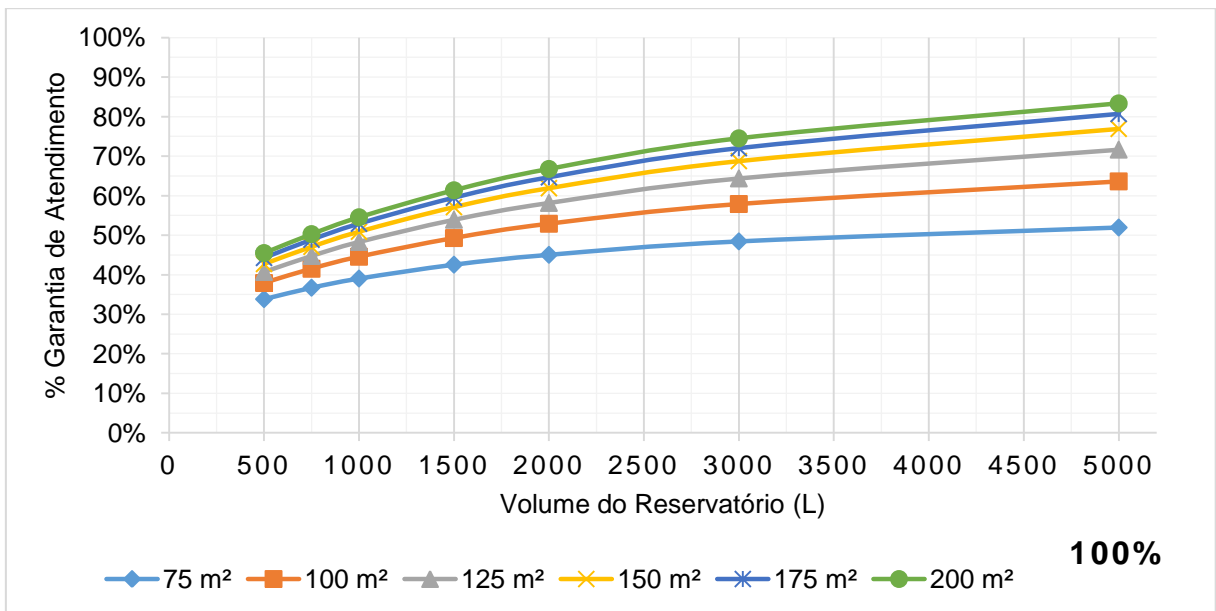


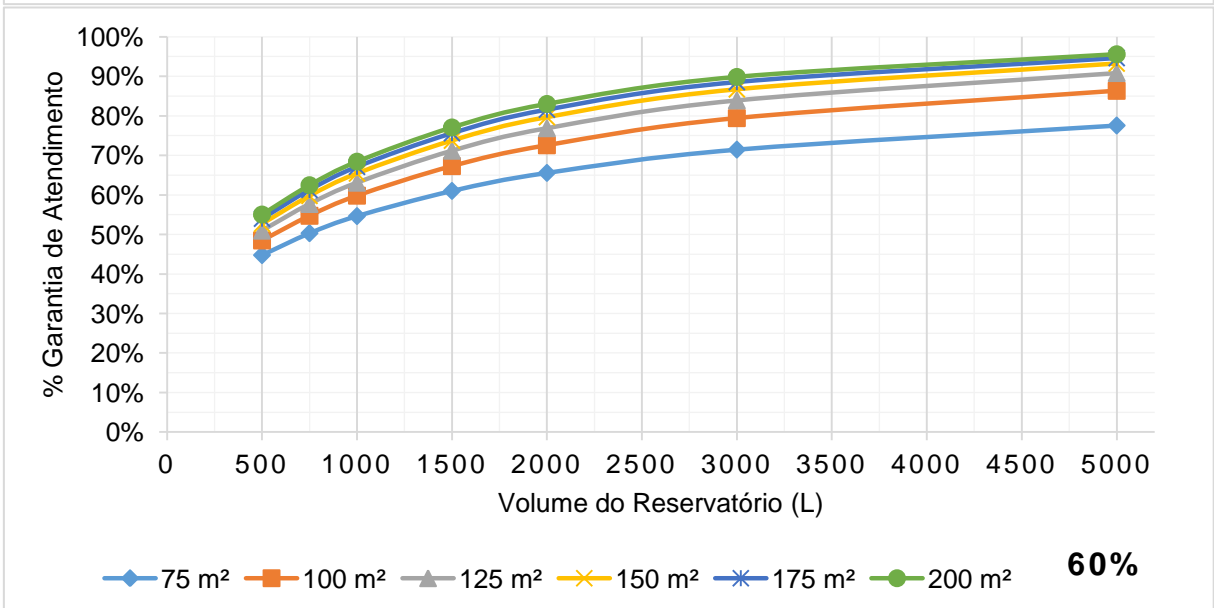
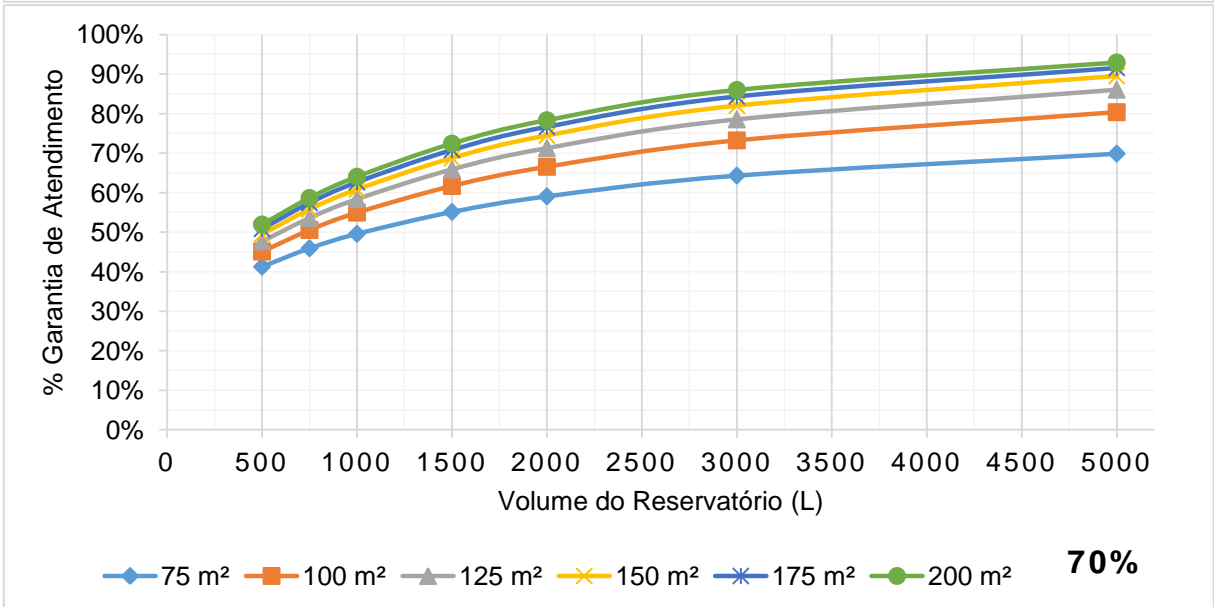
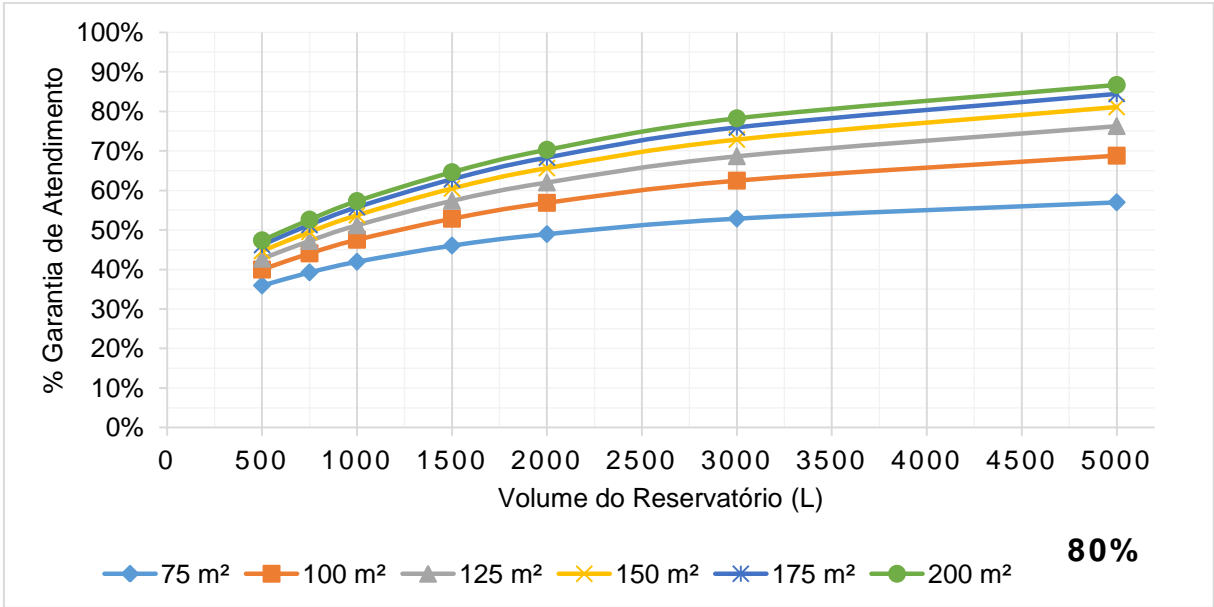


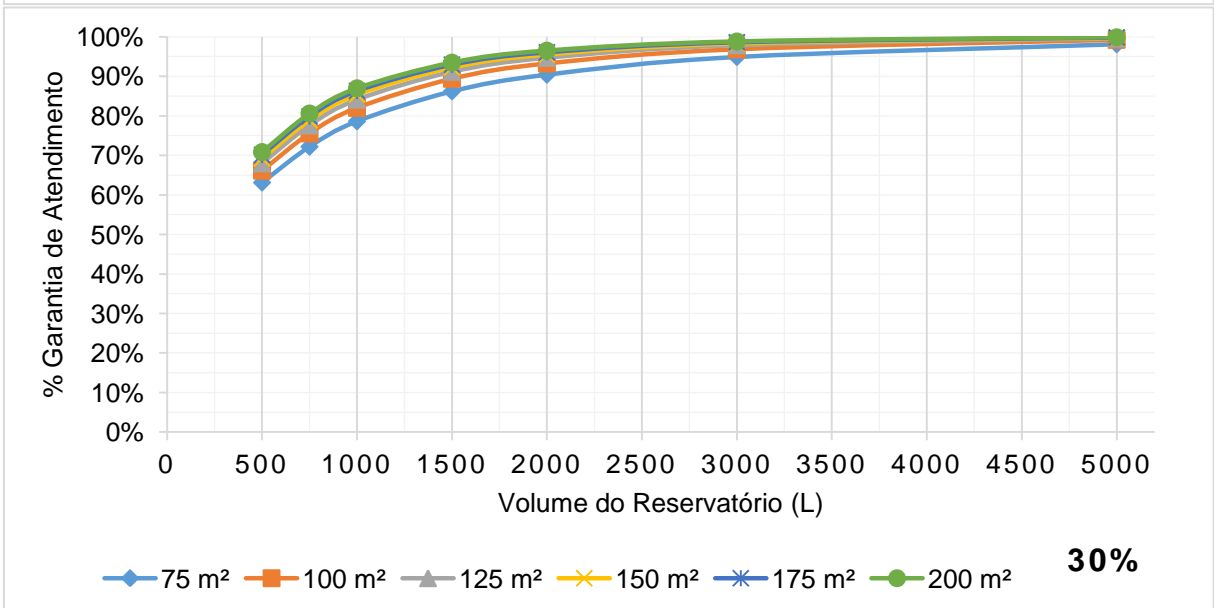
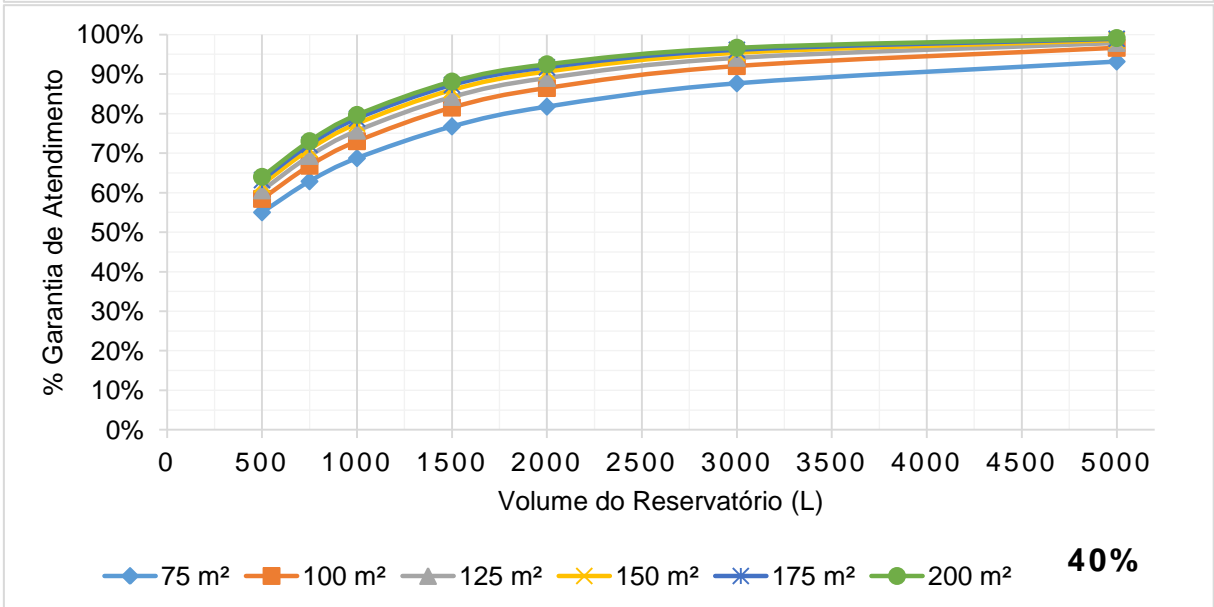
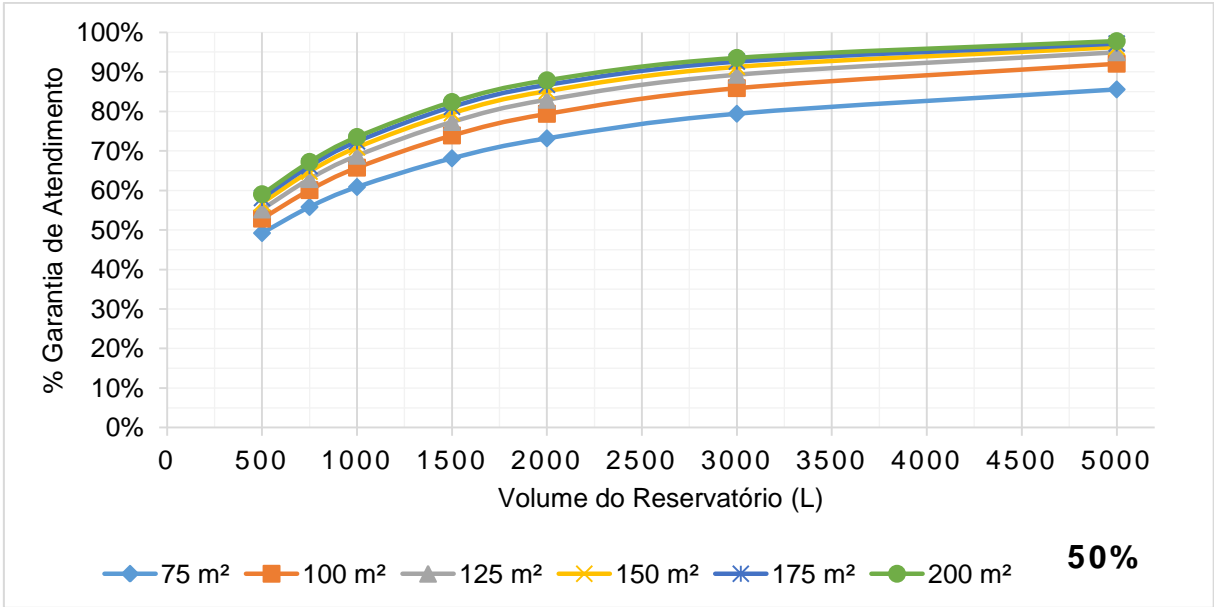
APÊNDICE VII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE DOM PEDRO DE ALCANTARA

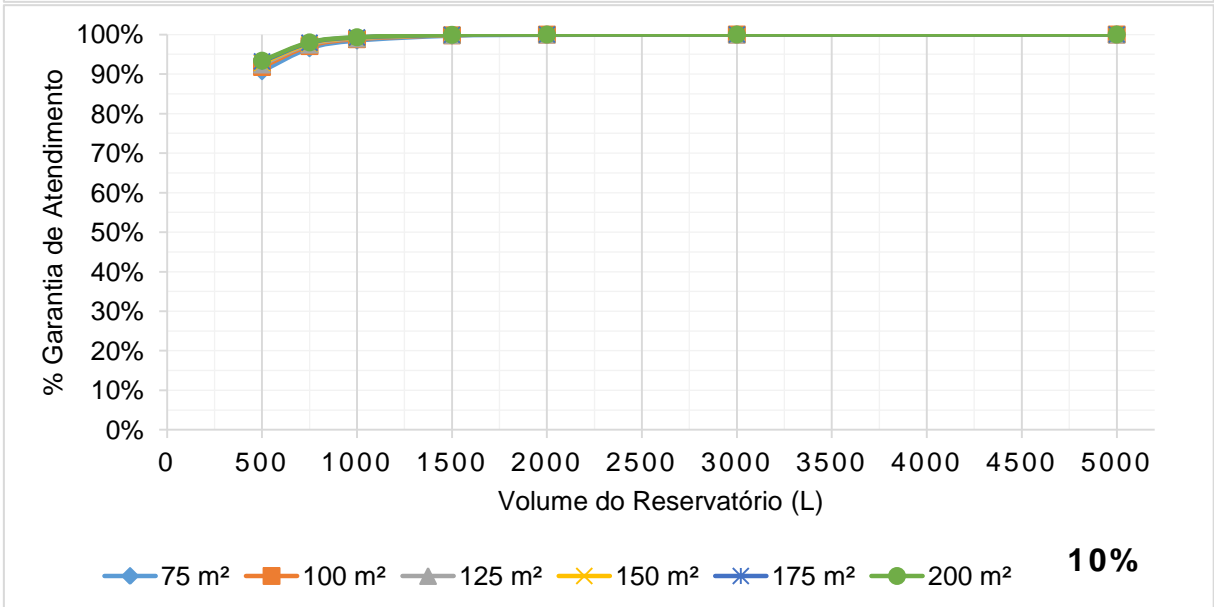
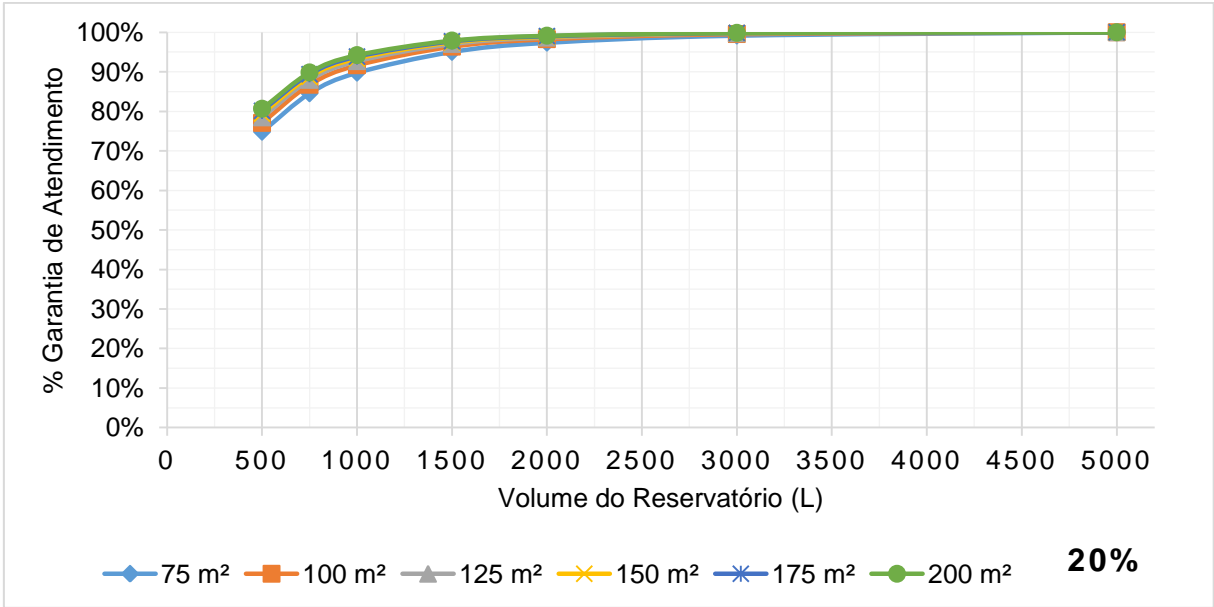
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Dom Pedro de Alcantara. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

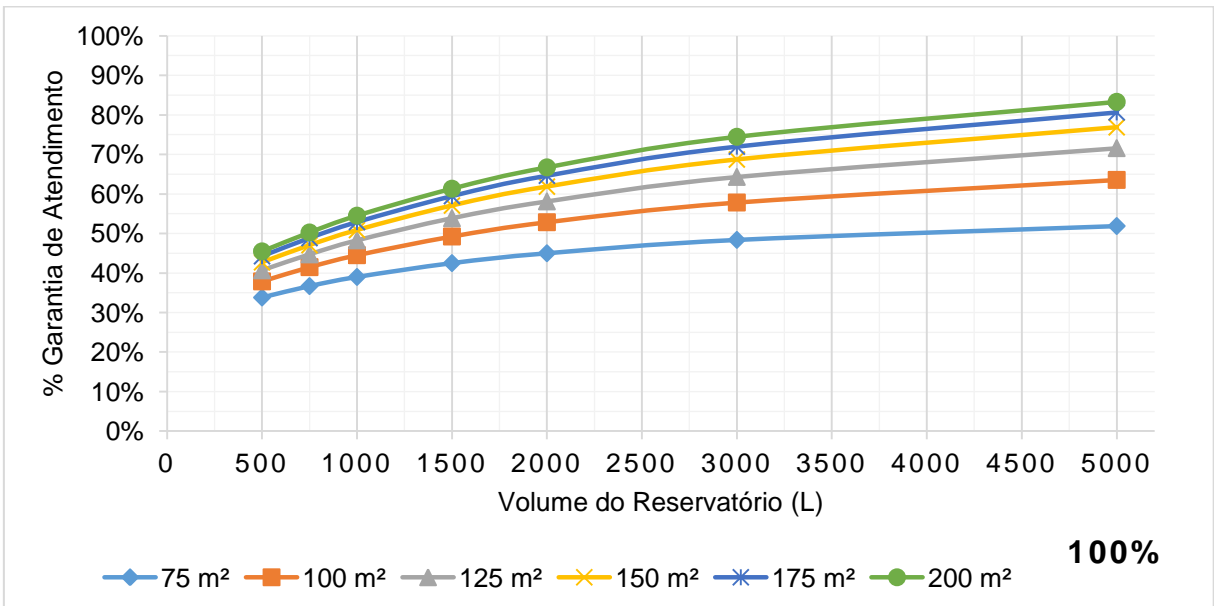


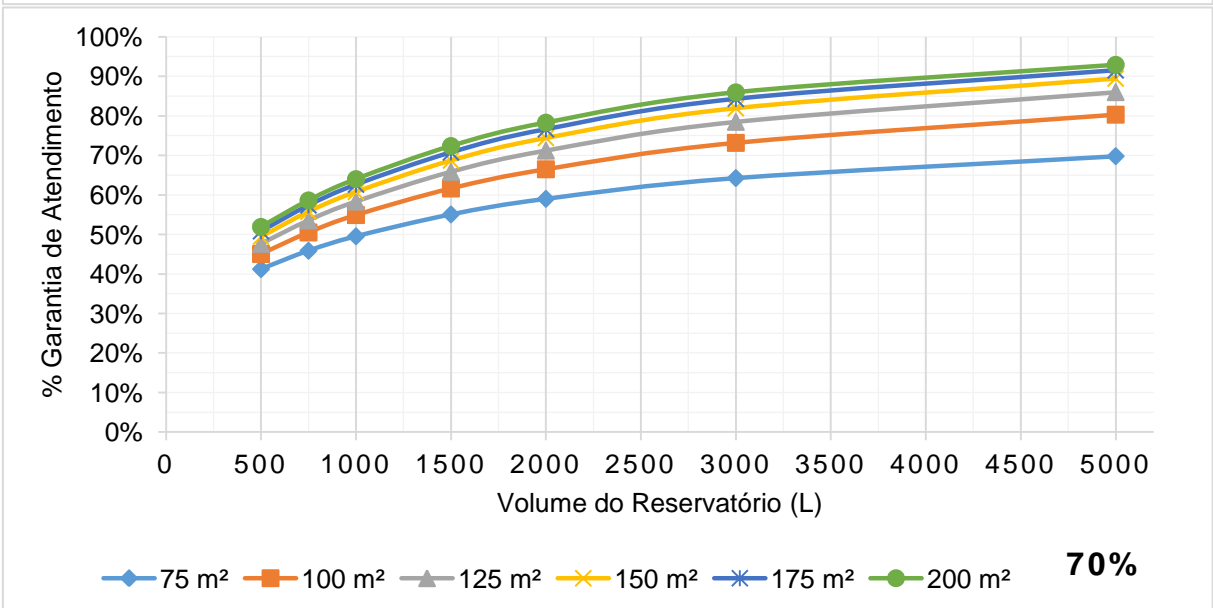
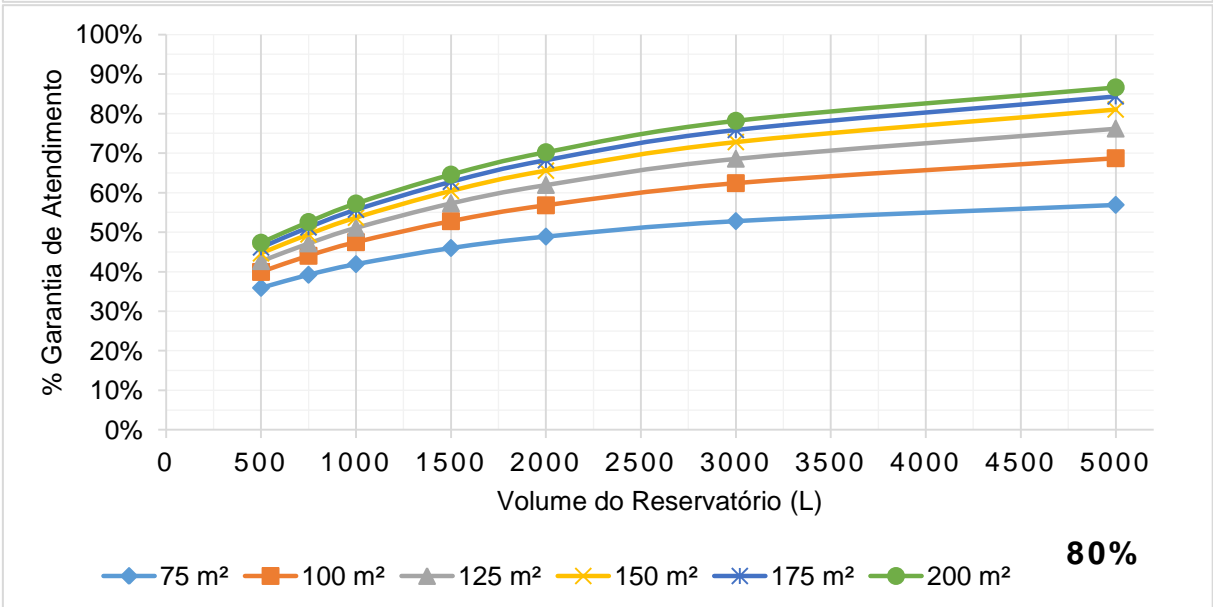
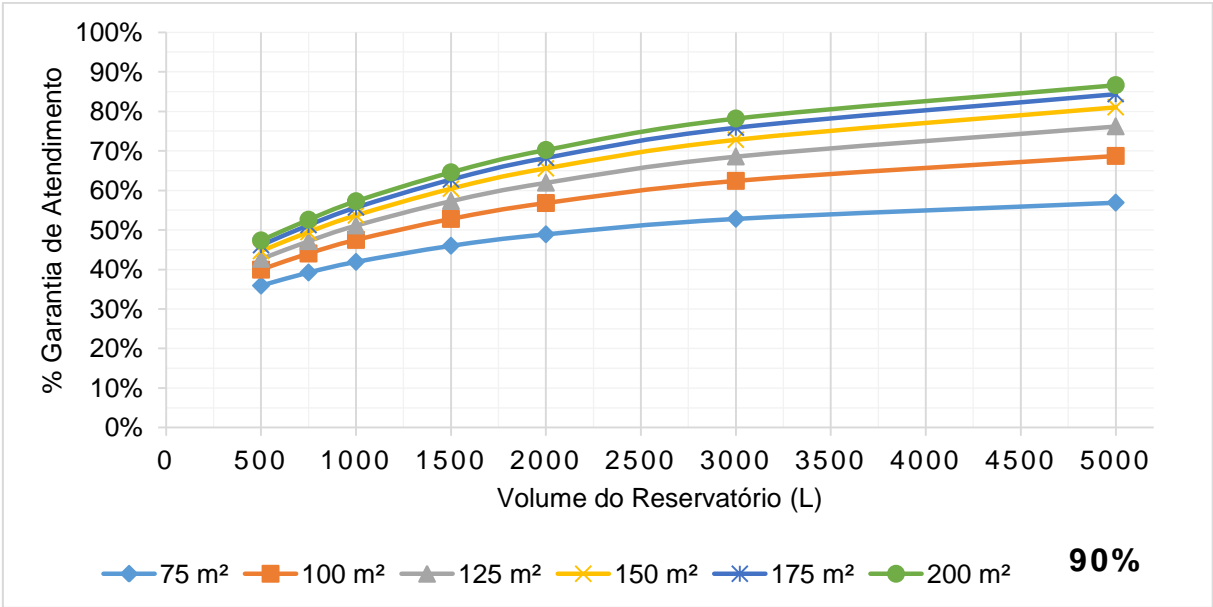


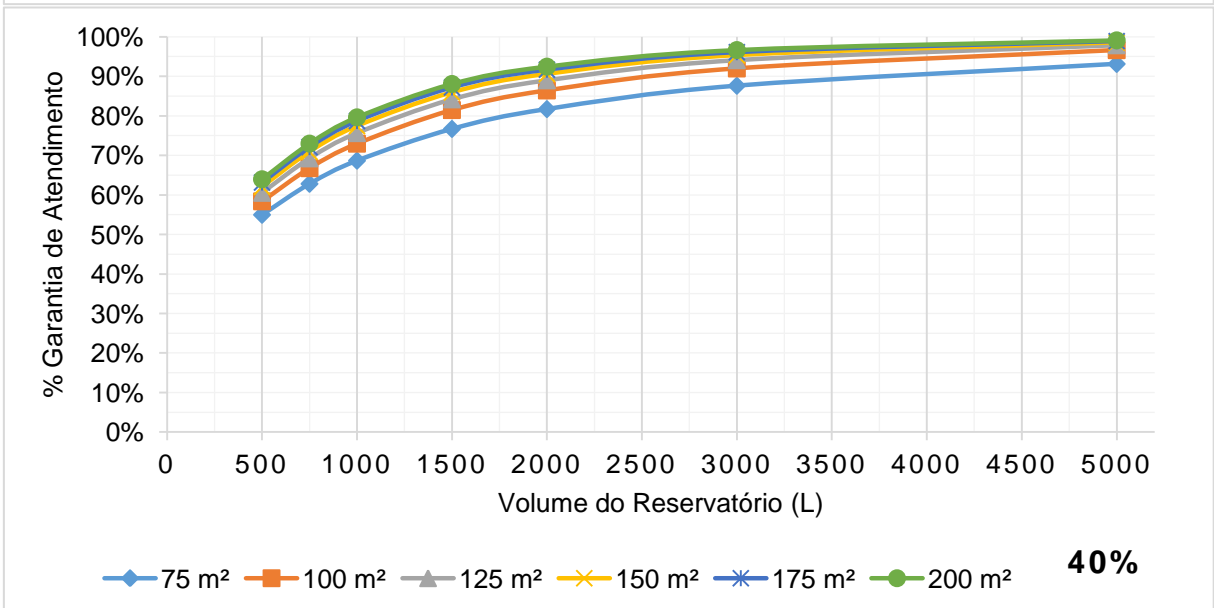
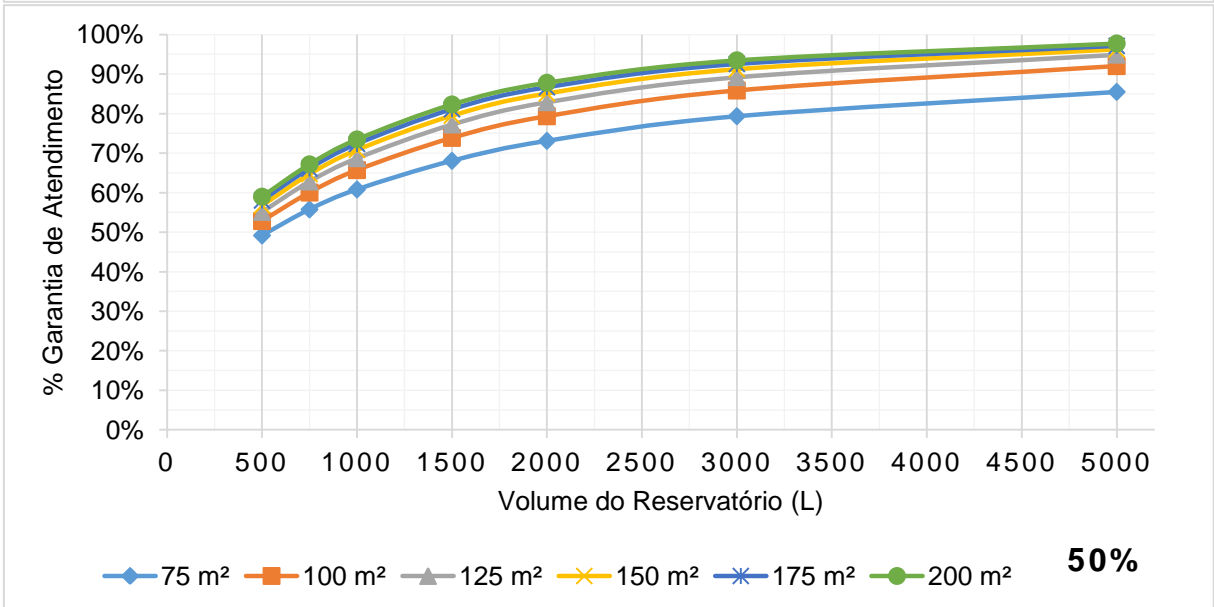
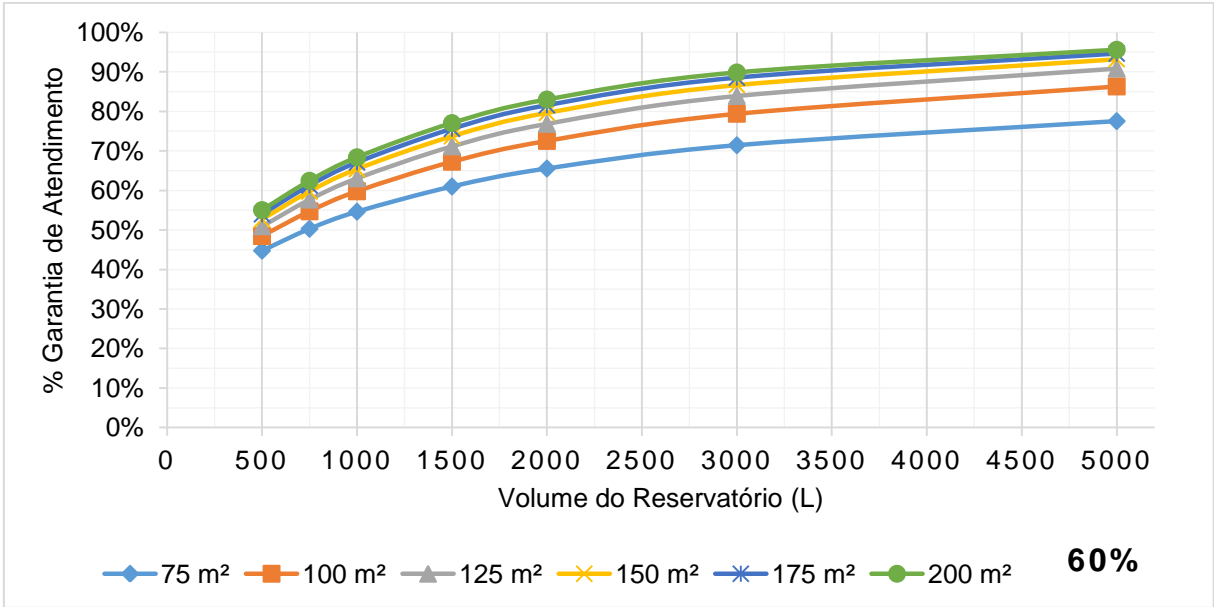




• Zona Rural



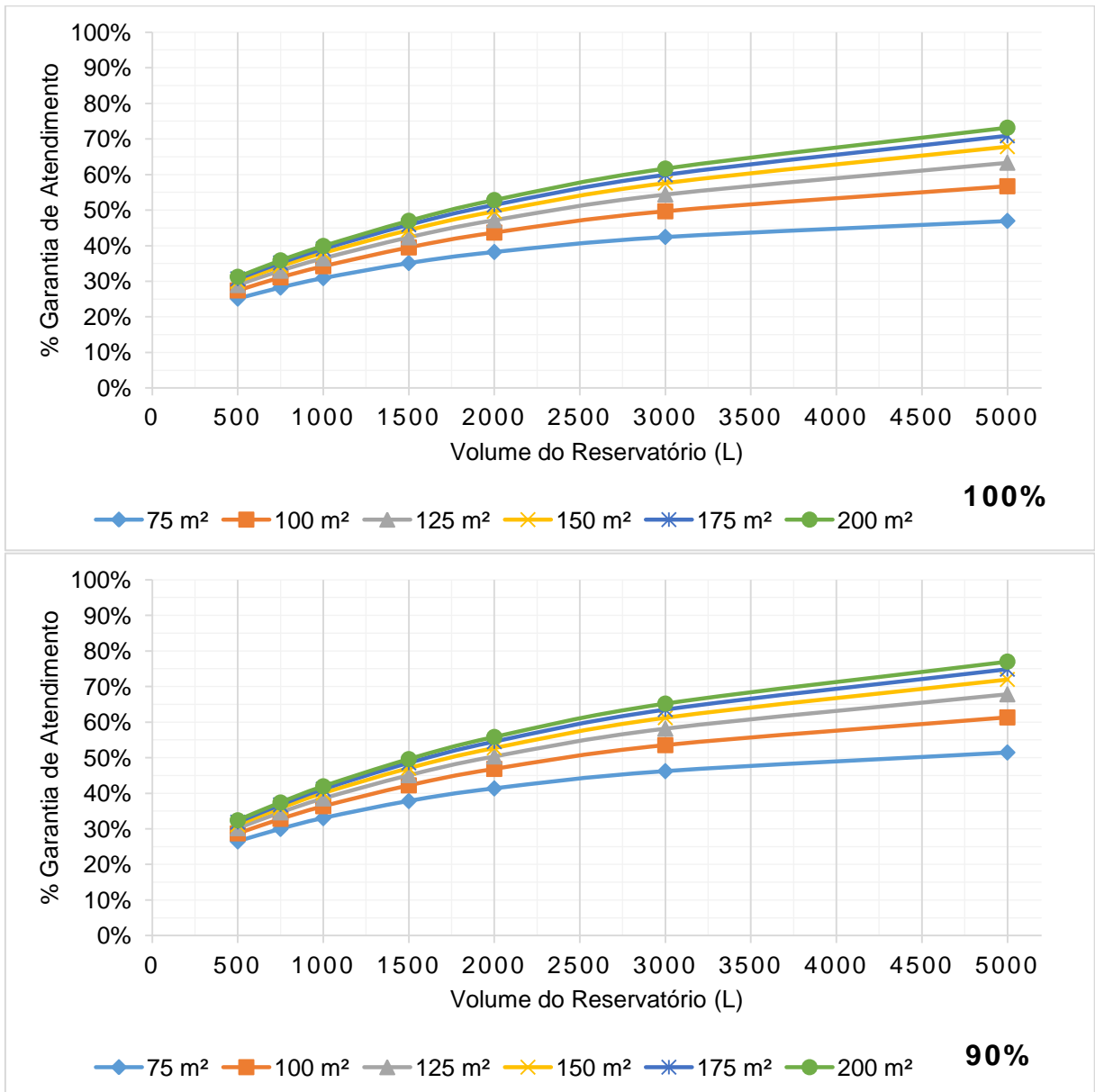


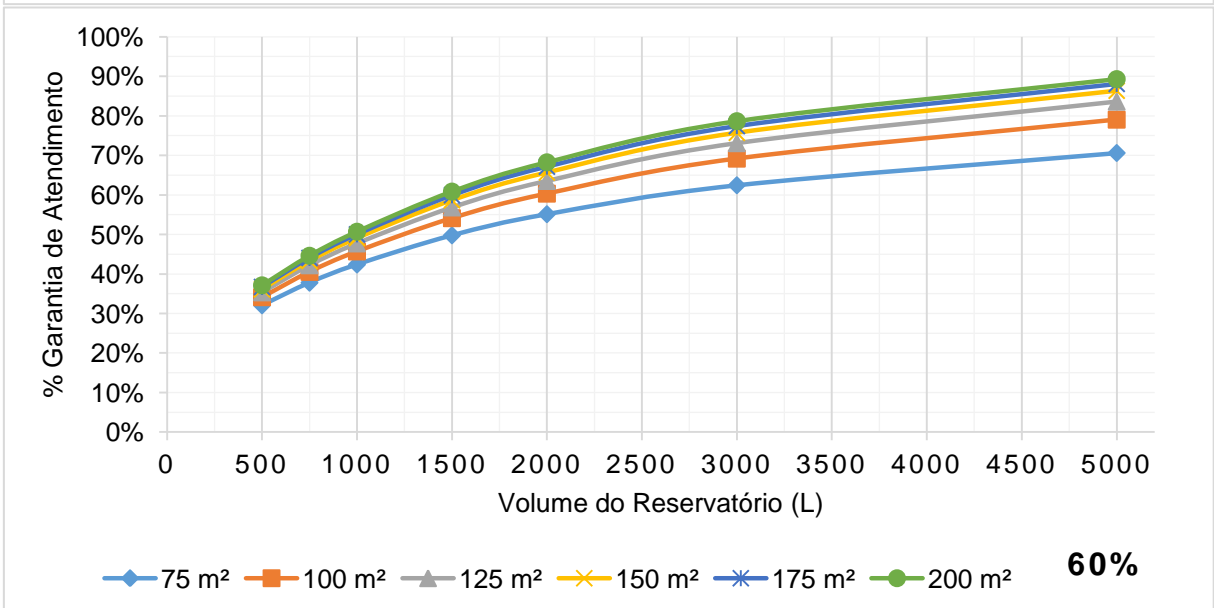
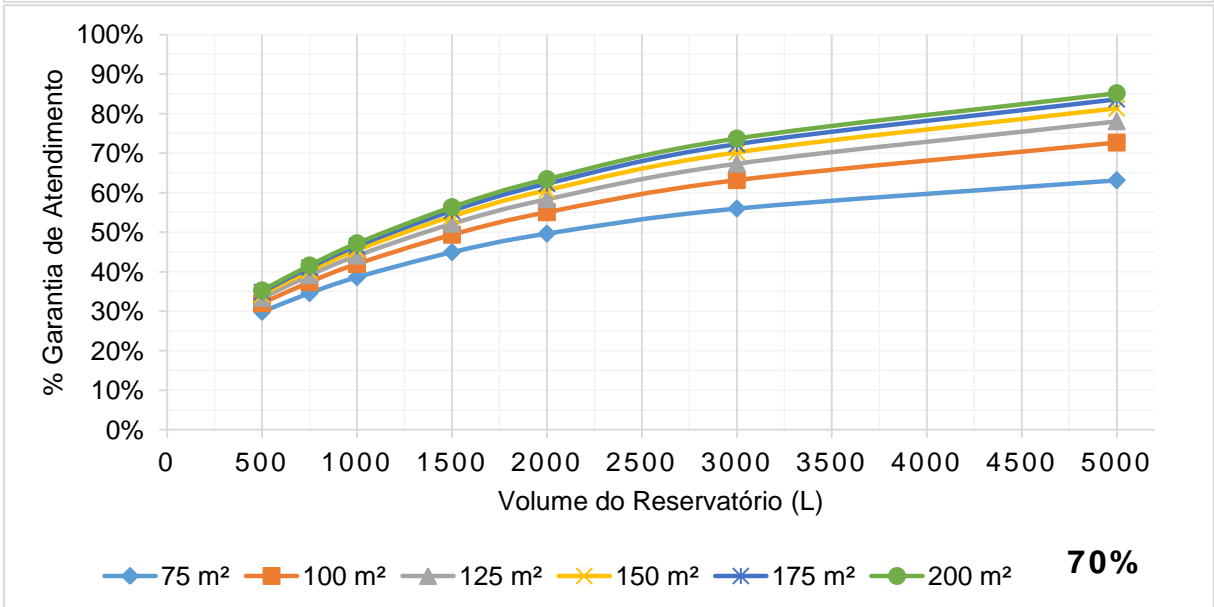
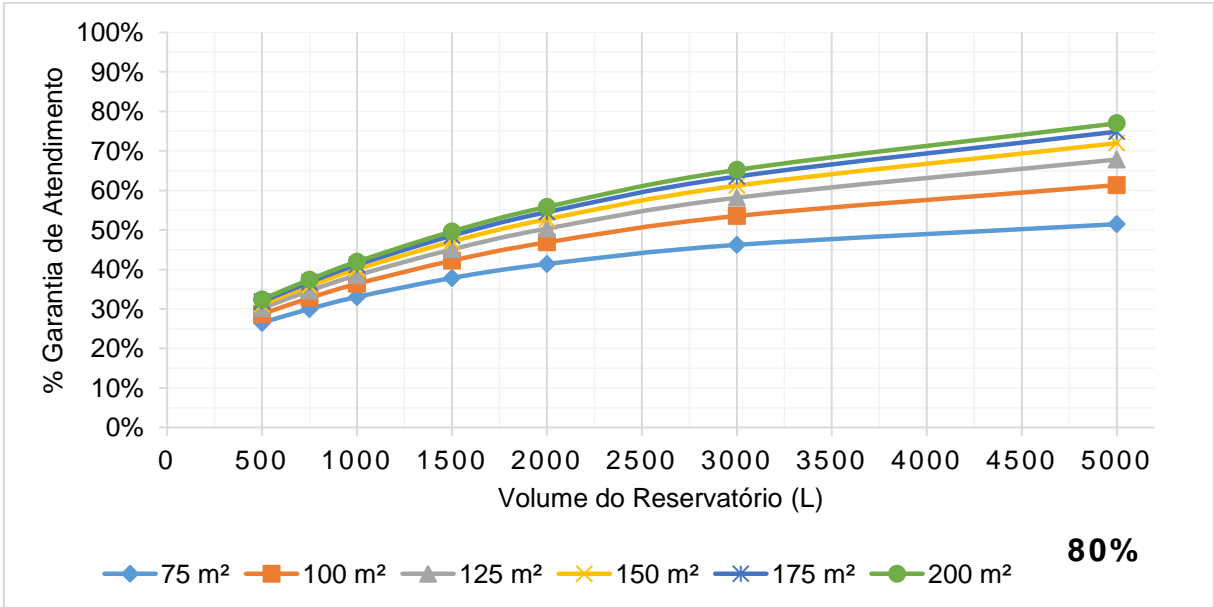


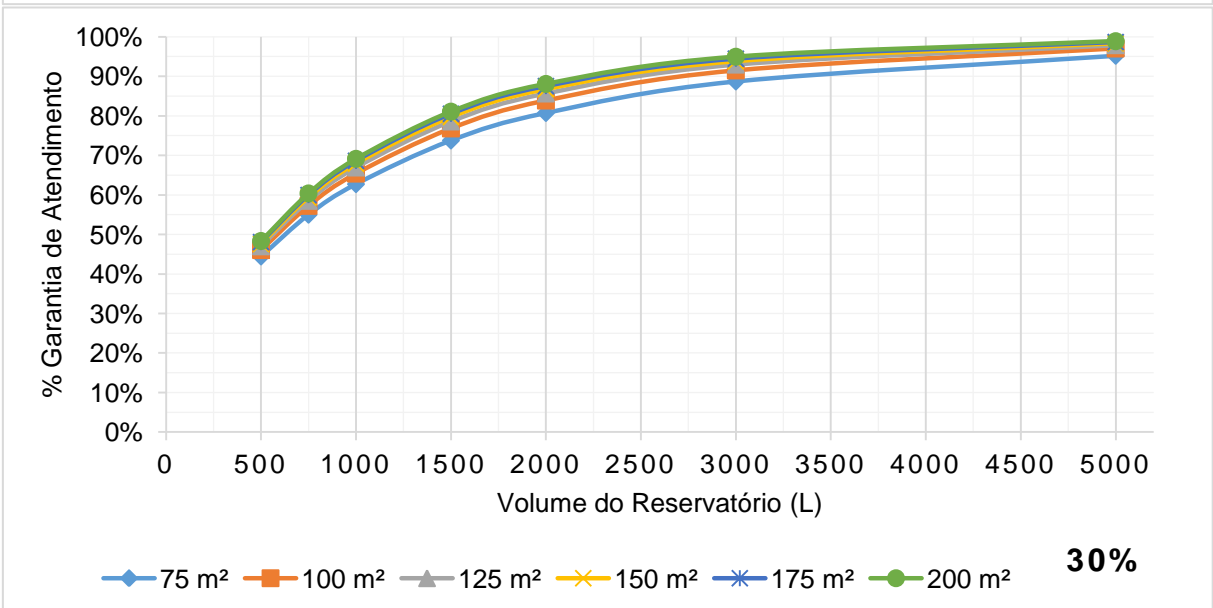
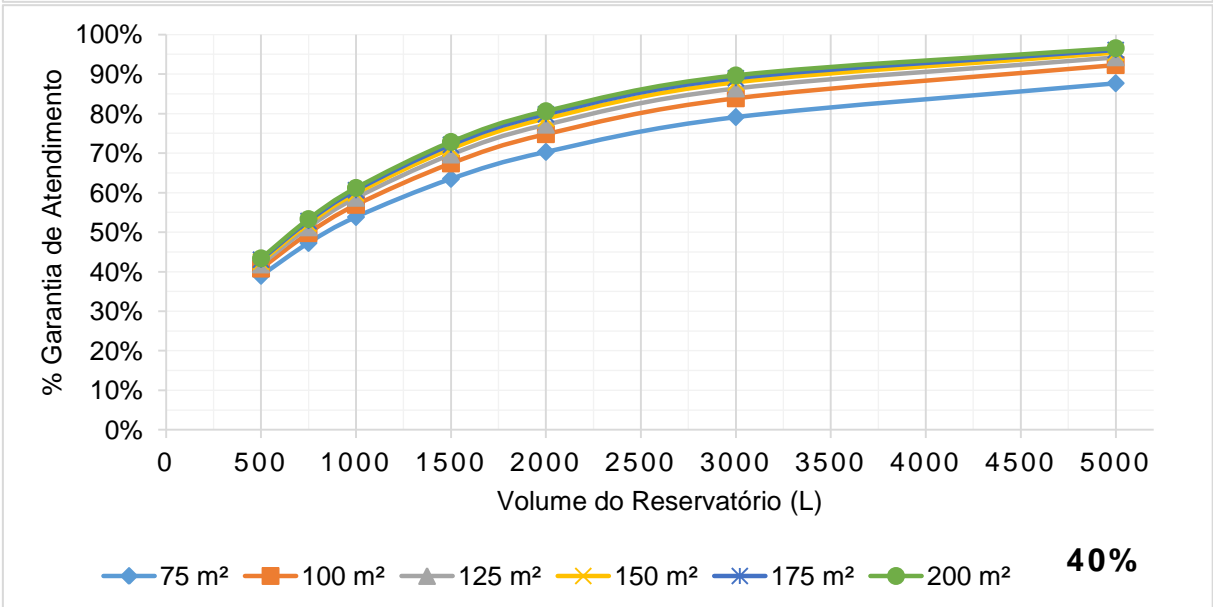
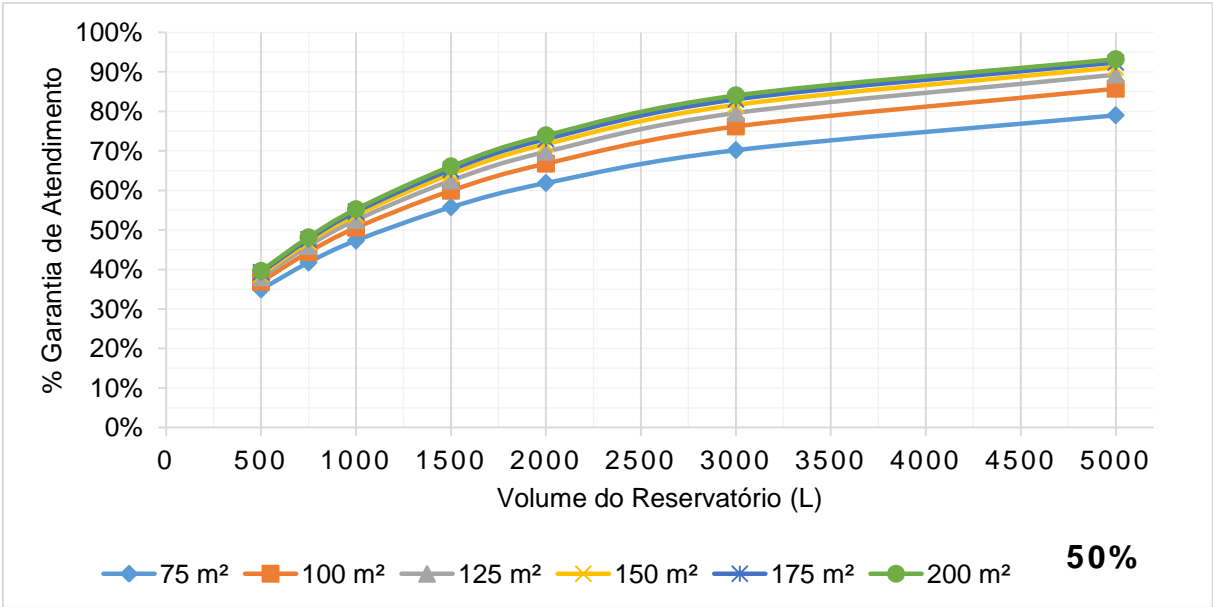
APÊNDICE VIII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE DONA FRANCISCA

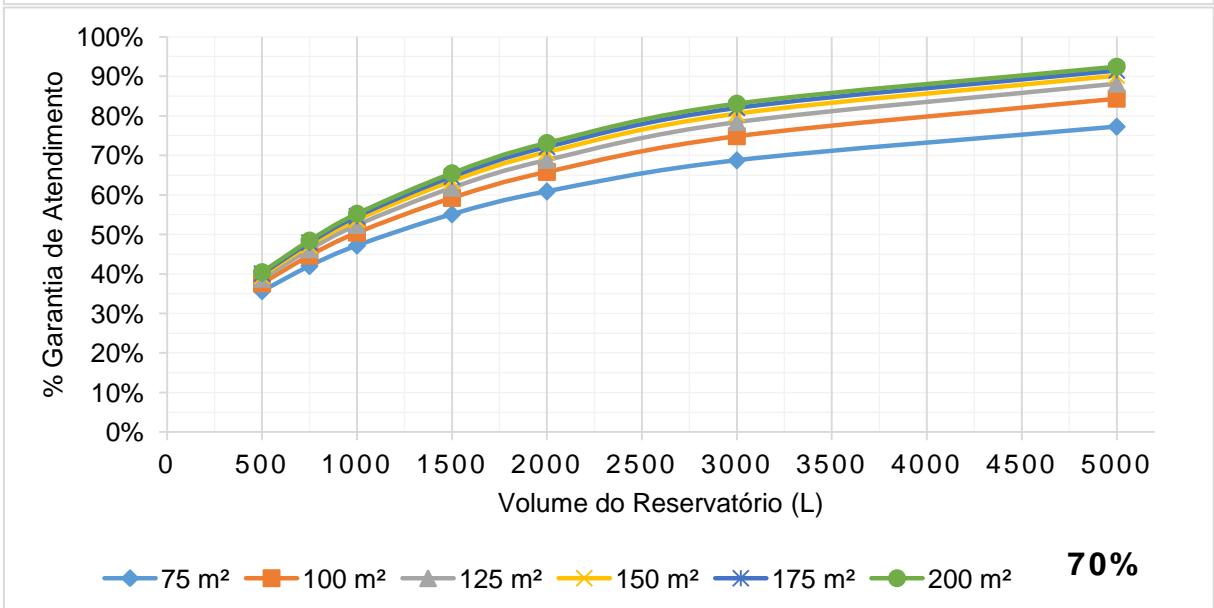
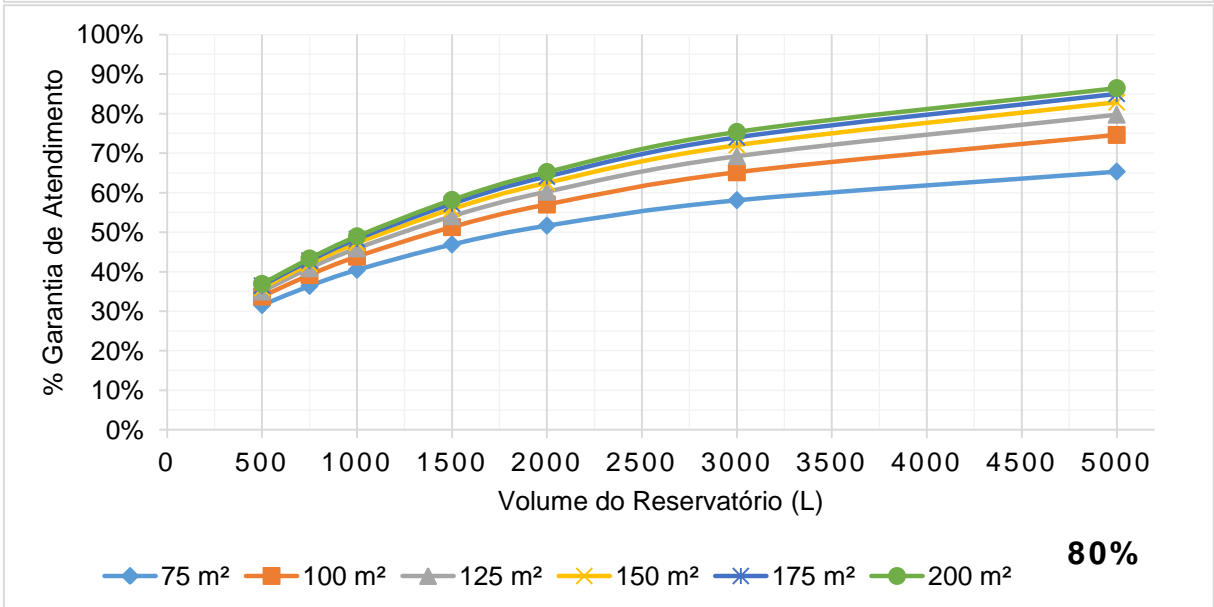
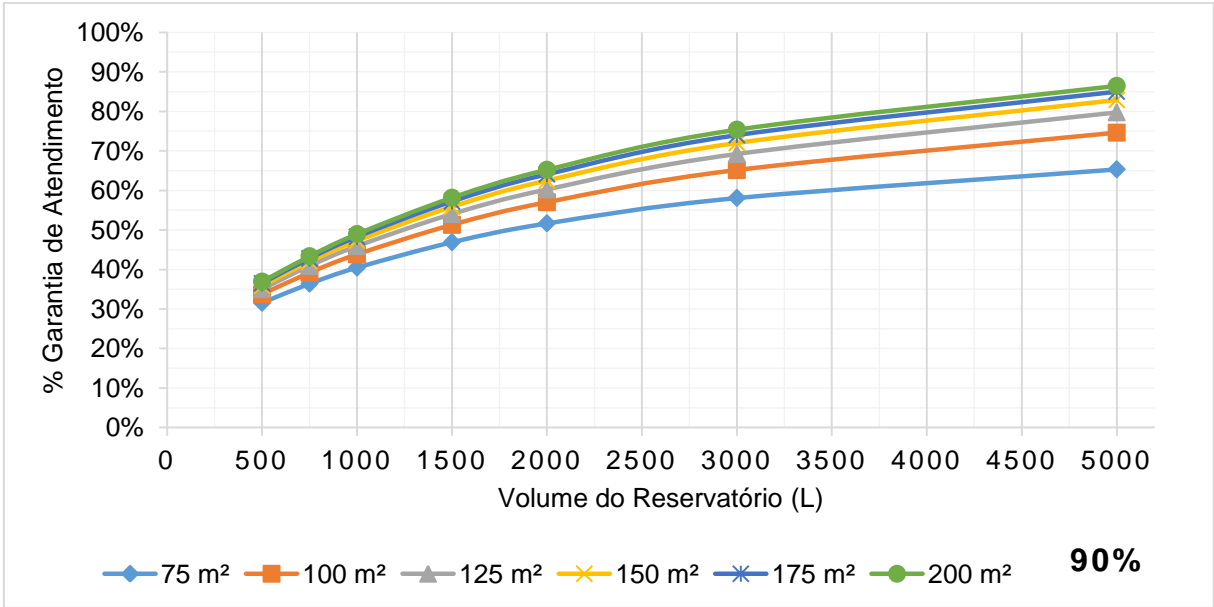
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Dona Francisca. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

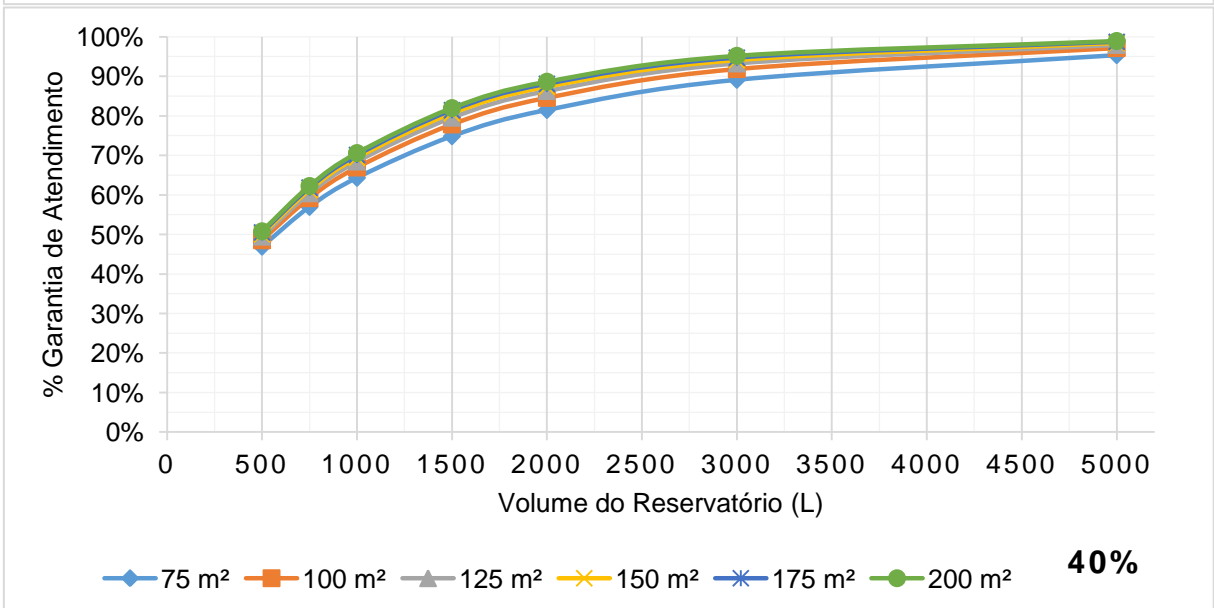
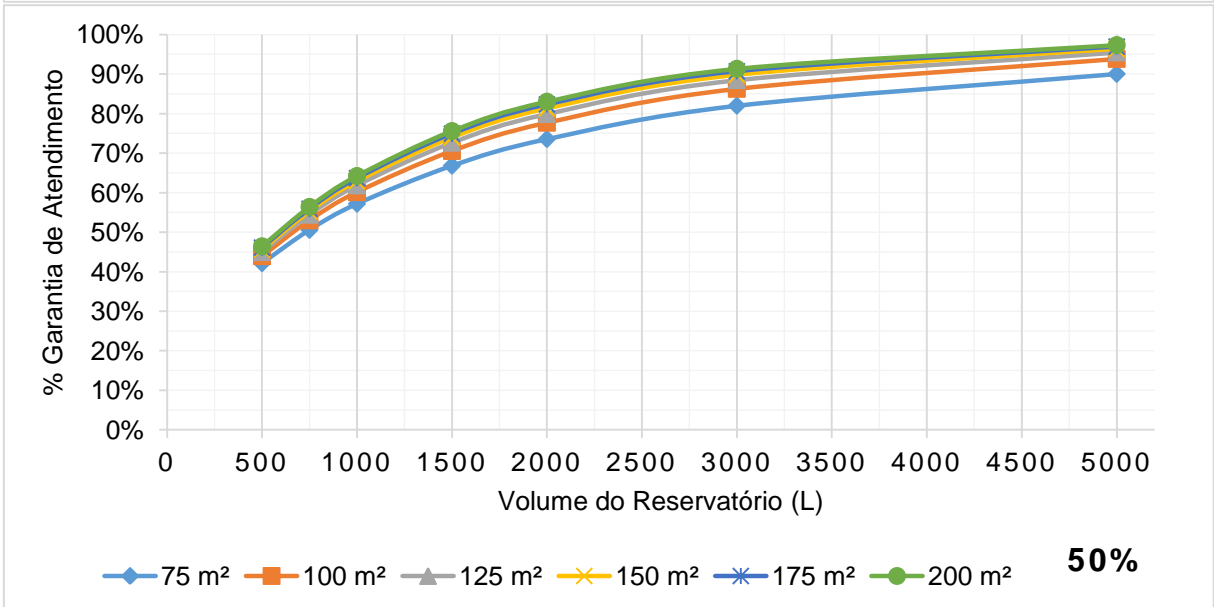
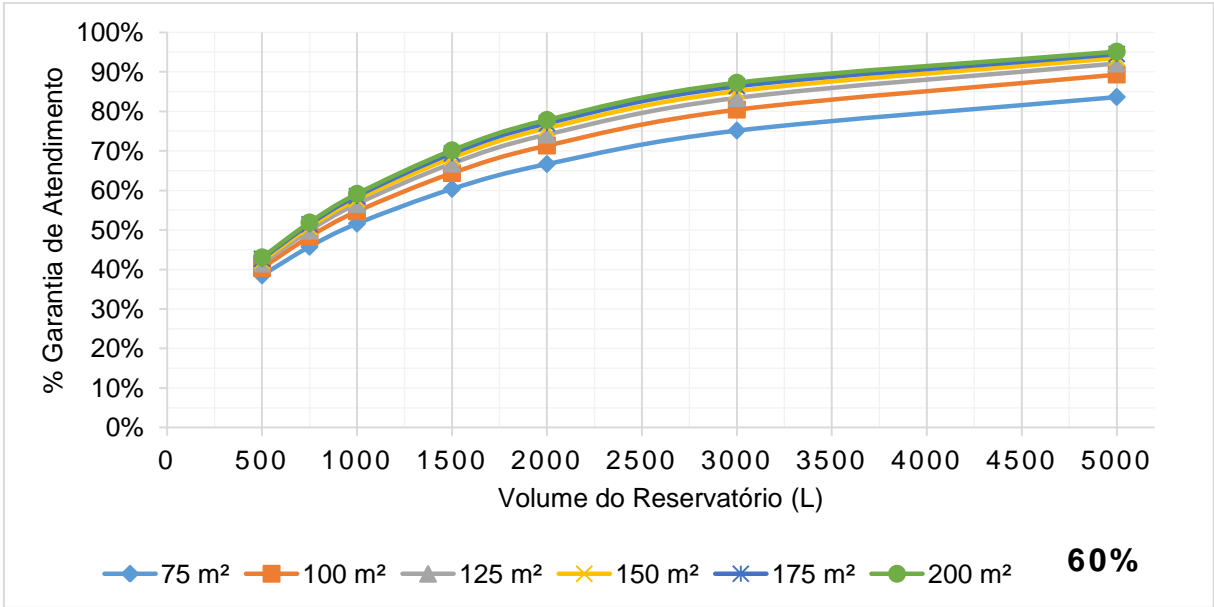
- Zona Urbana







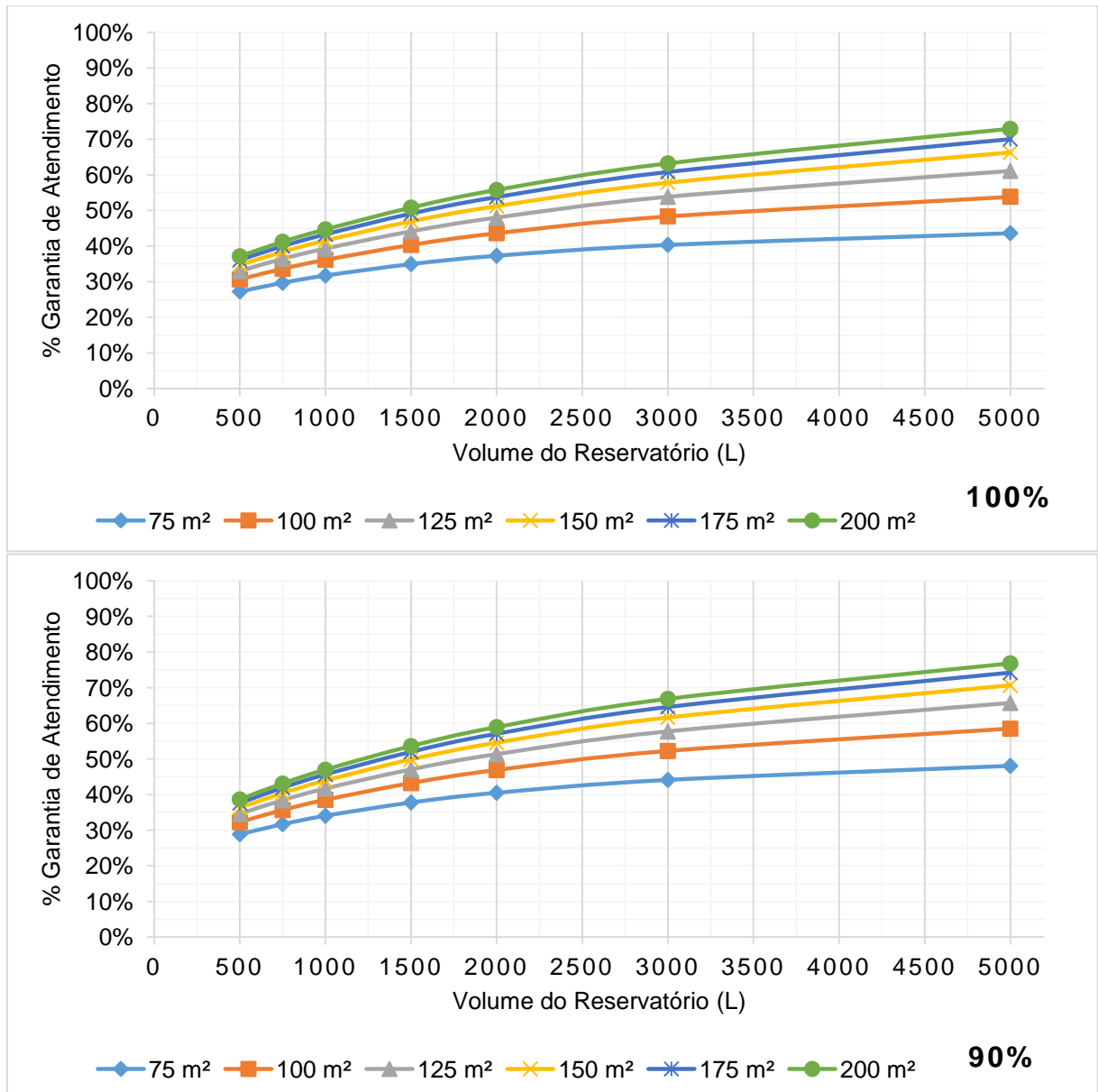


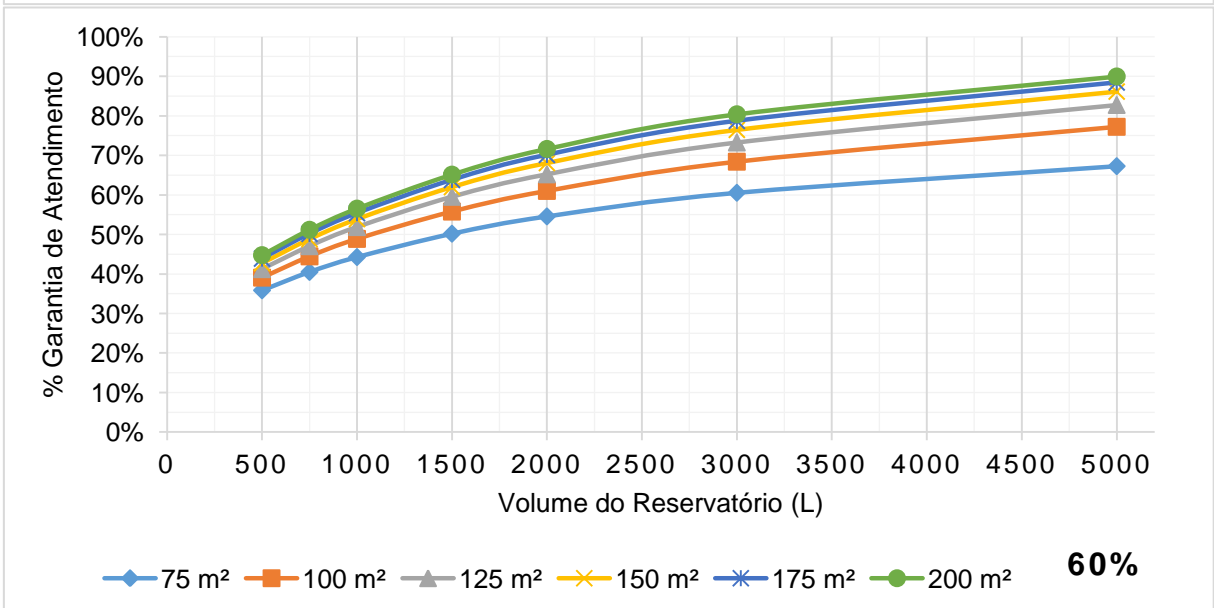
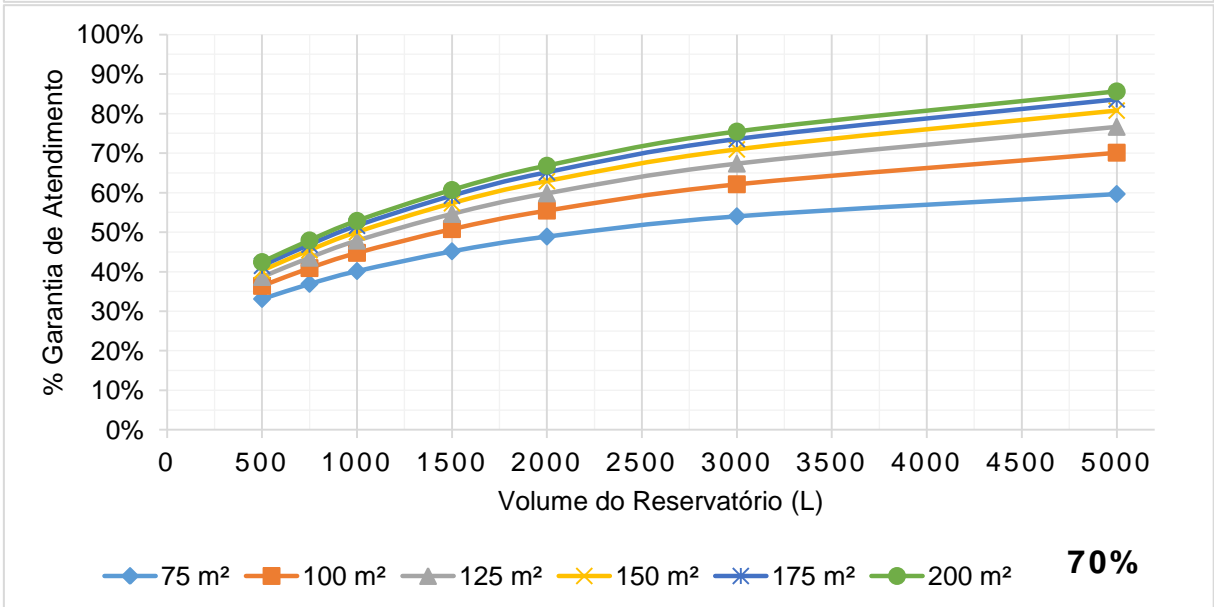
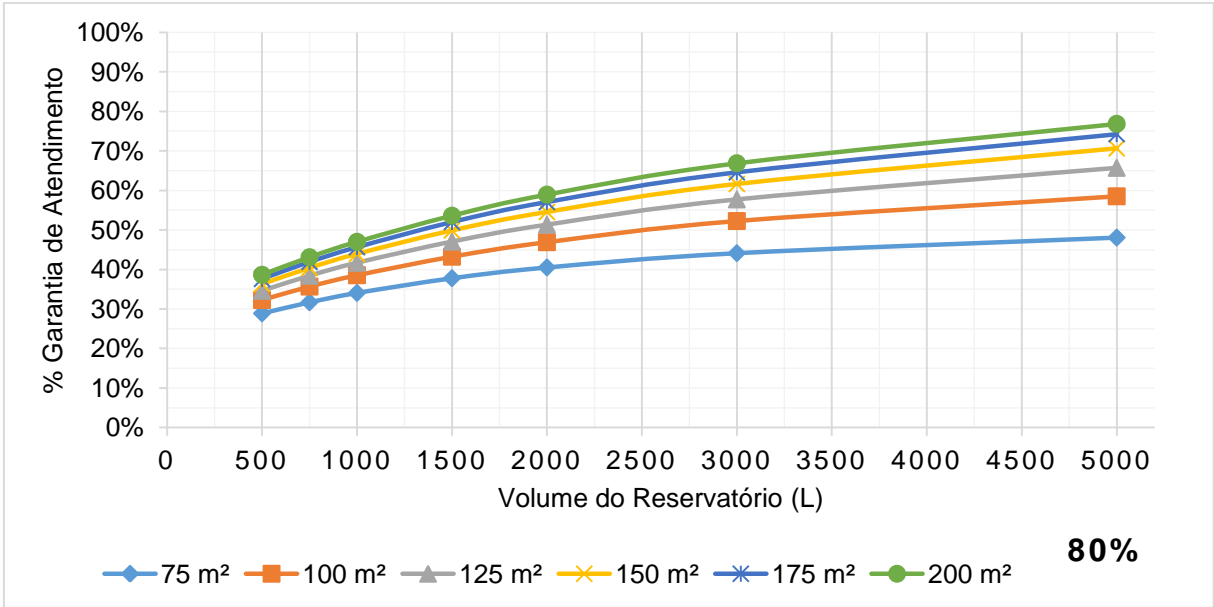


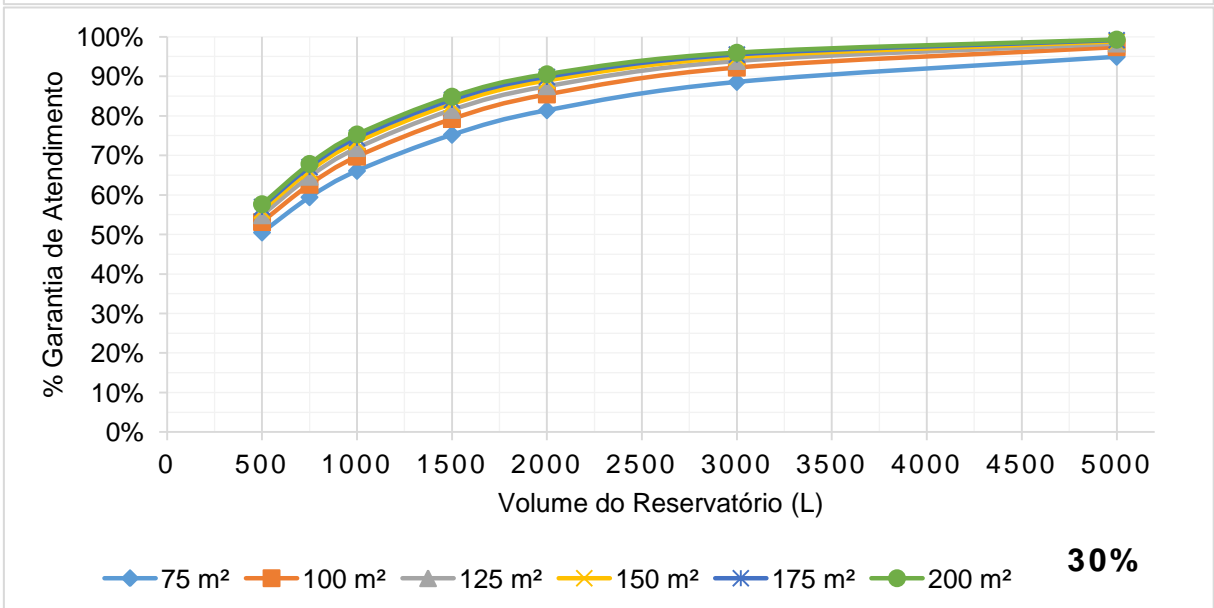
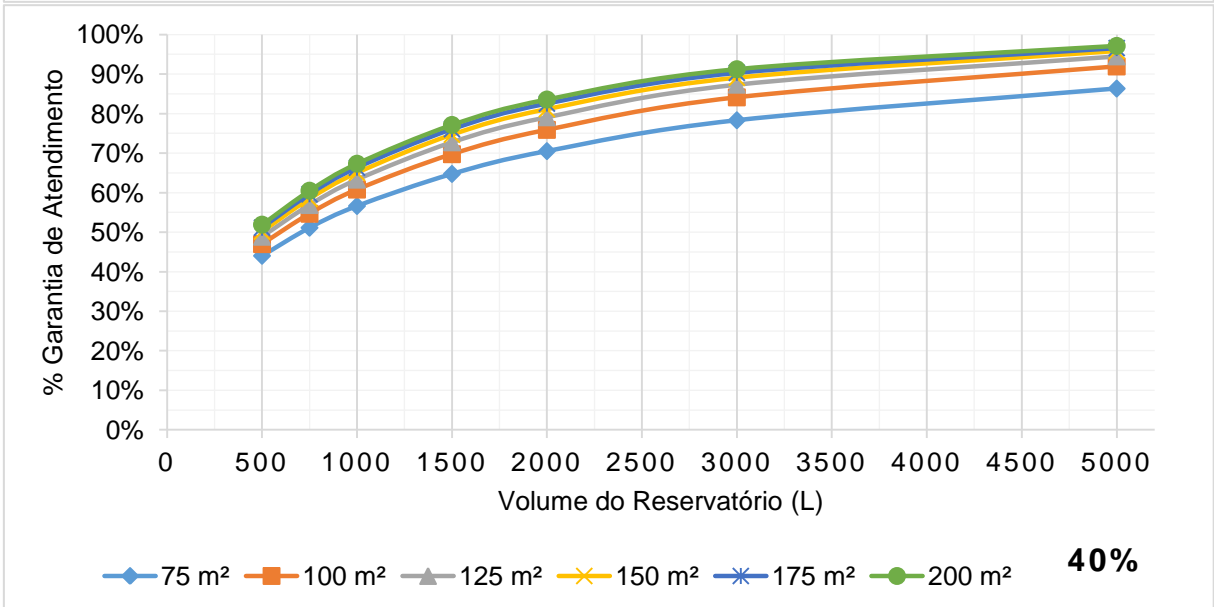
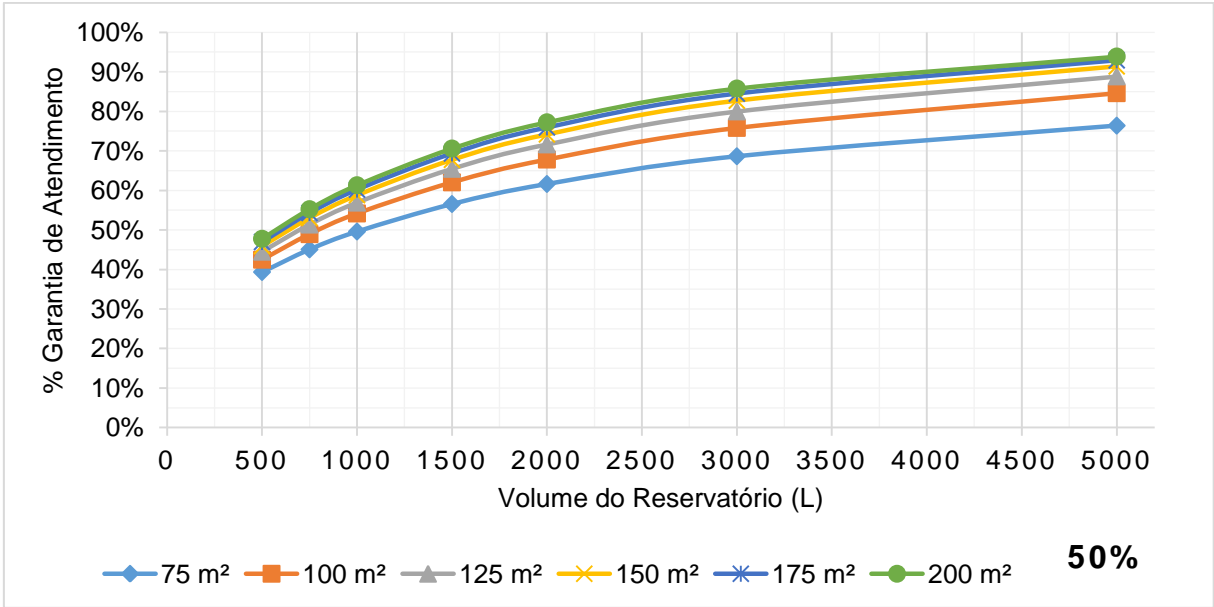
APÊNDICE IX - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE ESPUMOSO

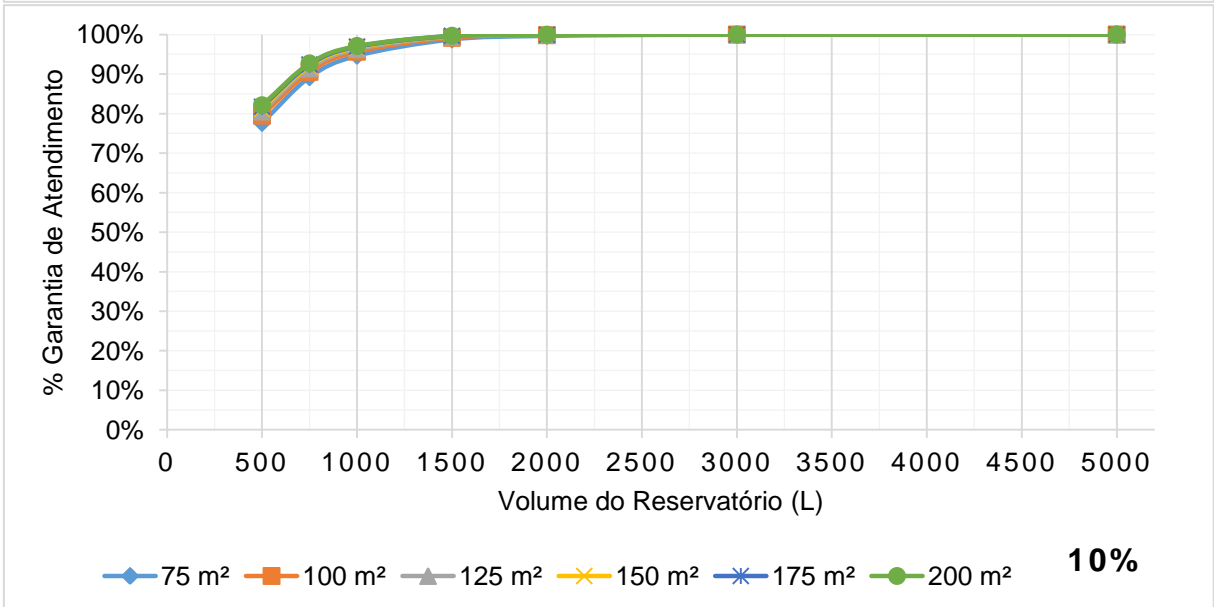
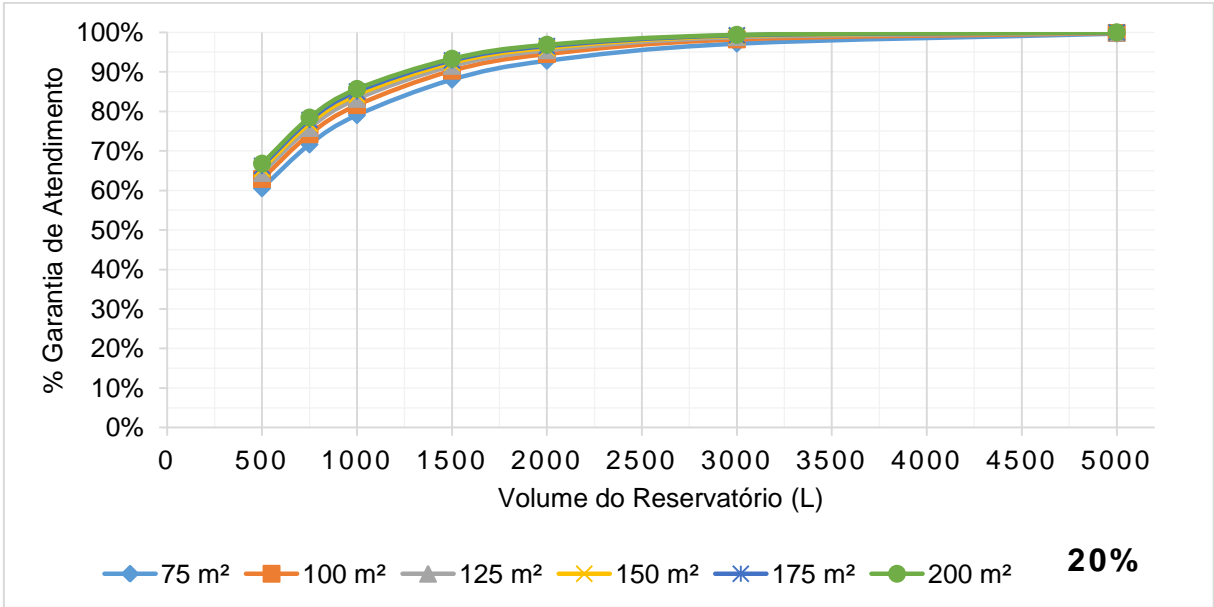
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Espumoso. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

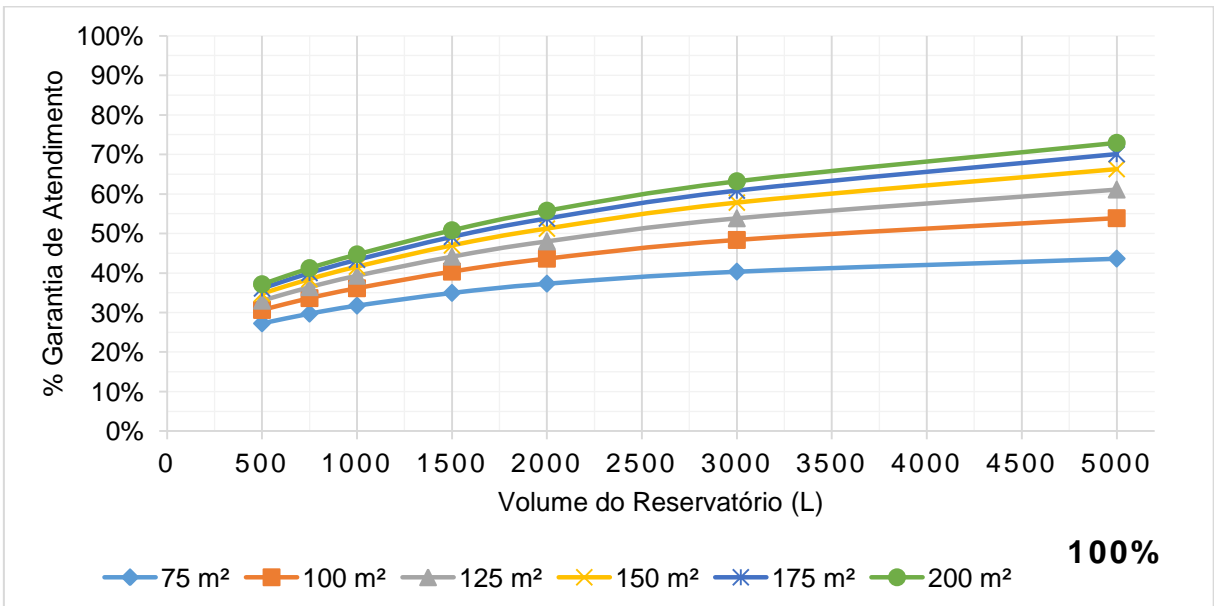


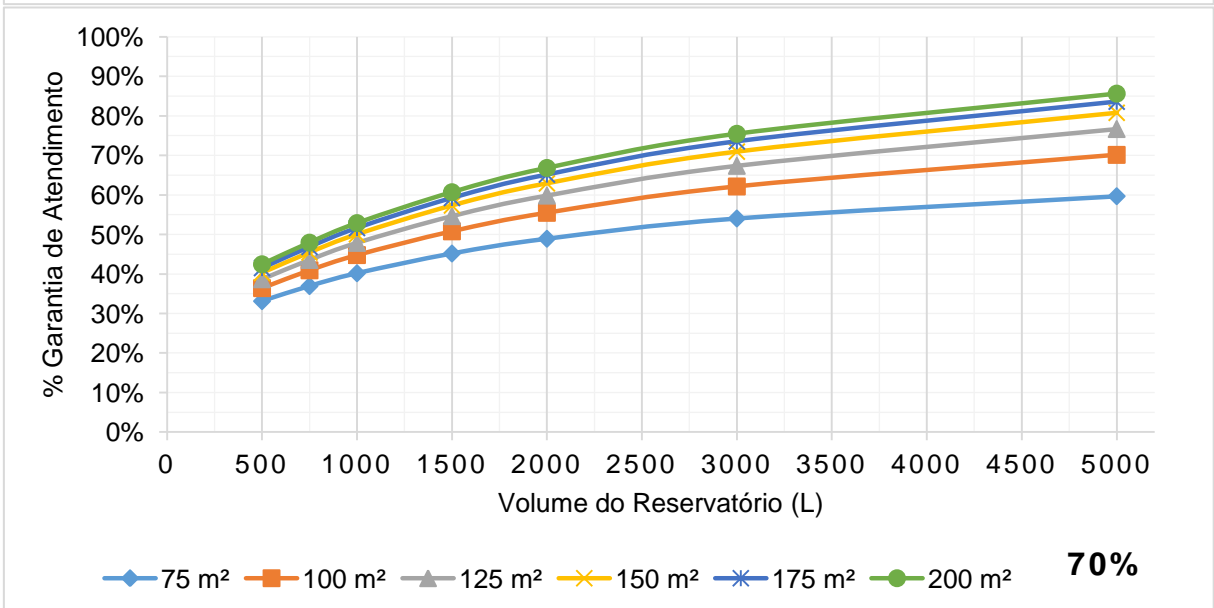
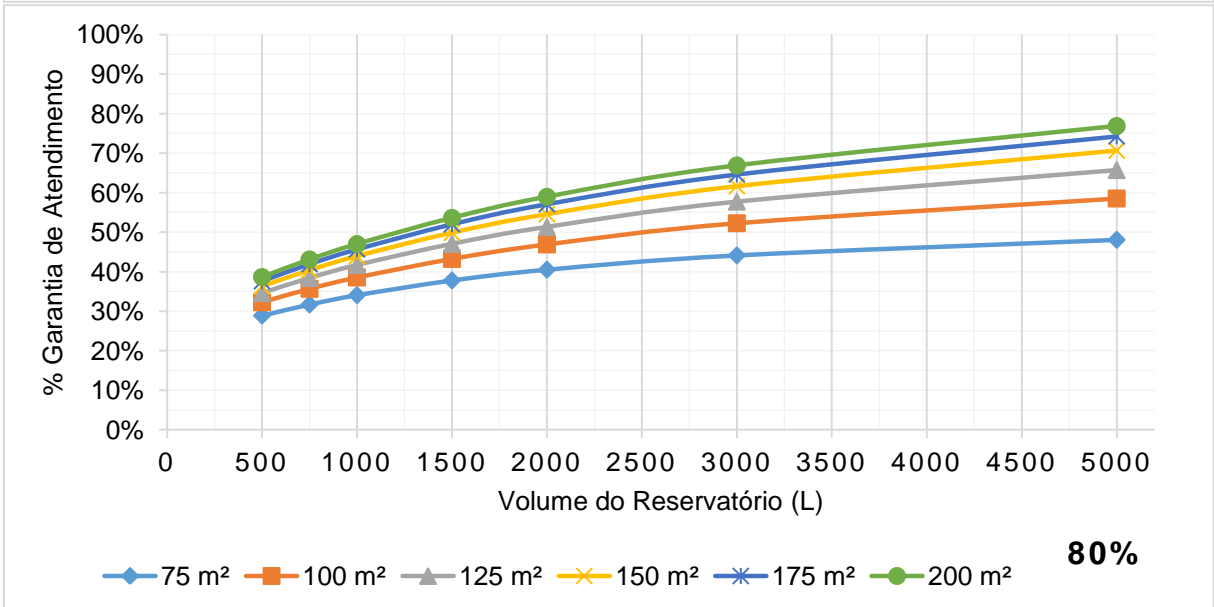
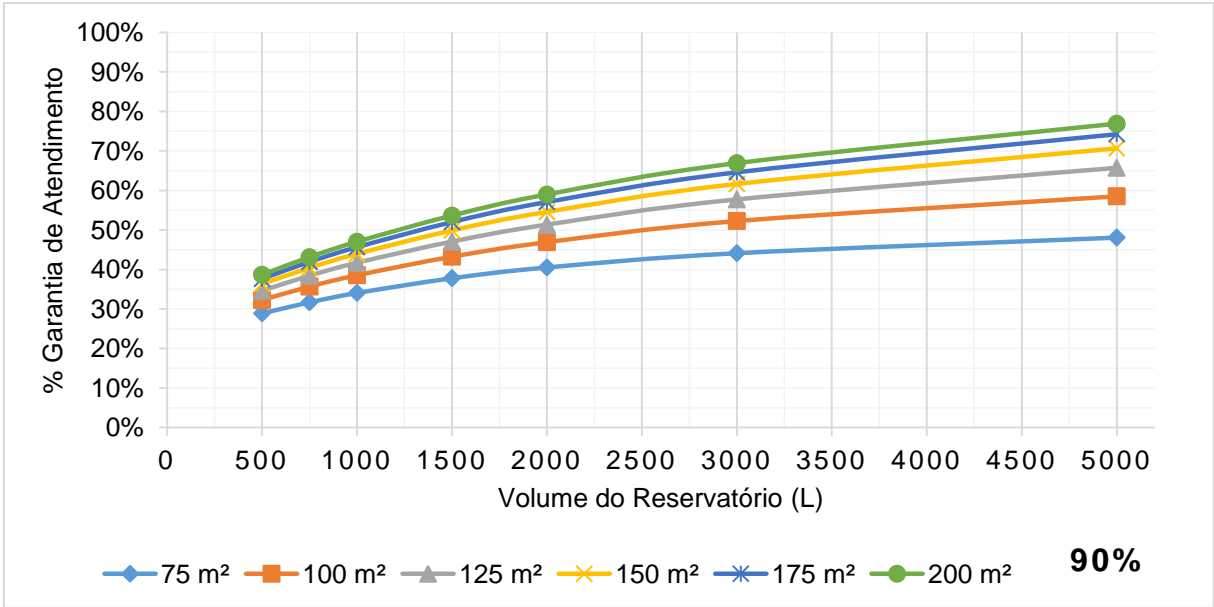


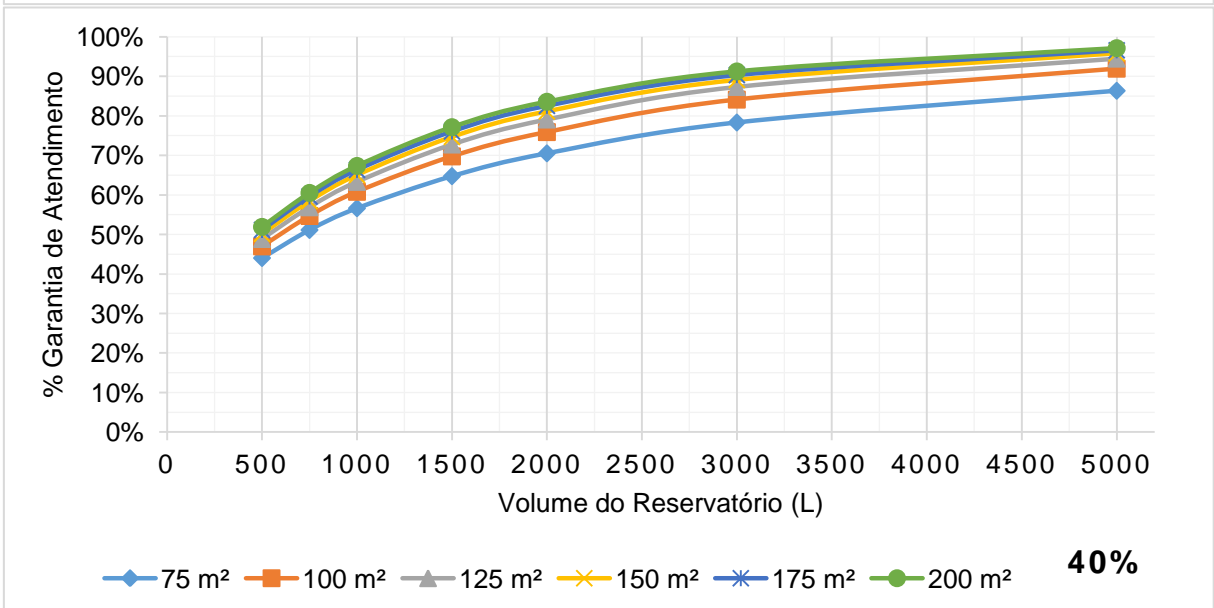
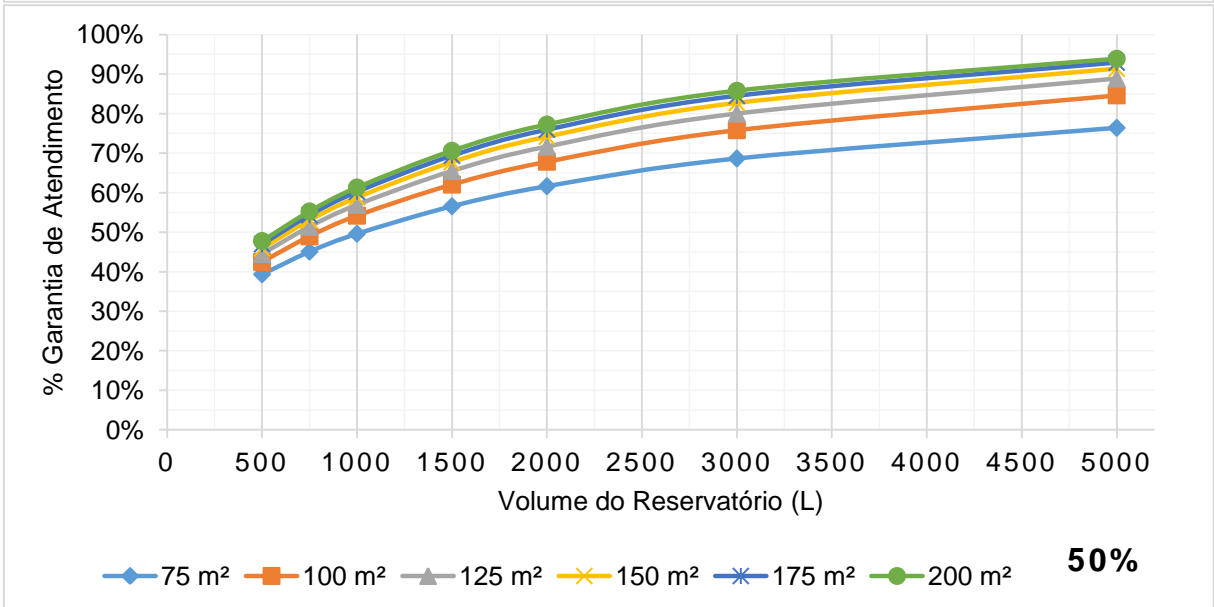
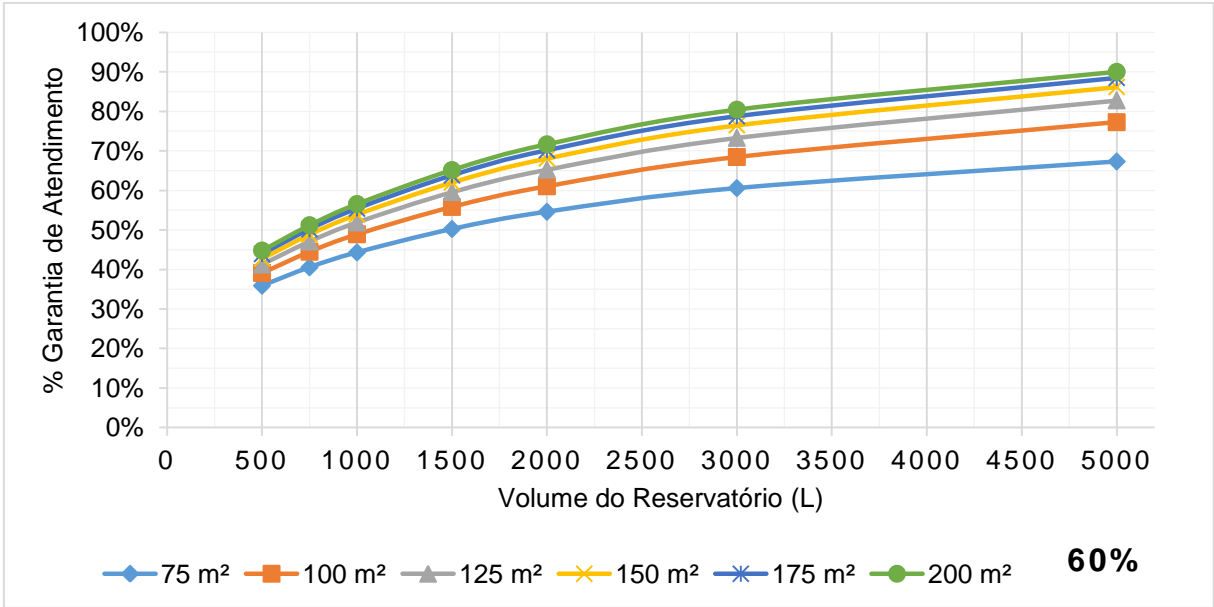




• Zona Rural



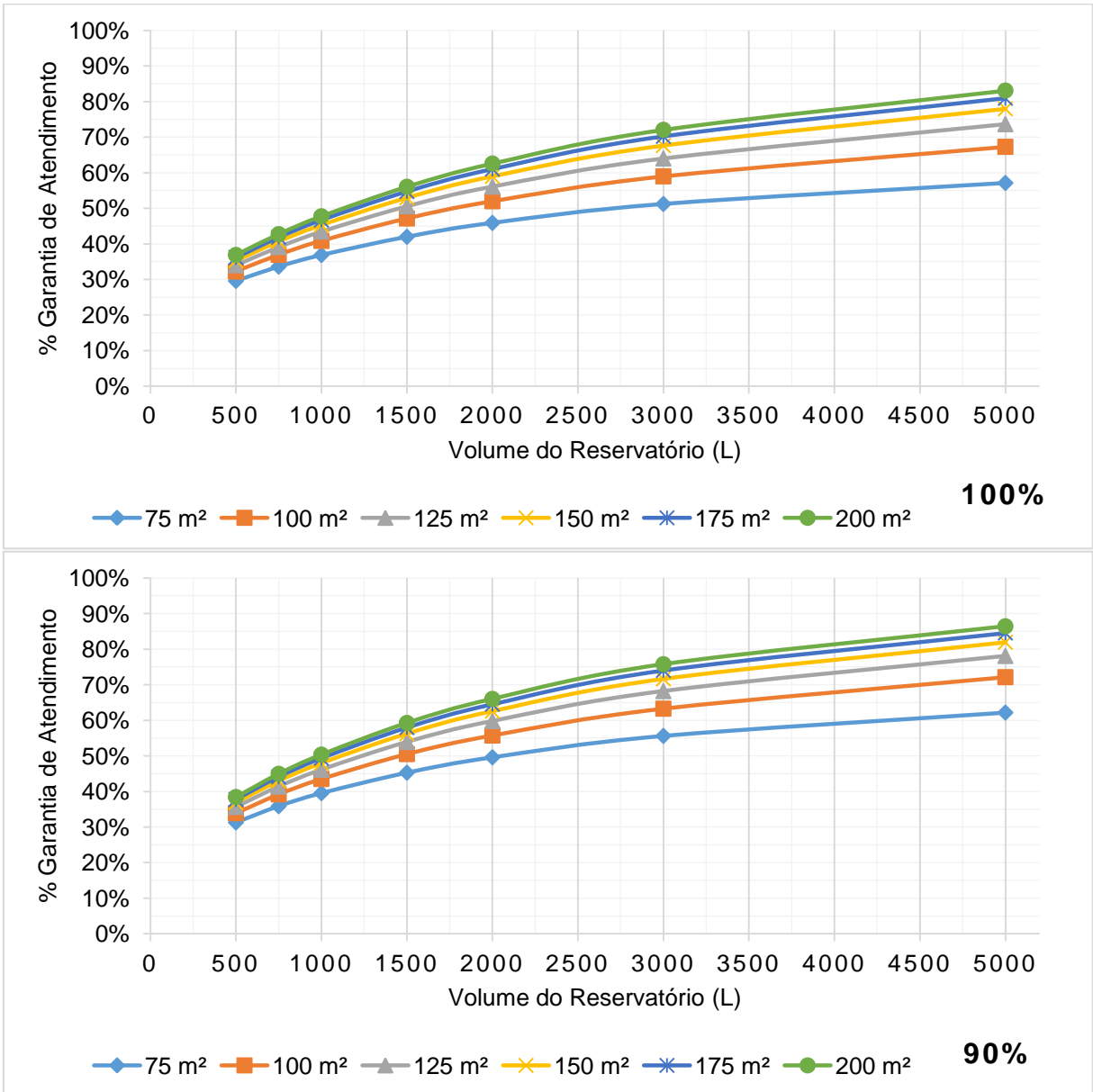


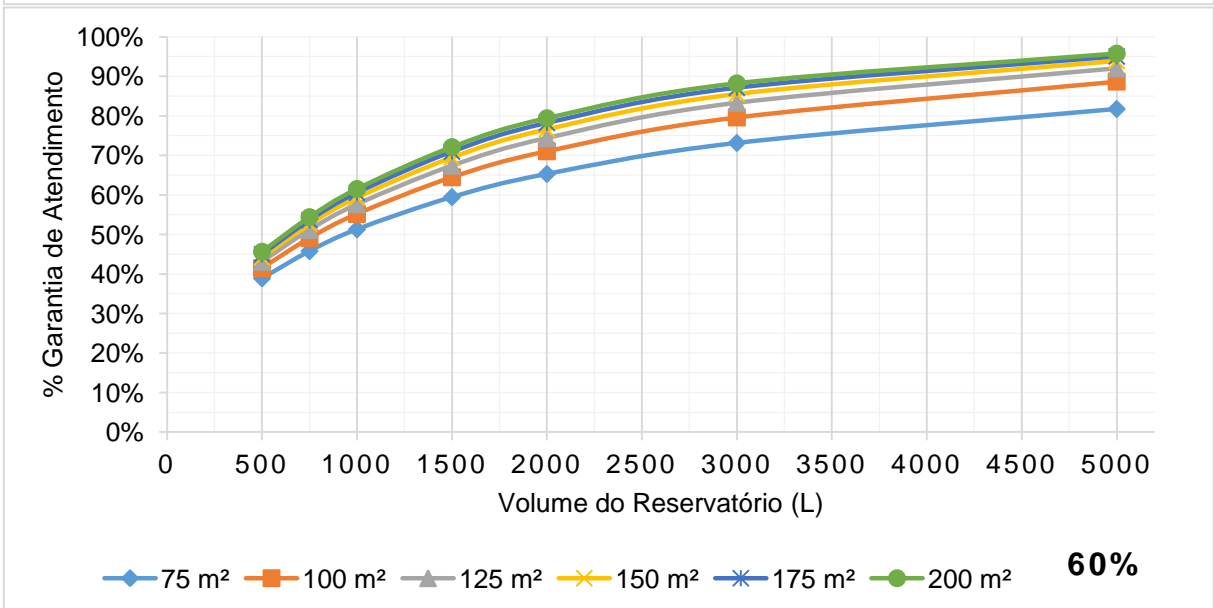
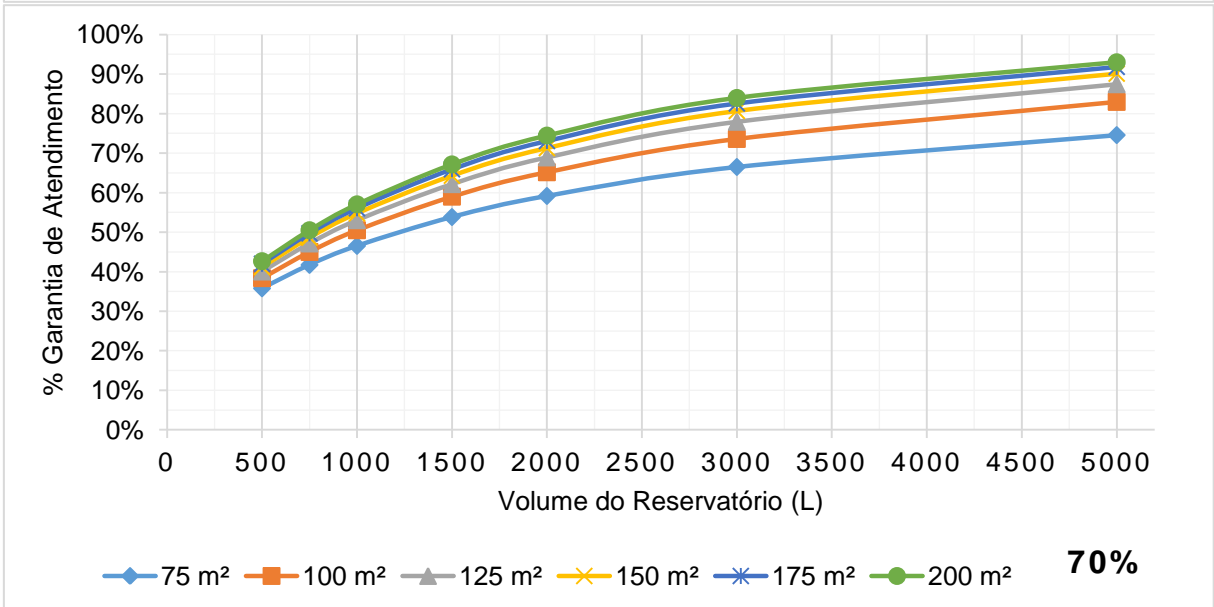
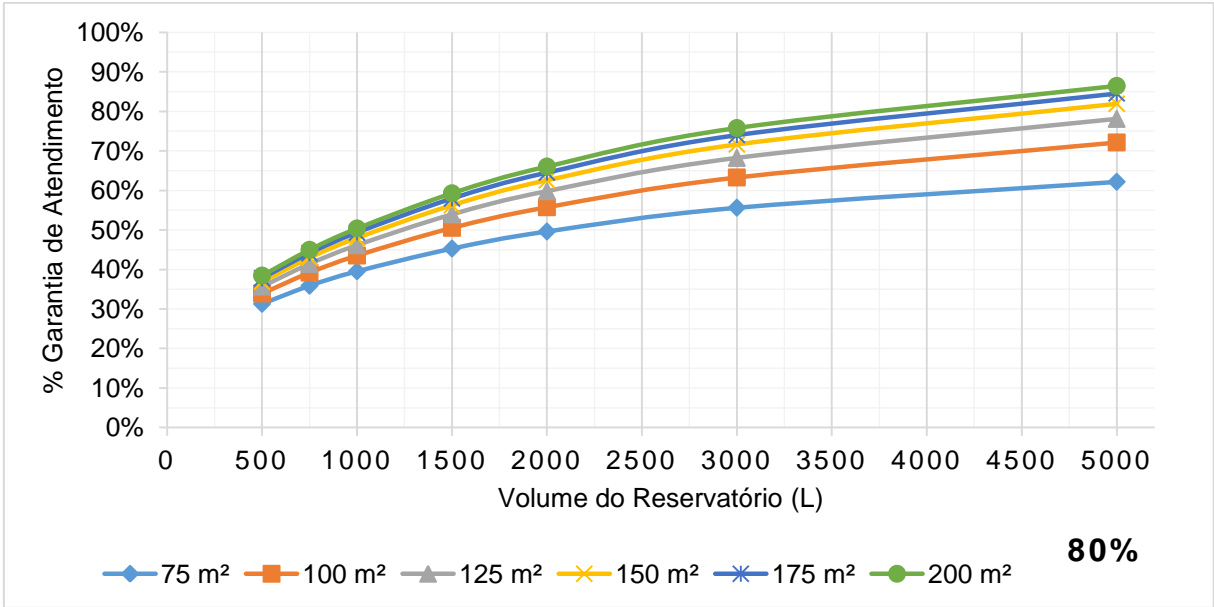


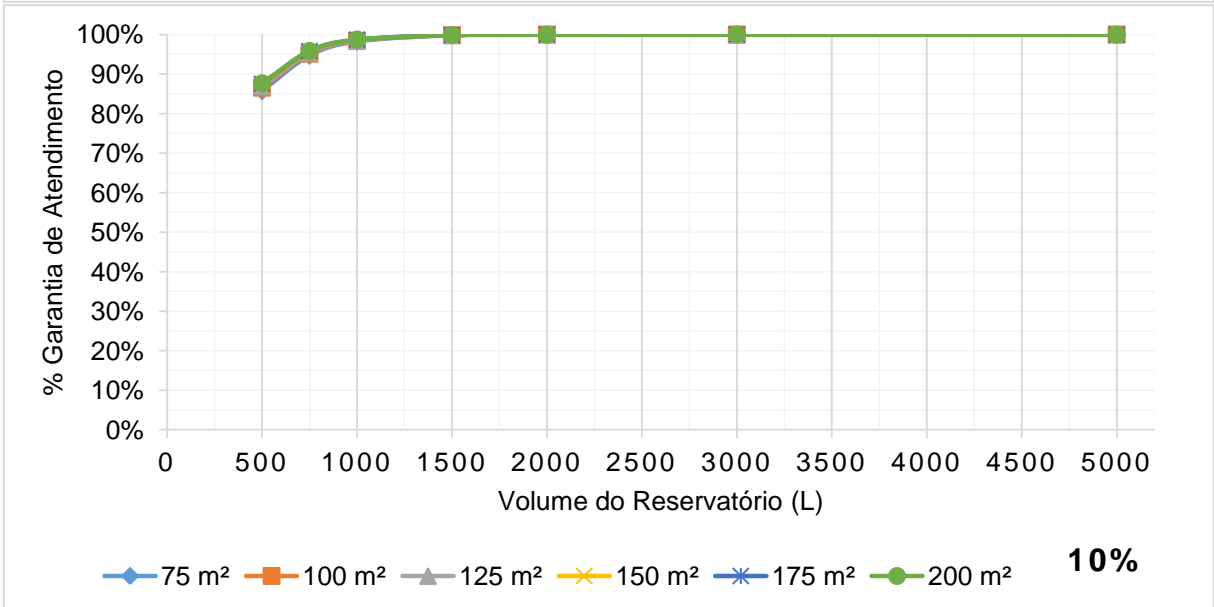
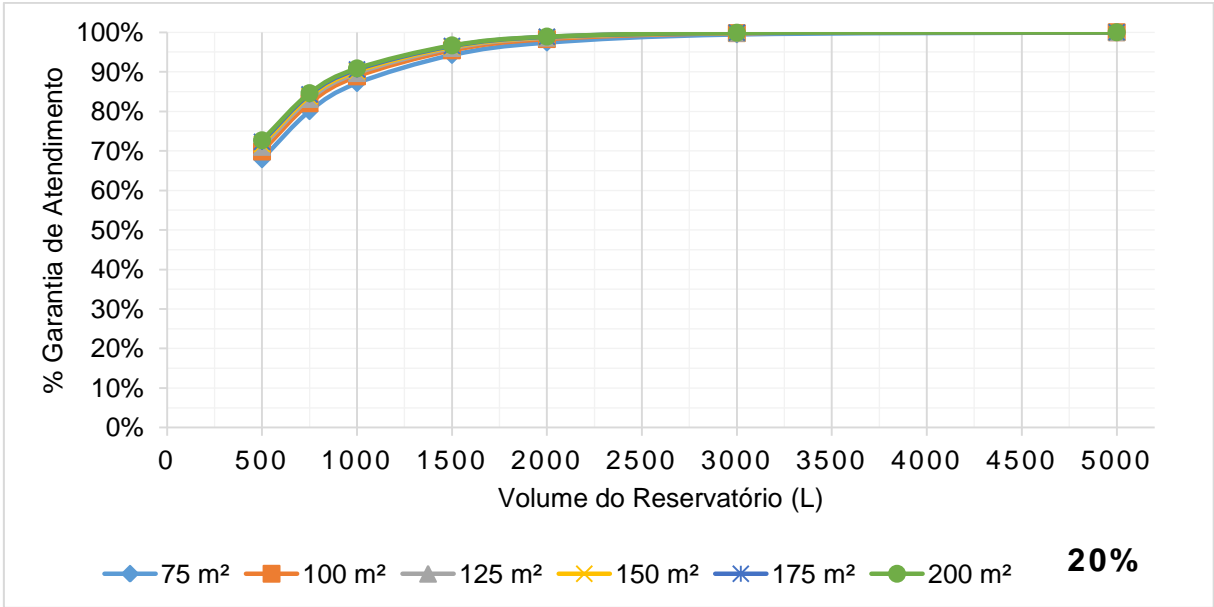
APÊNDICE X - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE HERVAL

Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Herval. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

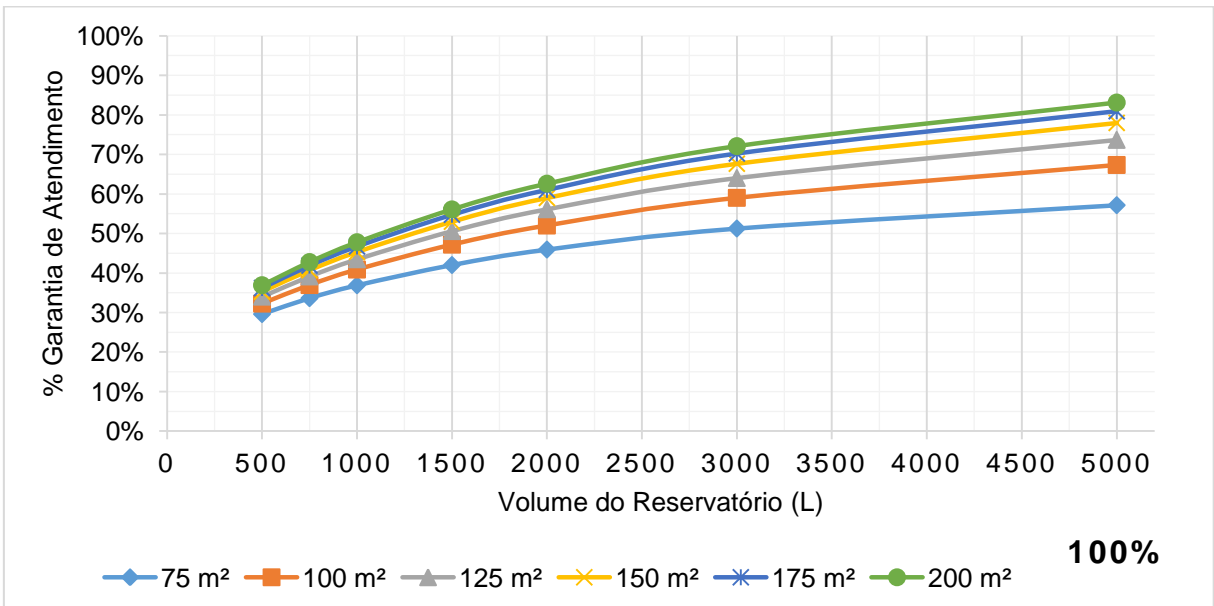
- Zona Urbana

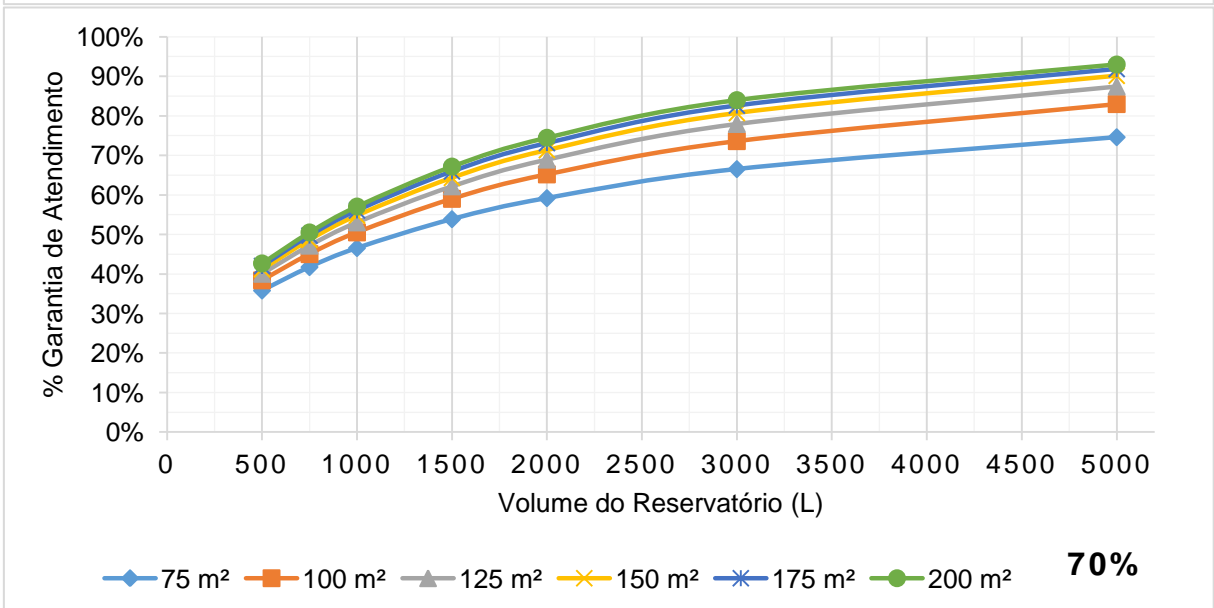
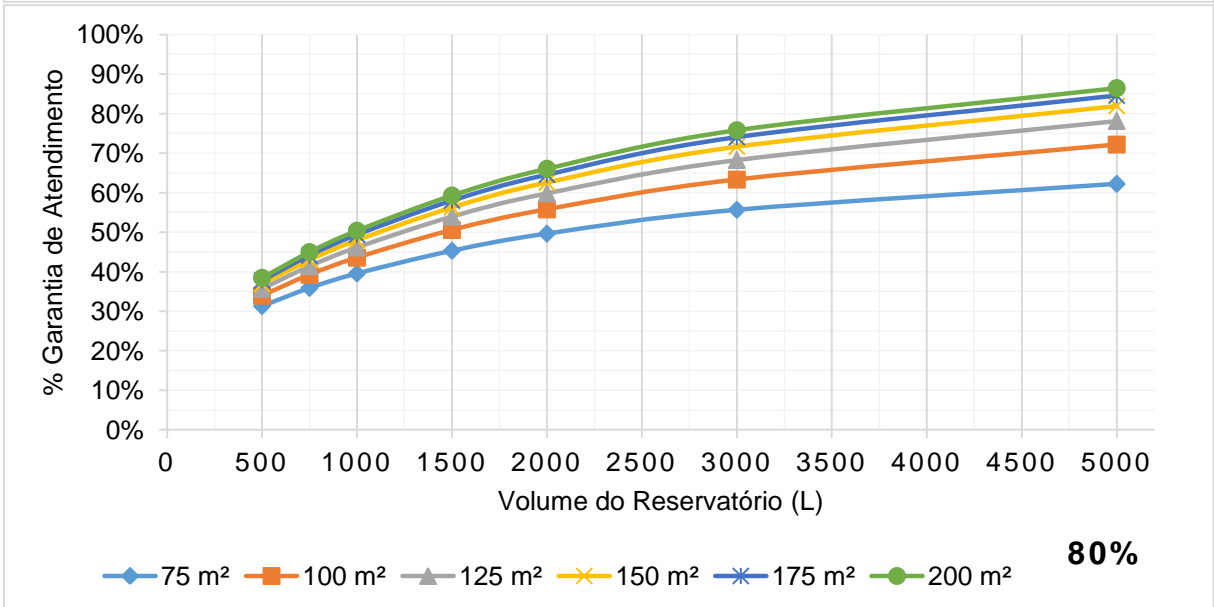
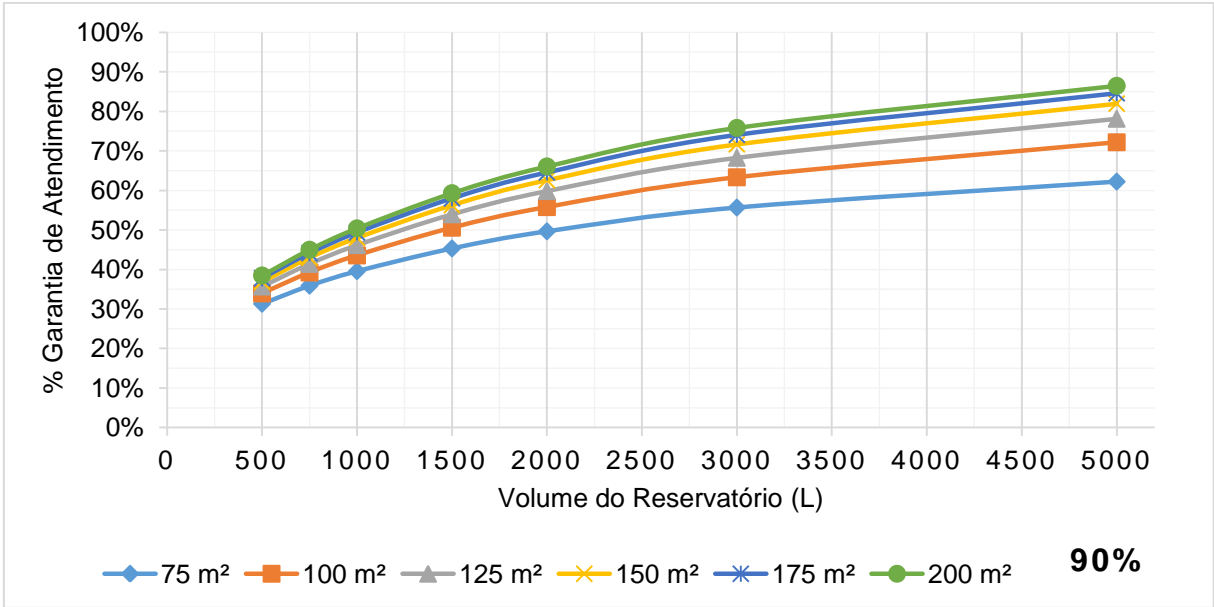


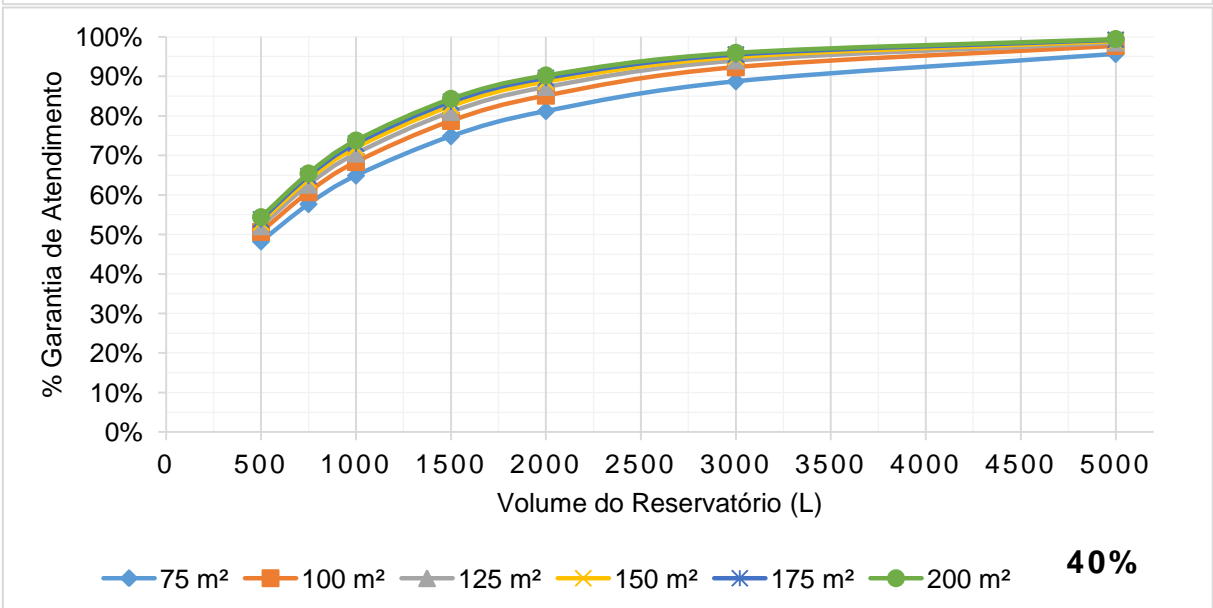
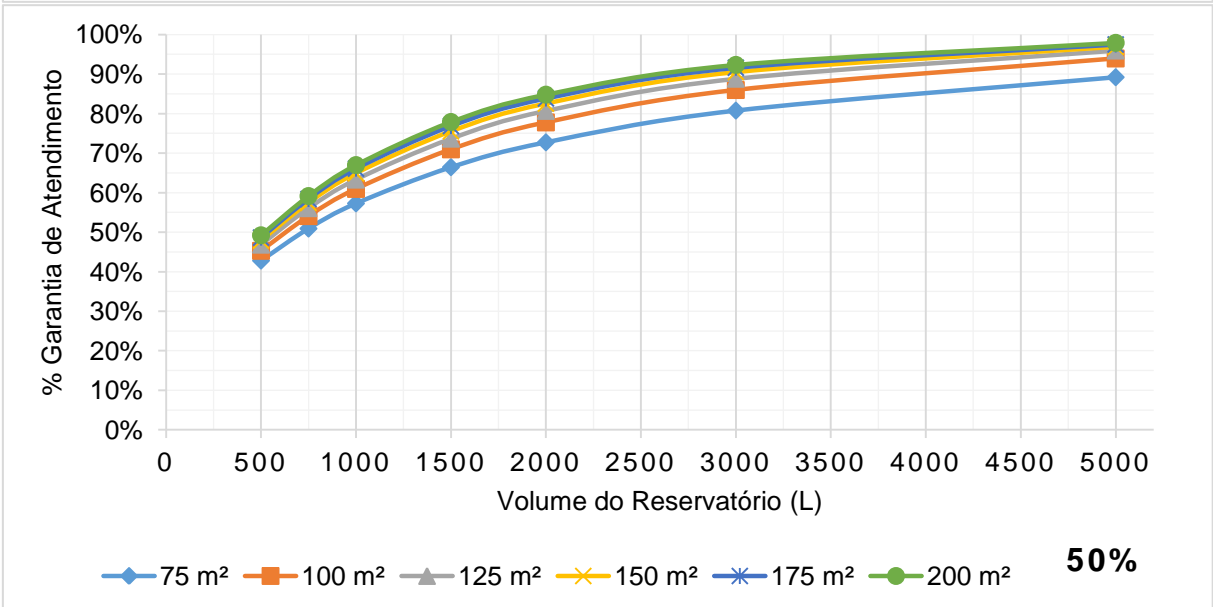
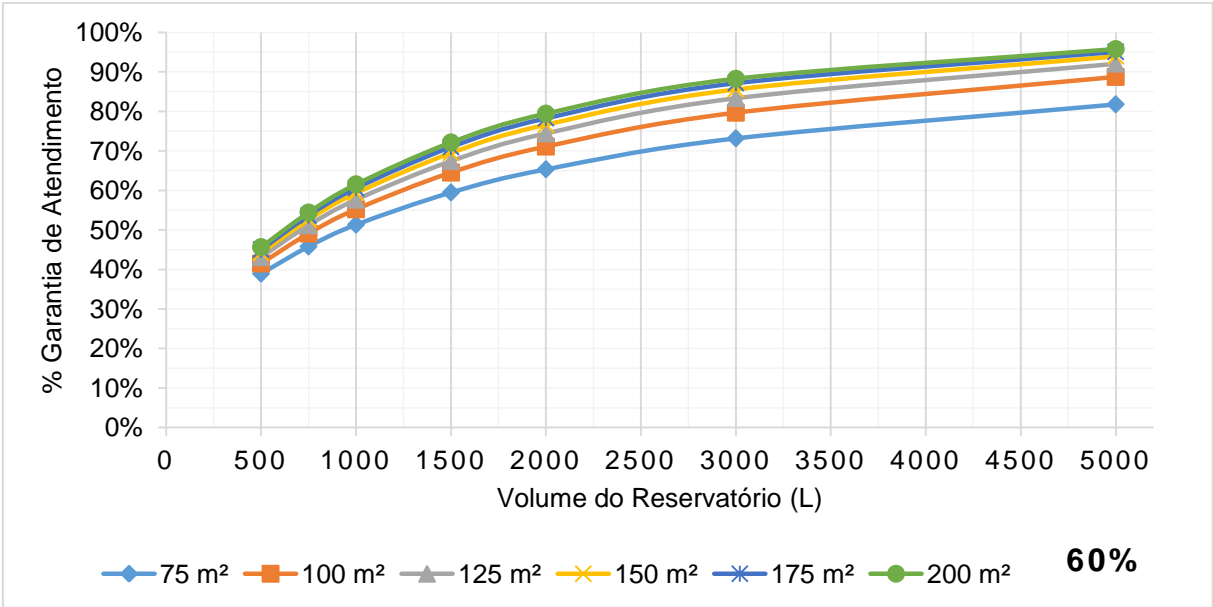


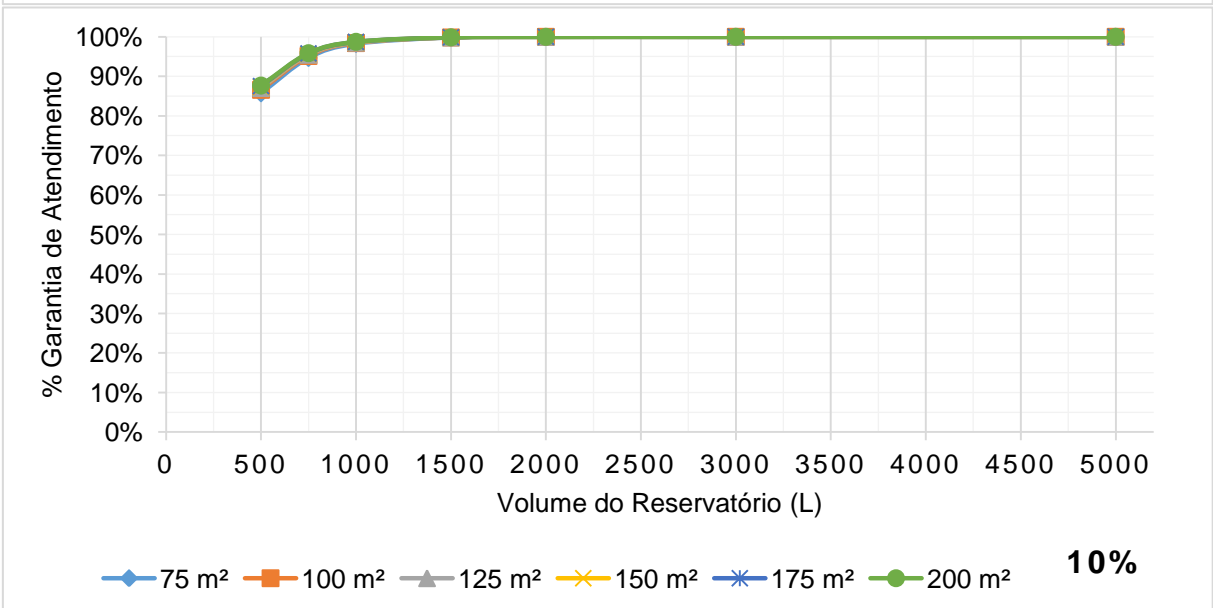
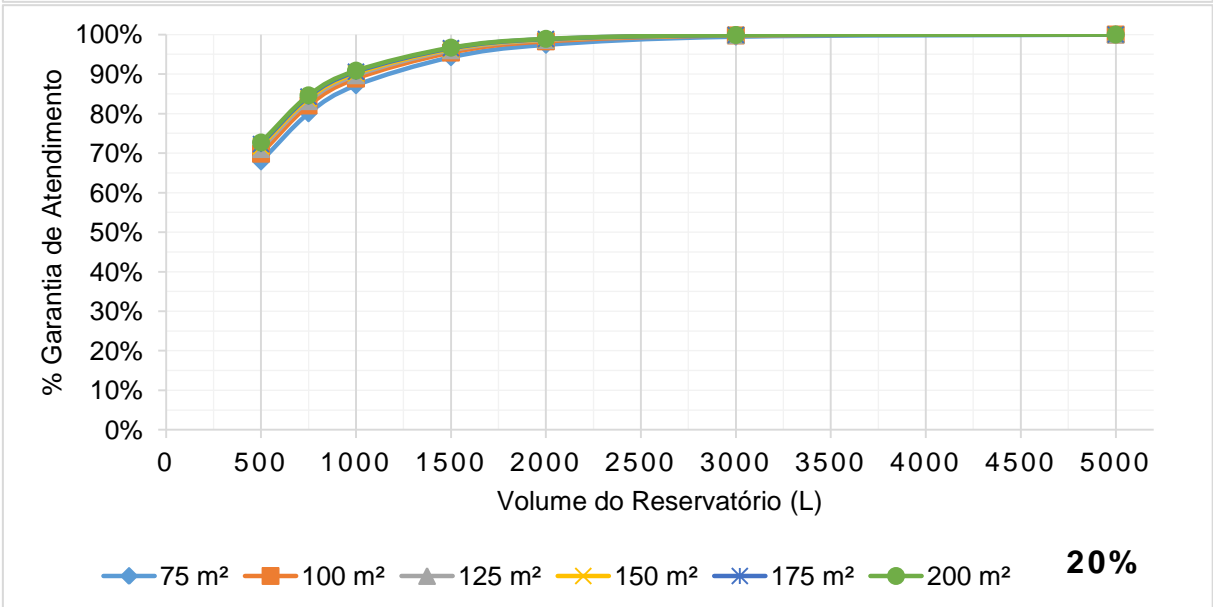
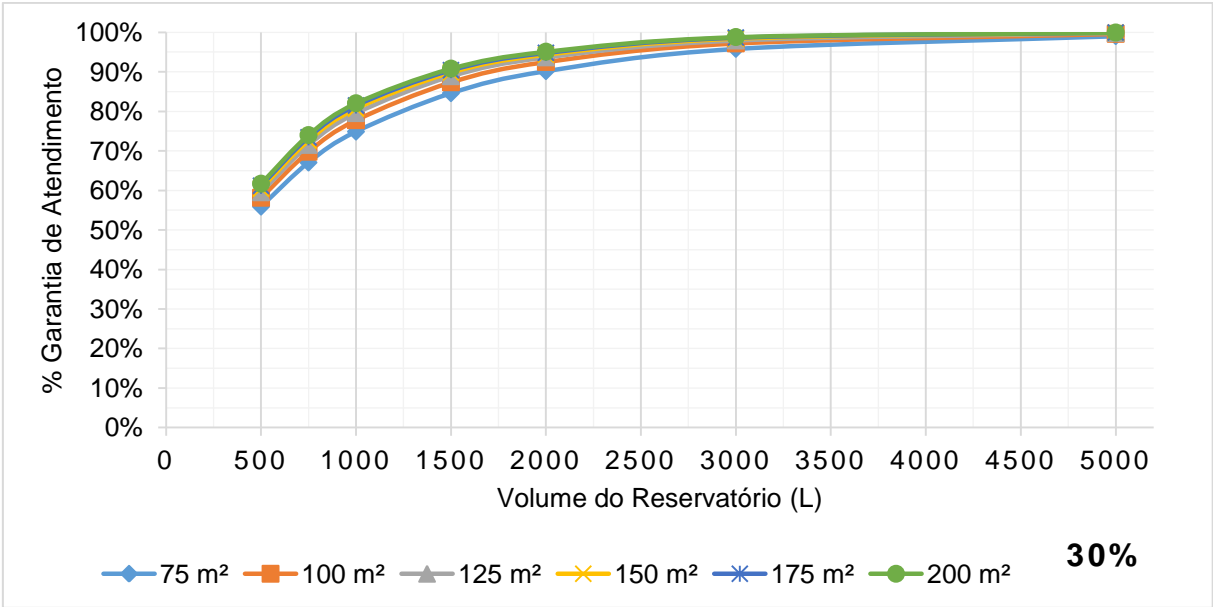


• Zona Rural





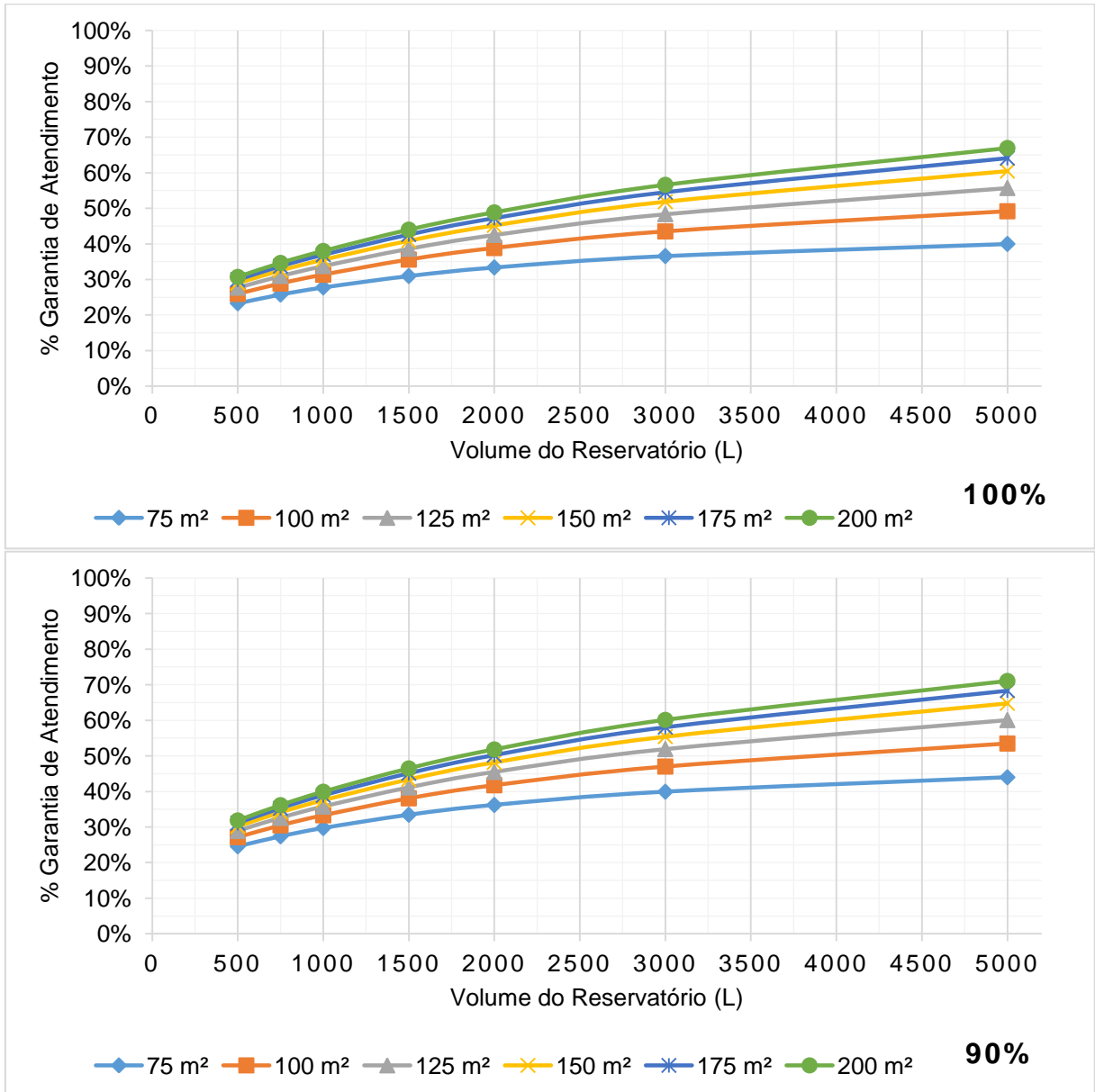


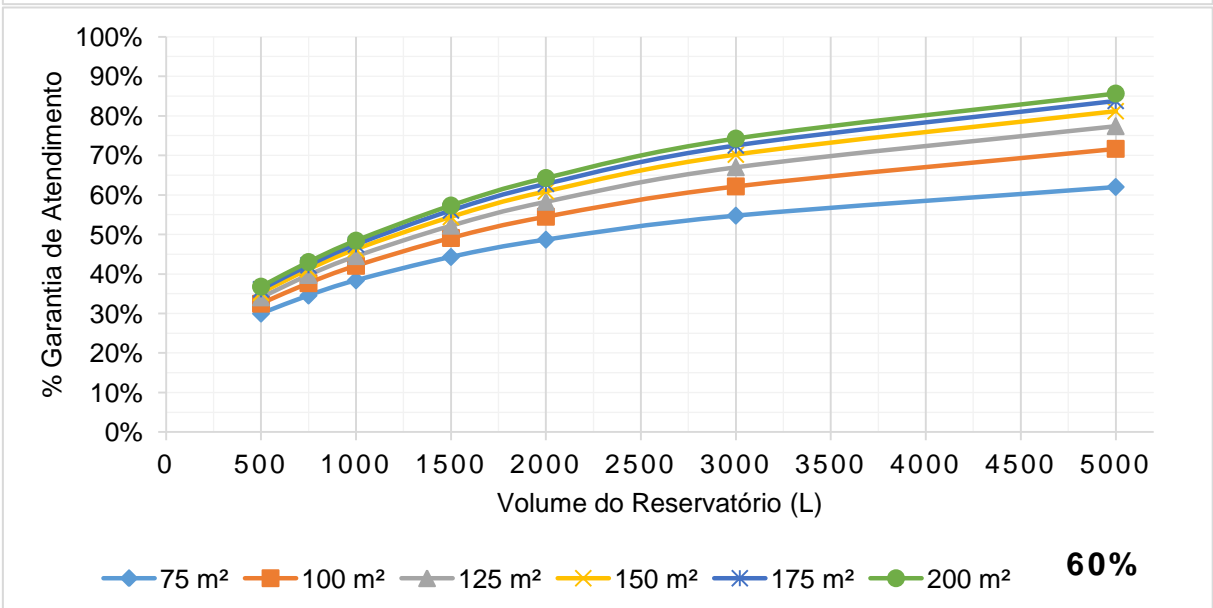
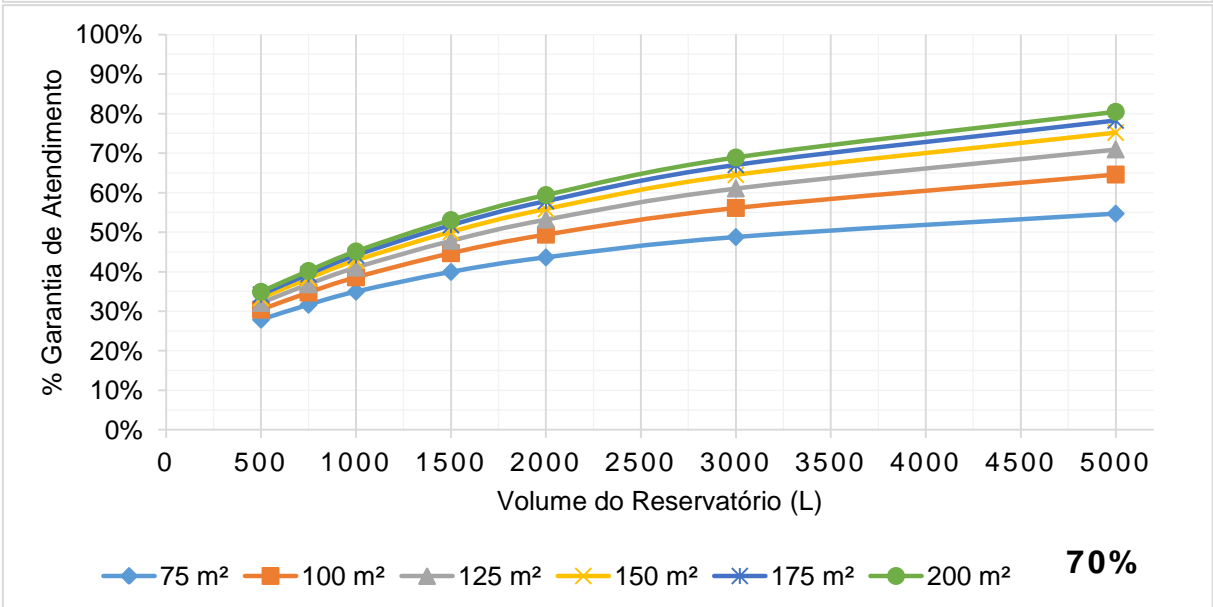
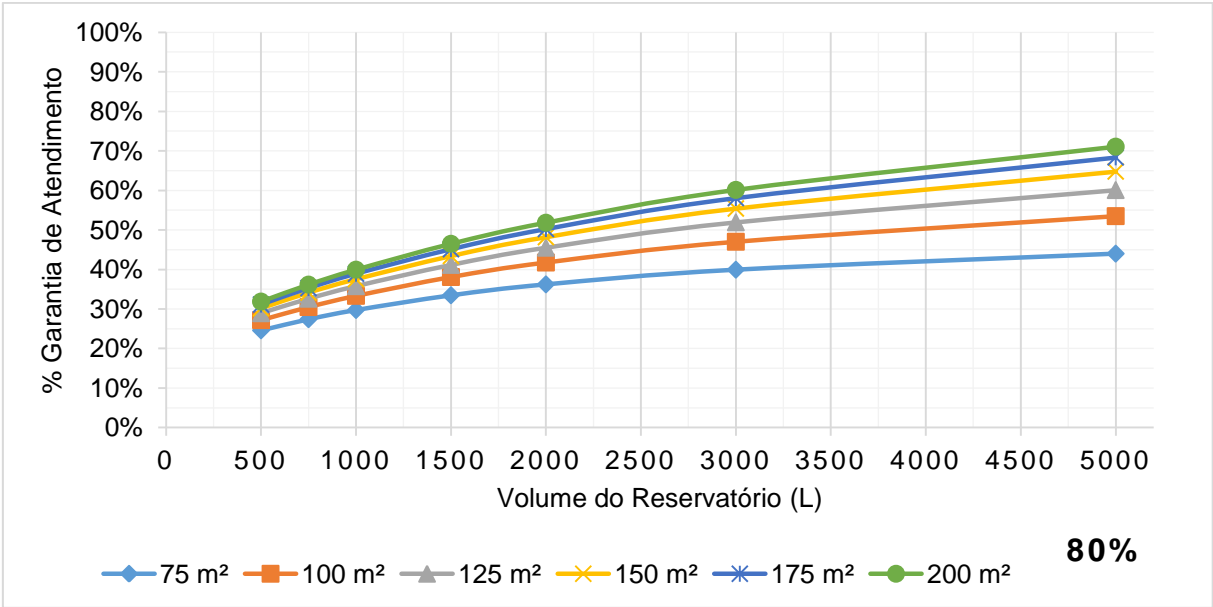


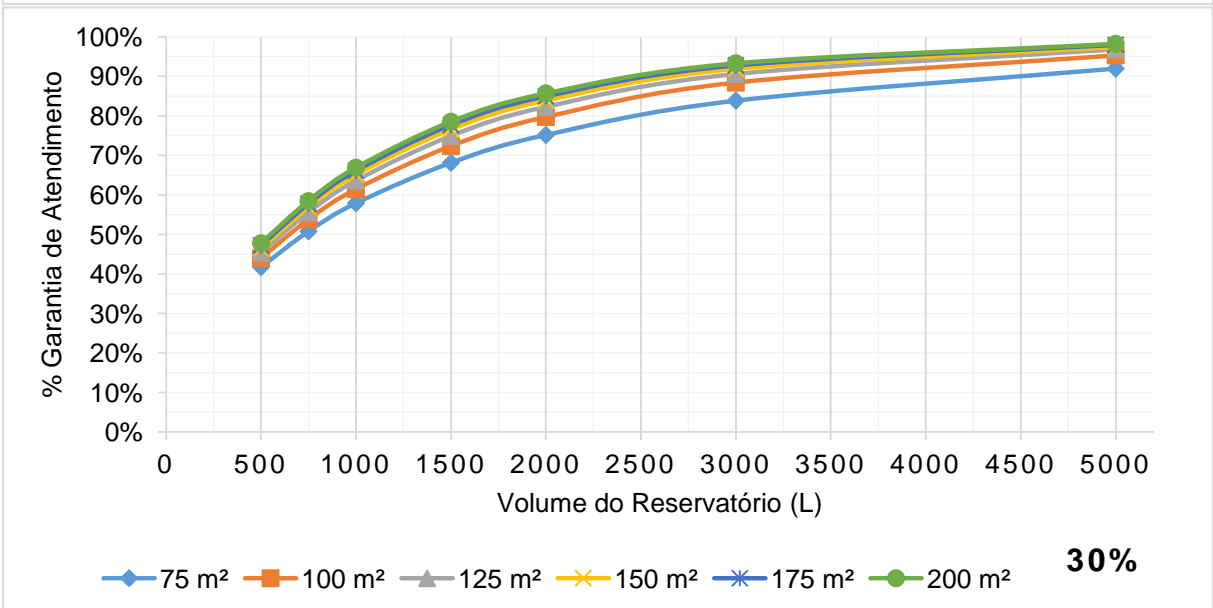
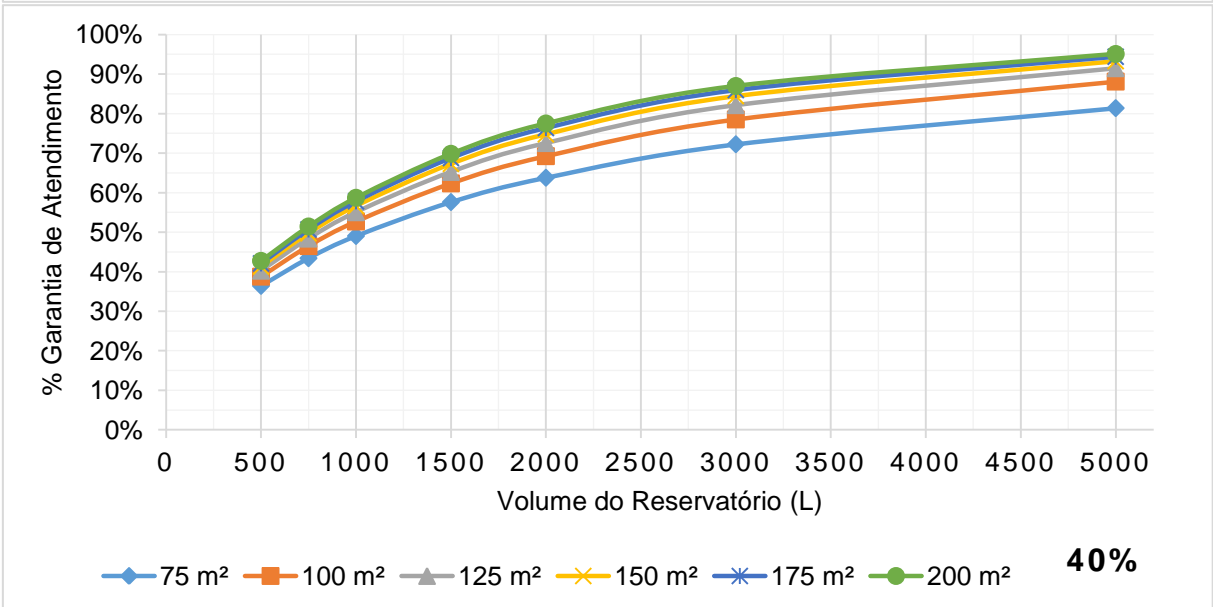
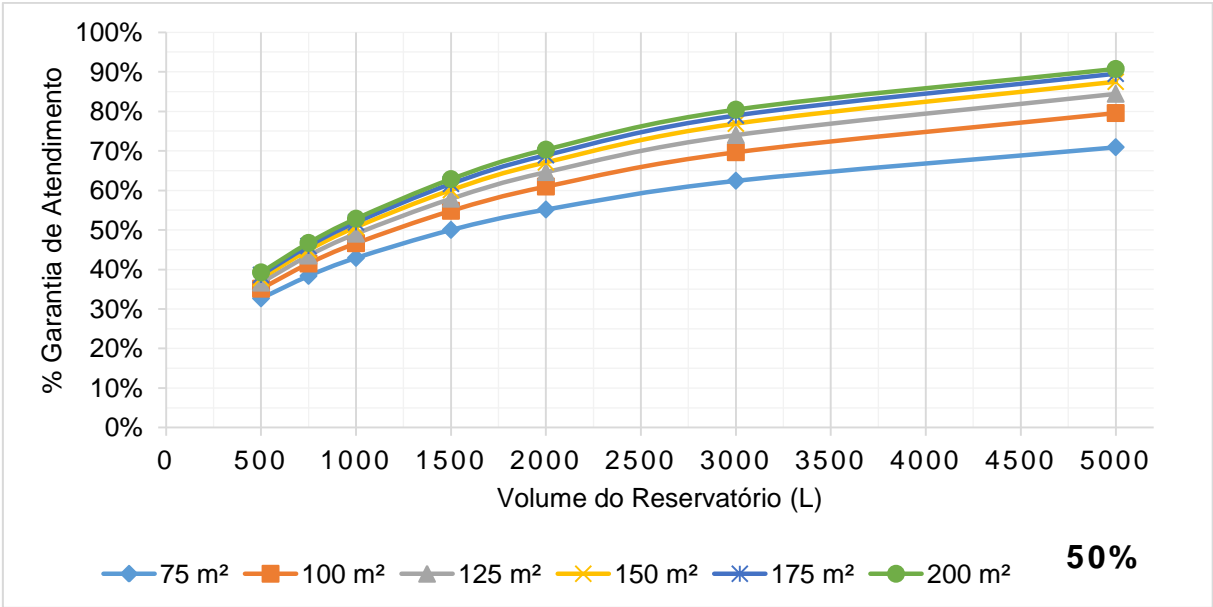
APÊNDICE XI - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE HORIZONTINA

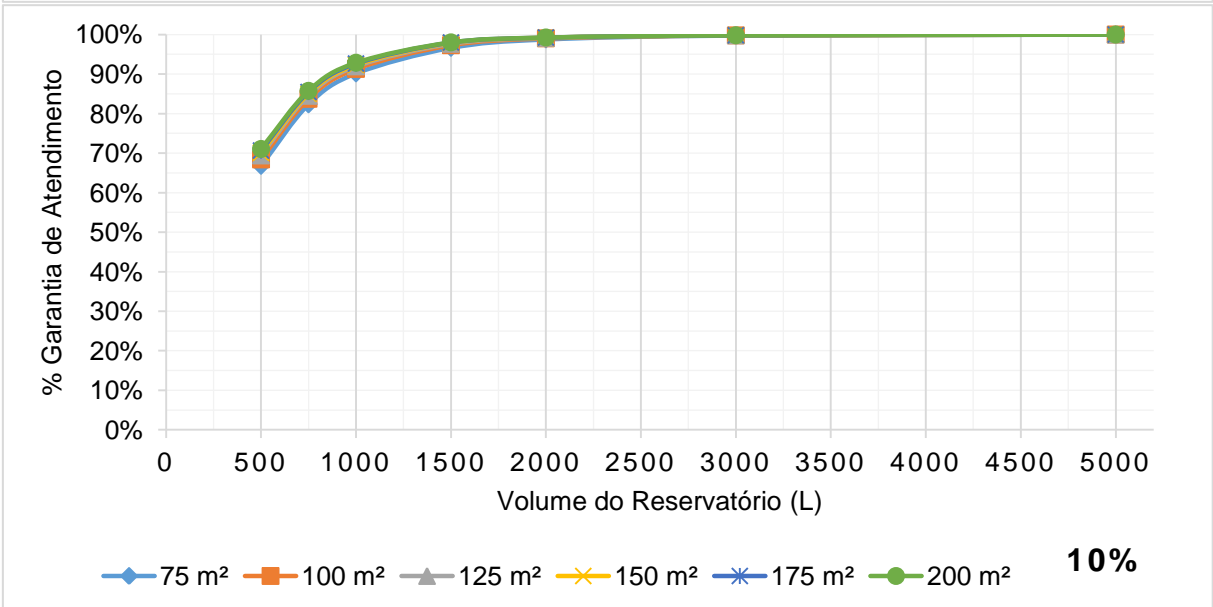
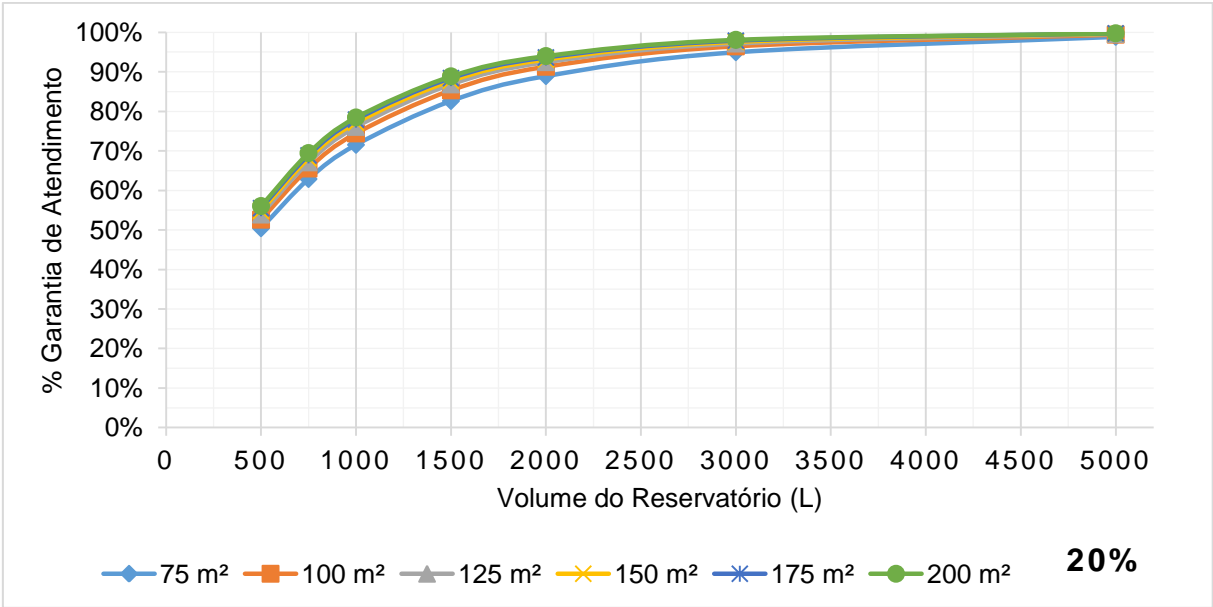
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Horizontina. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

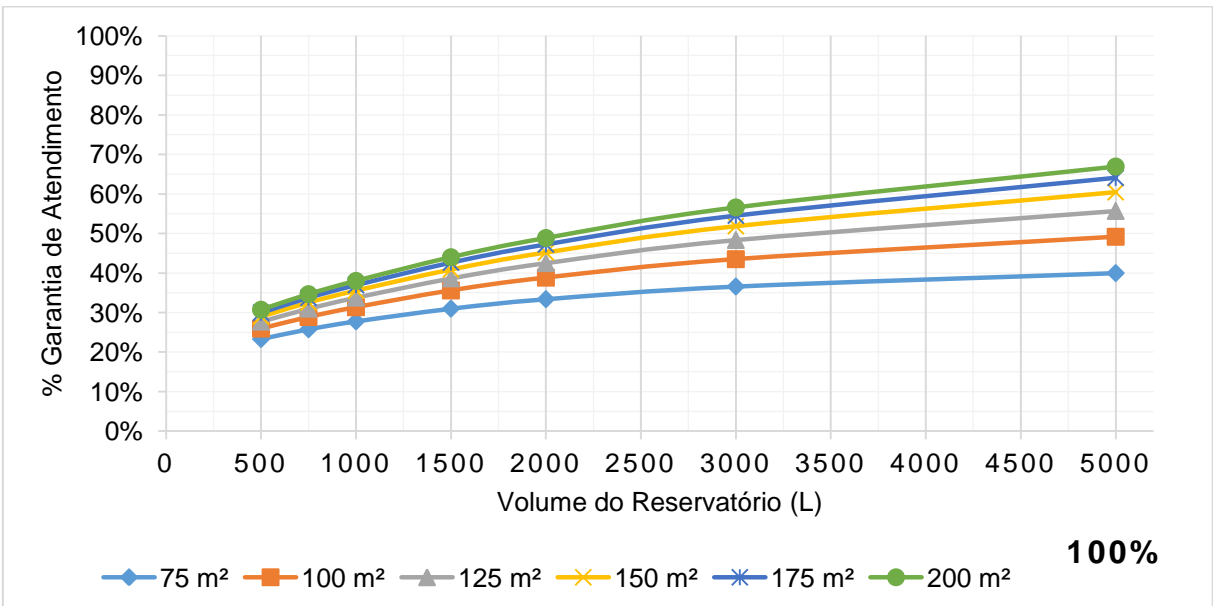


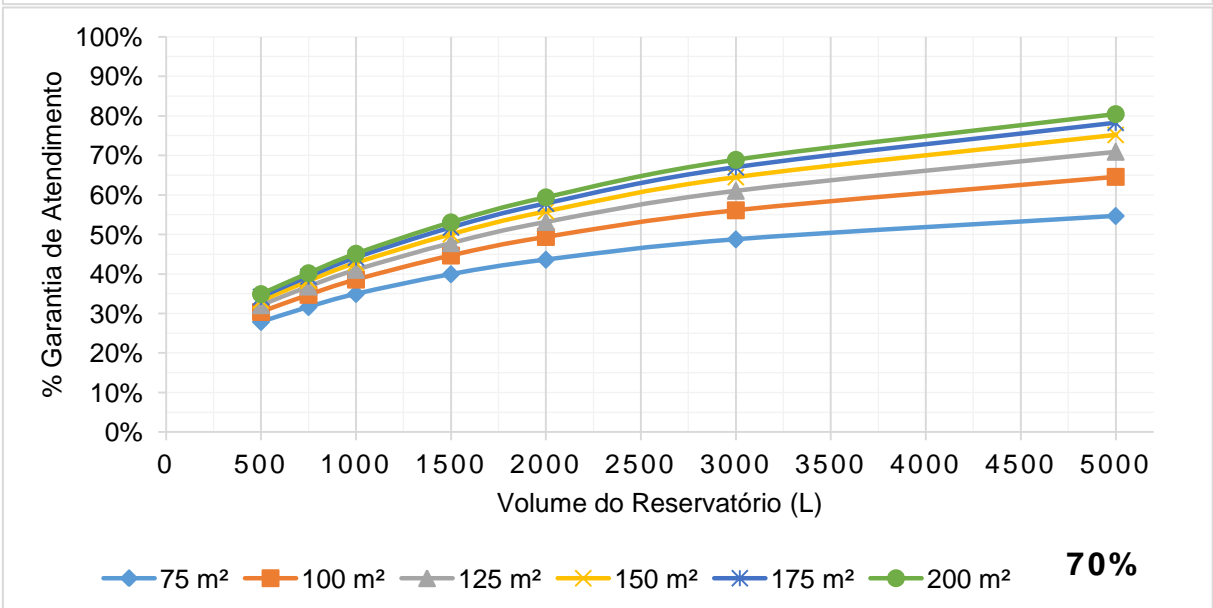
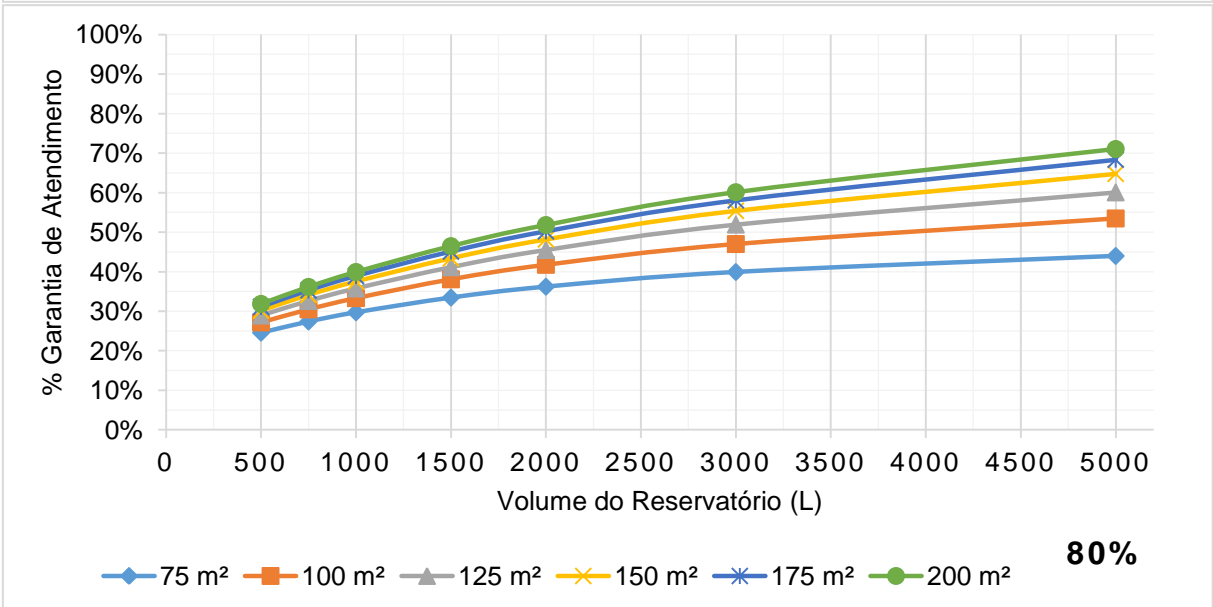
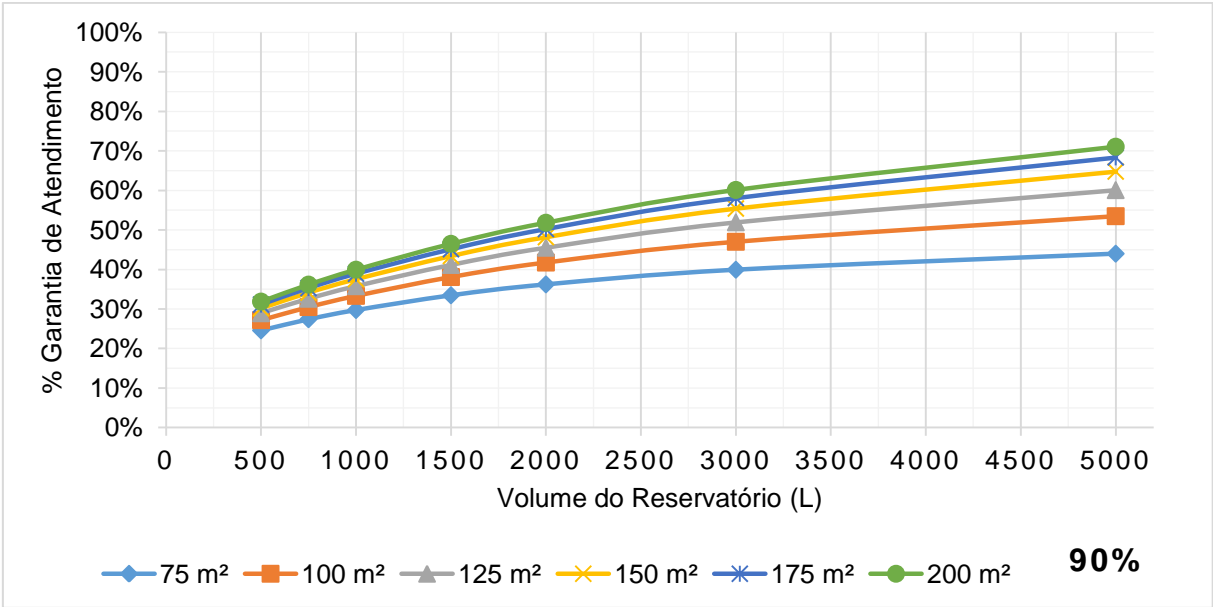


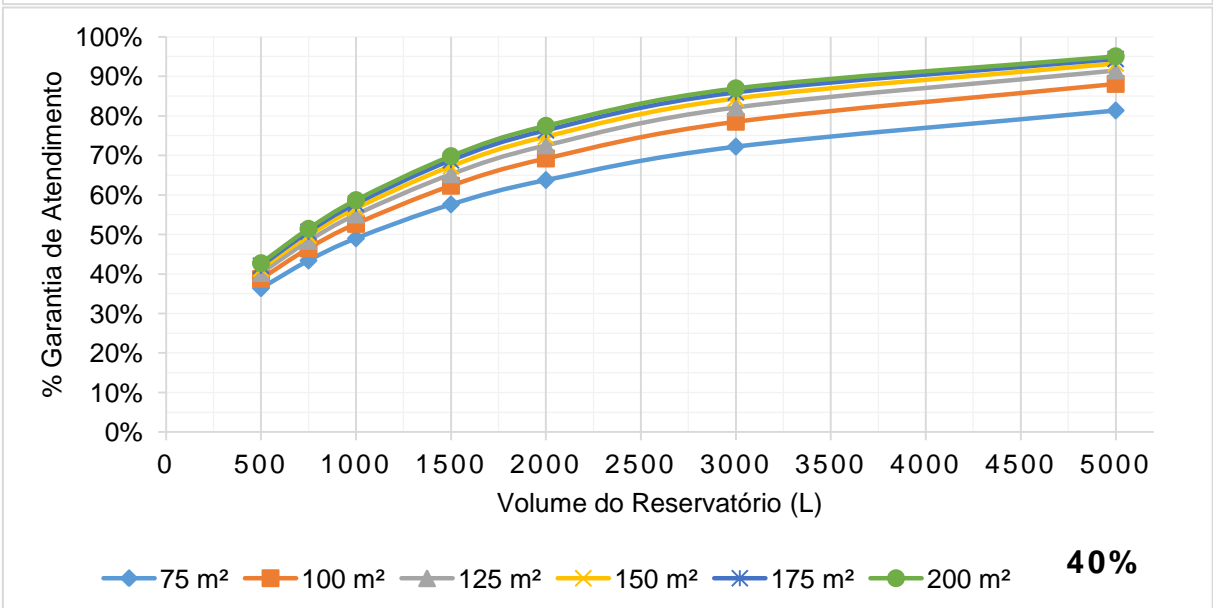
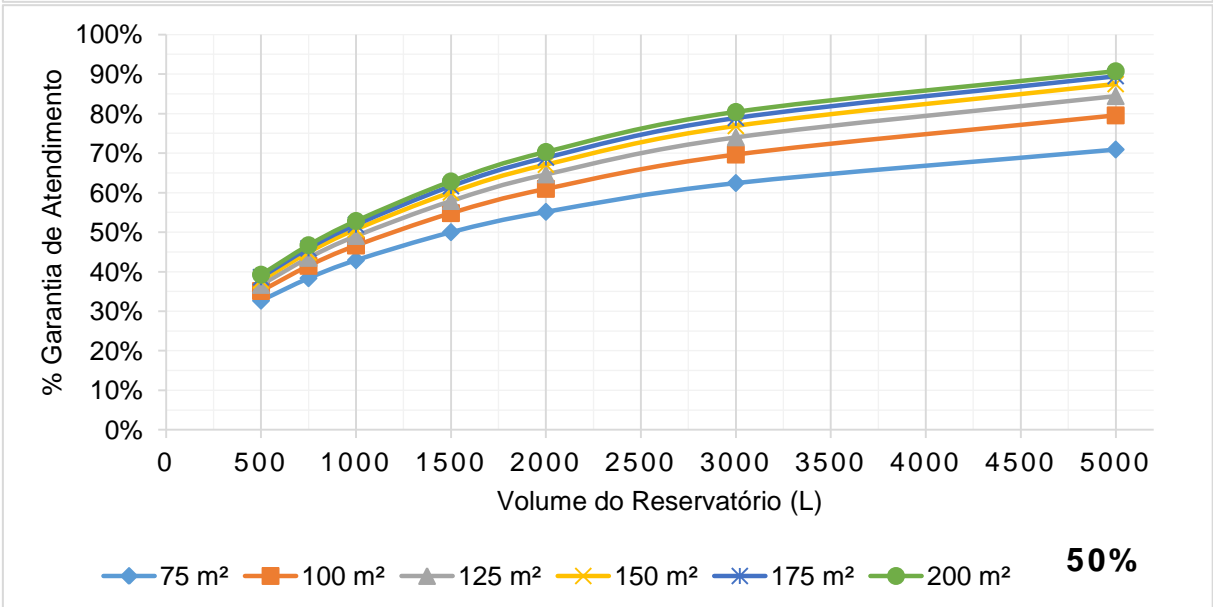
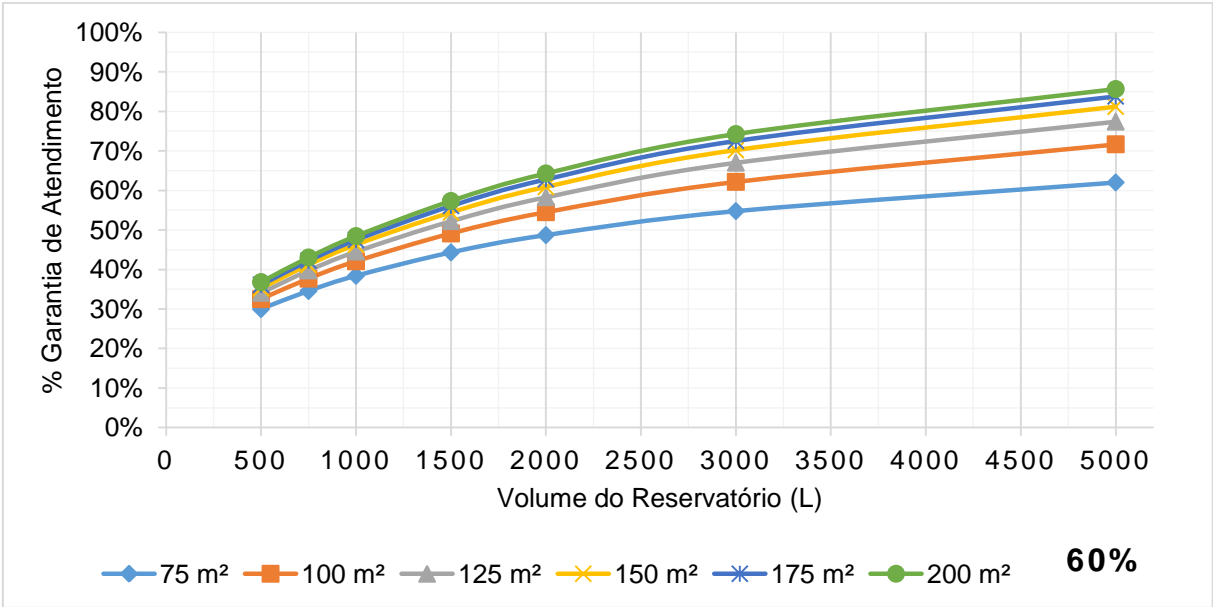




• Zona Rural



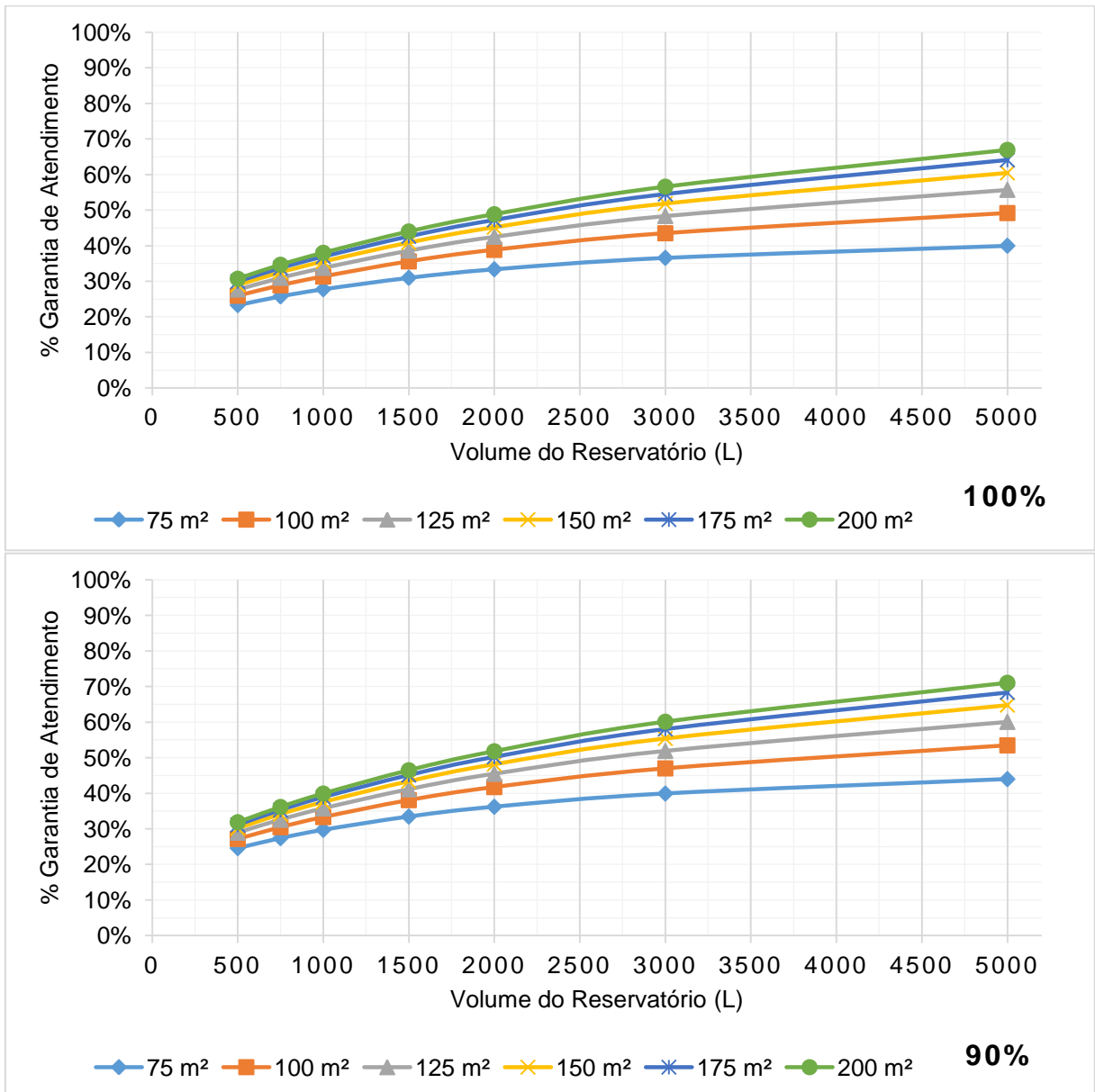


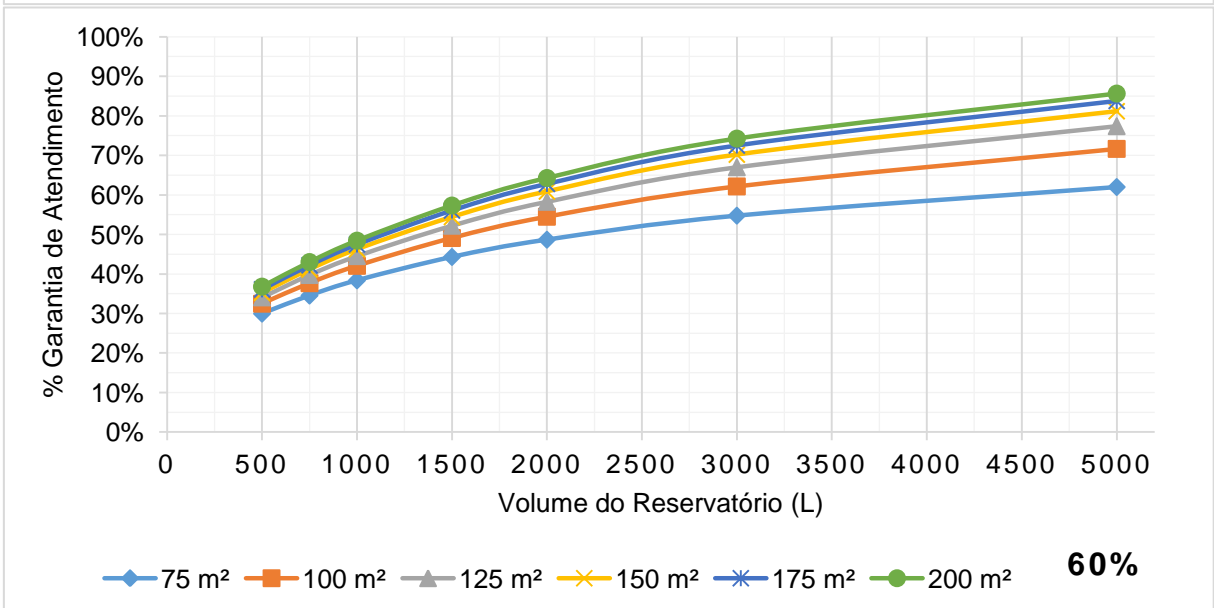
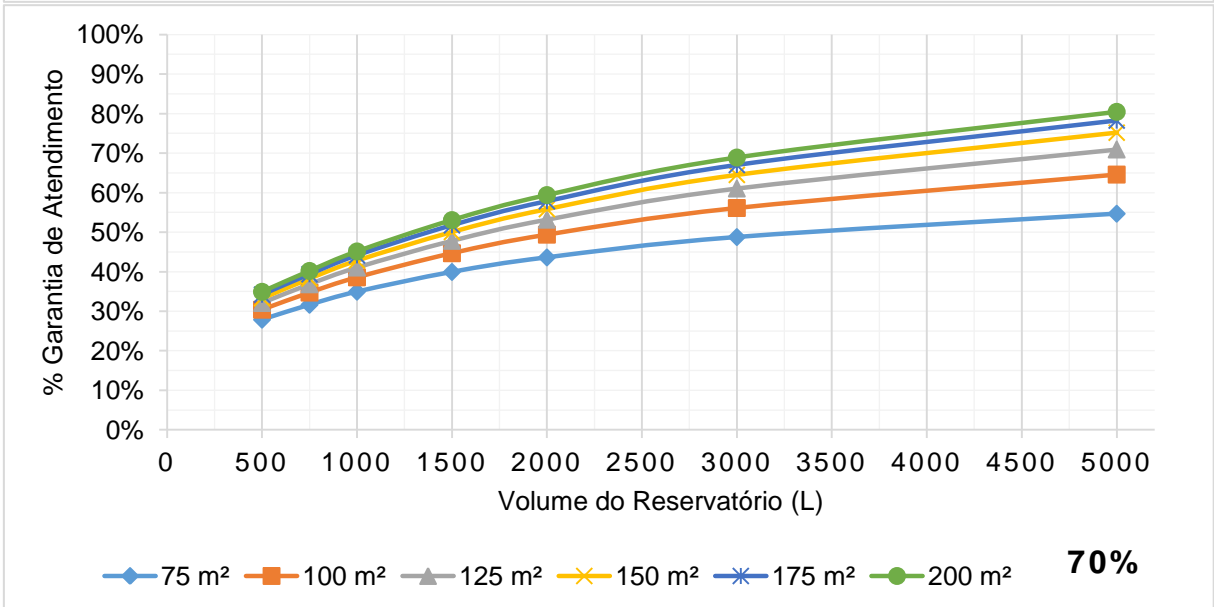
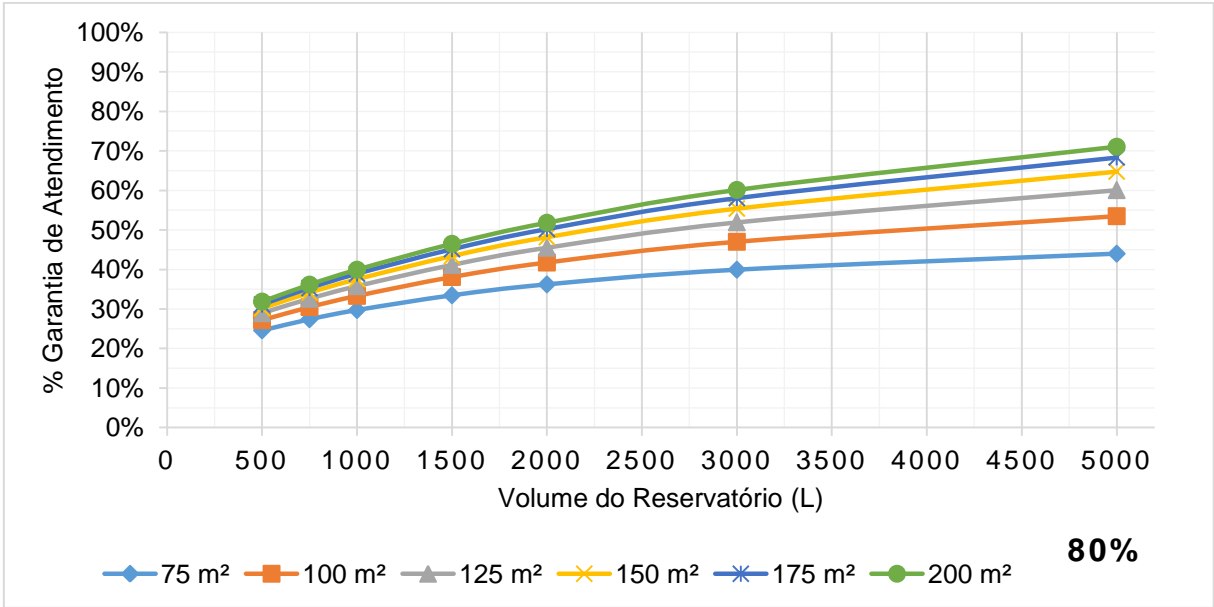


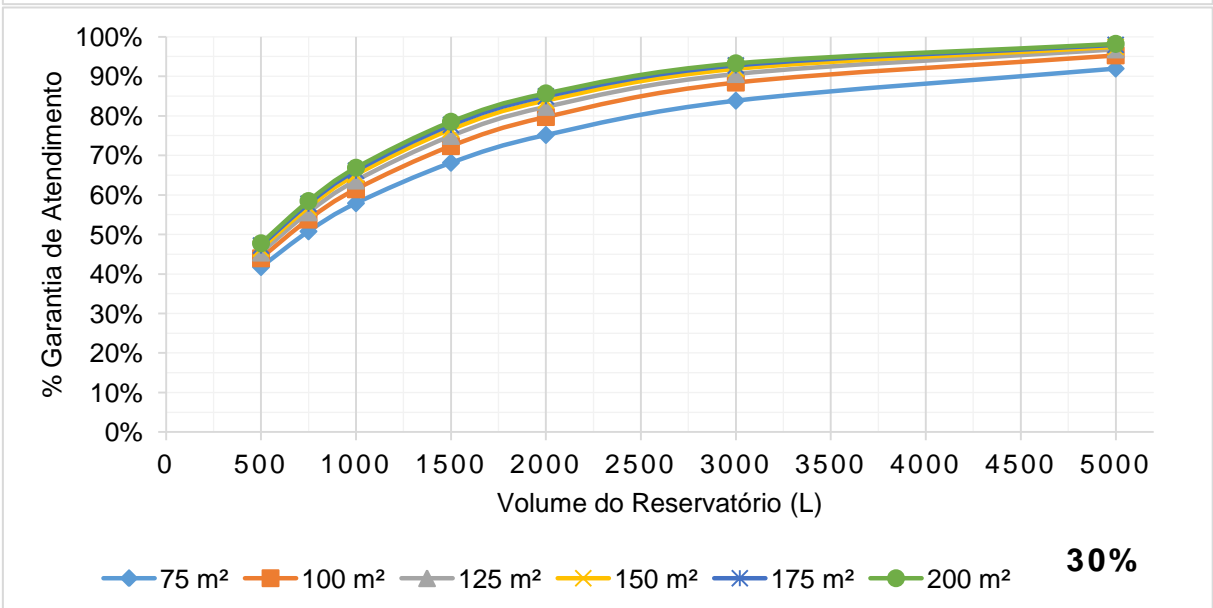
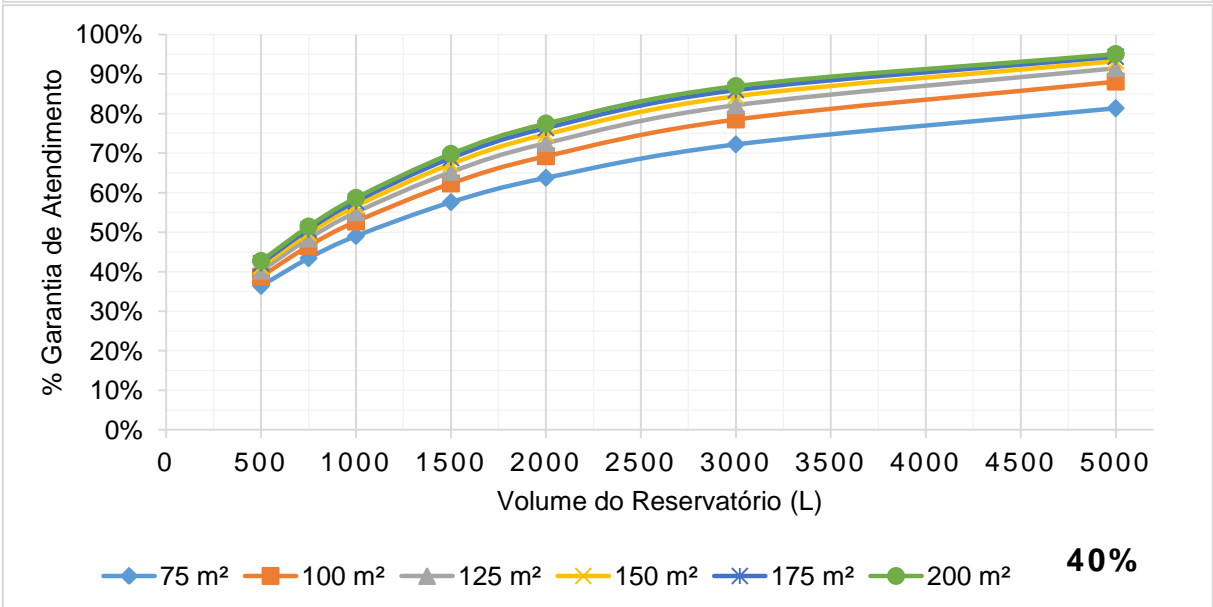
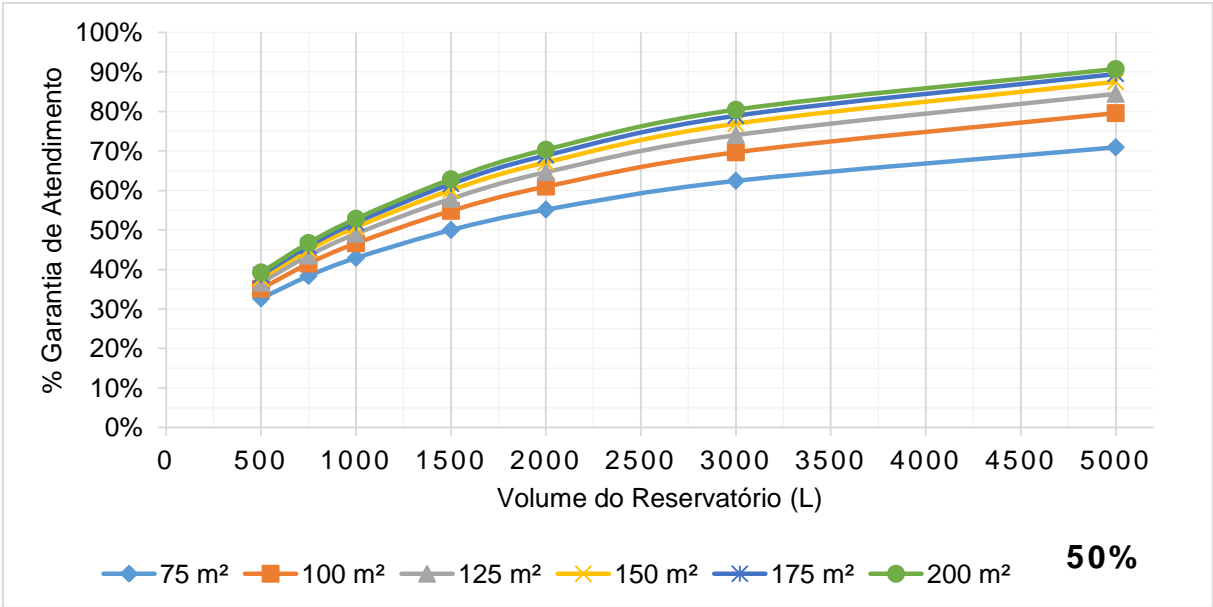
APÊNDICE XII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE HULHA NEGRA

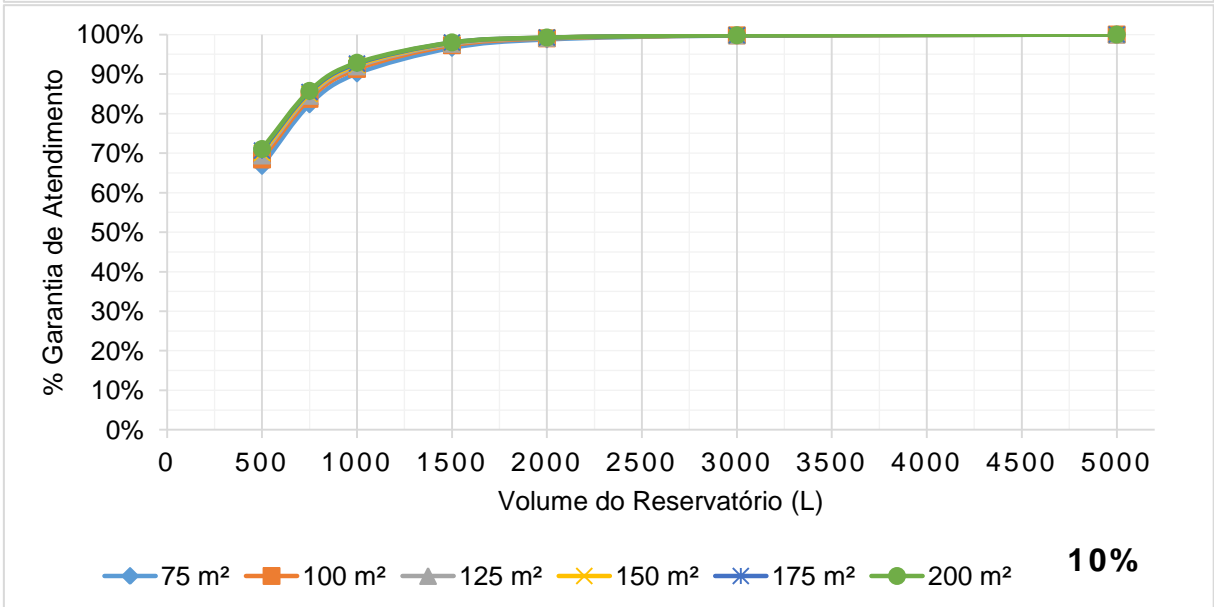
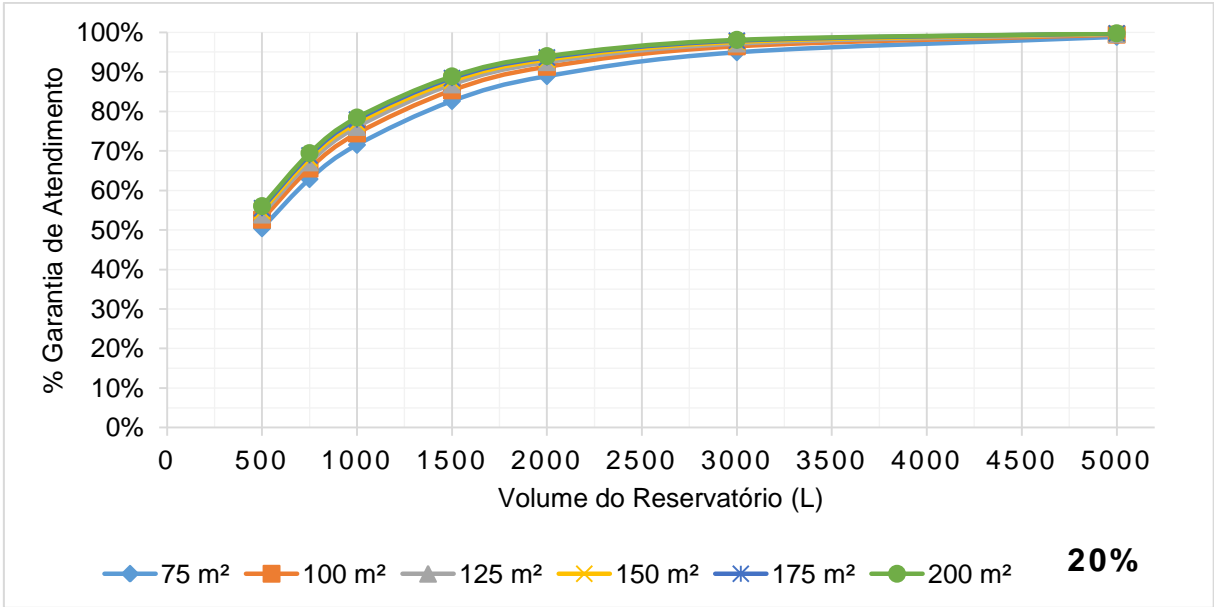
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Hulha Negra. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

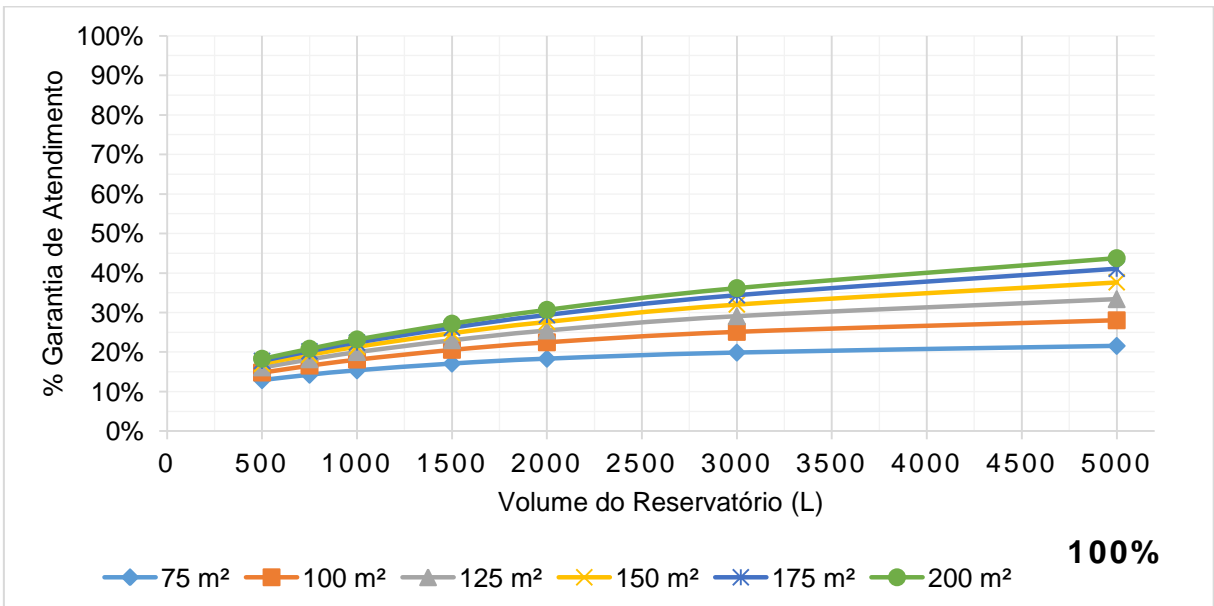


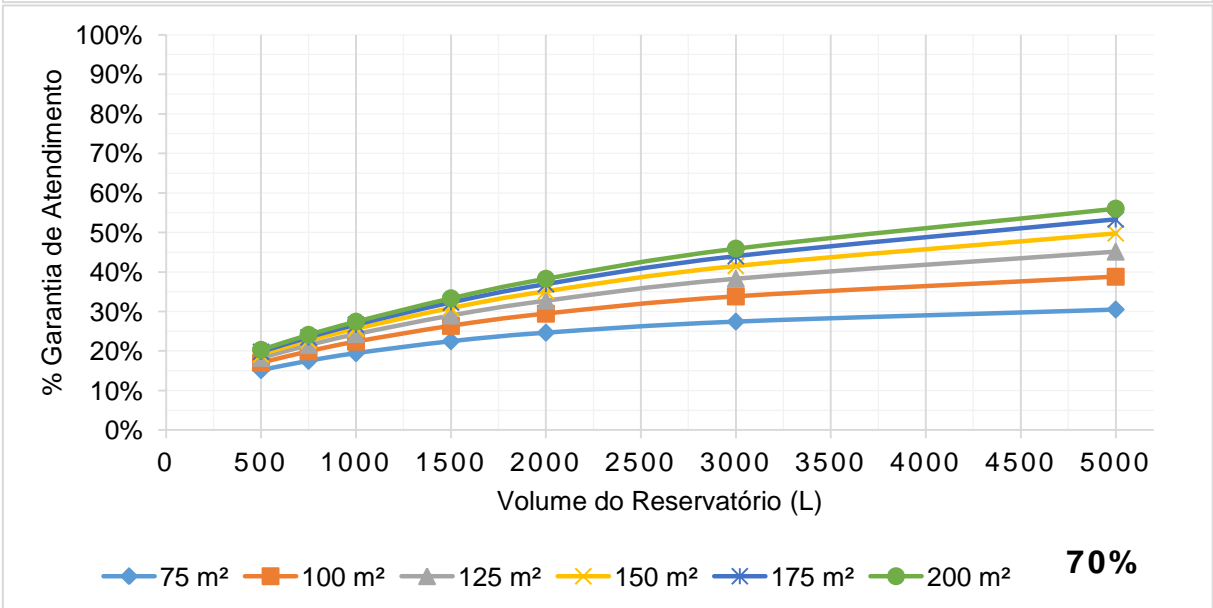
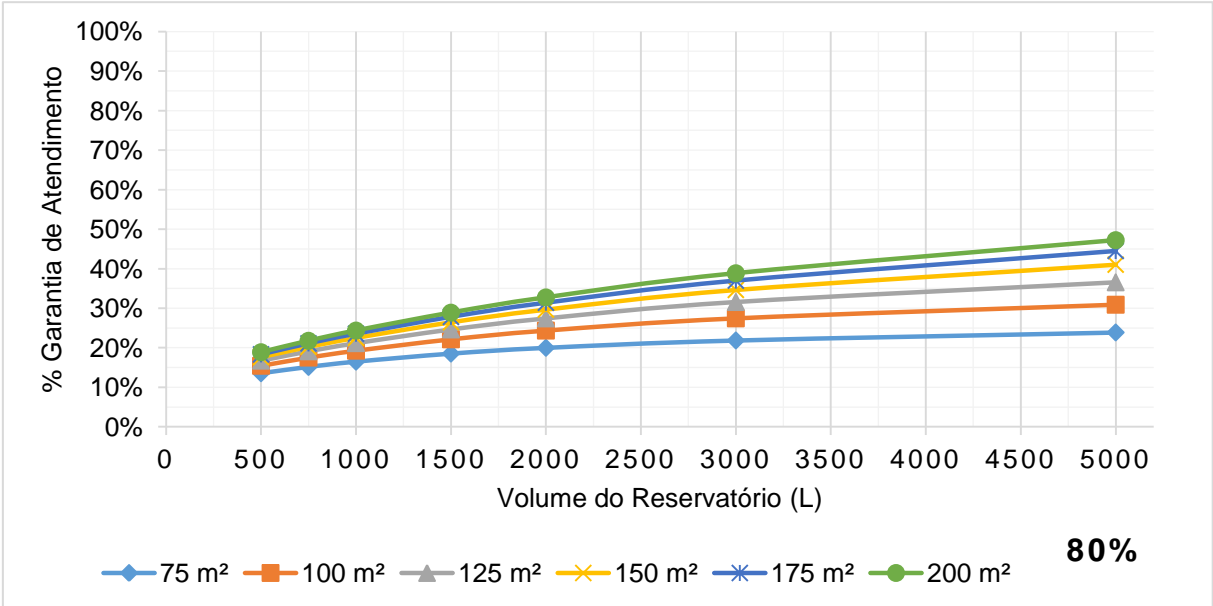
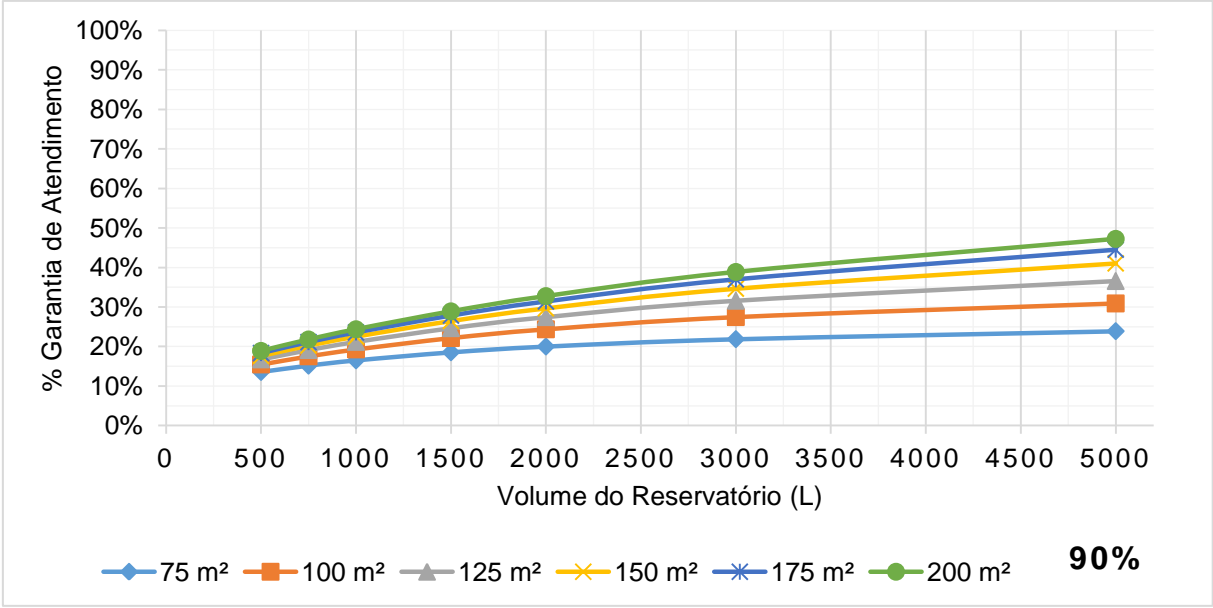


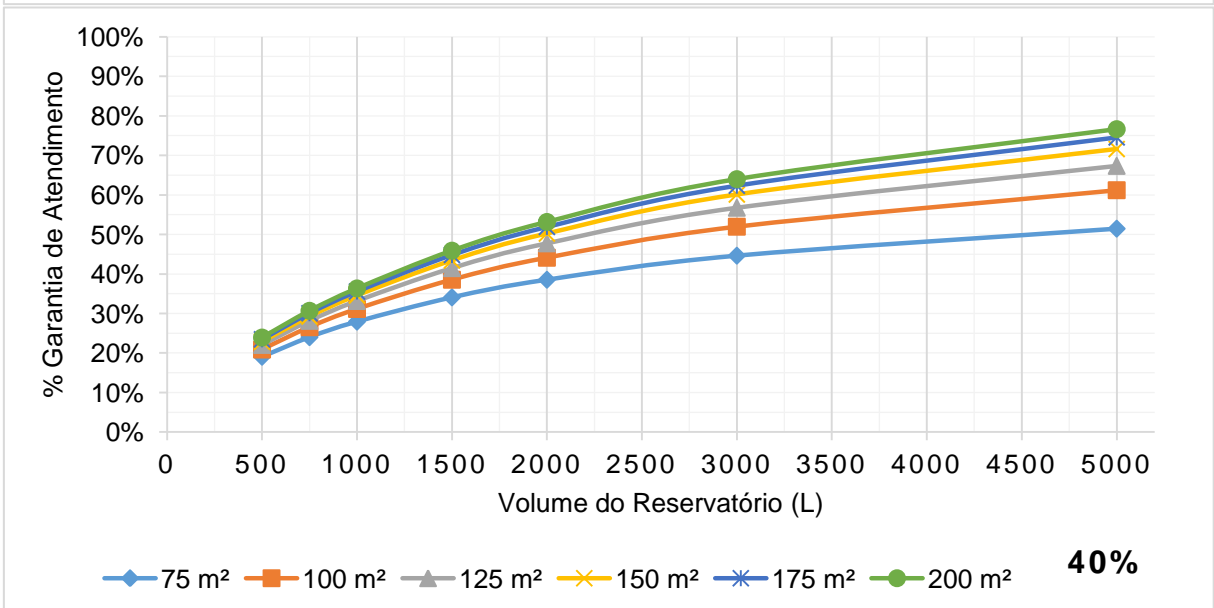
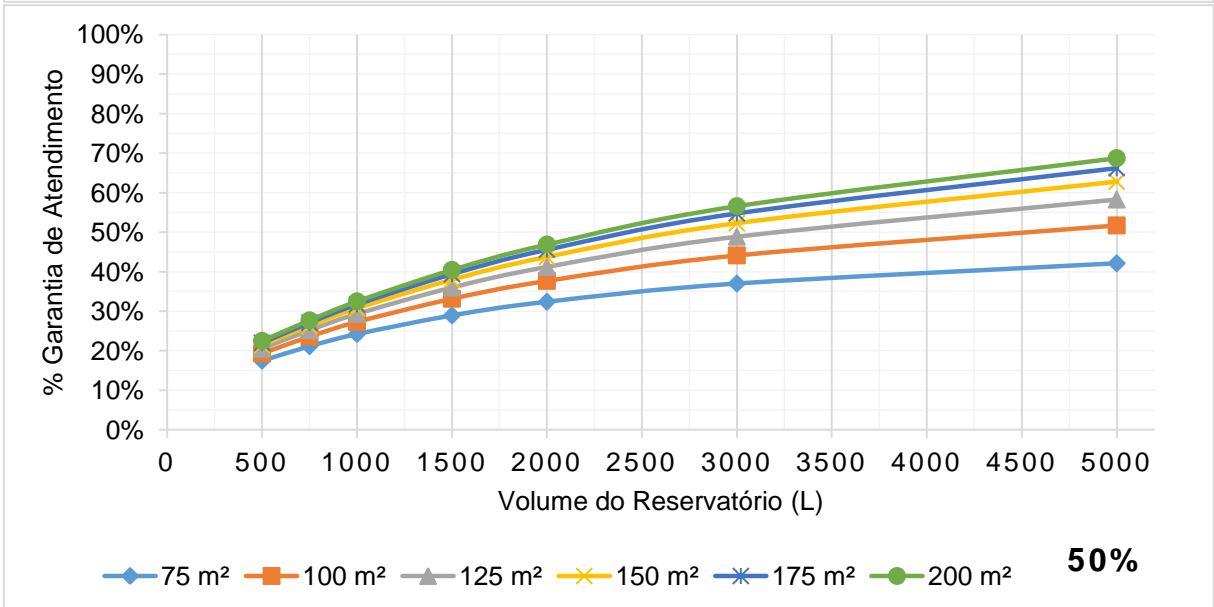
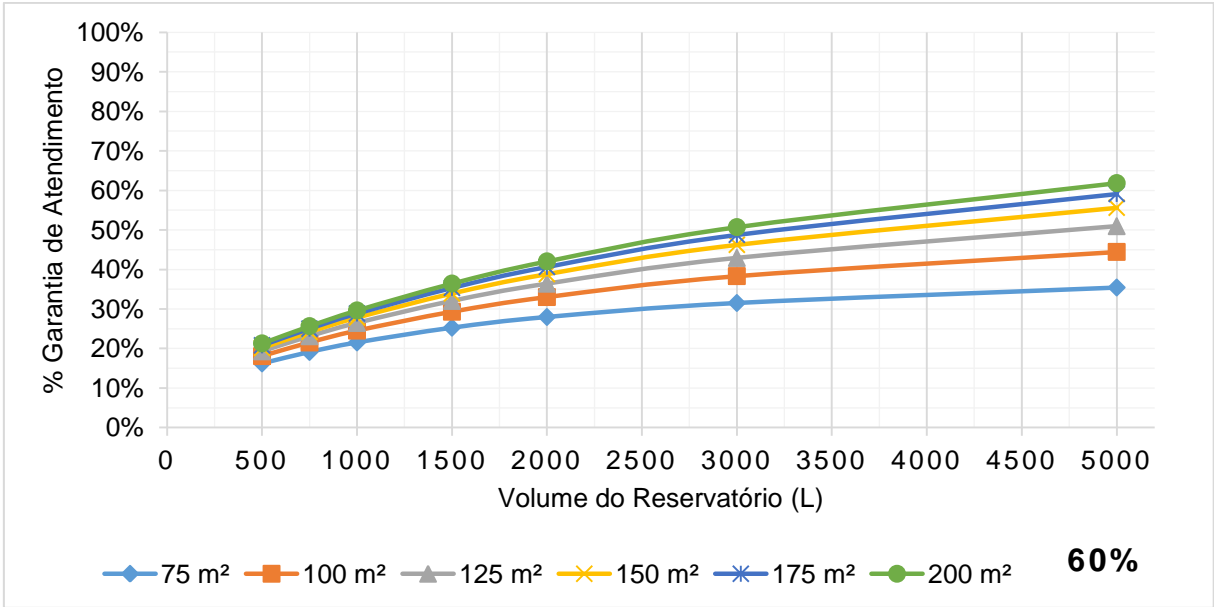


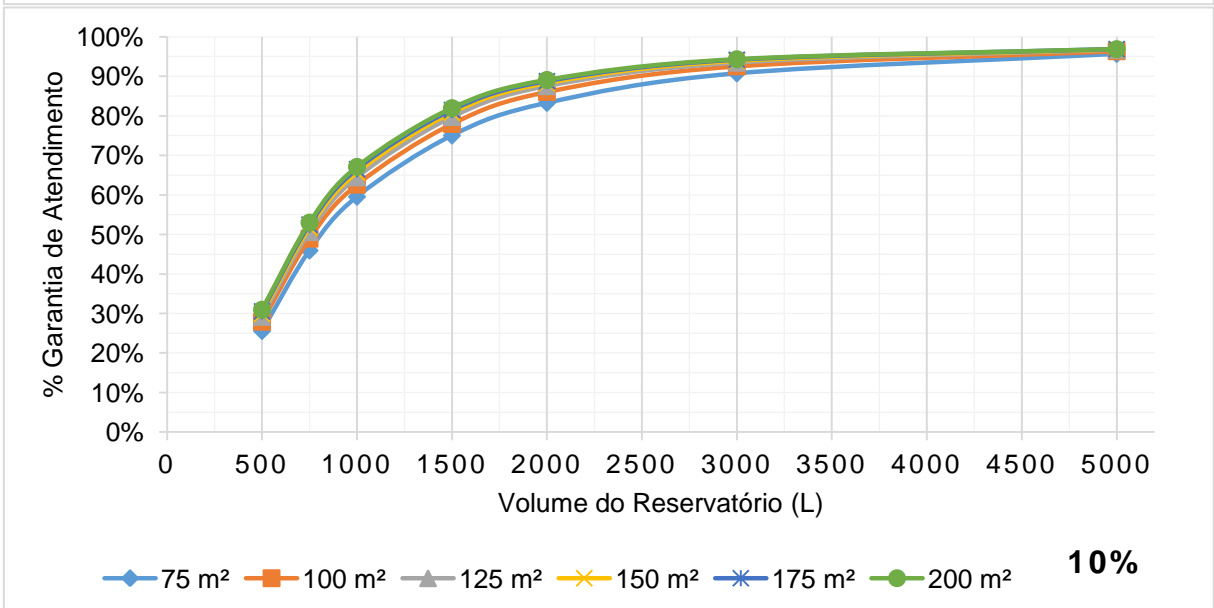
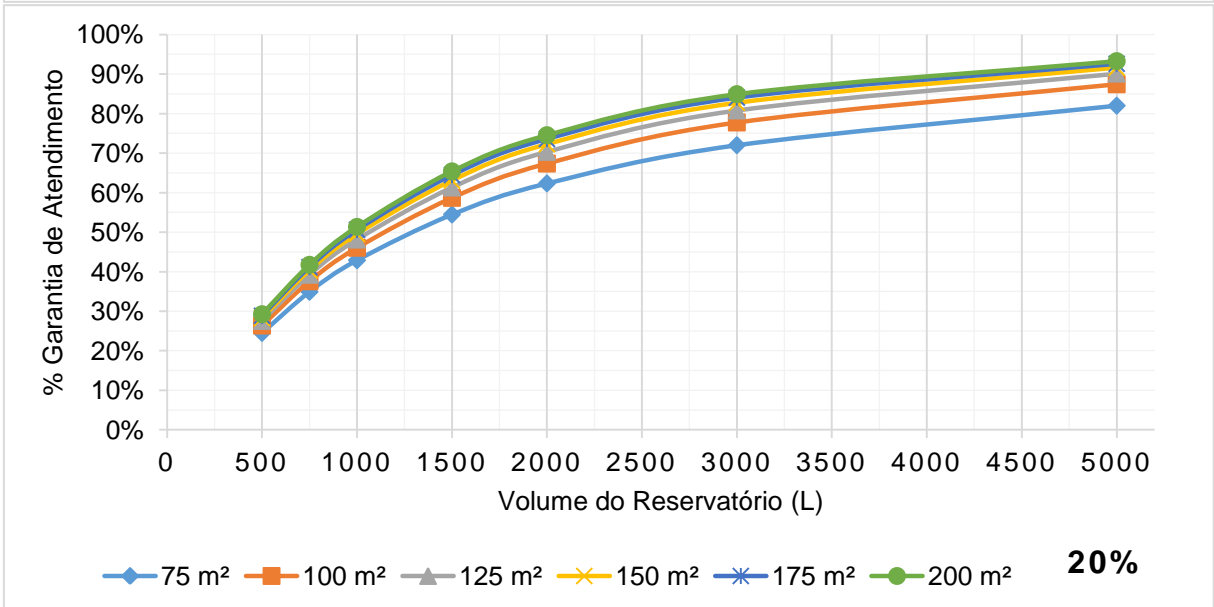
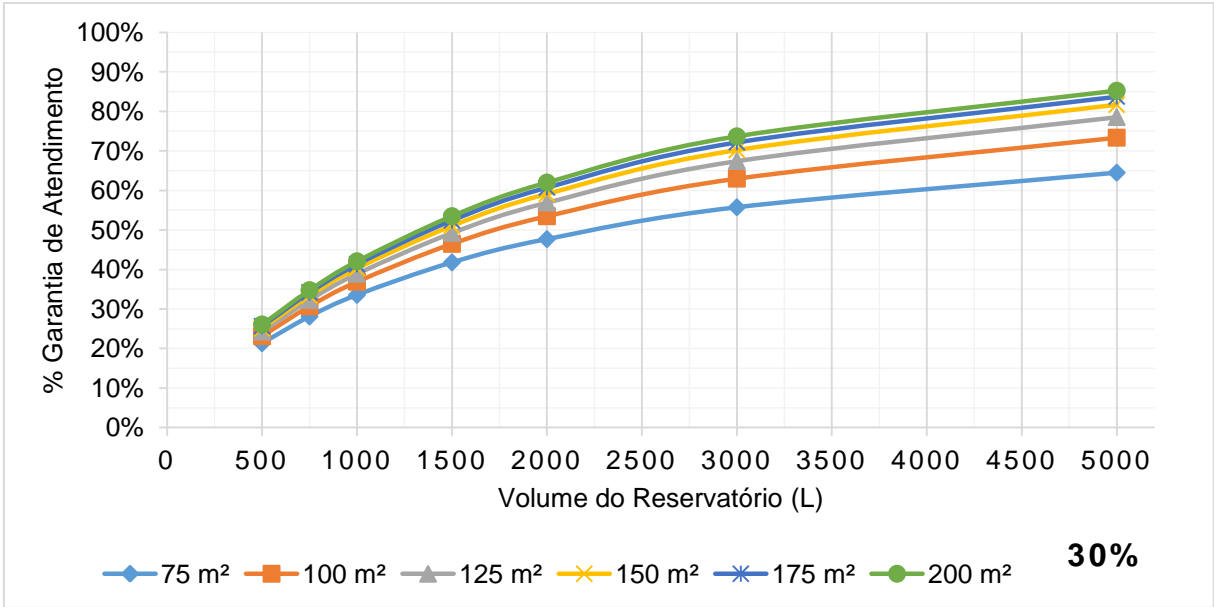


• Zona Rural





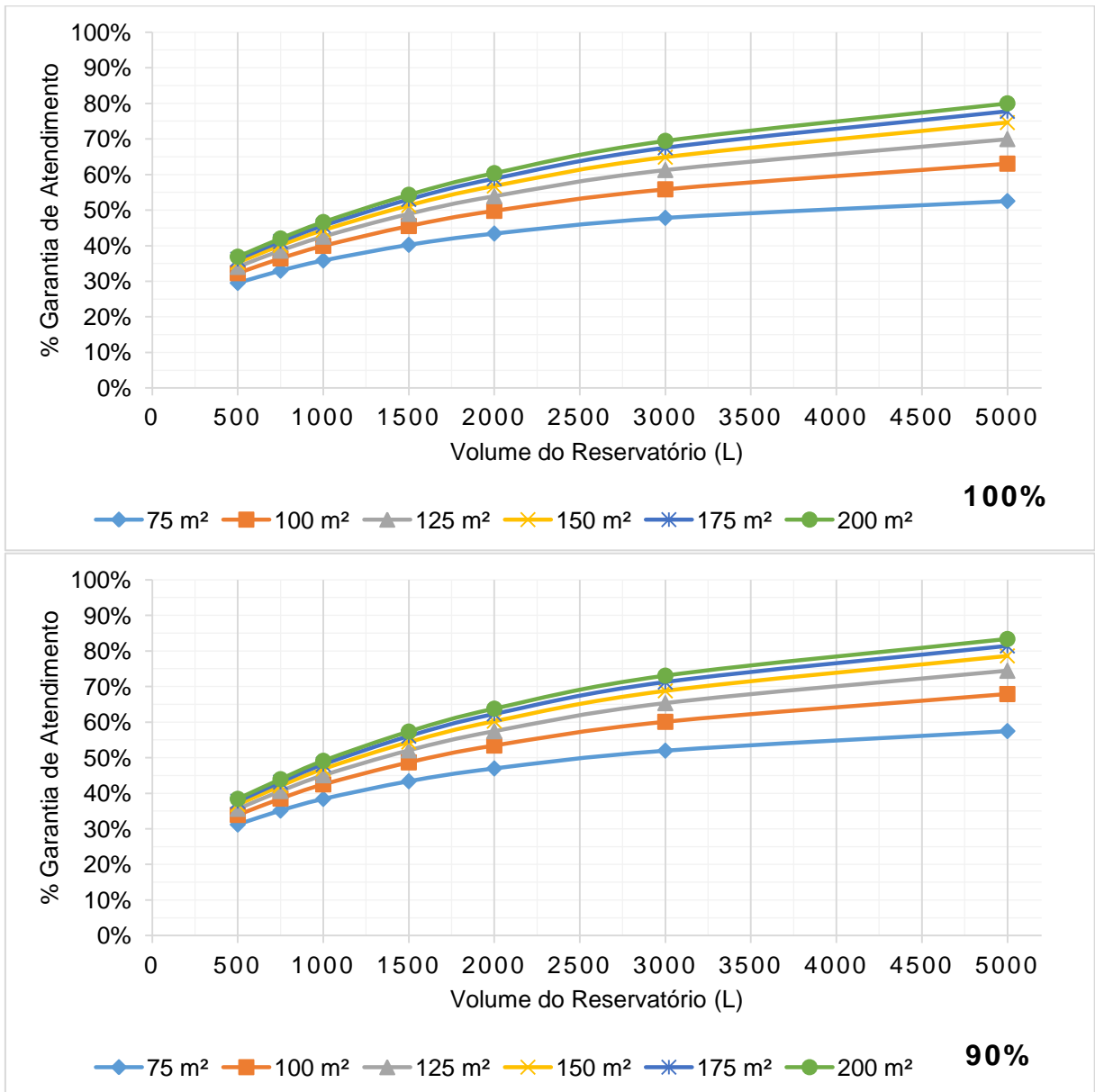


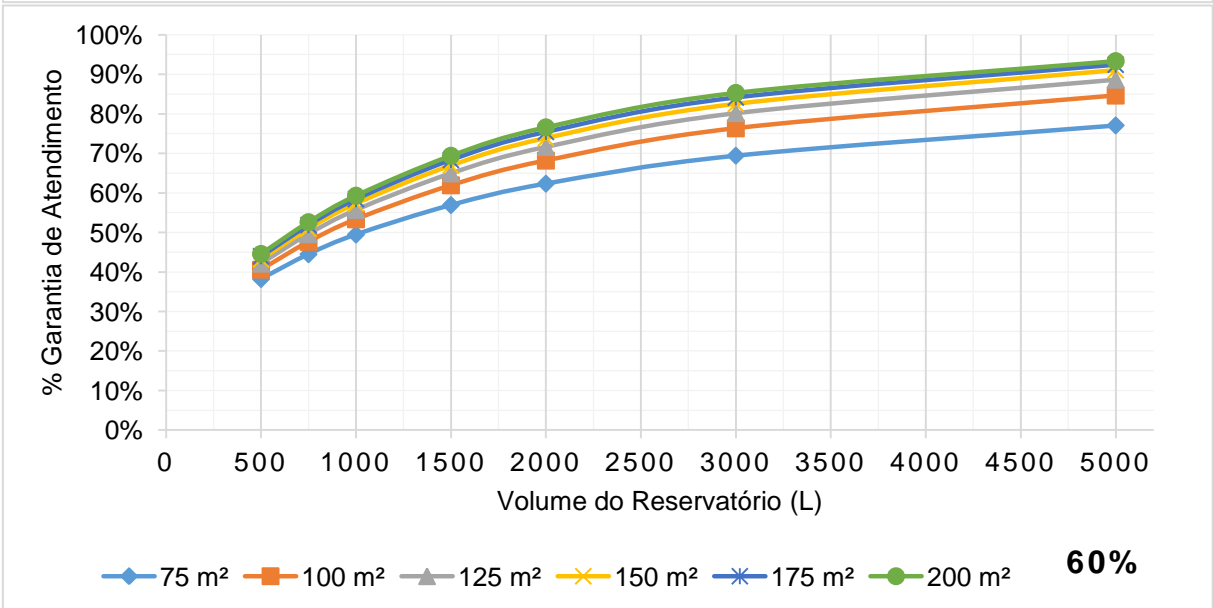
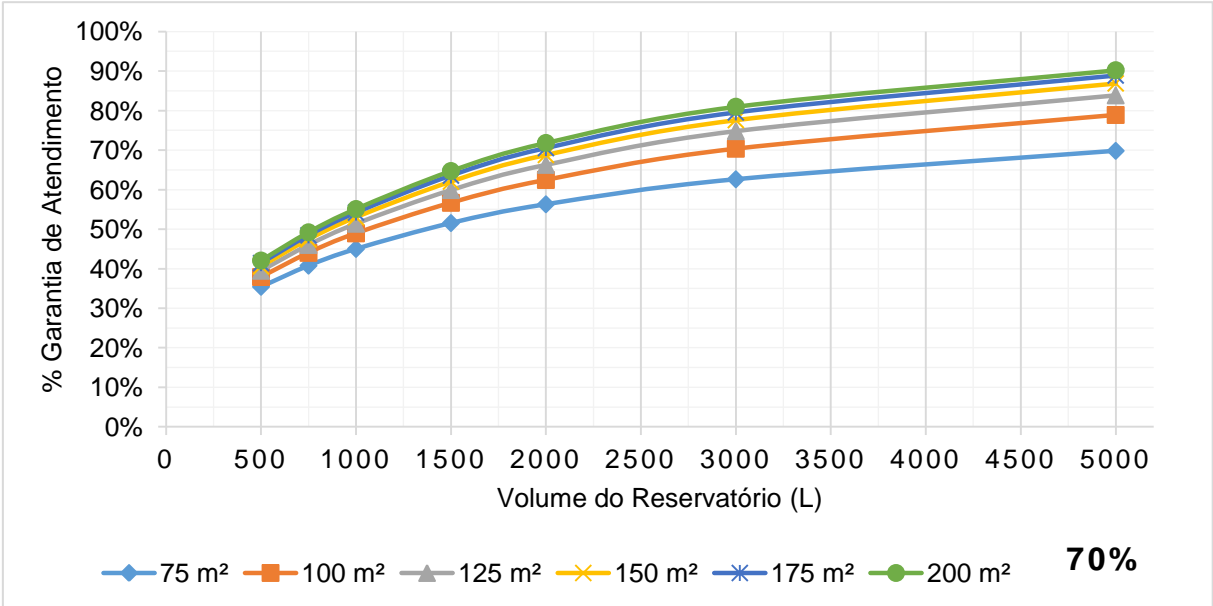
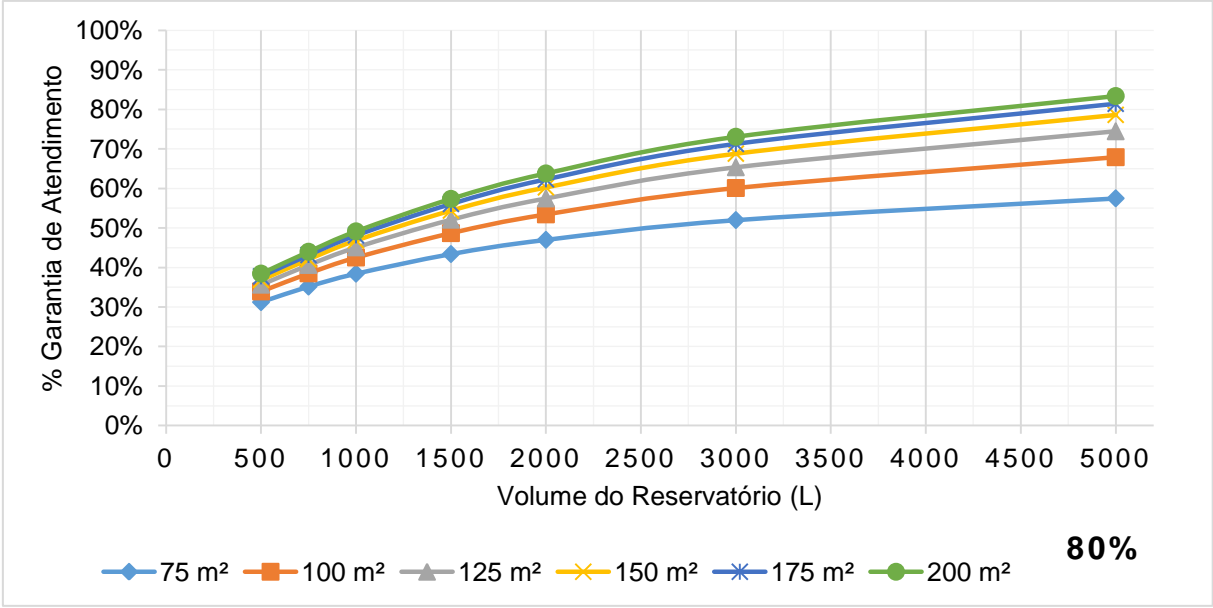


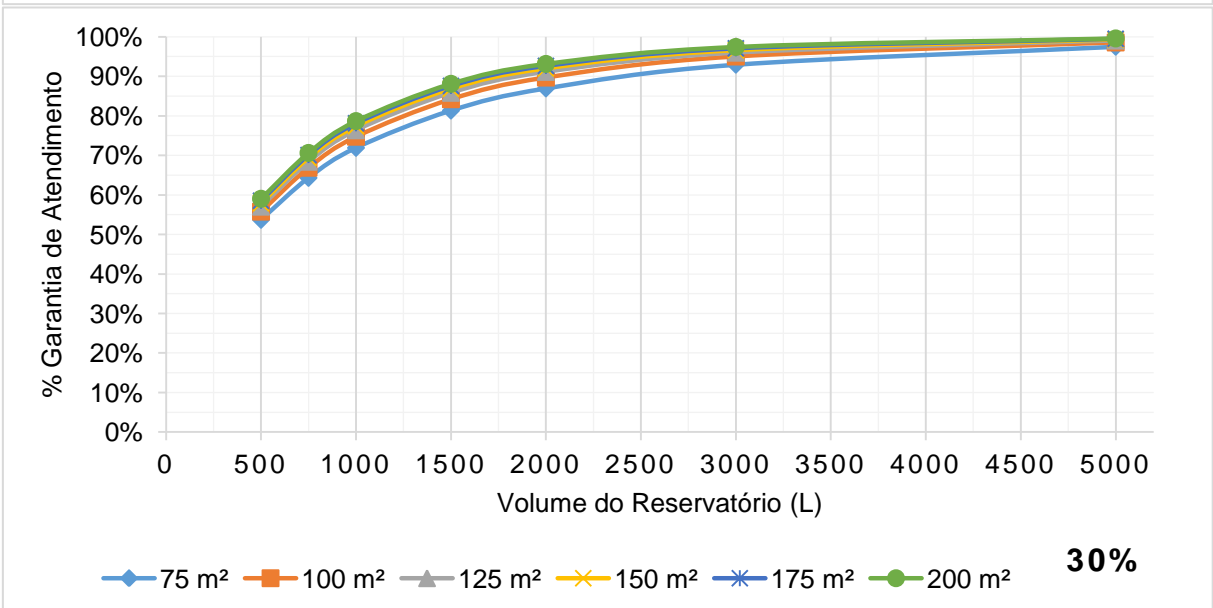
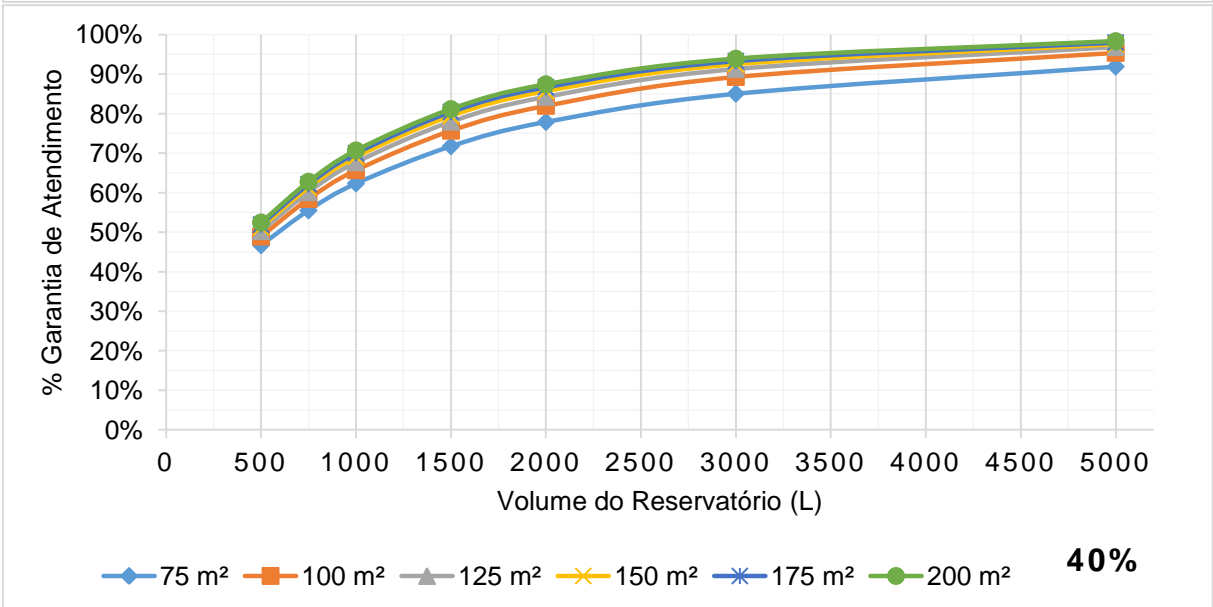
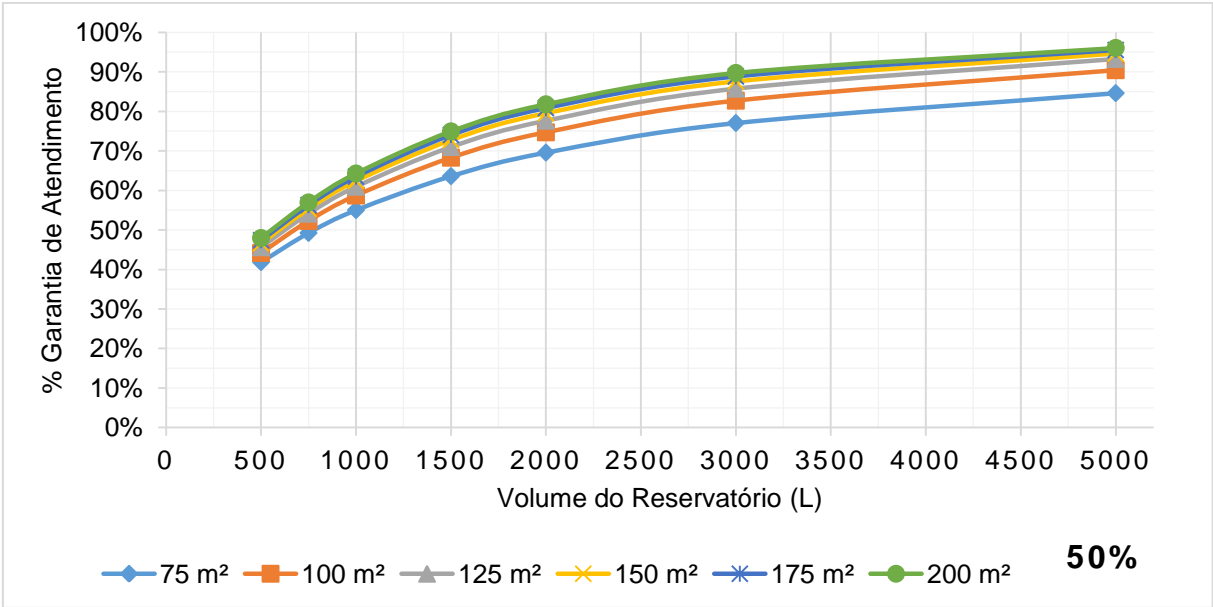
APÊNDICE XIII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE IPÊ

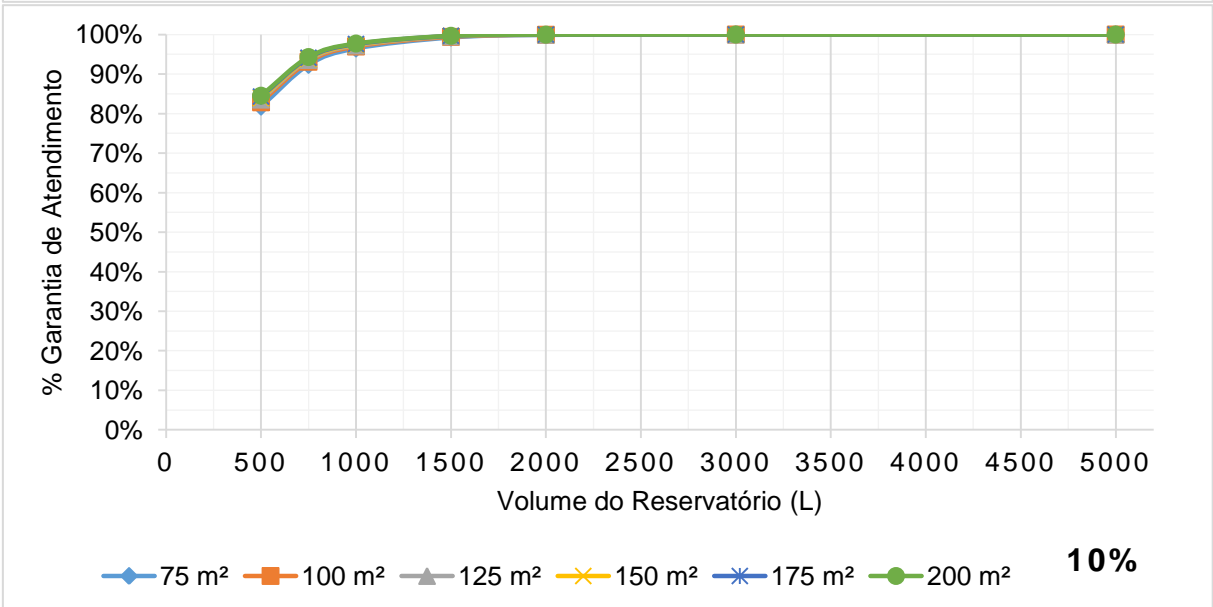
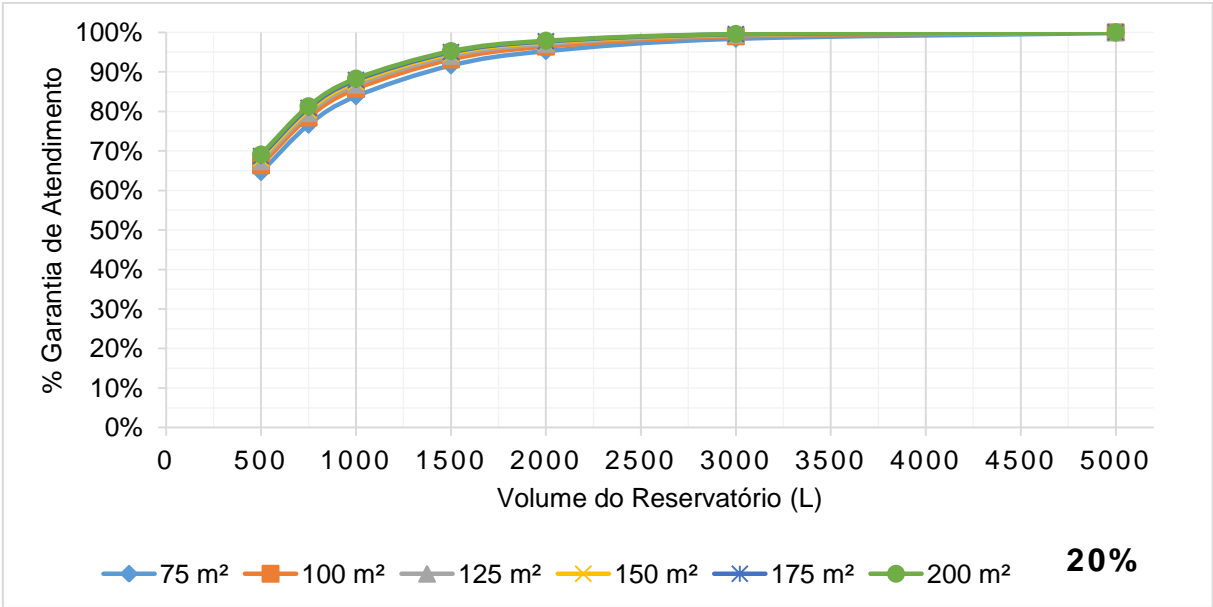
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Ipê. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

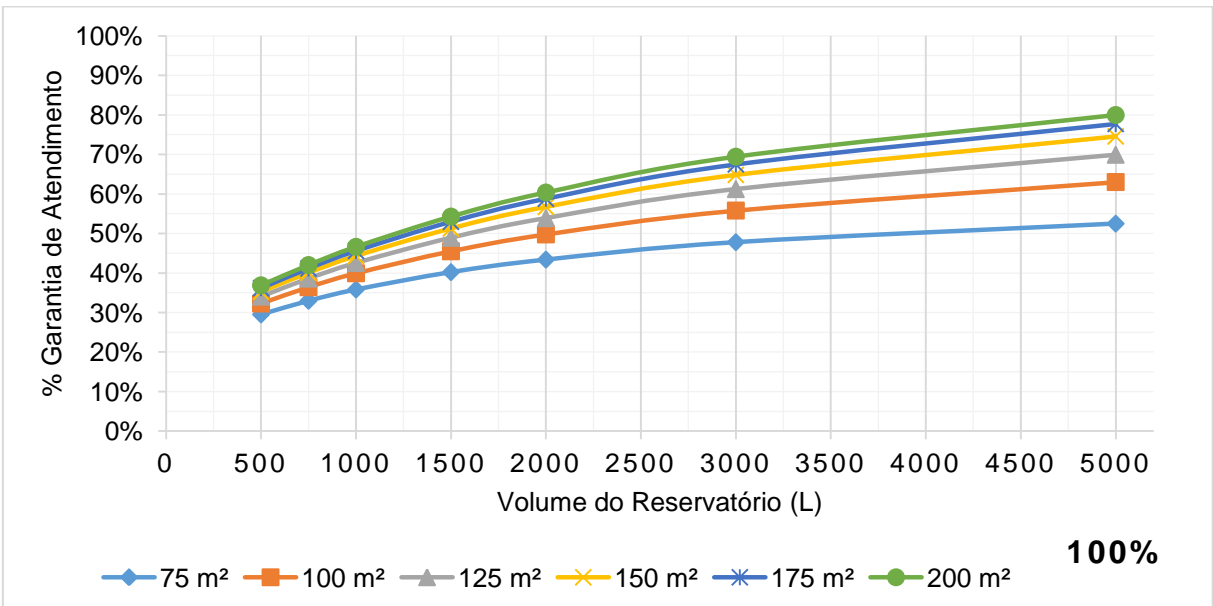


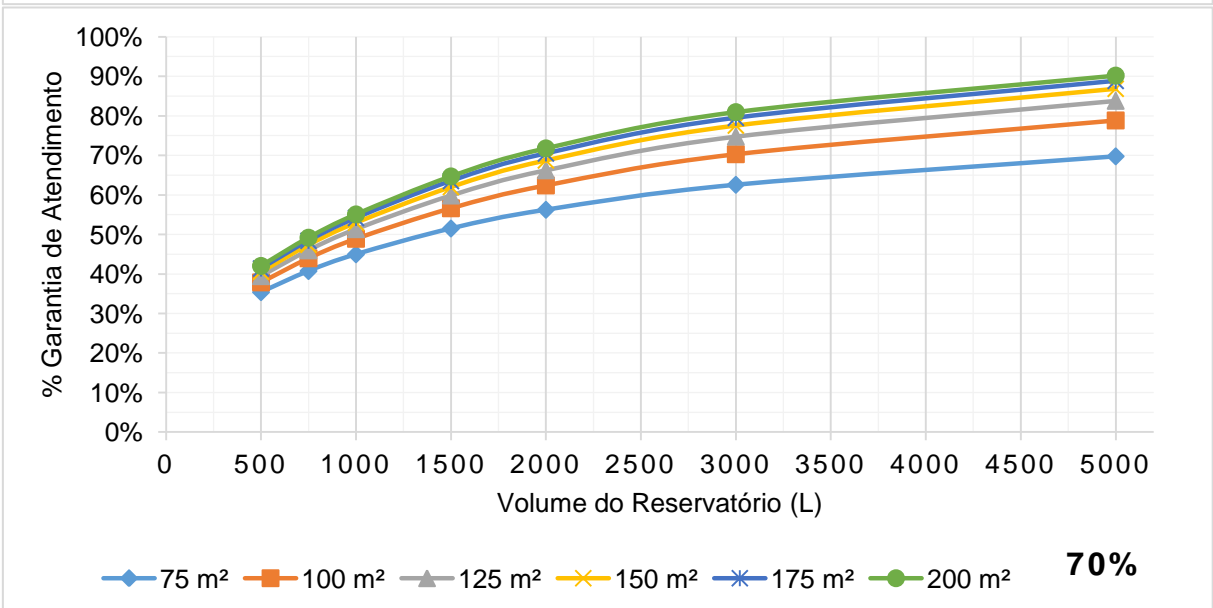
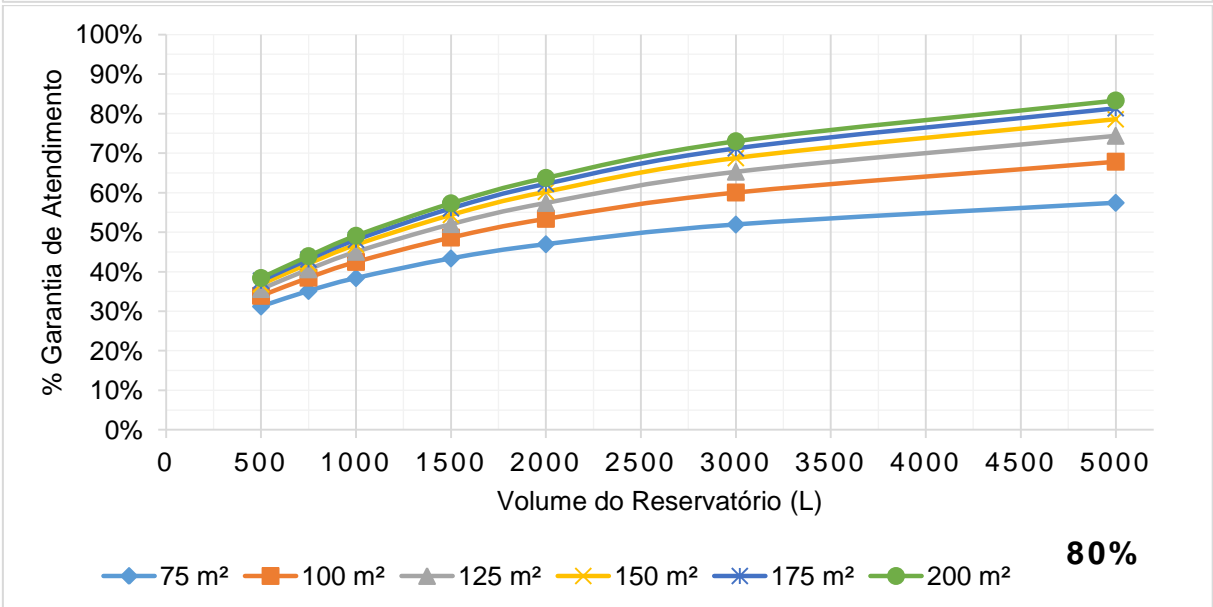
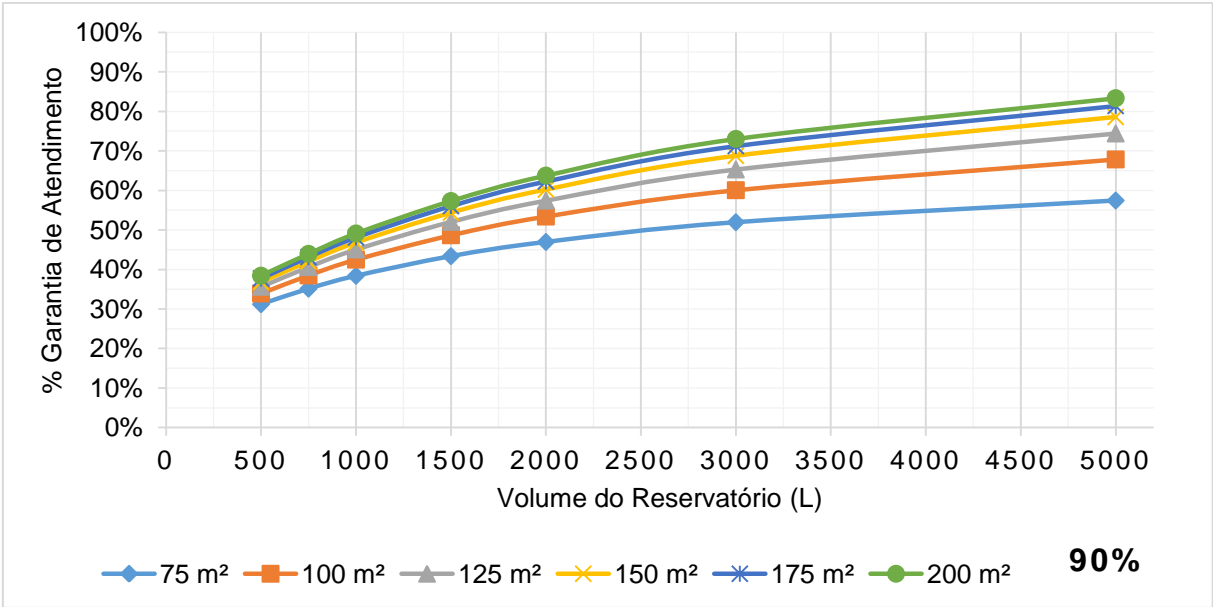


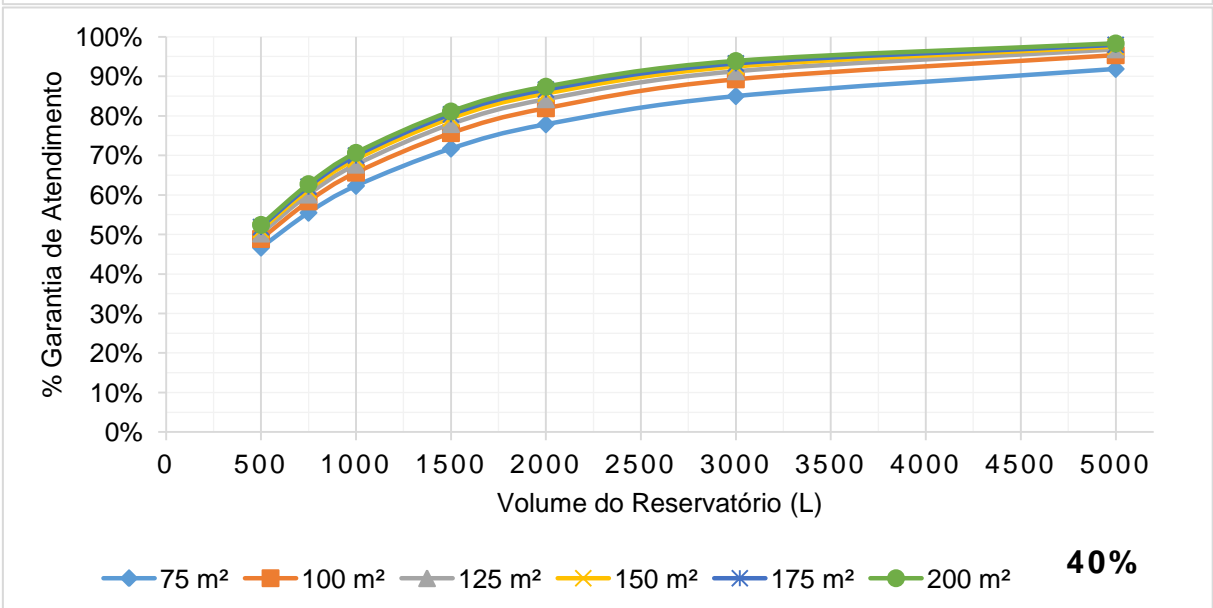
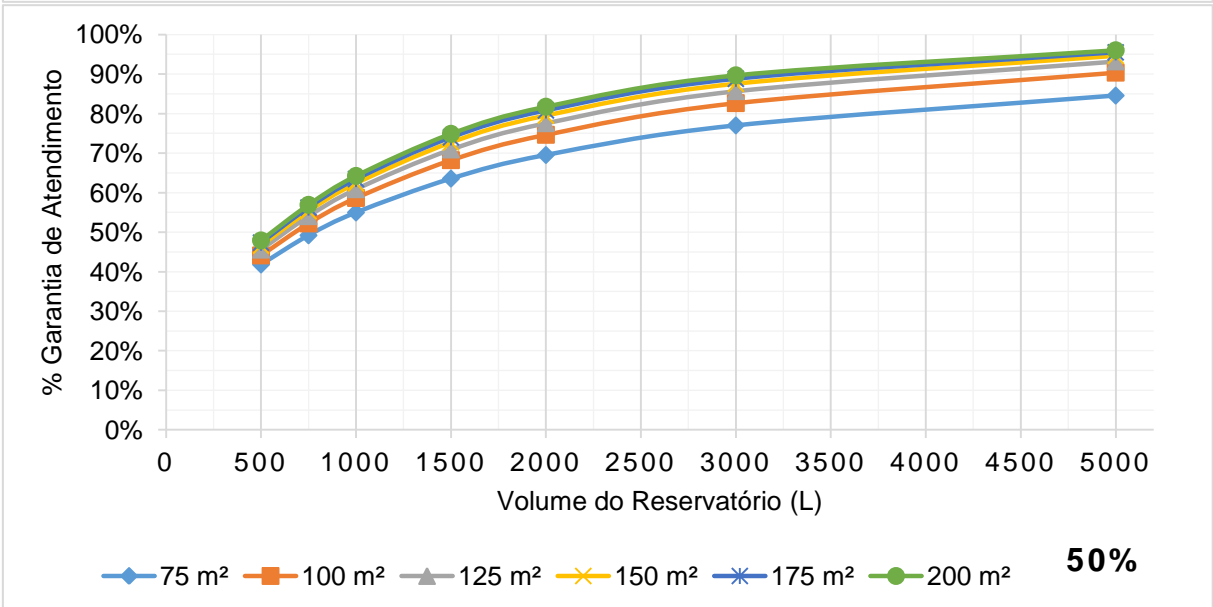
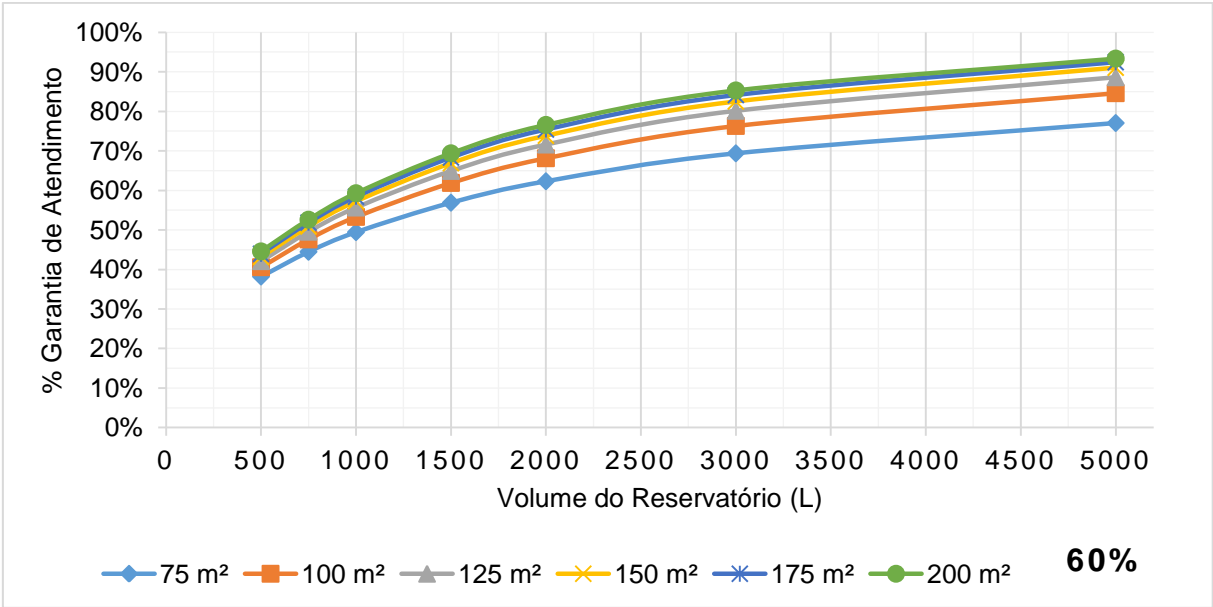


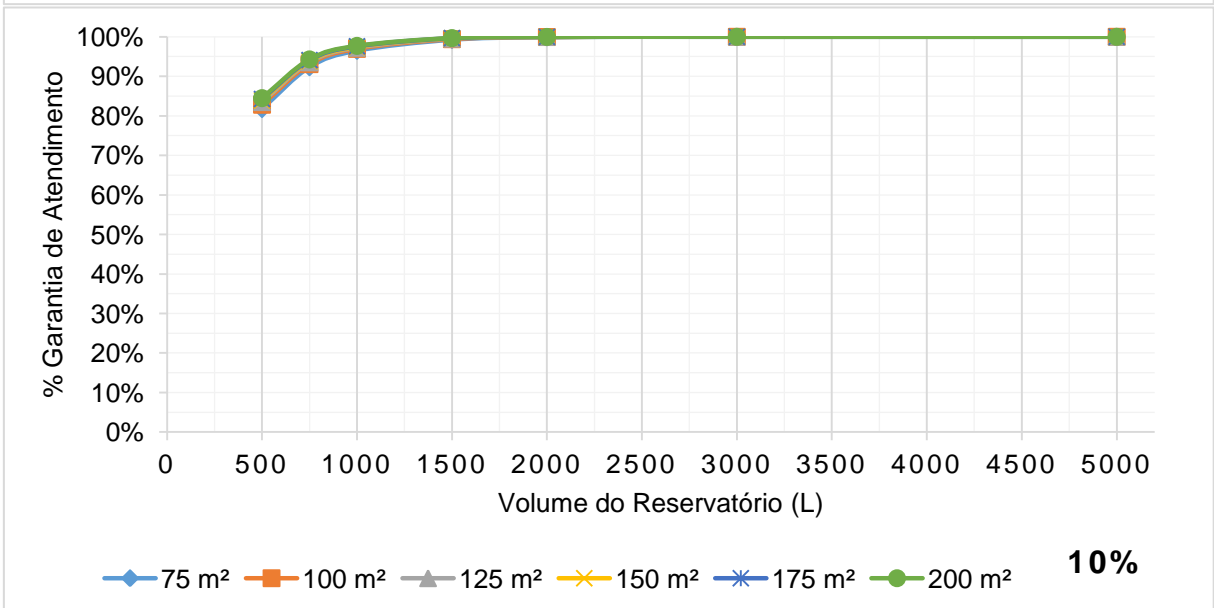
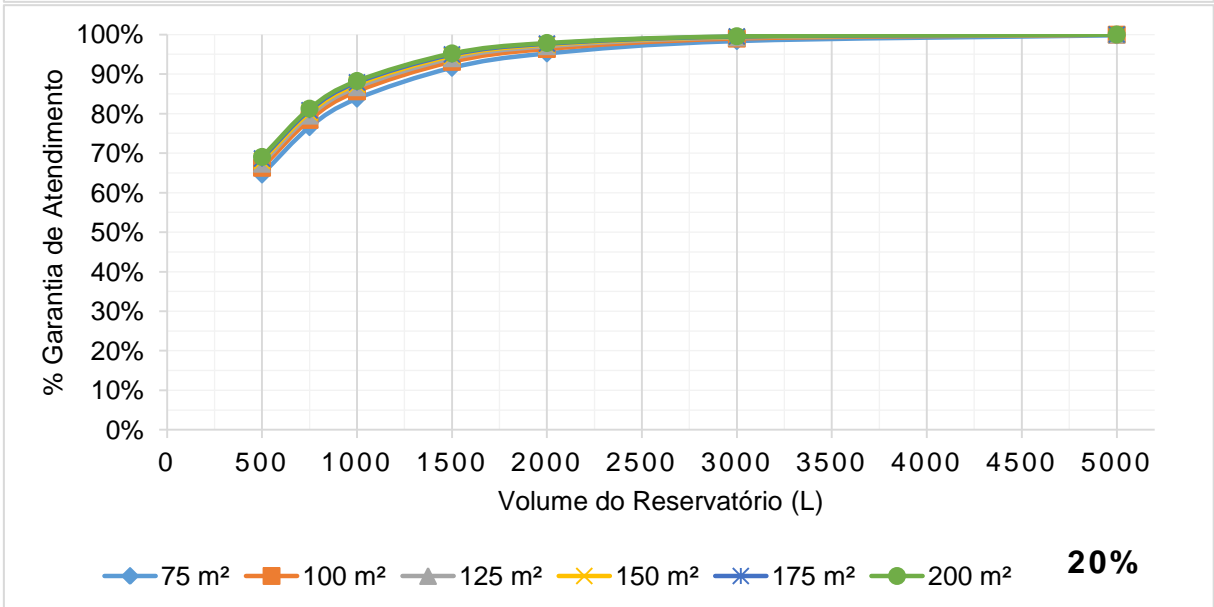
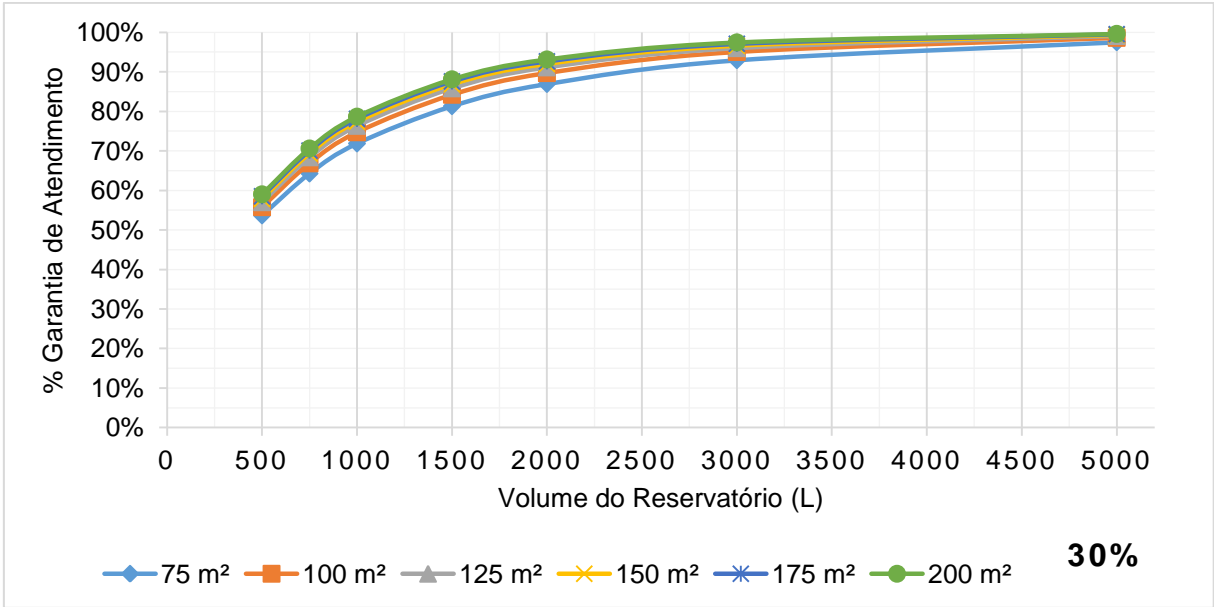


• Zona Rural





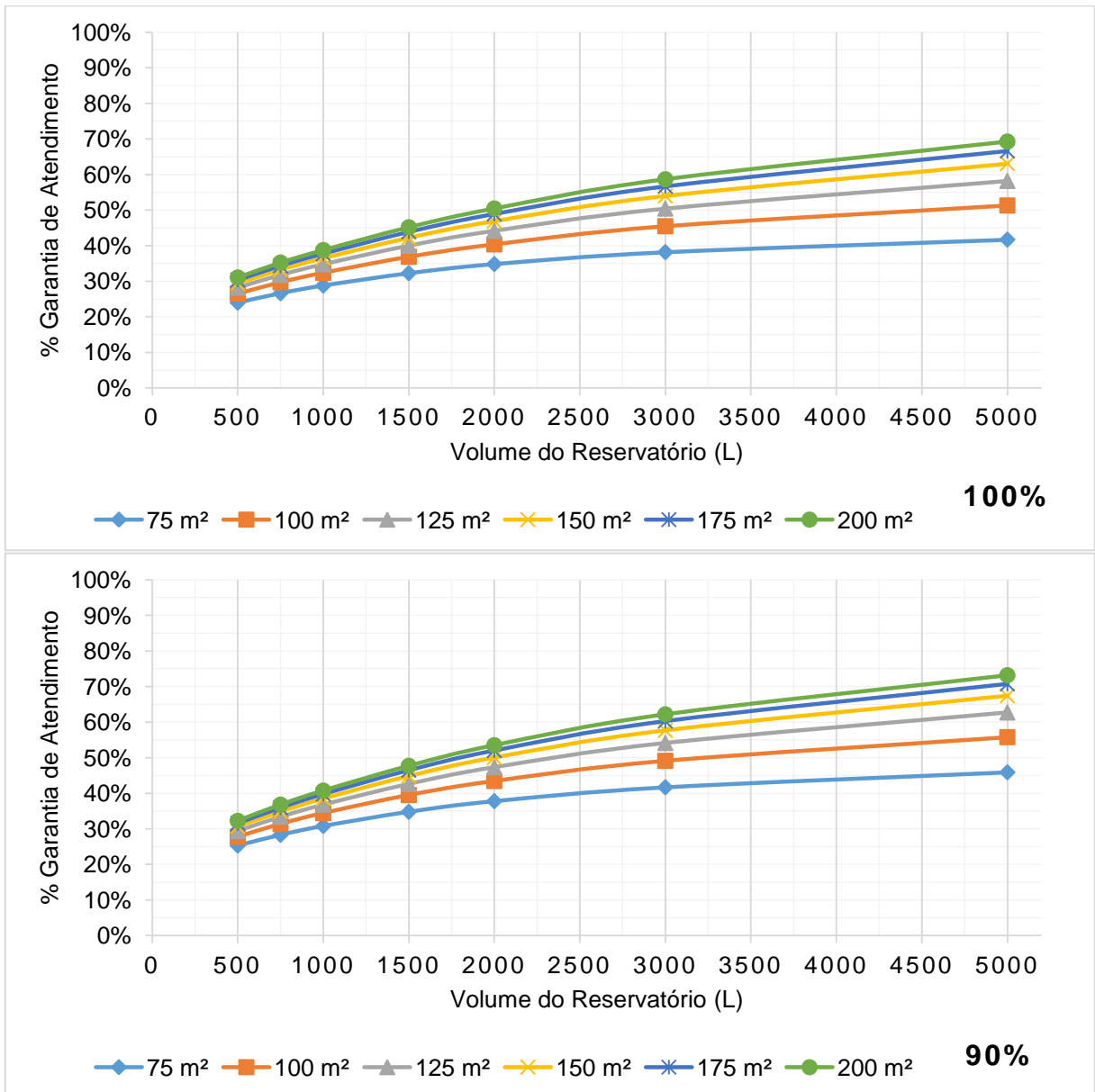


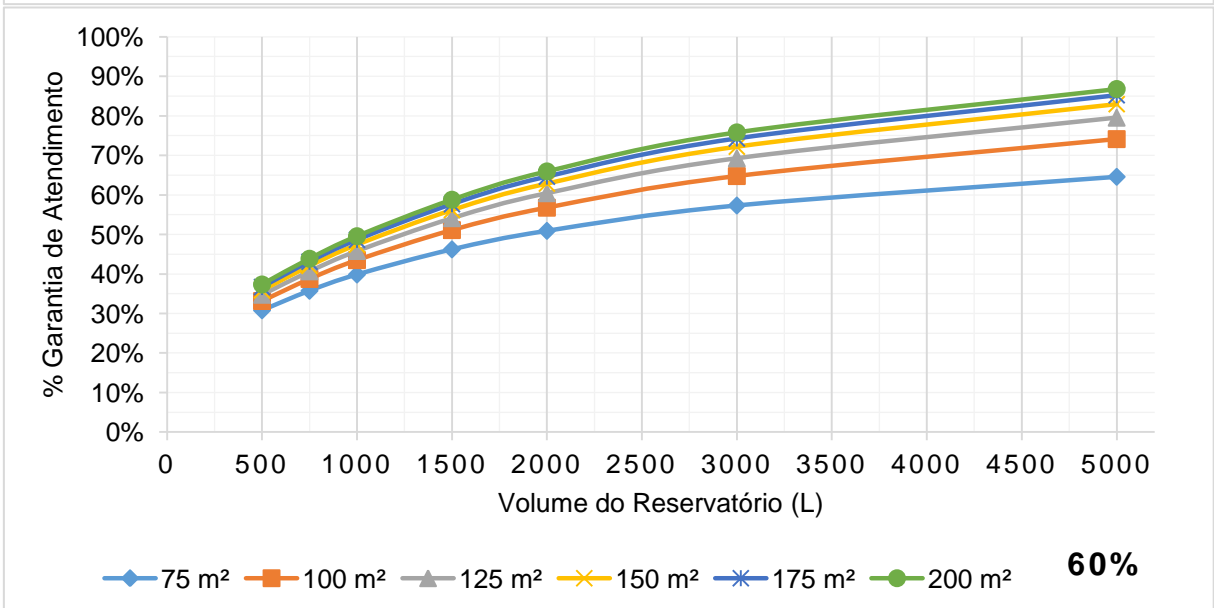
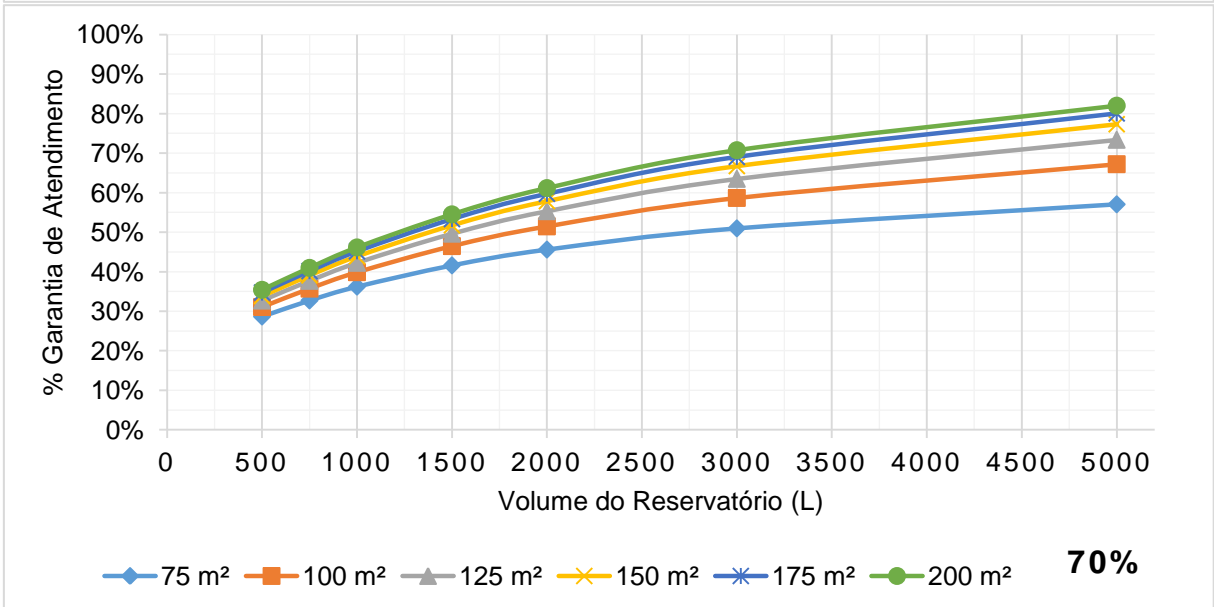
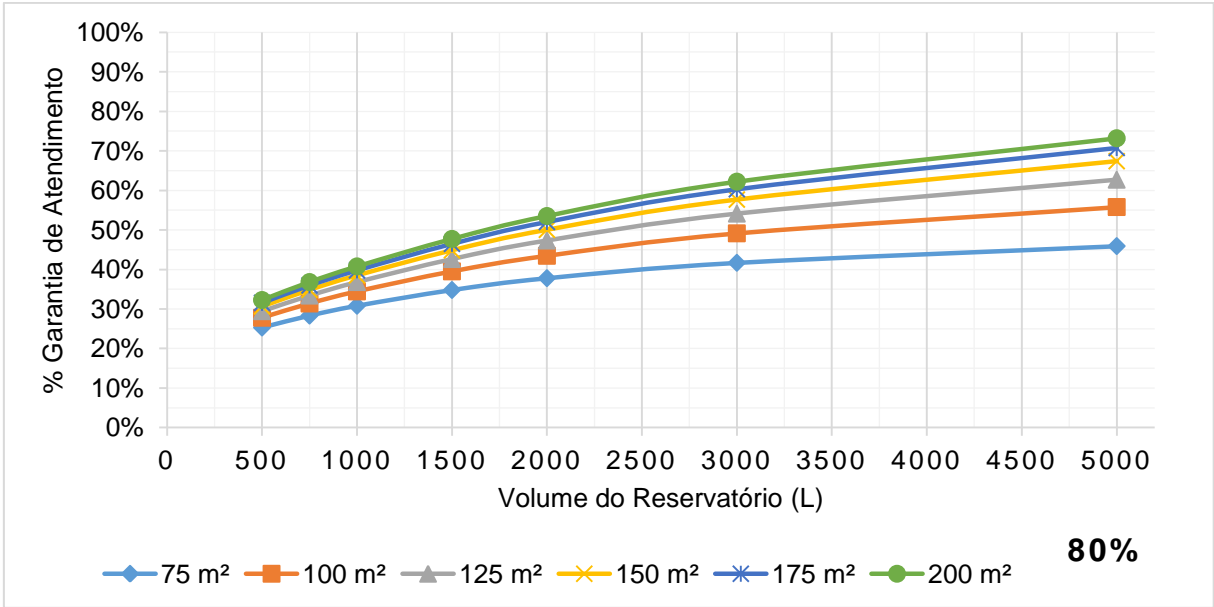


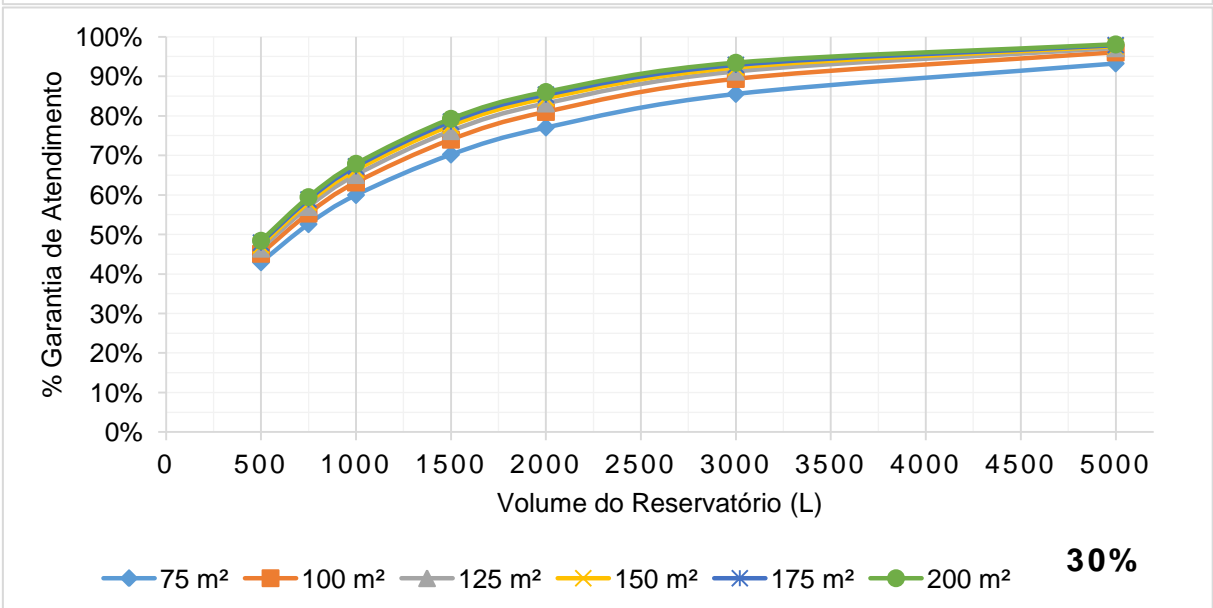
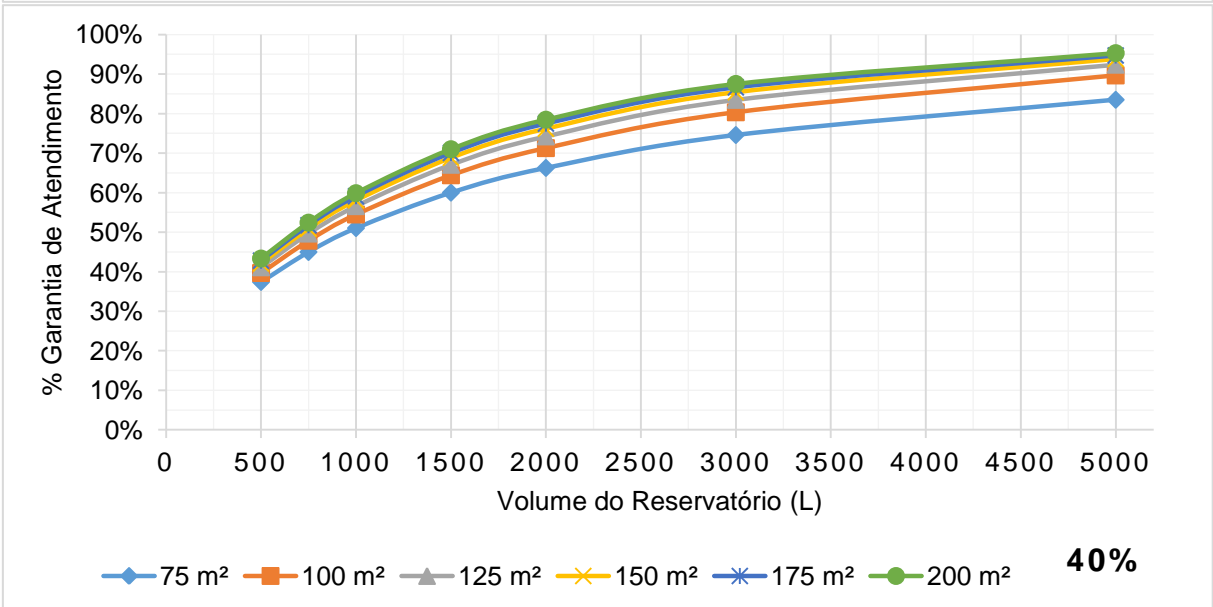
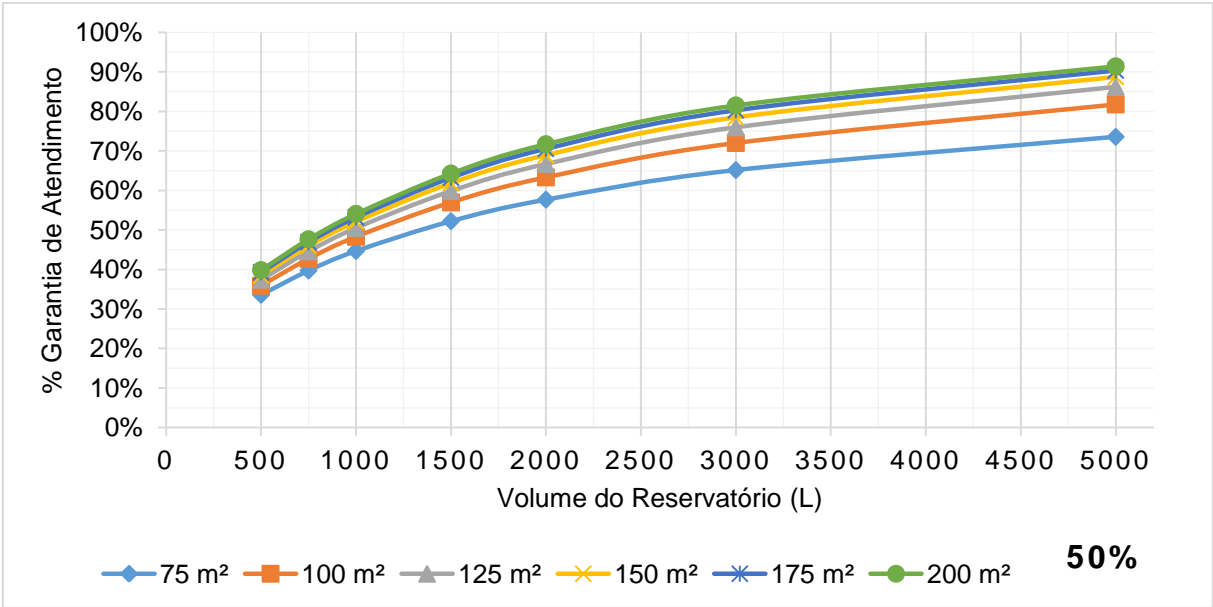
APÊNDICE XIV - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE IRAÍ

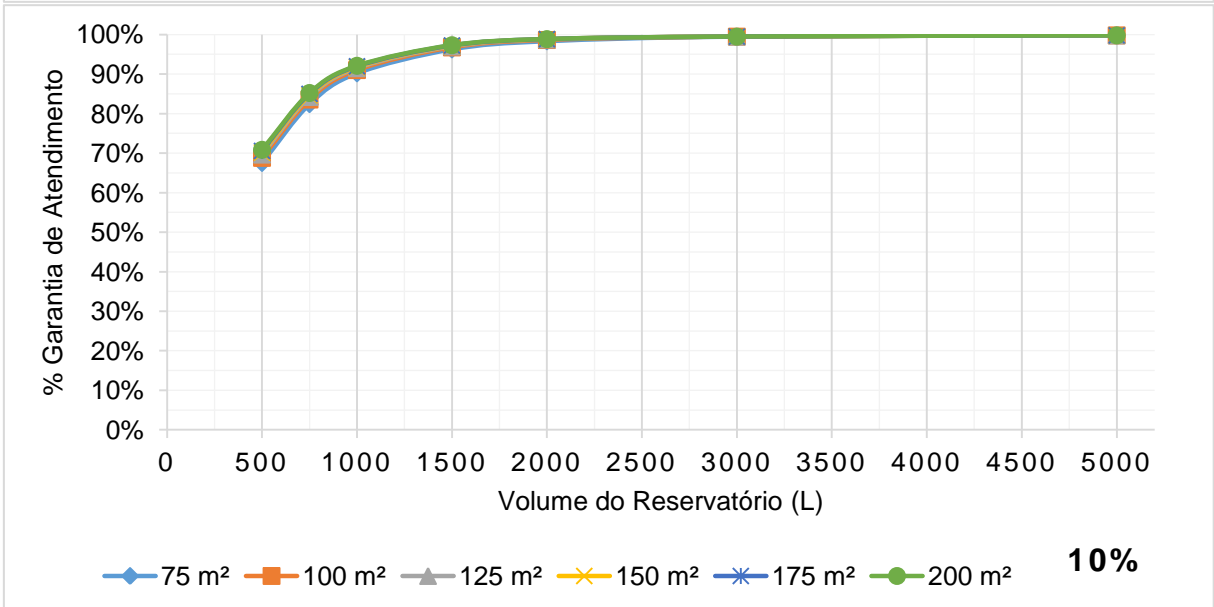
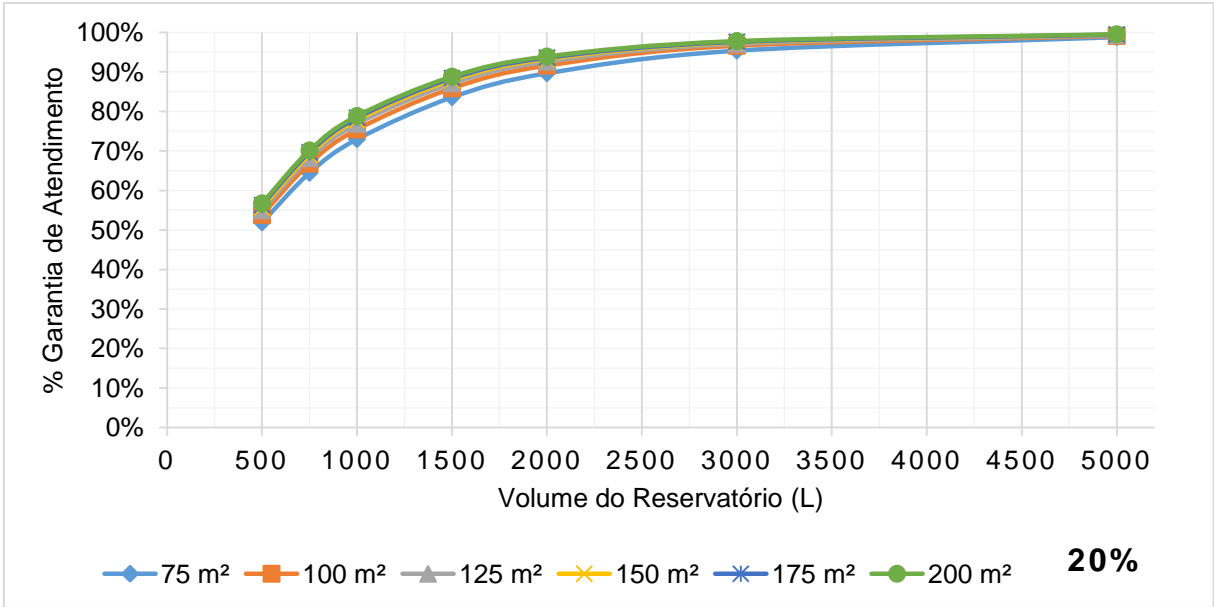
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Iraí. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

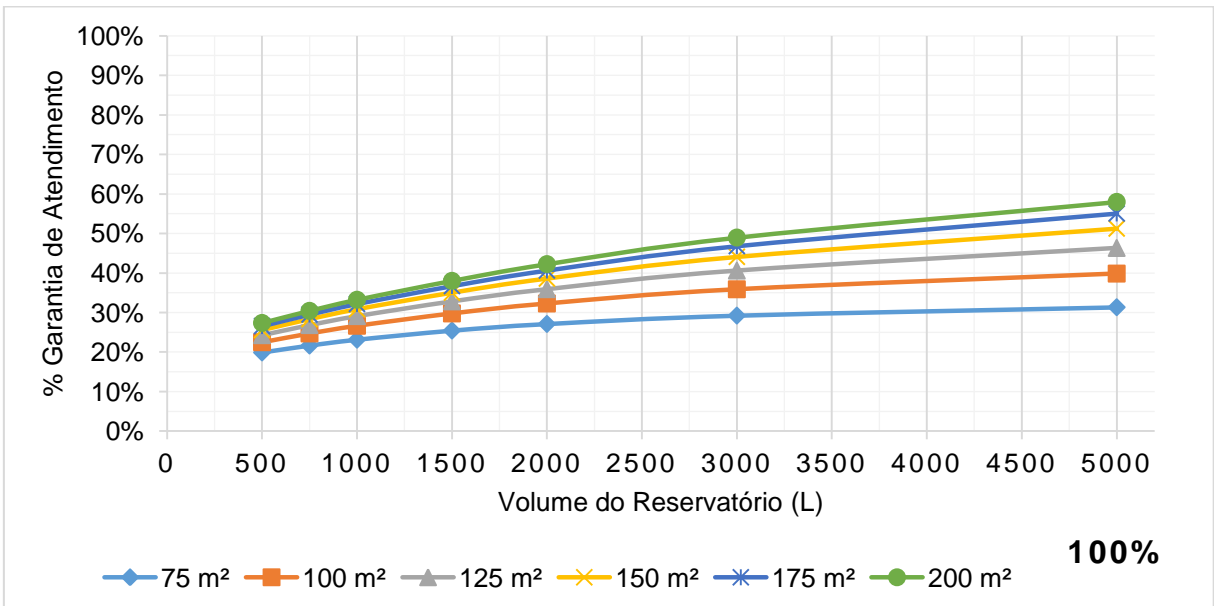


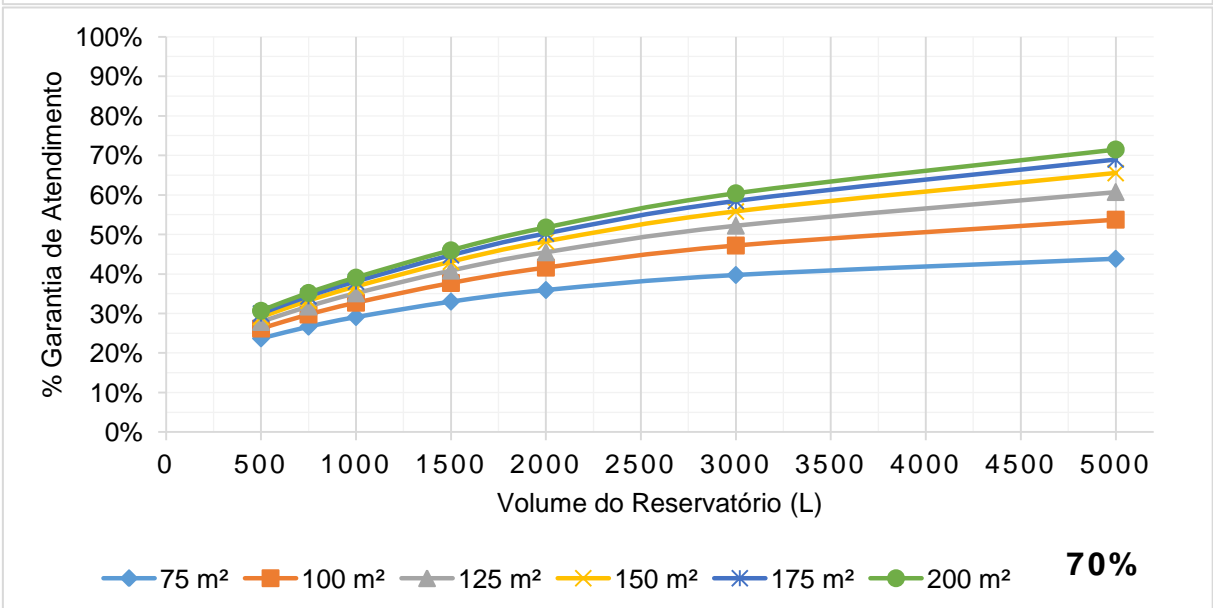
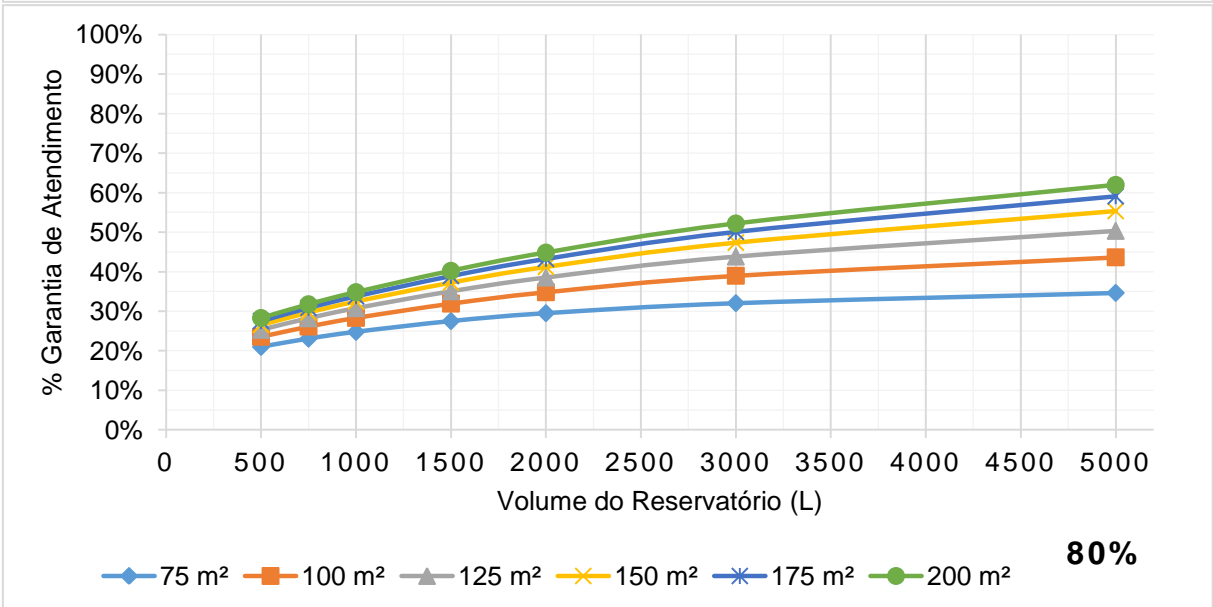
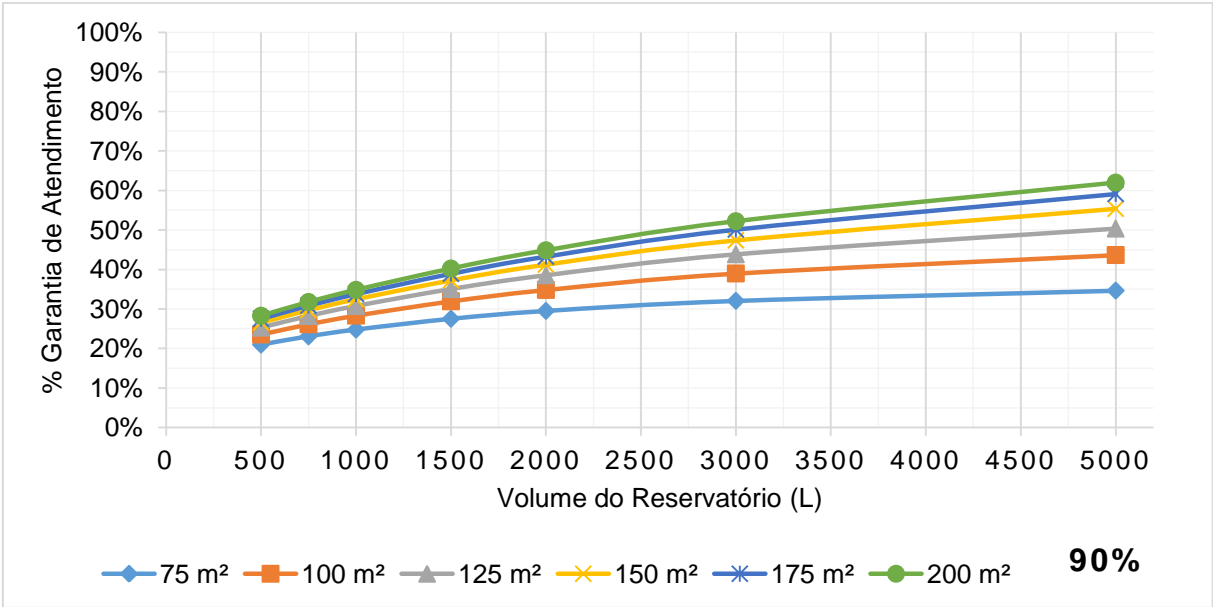


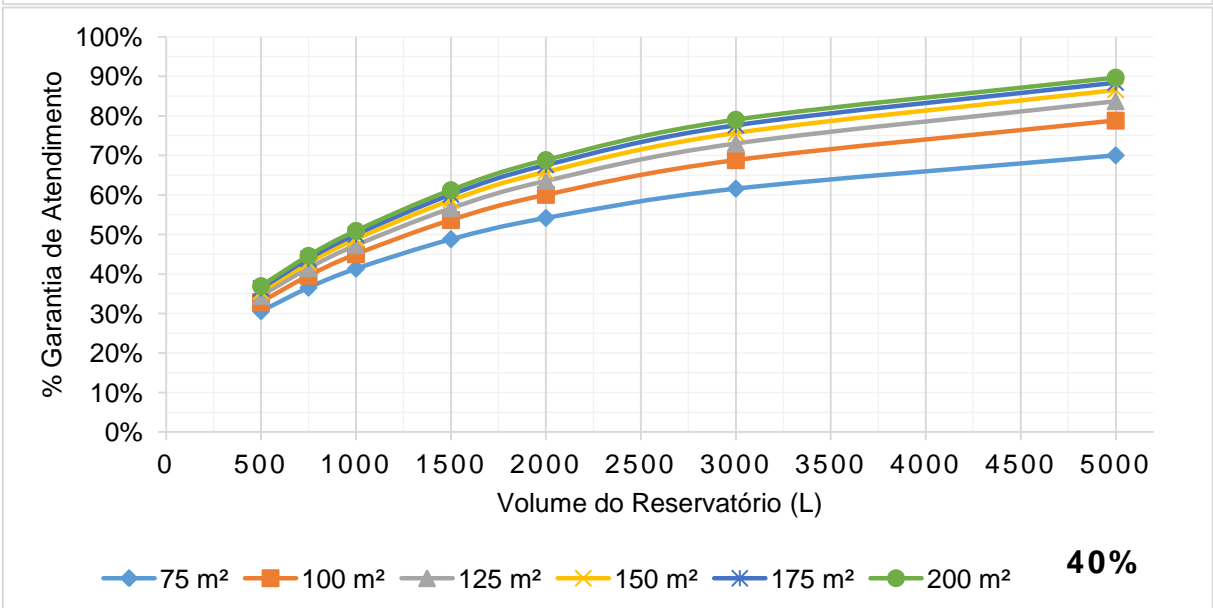
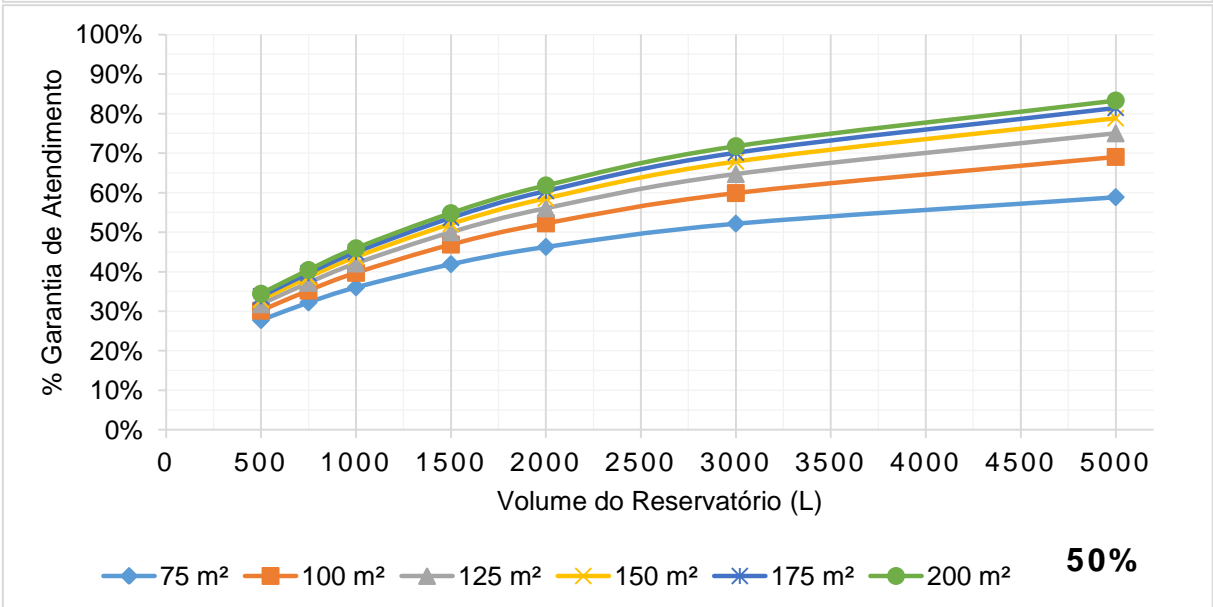
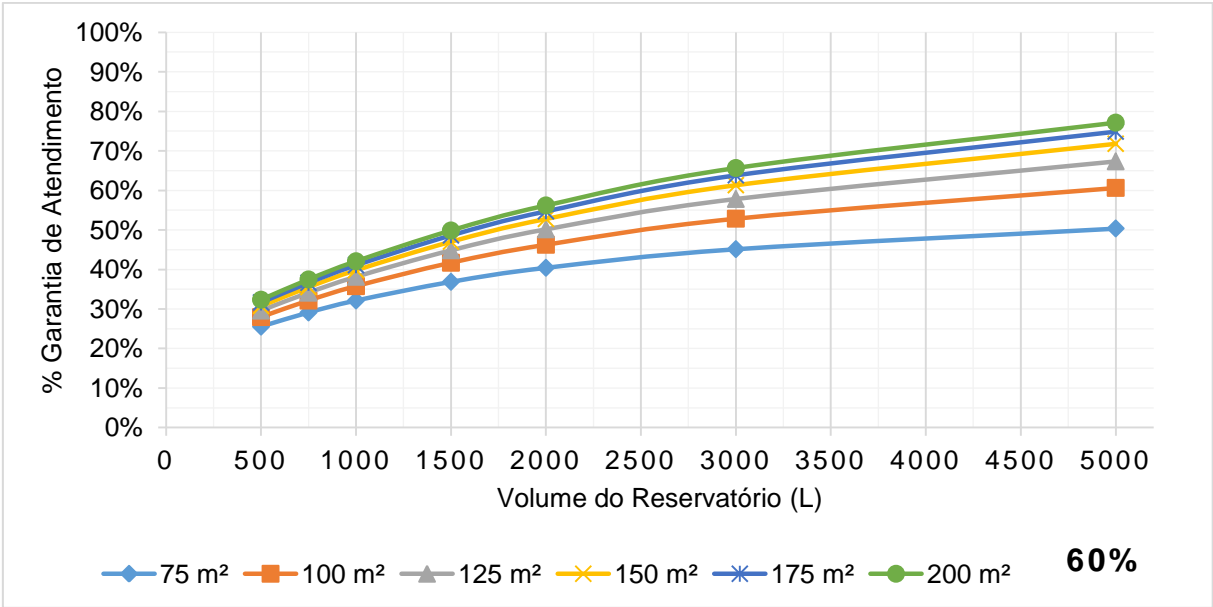


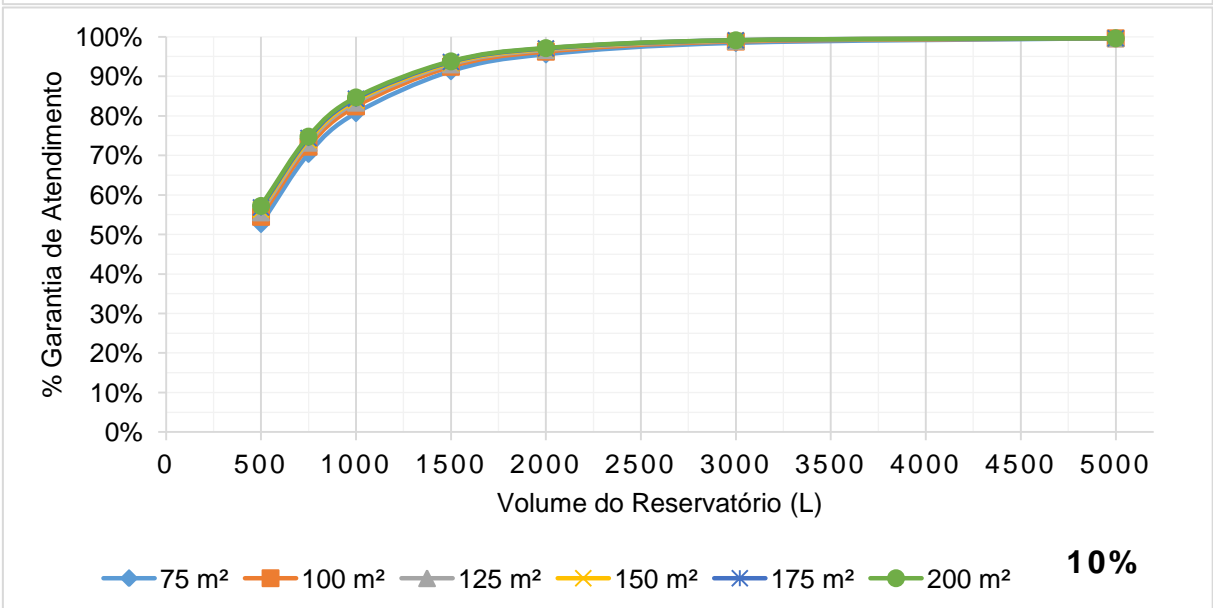
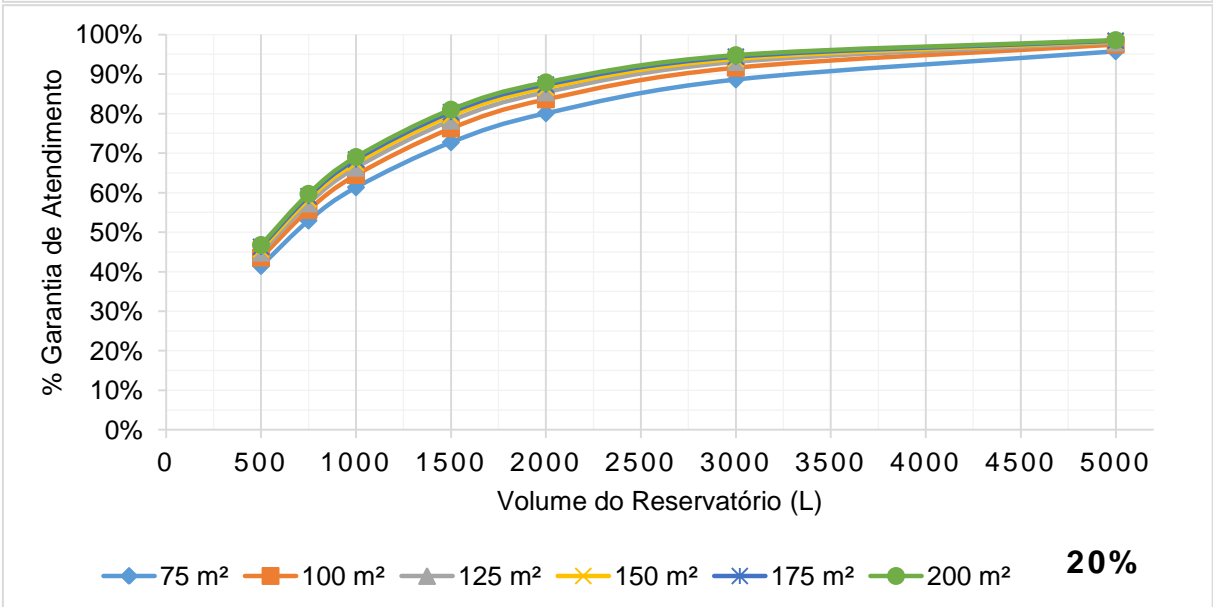
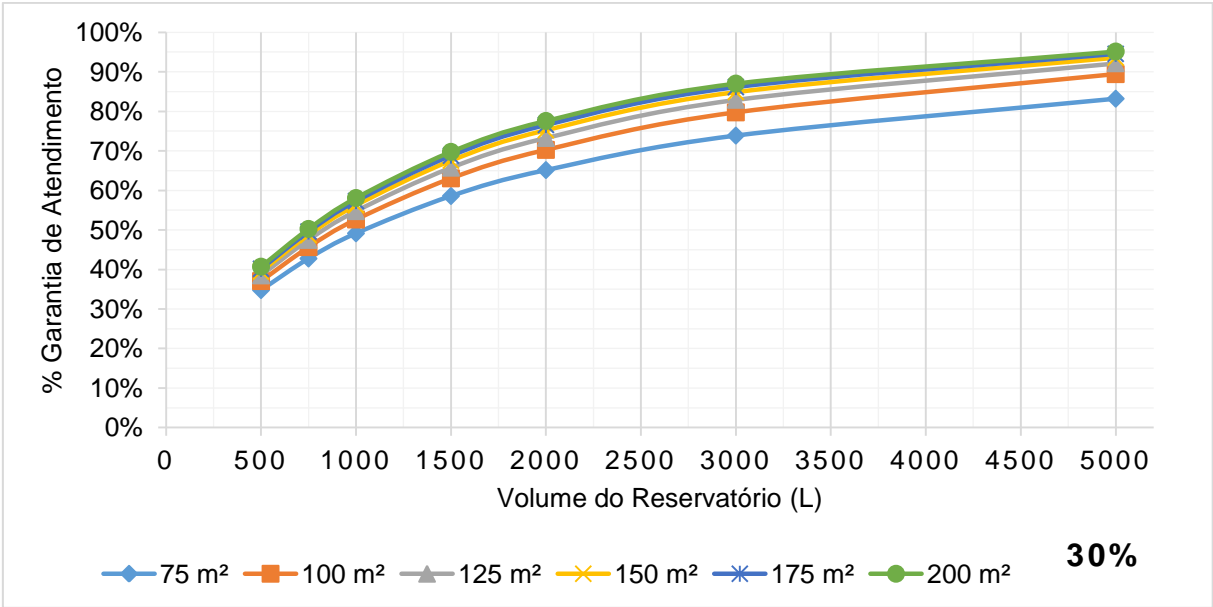


• Zona Rural





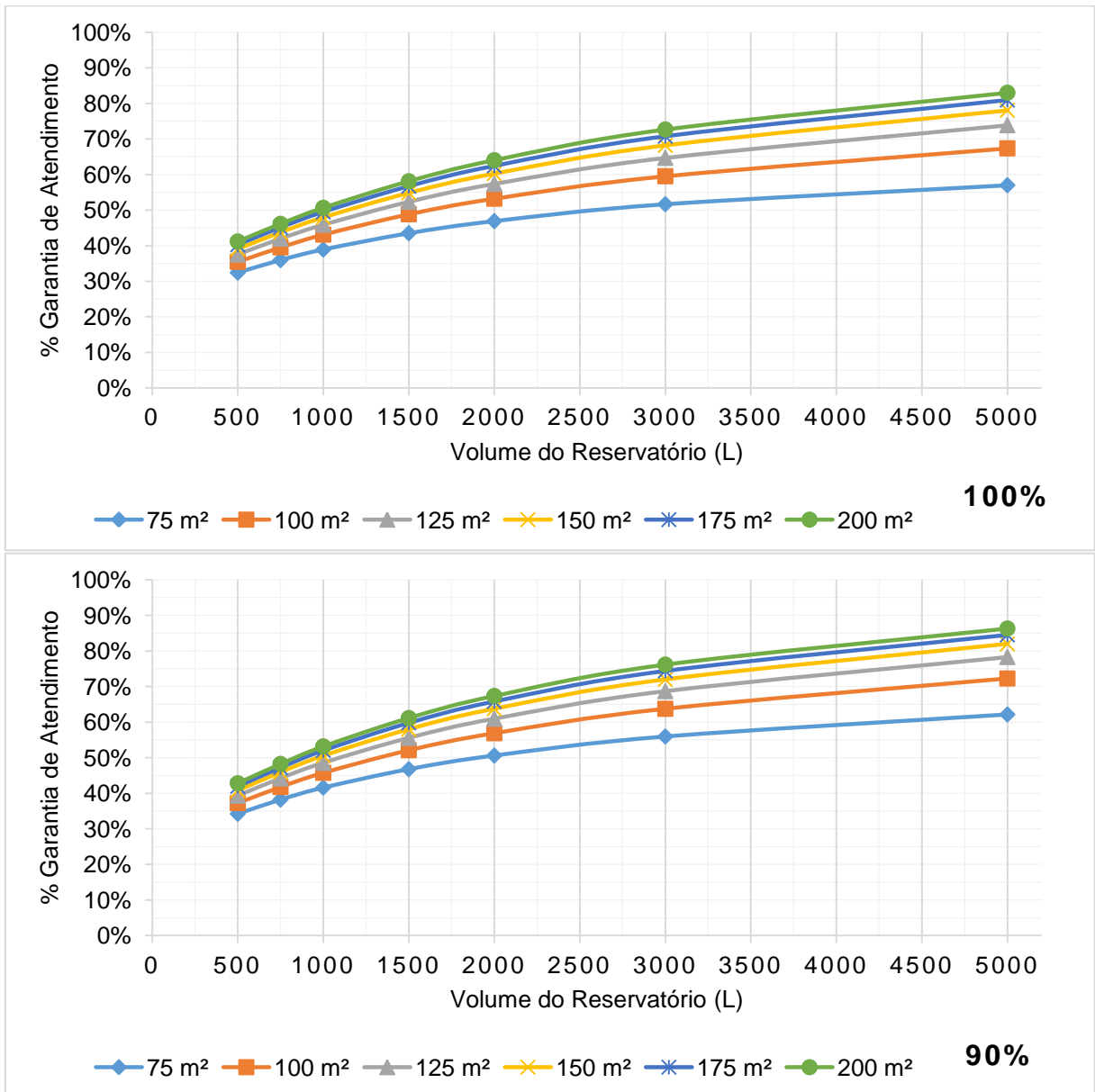


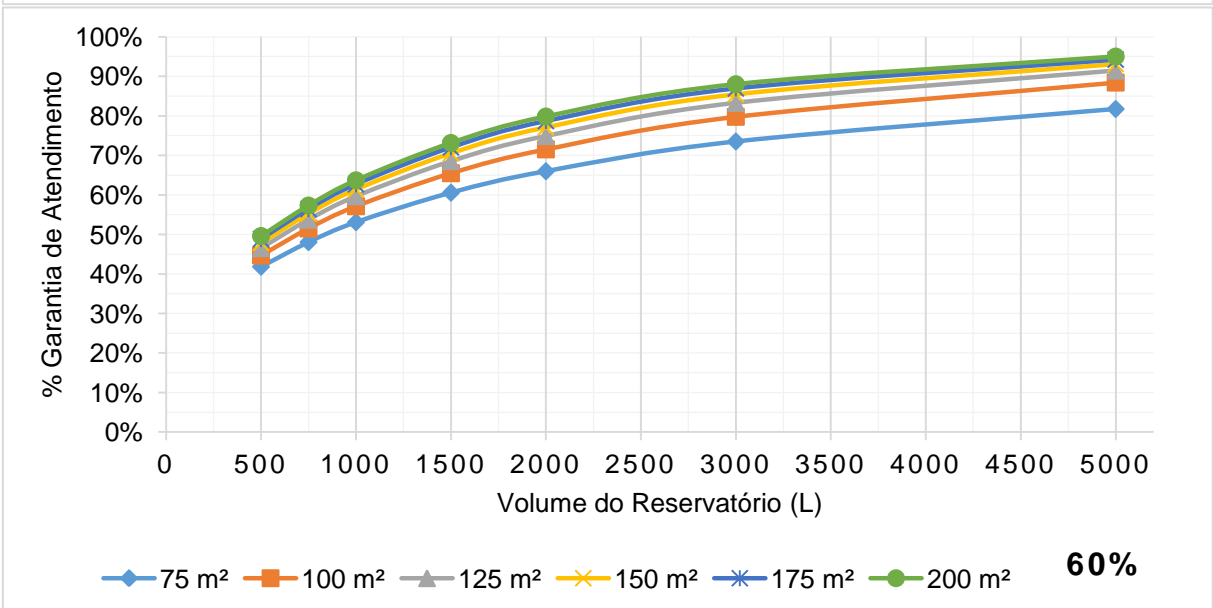
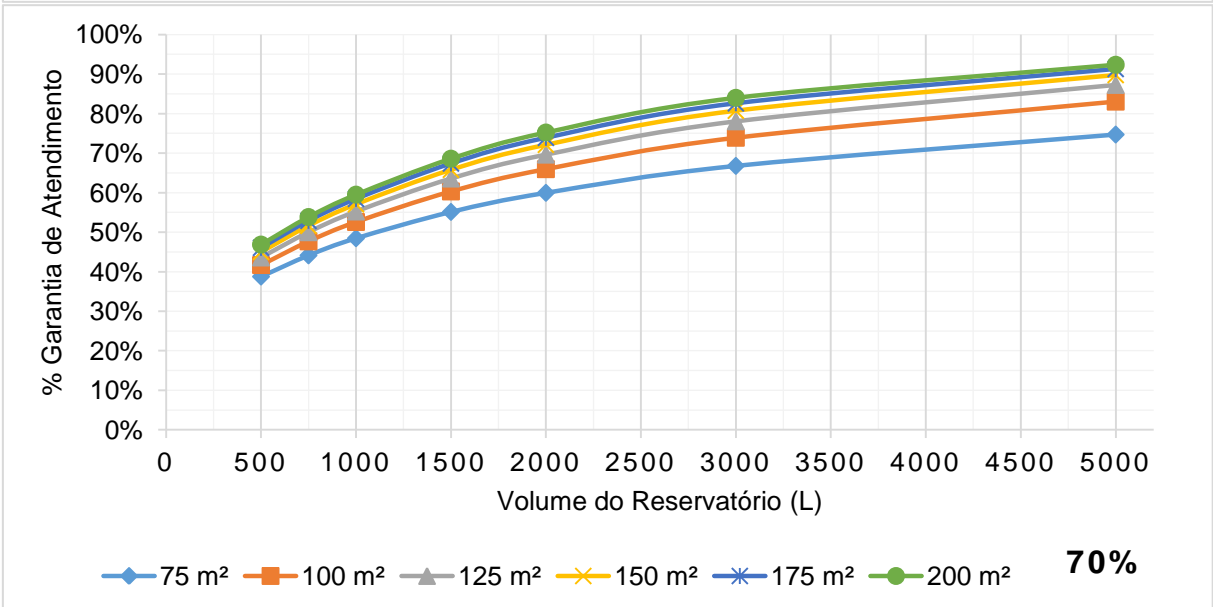
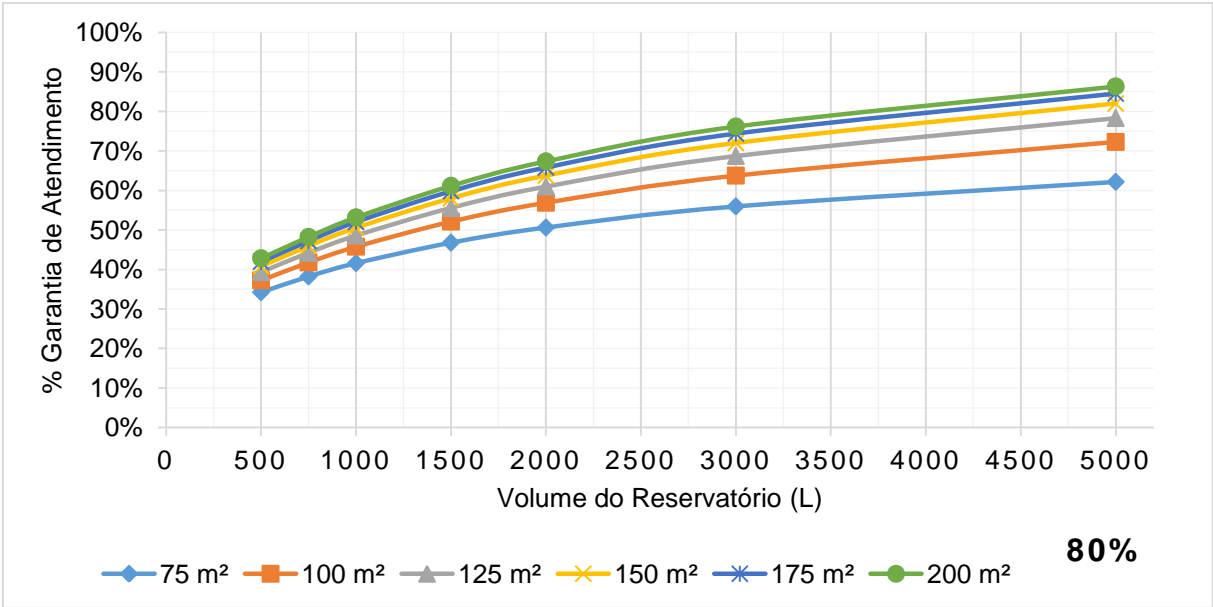


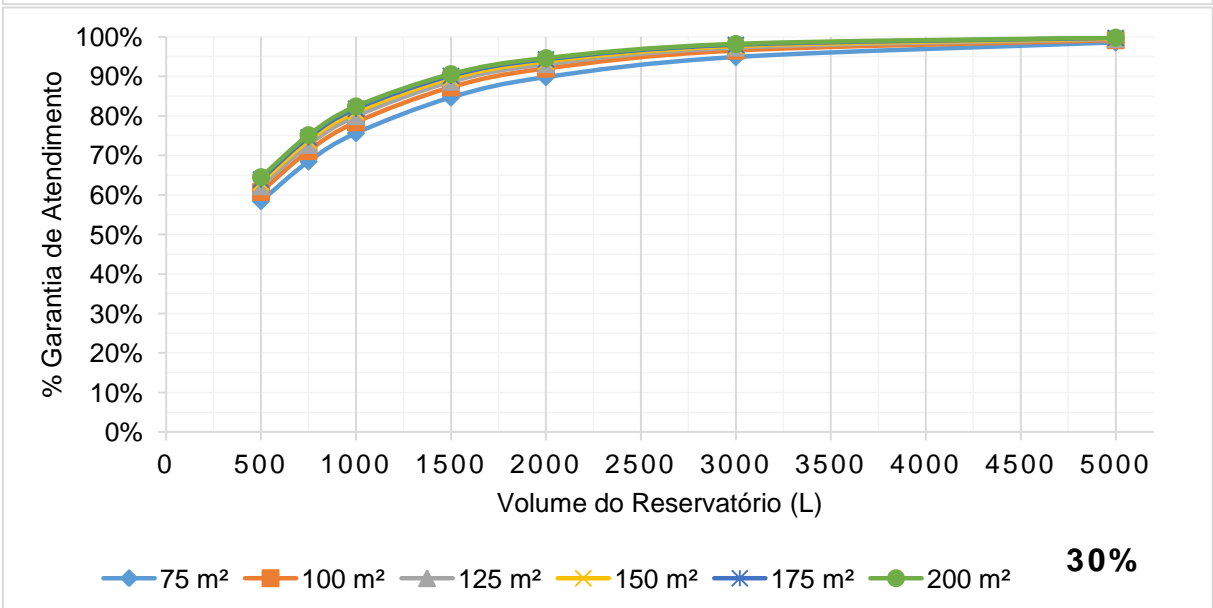
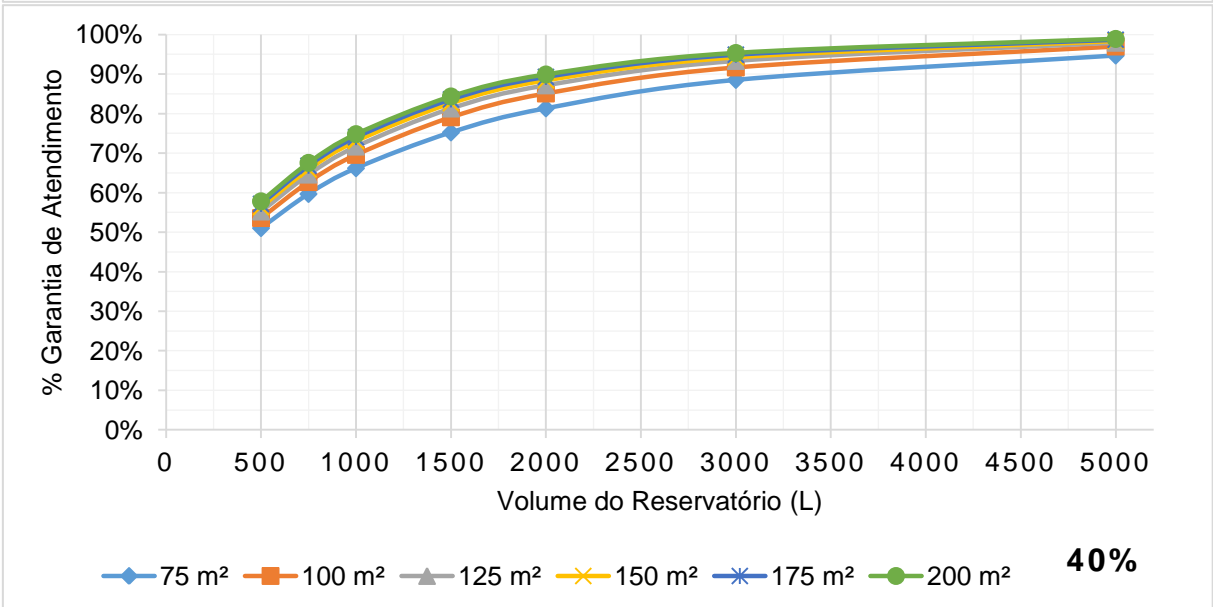
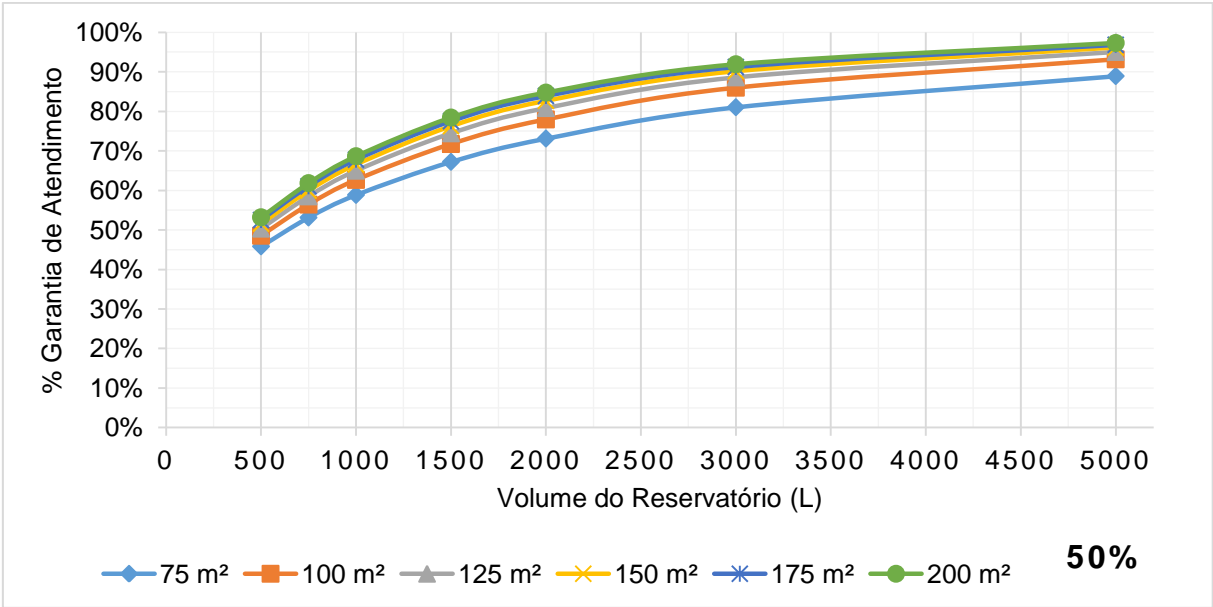
APÊNDICE XV - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE LAJEADO DO BUGRE

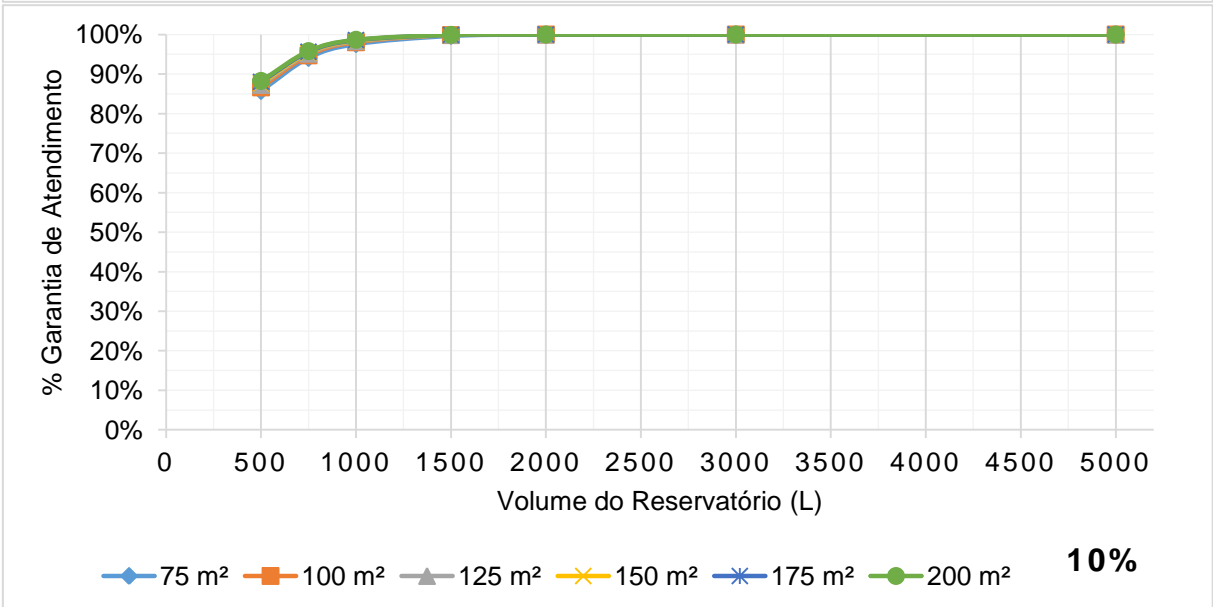
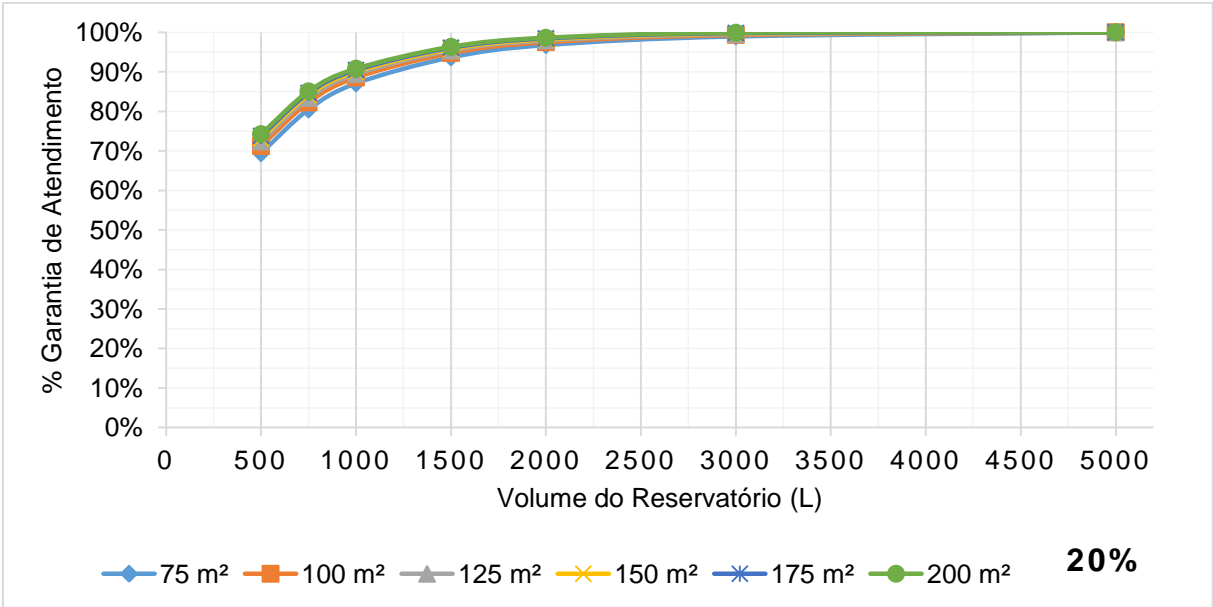
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Lajeado do Bugre. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana





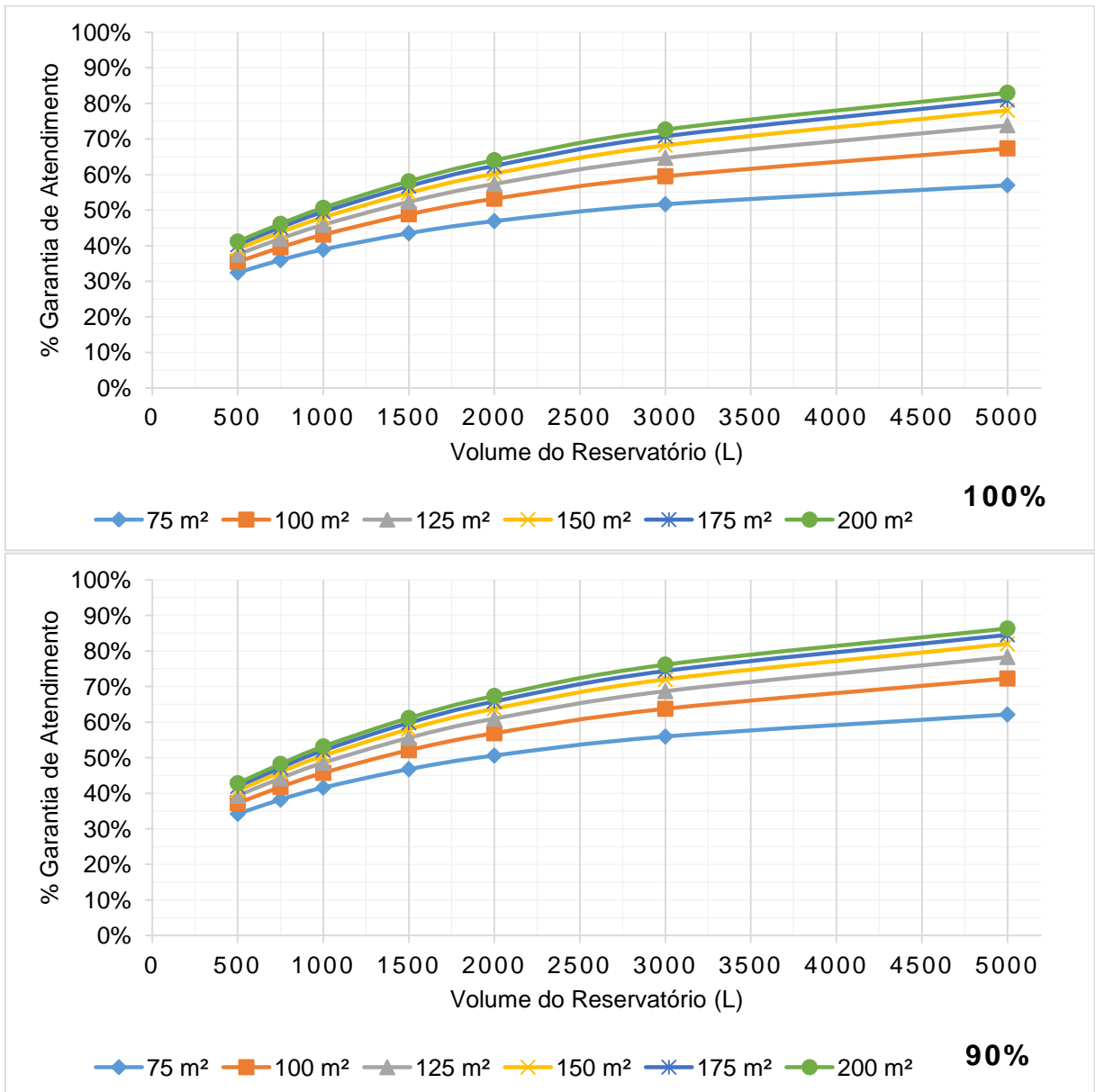


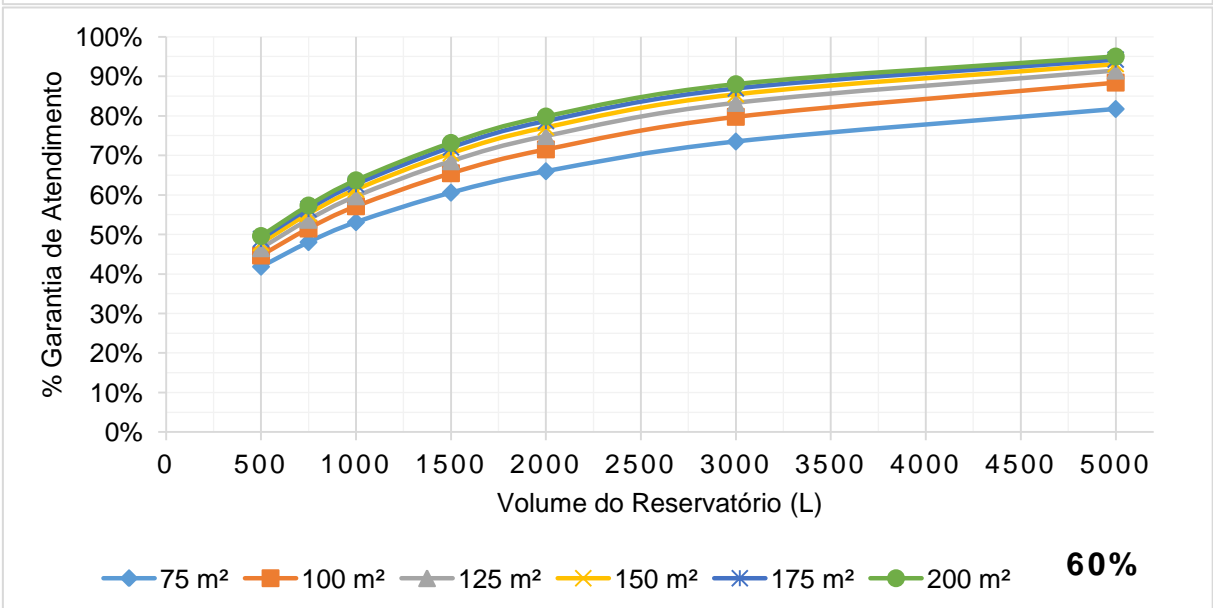
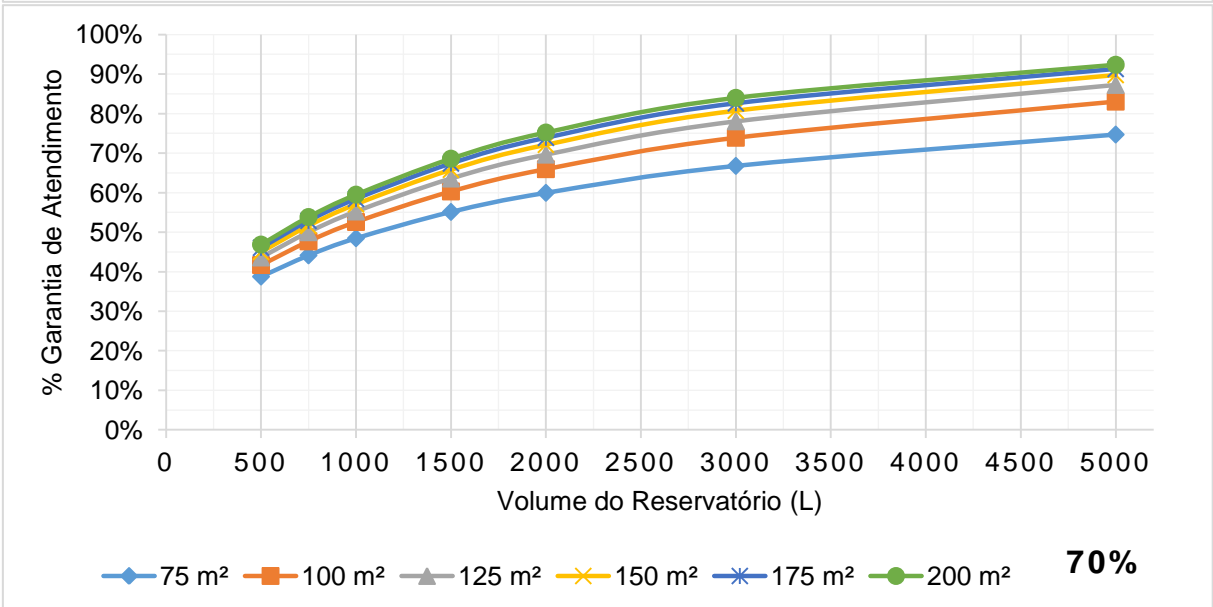
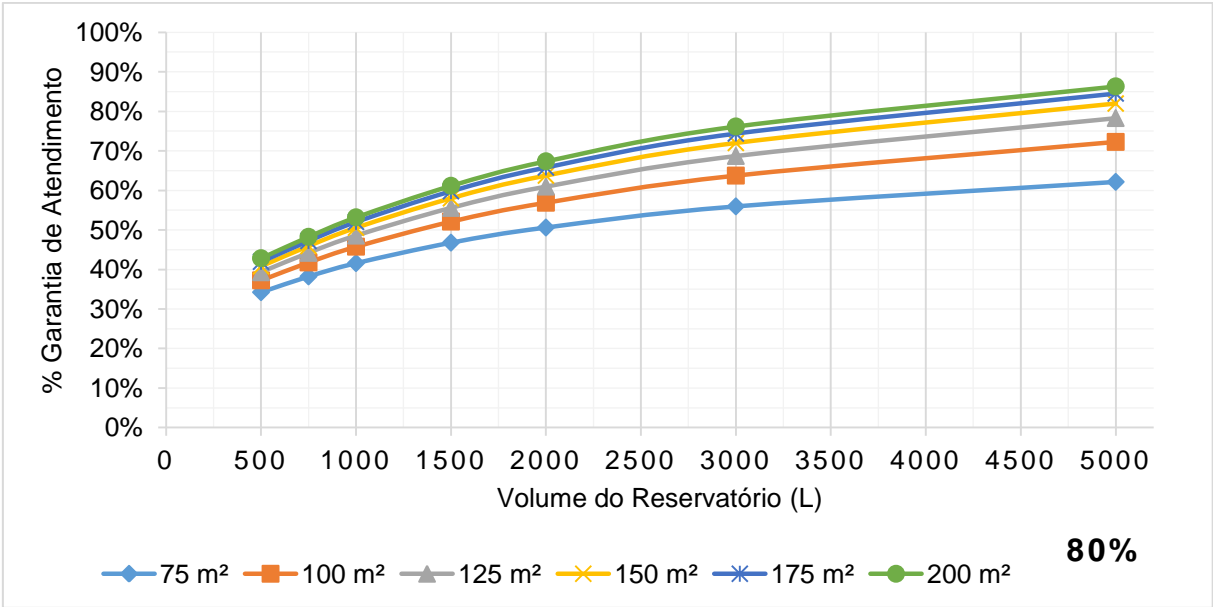


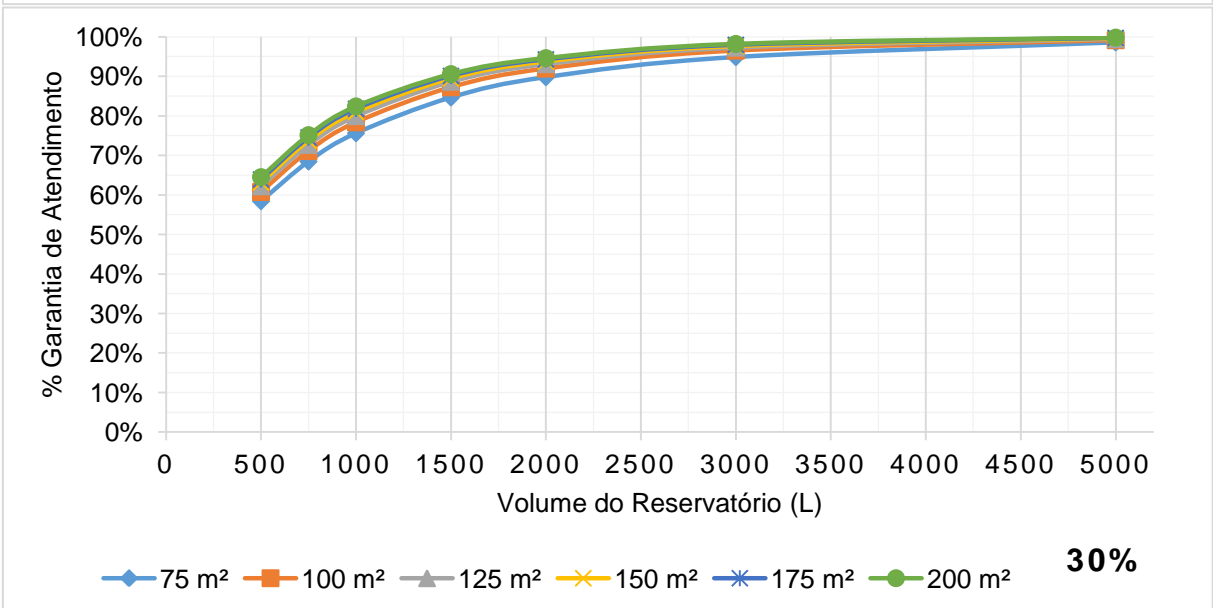
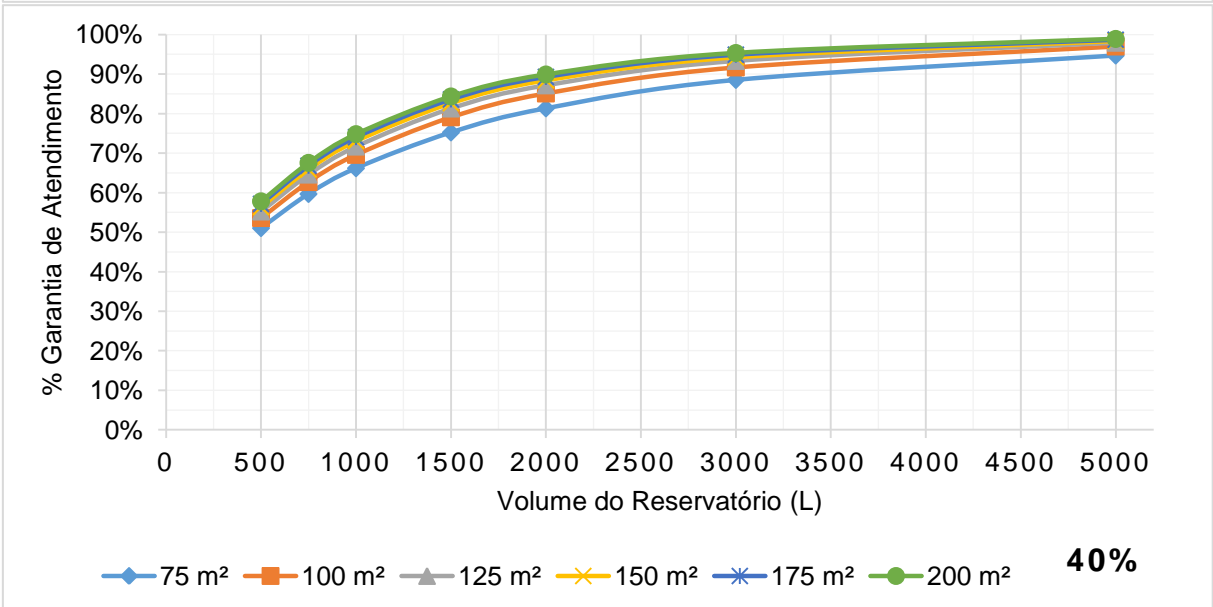
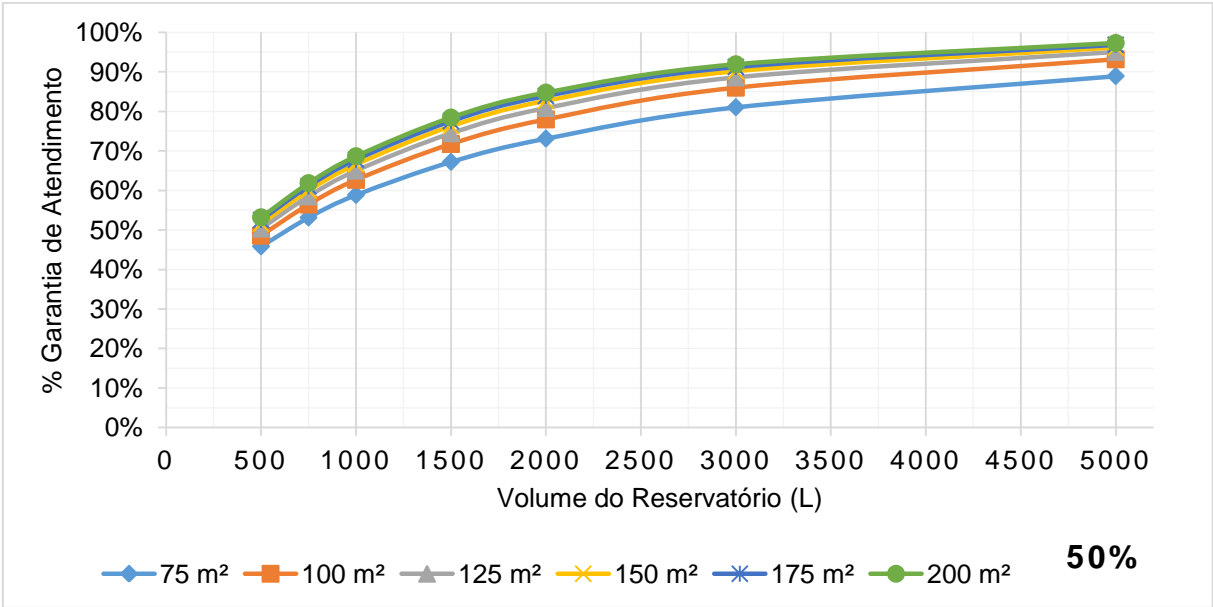
APÊNDICE XVI - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE MARAU

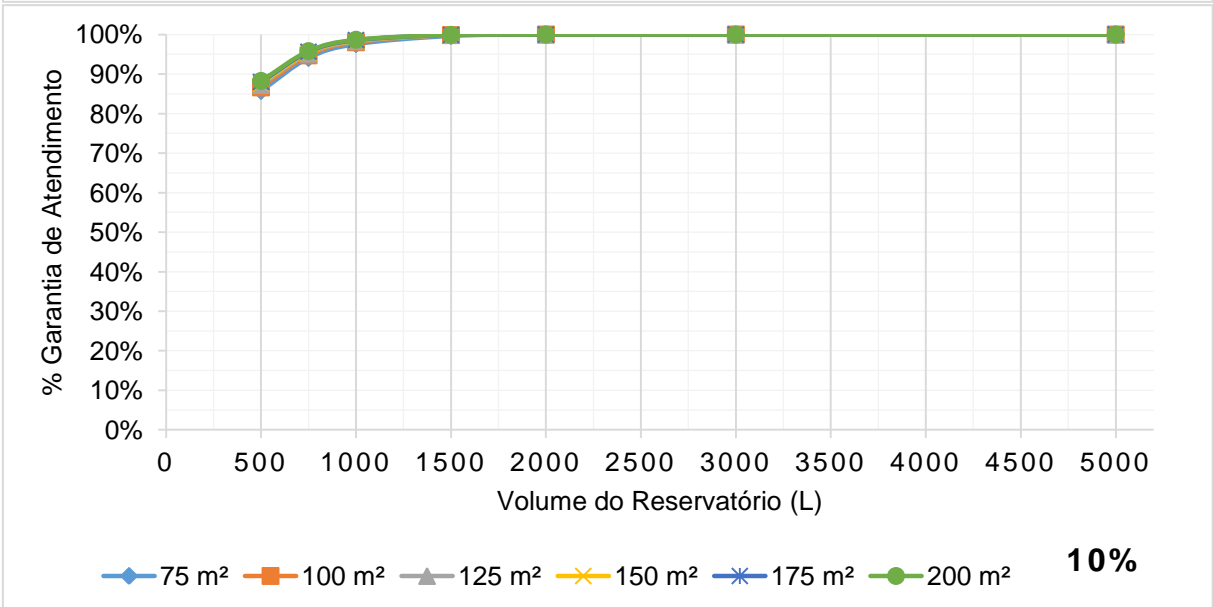
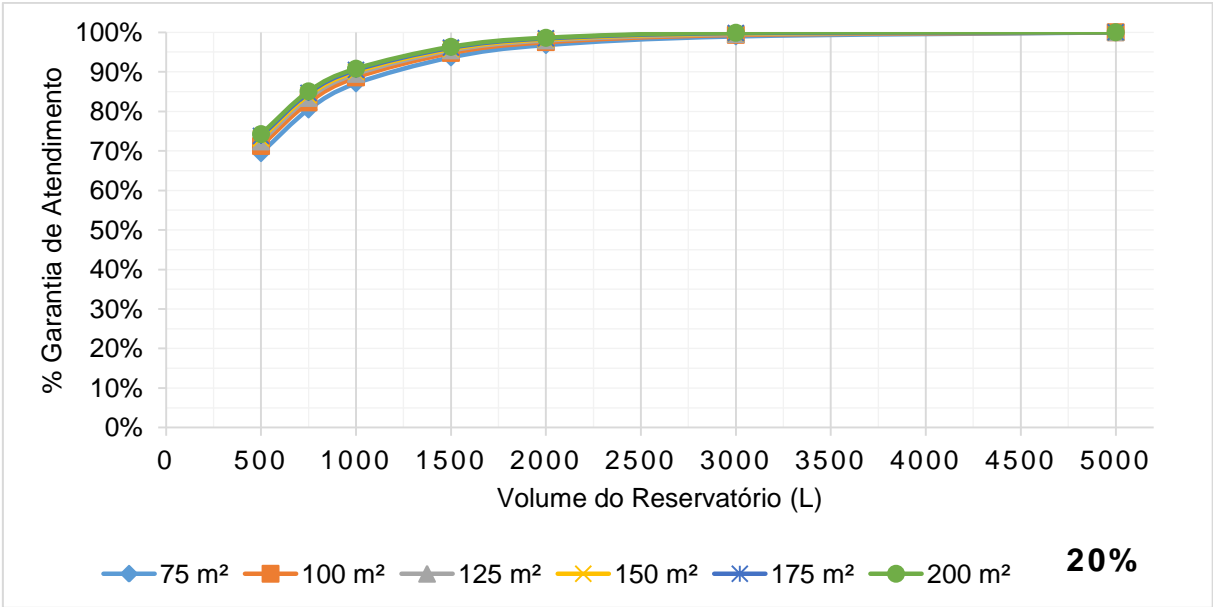
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Marau. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

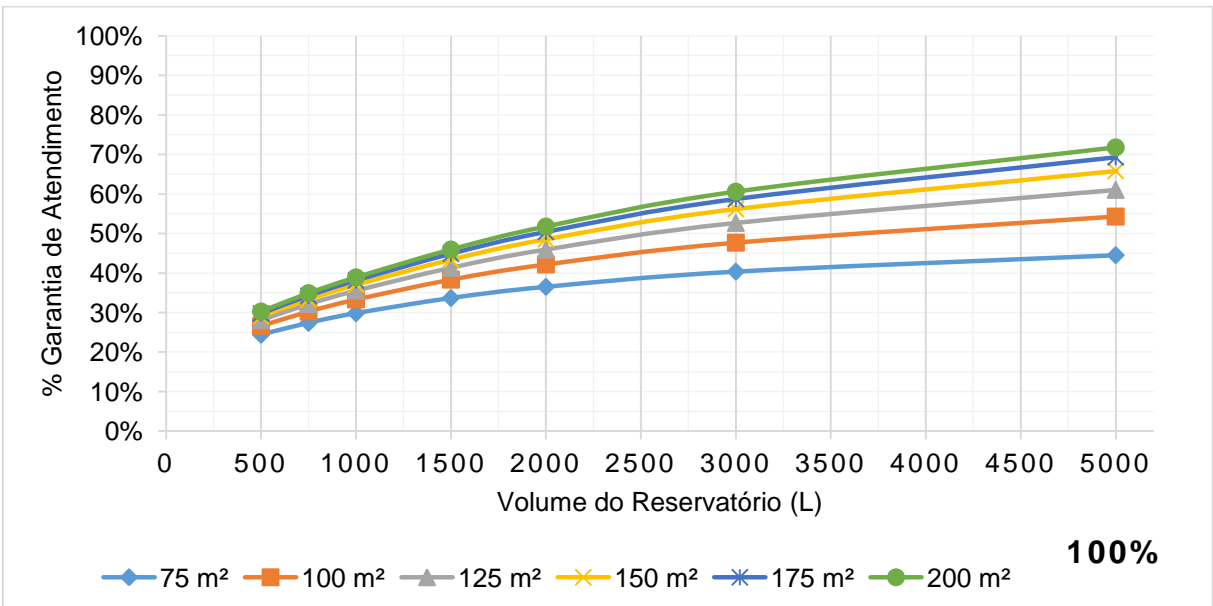


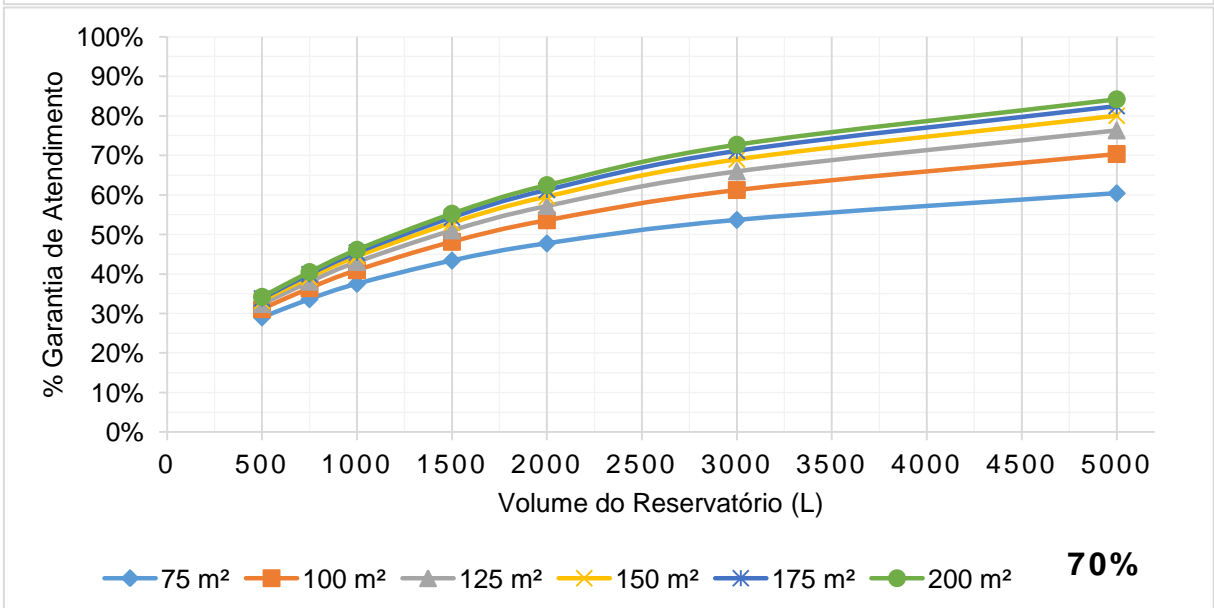
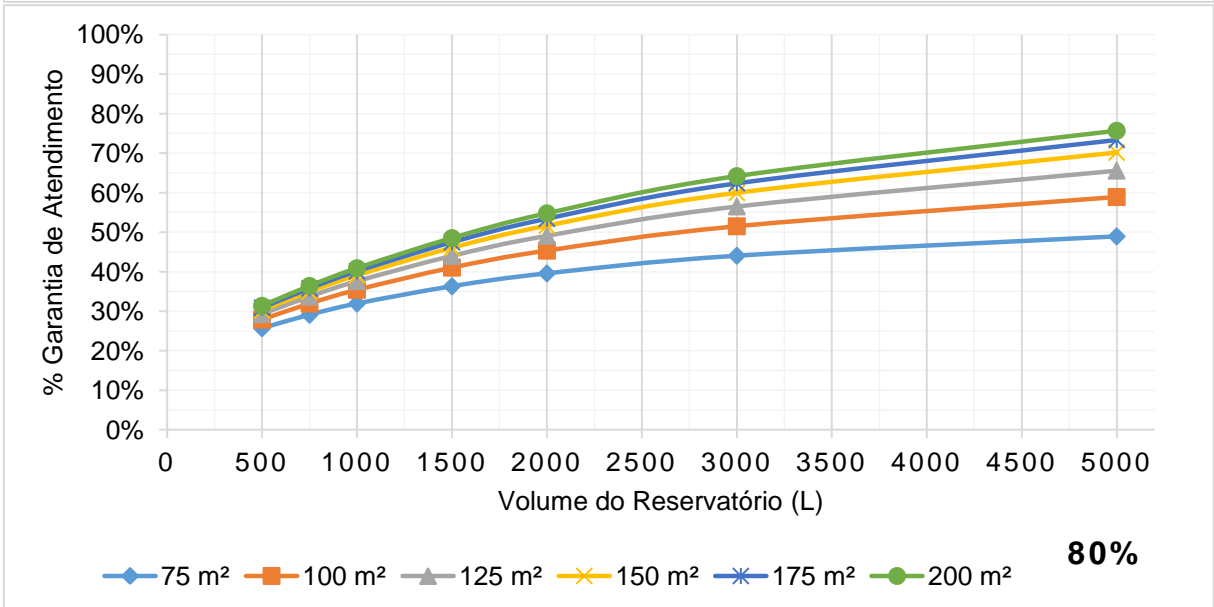
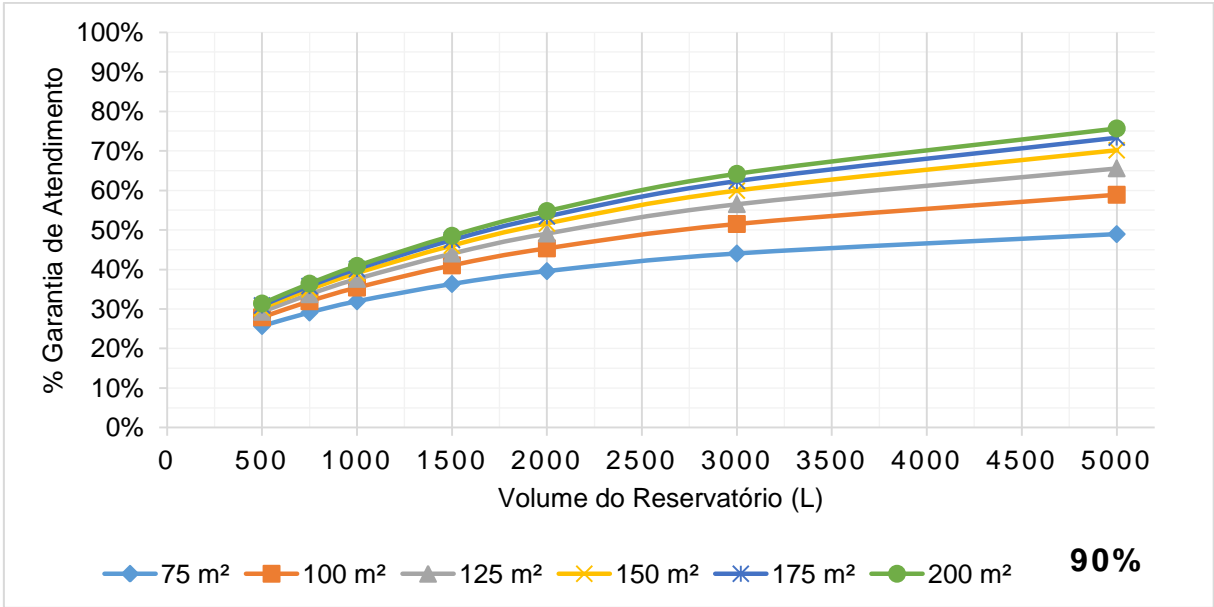


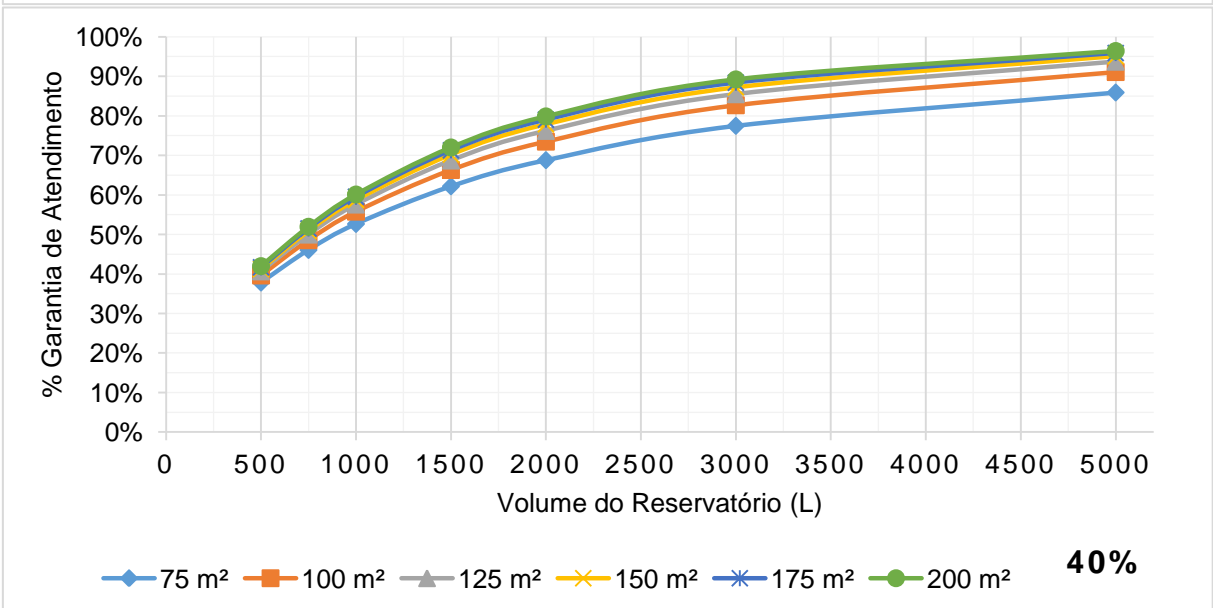
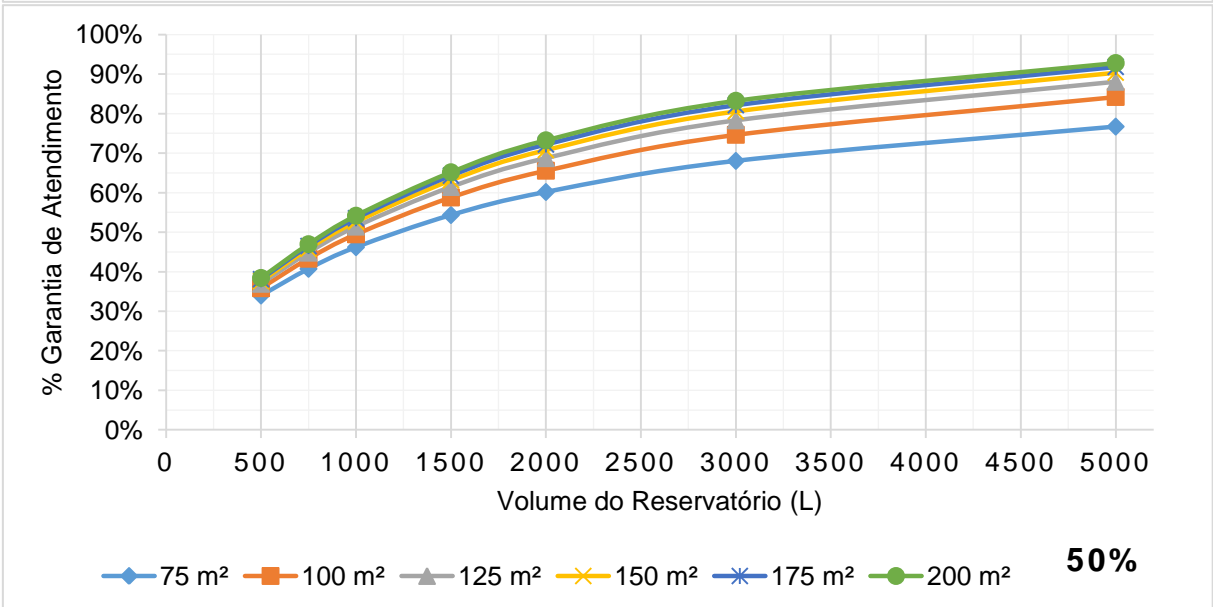
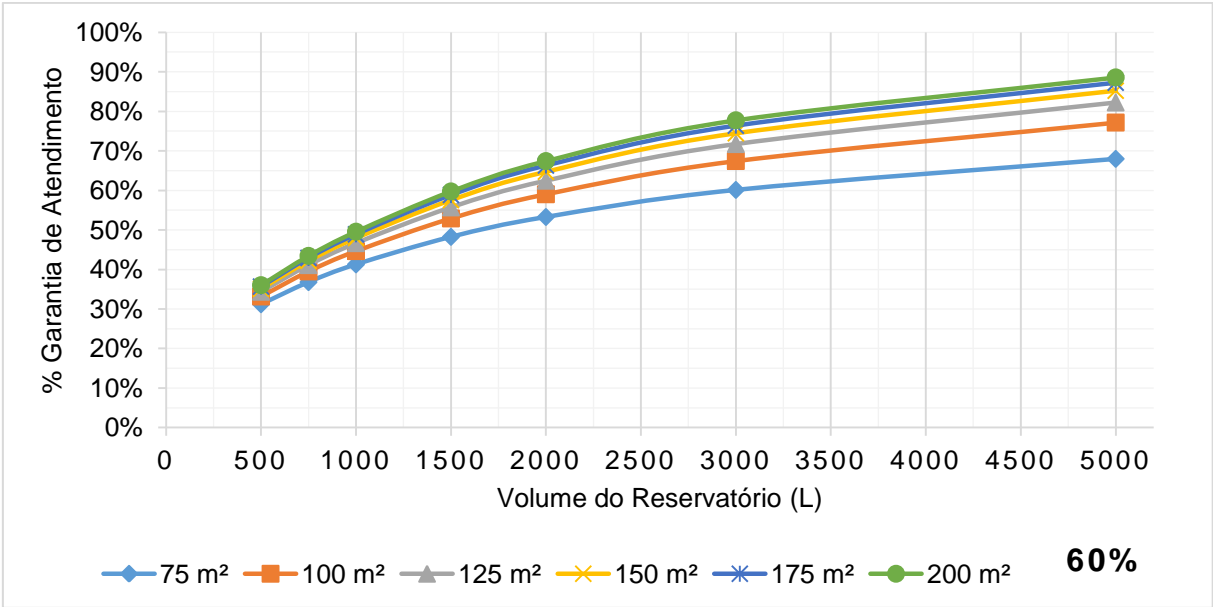


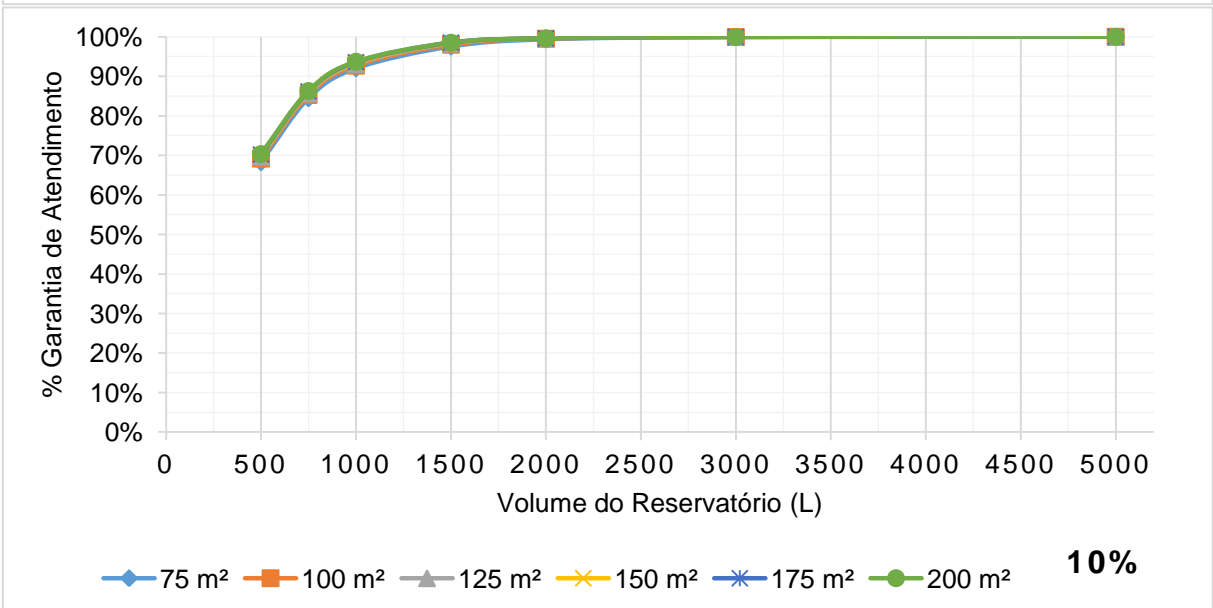
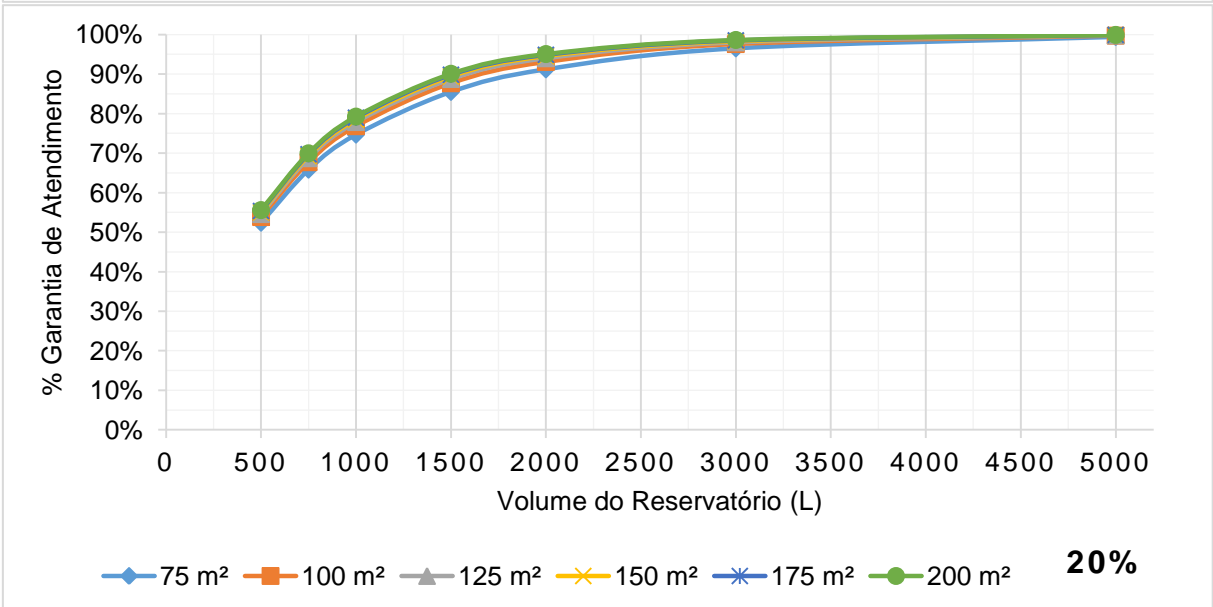
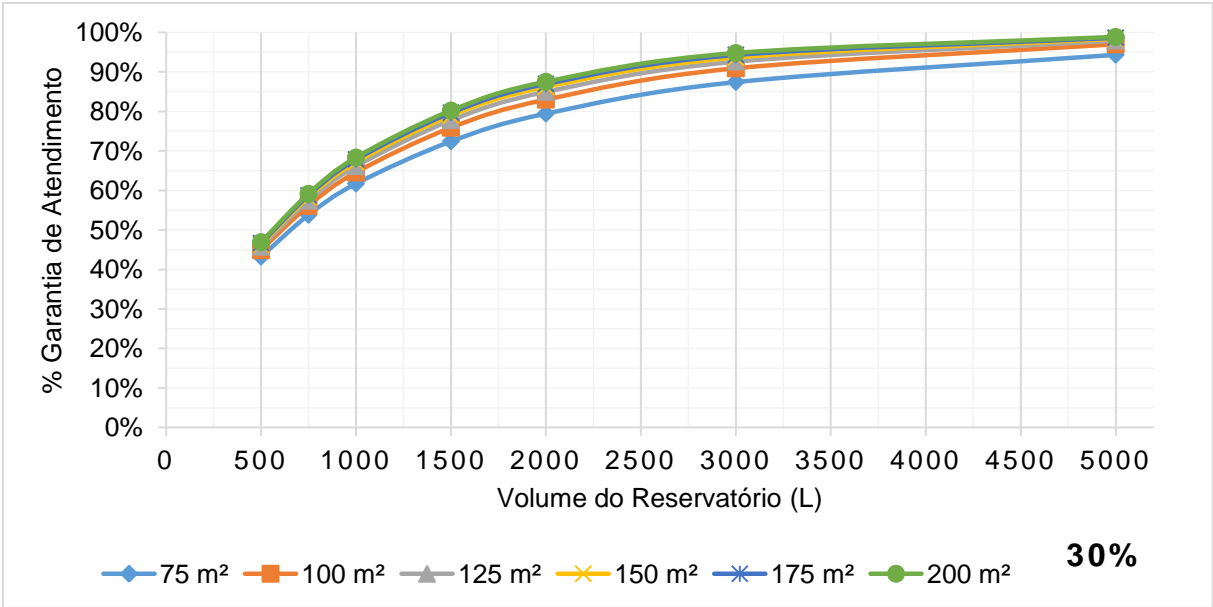


• Zona Rural





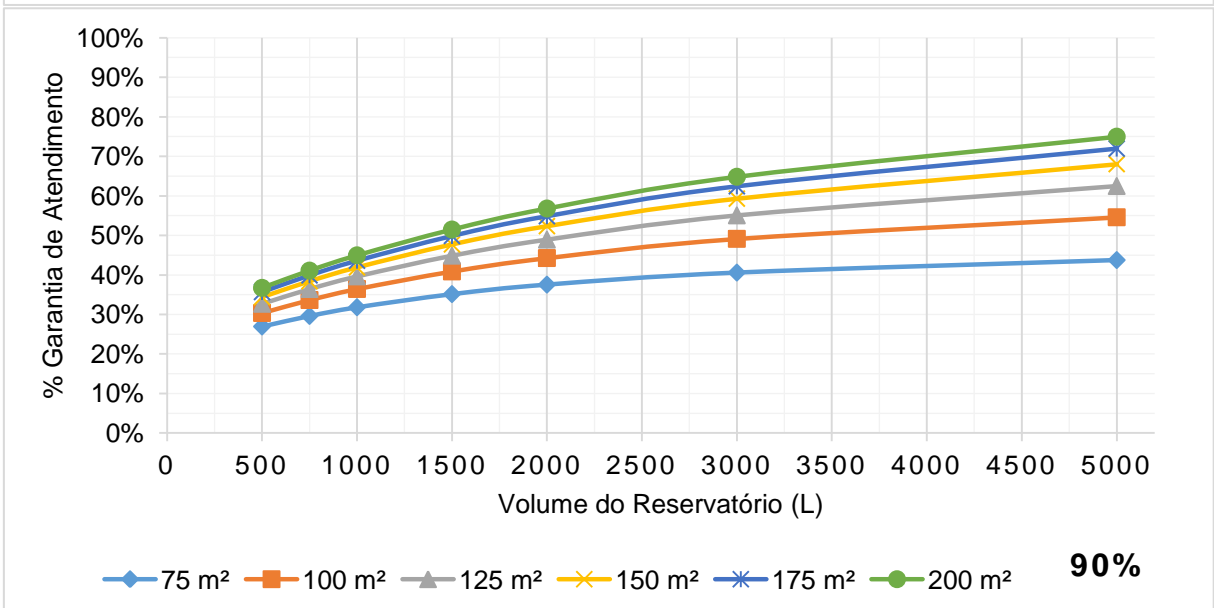
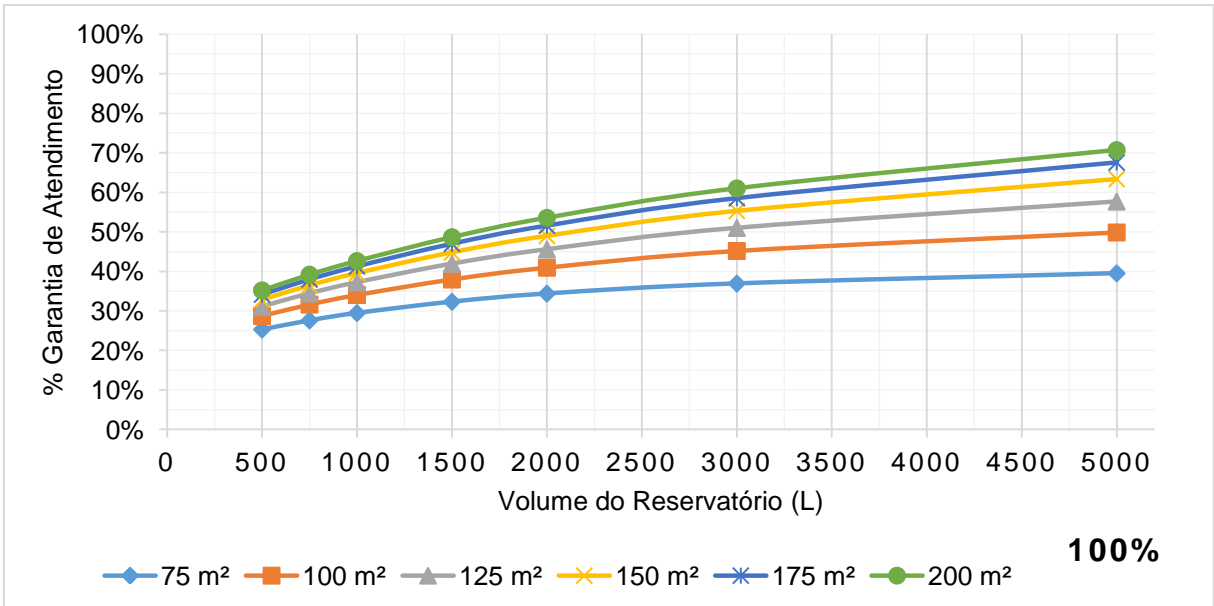


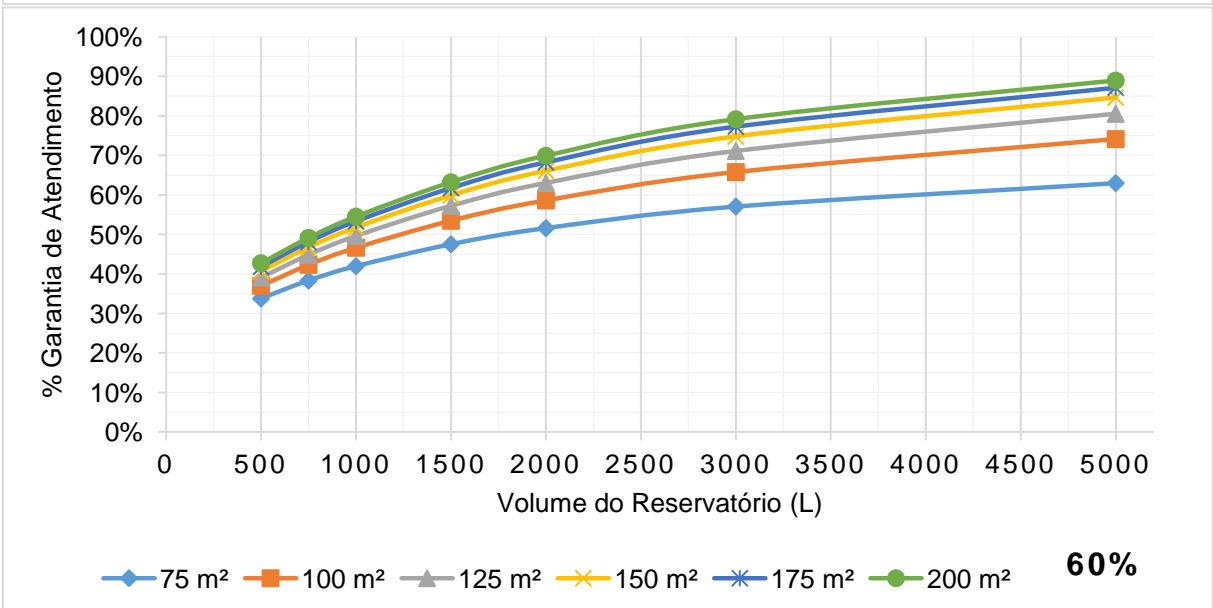
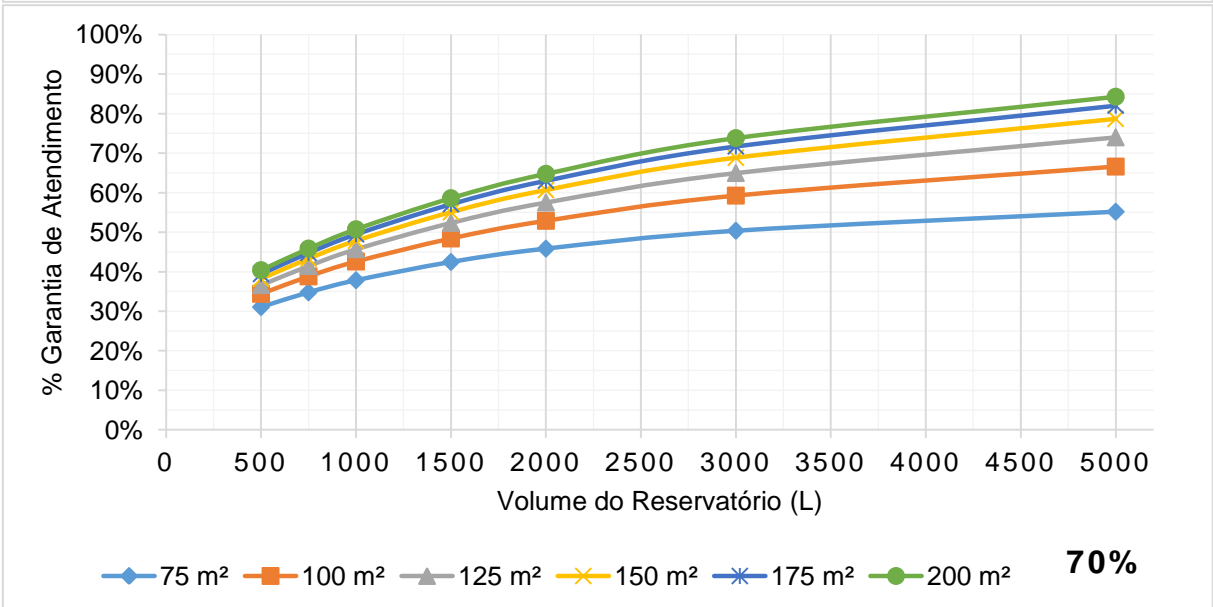
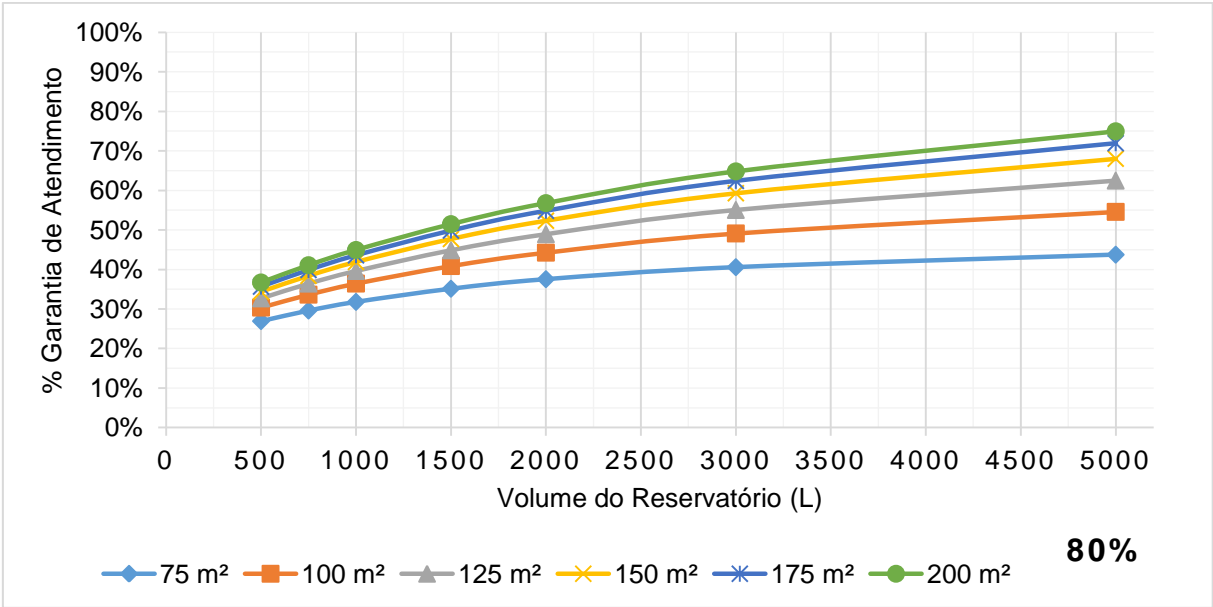


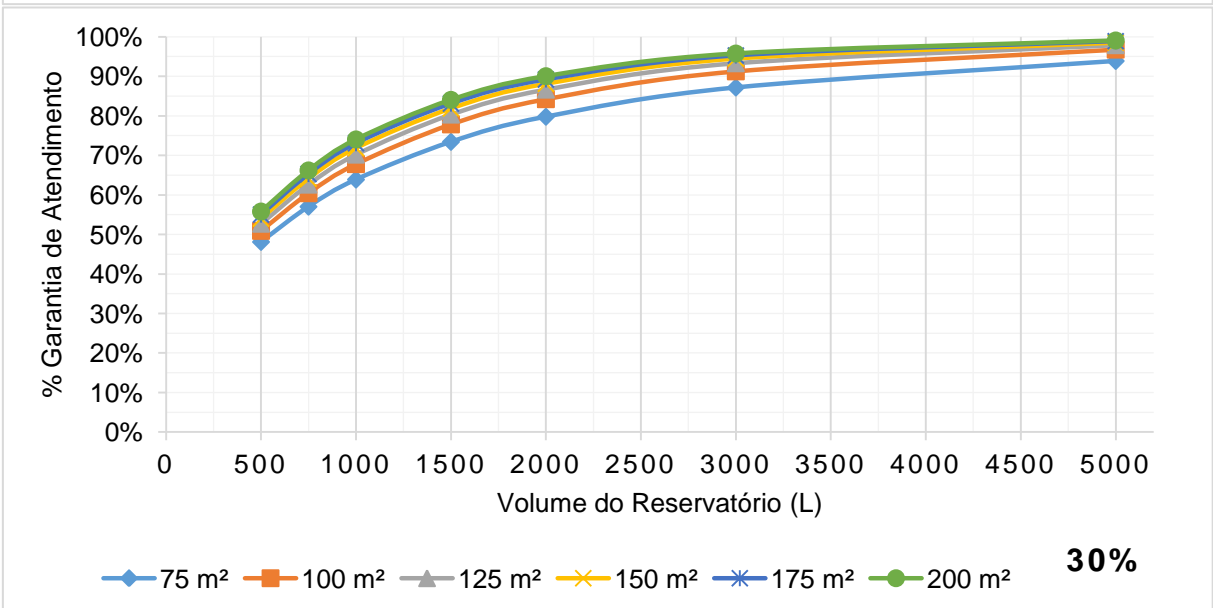
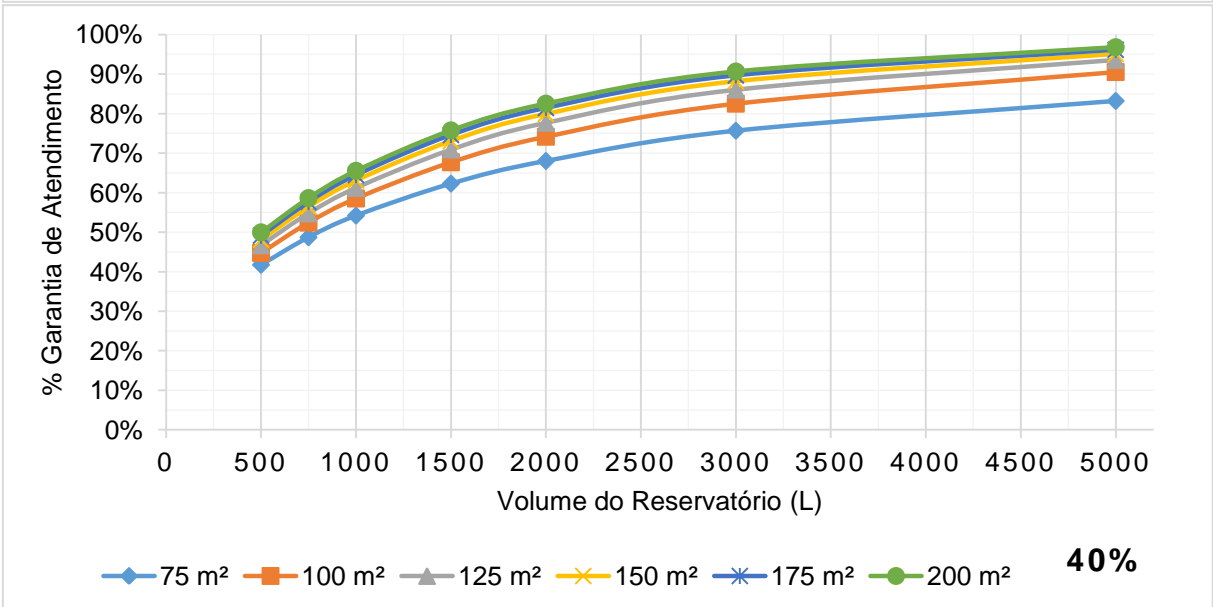
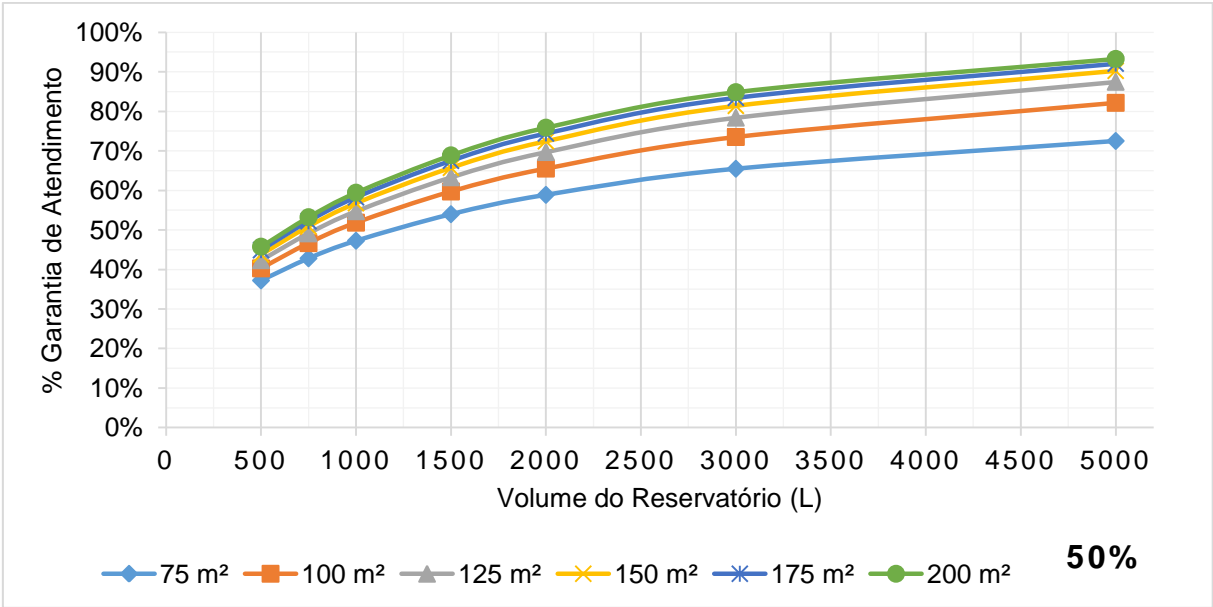
APÊNDICE XVII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE MINAS DO LEÃO

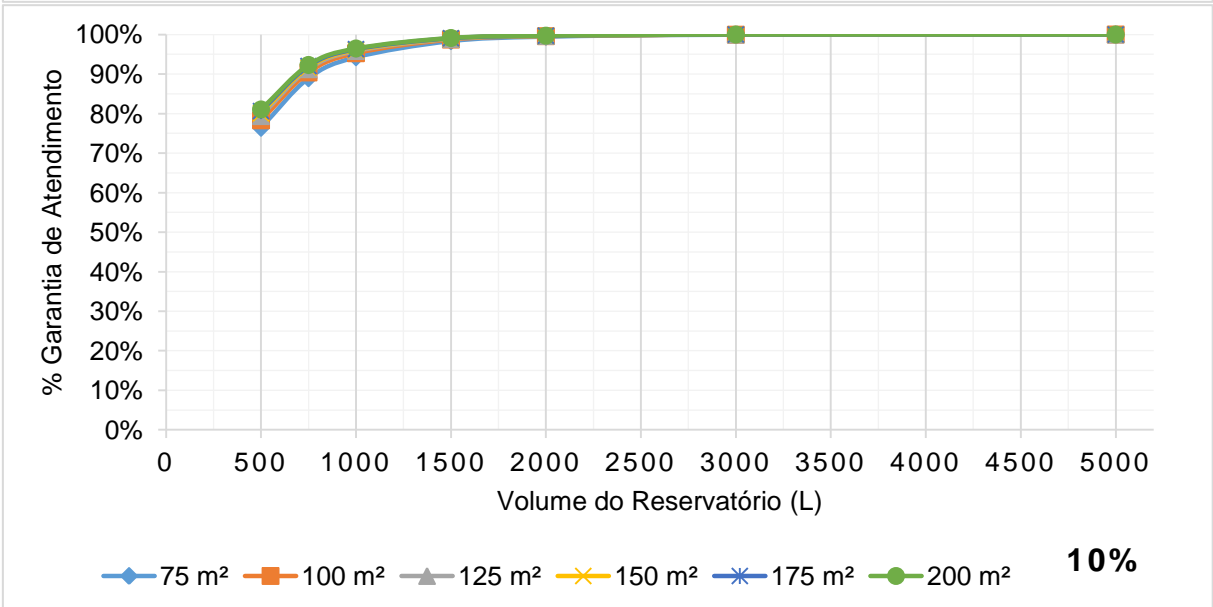
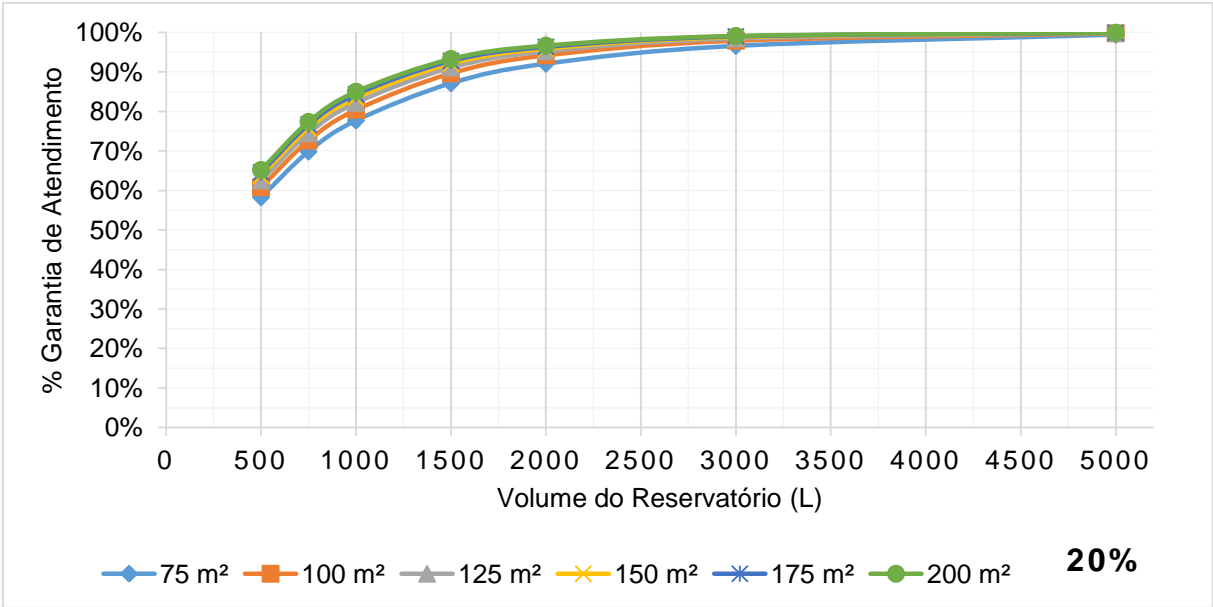
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Minas do Leão. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

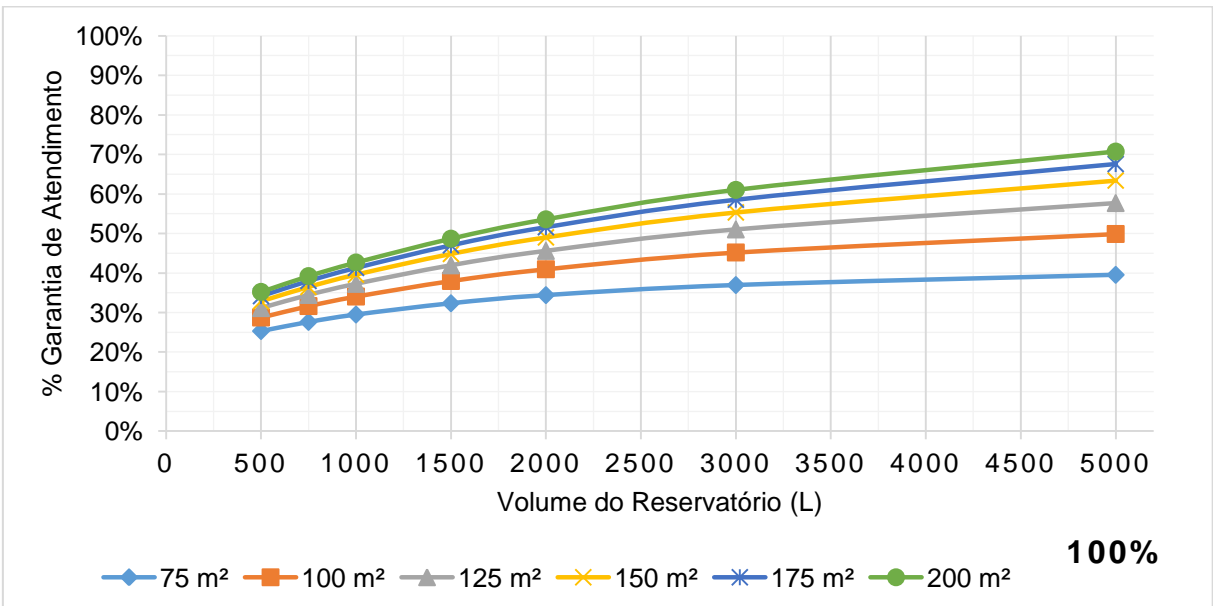


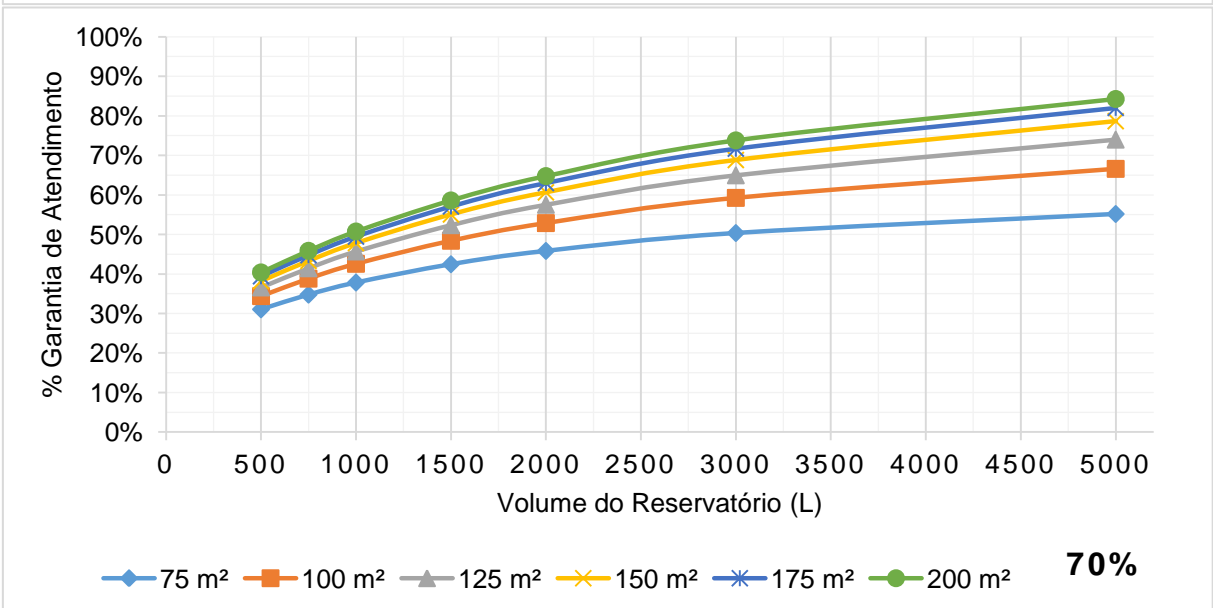
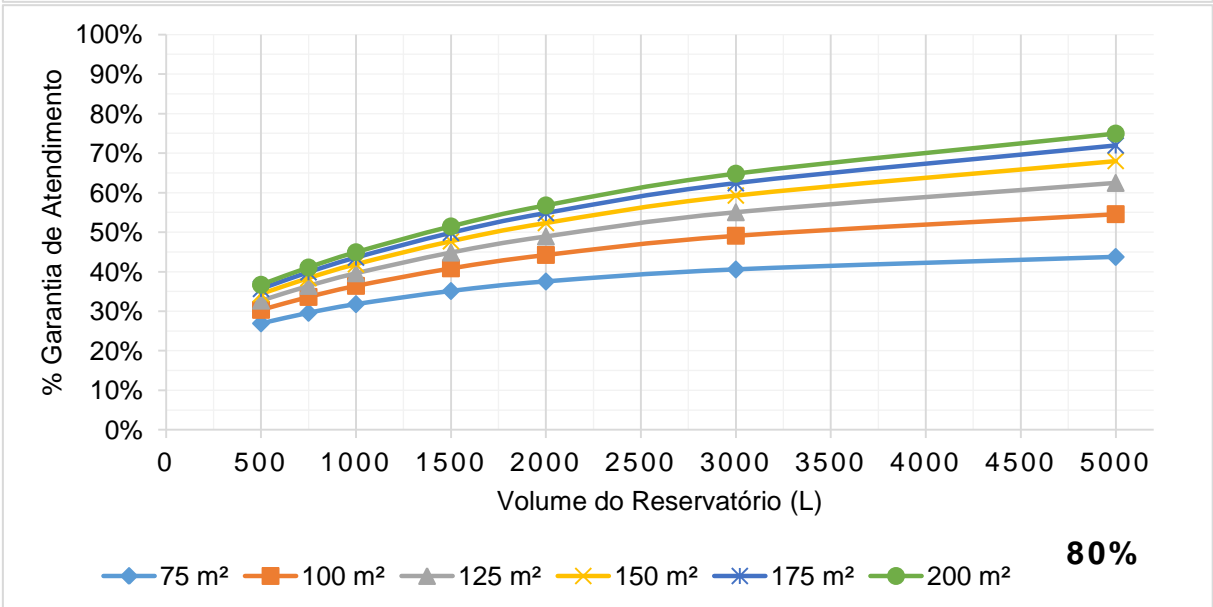
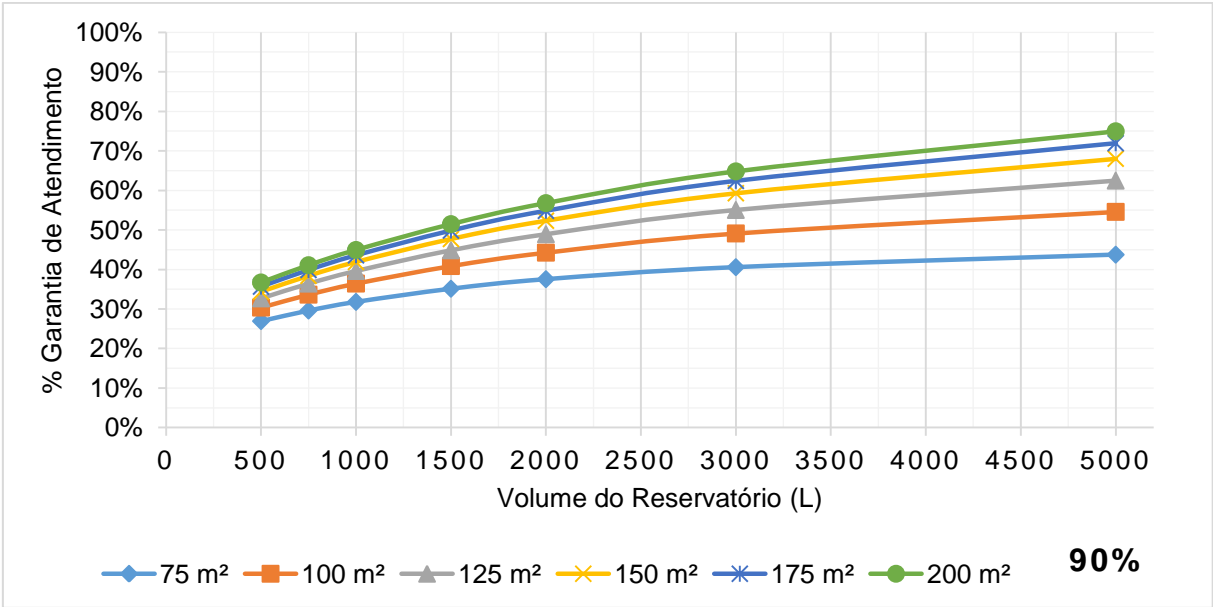


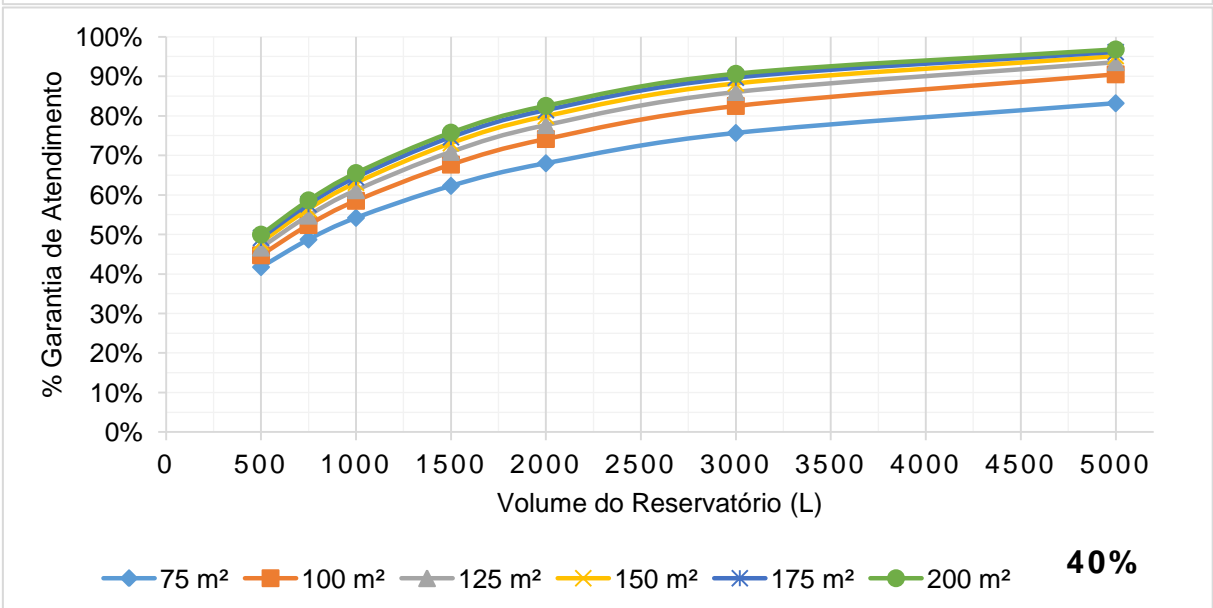
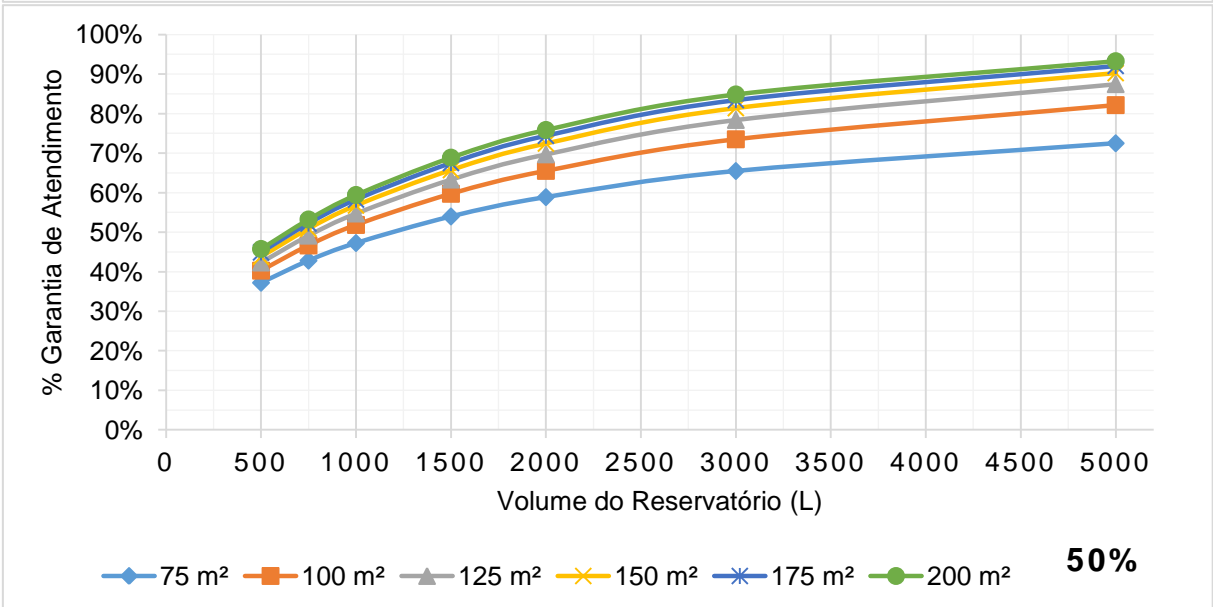
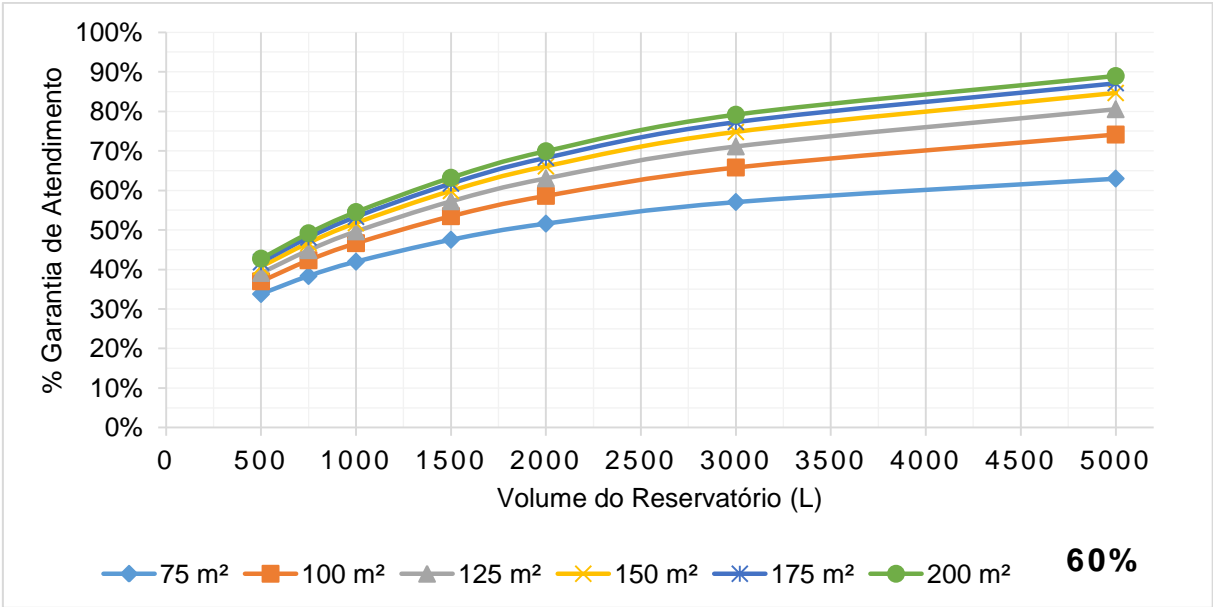


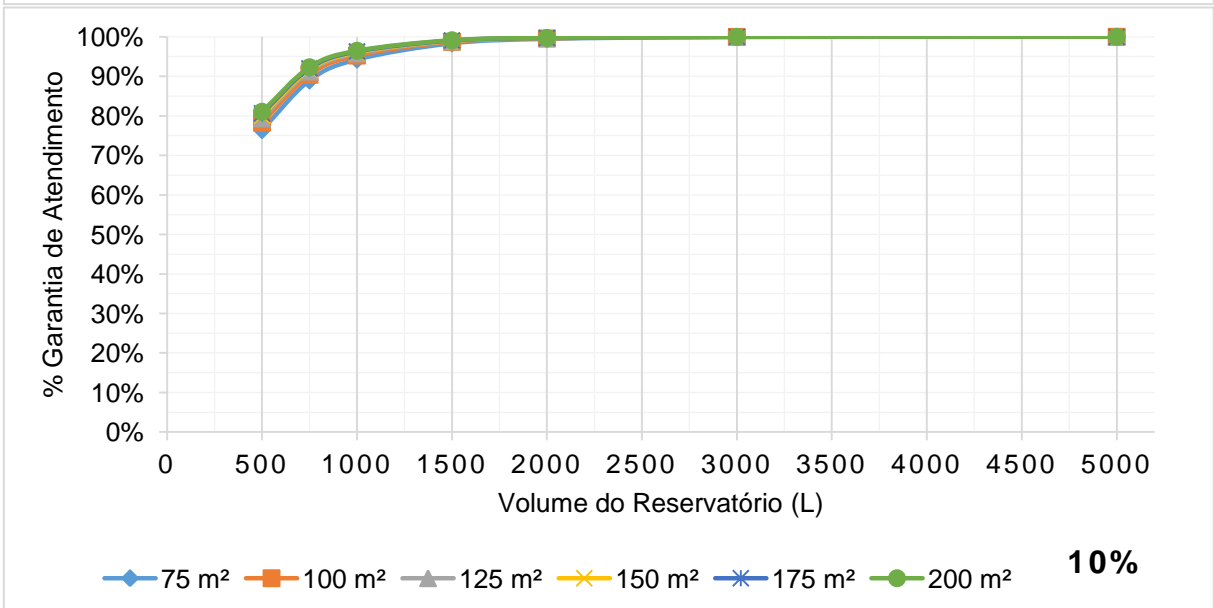
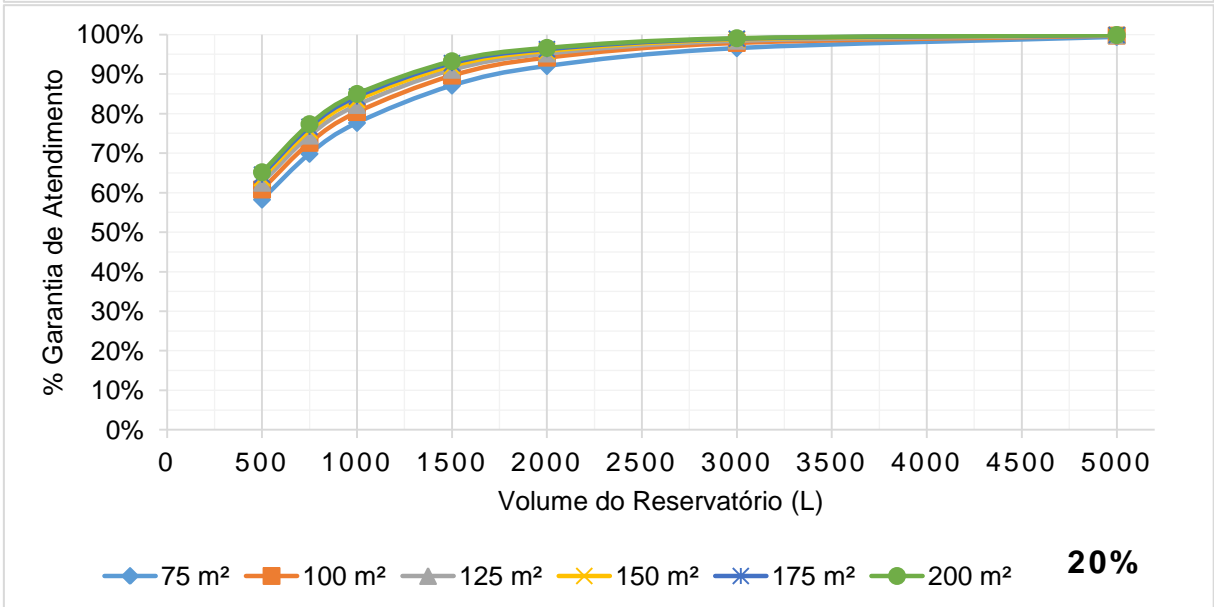
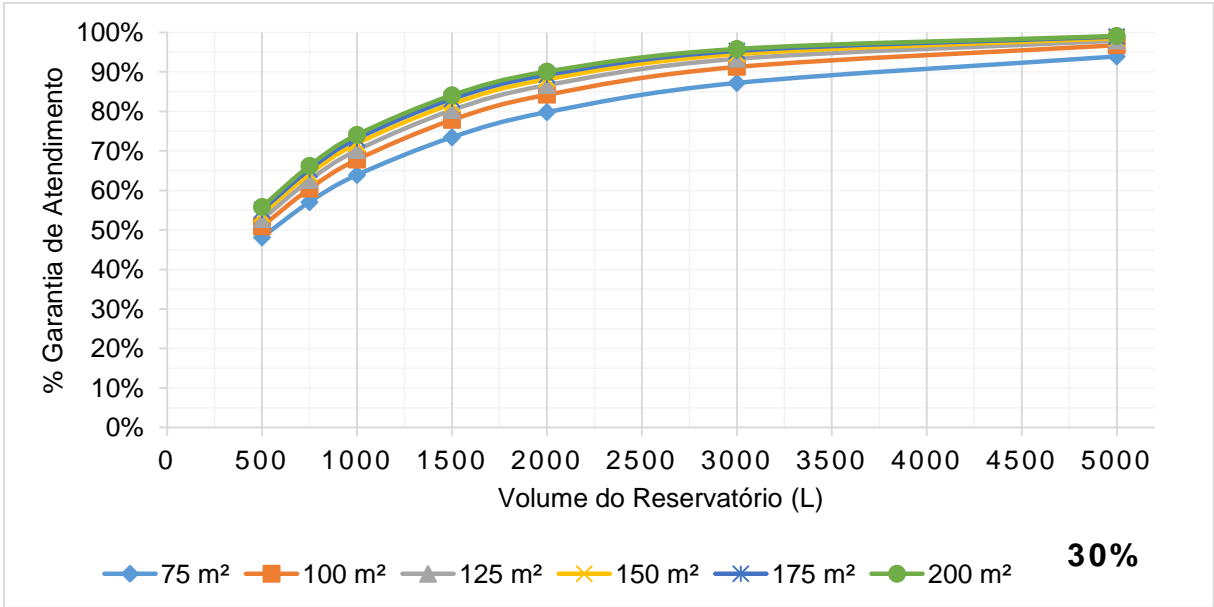


• Zona Rural





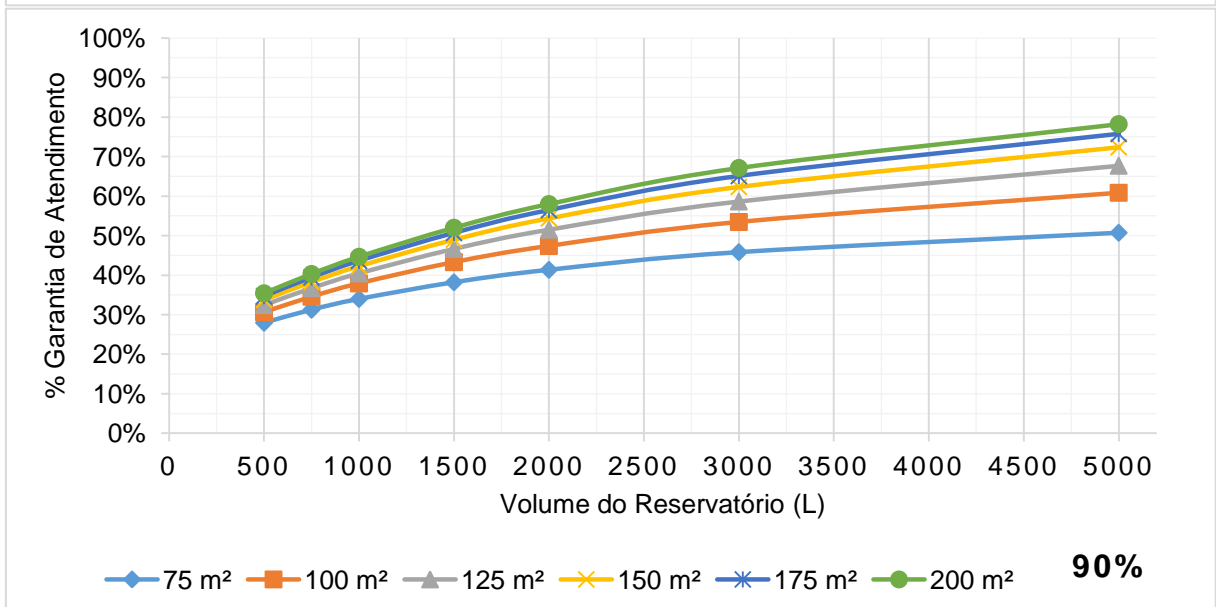
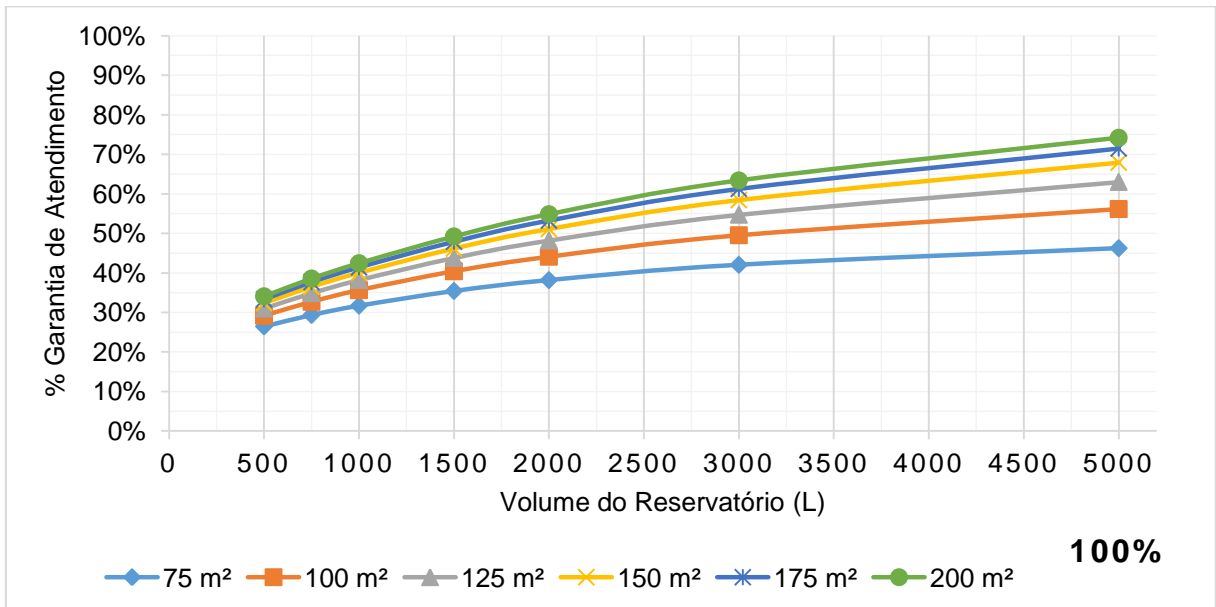


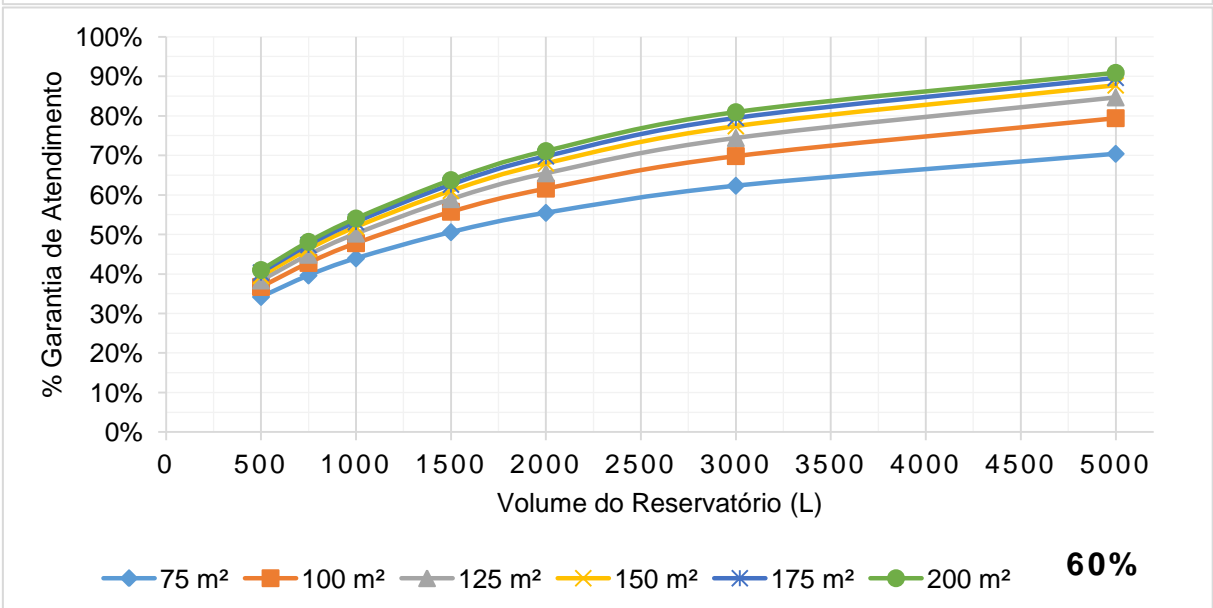
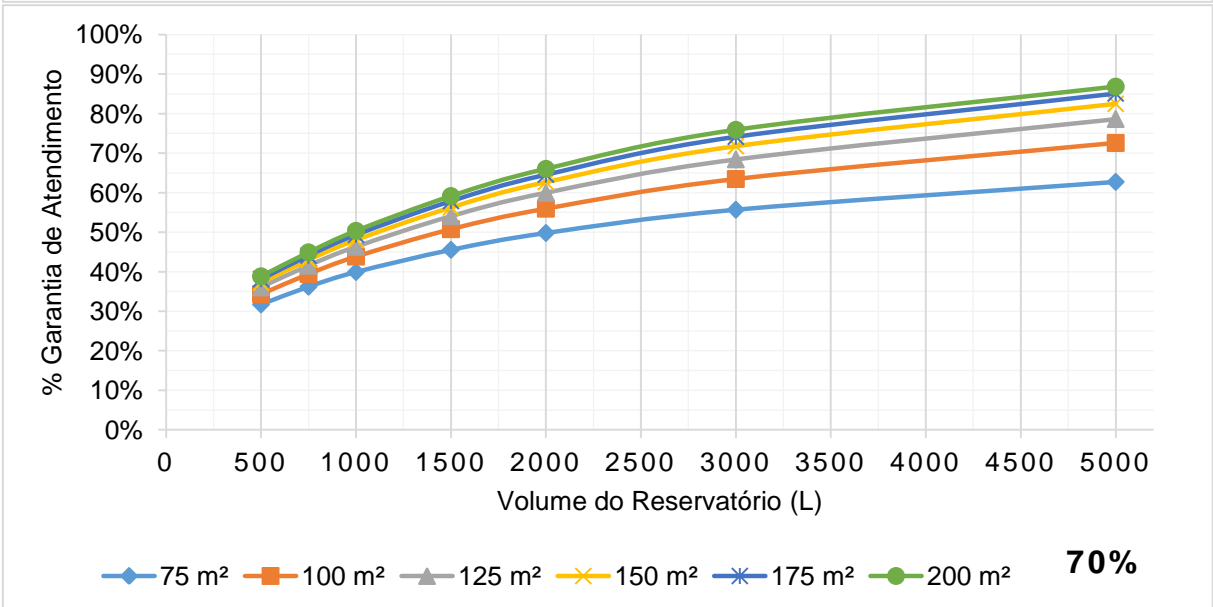
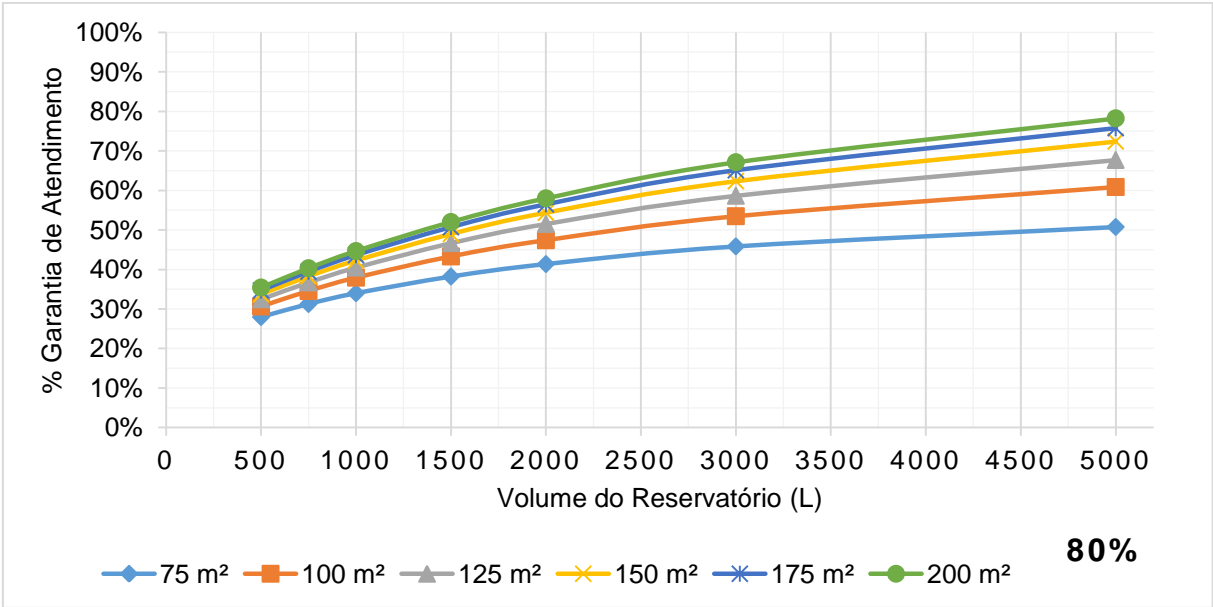


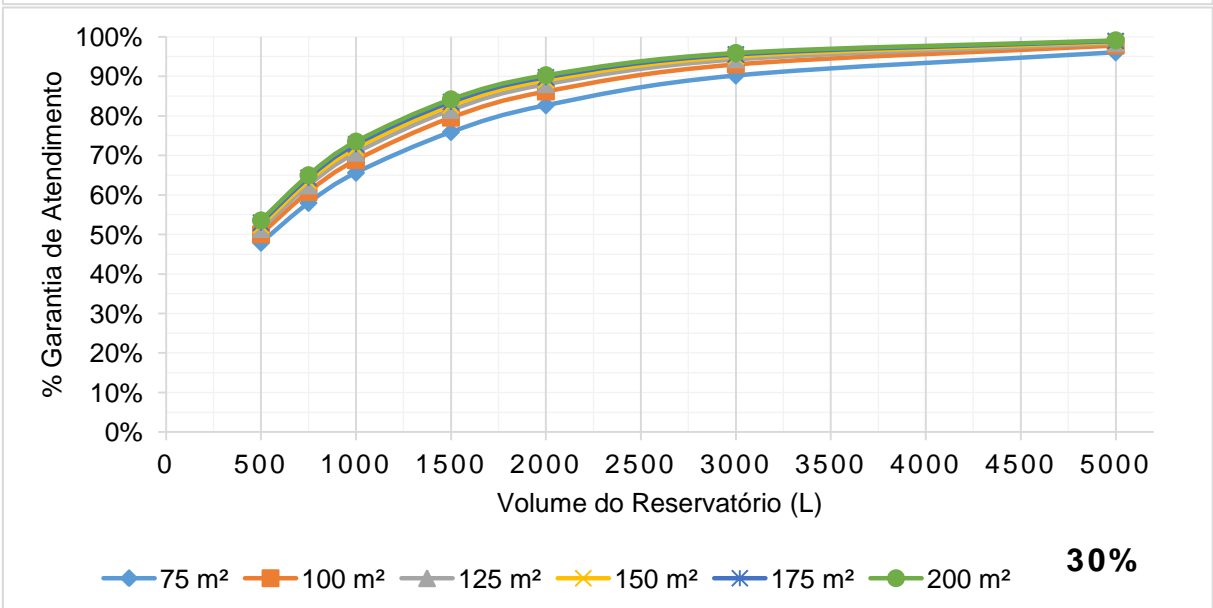
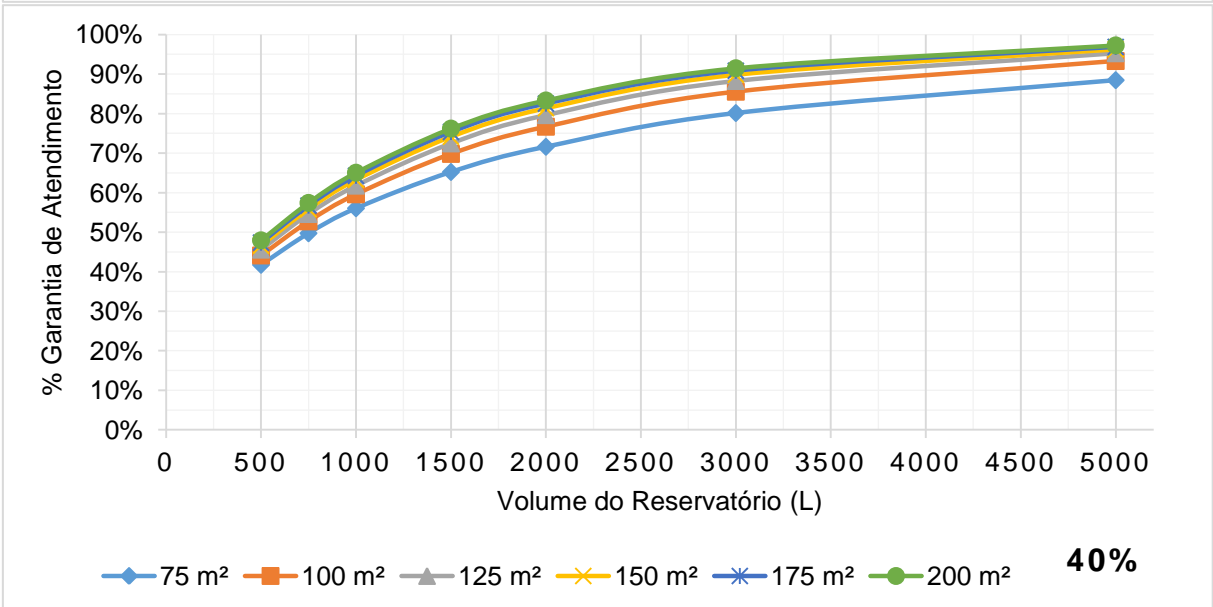
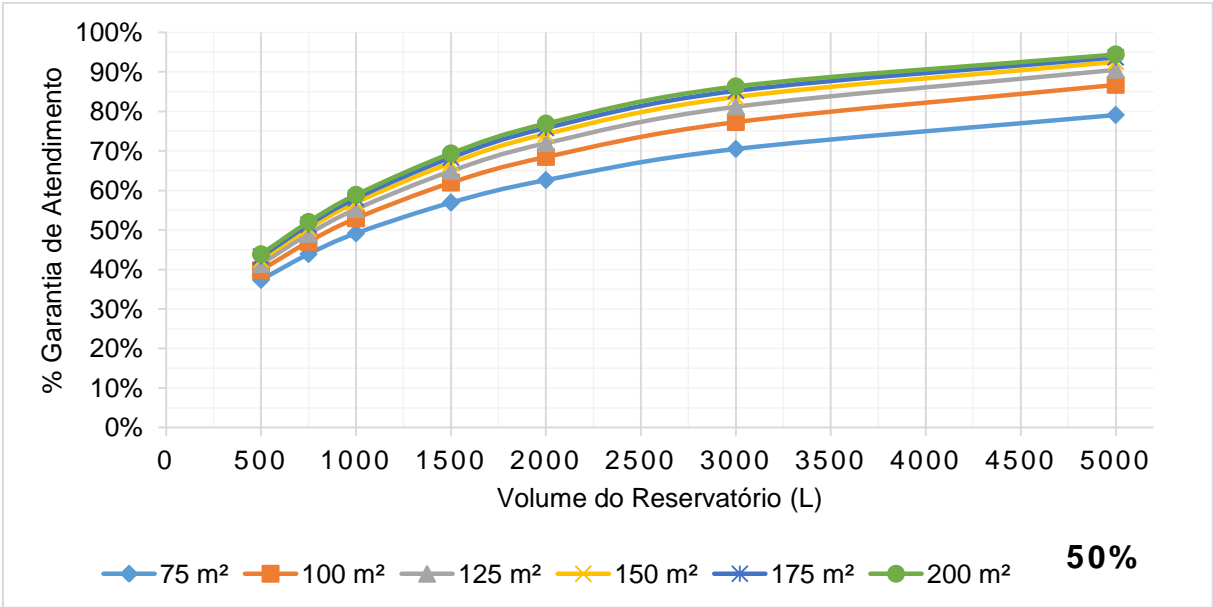
APÊNDICE XVIII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE PANTANO GRANDE

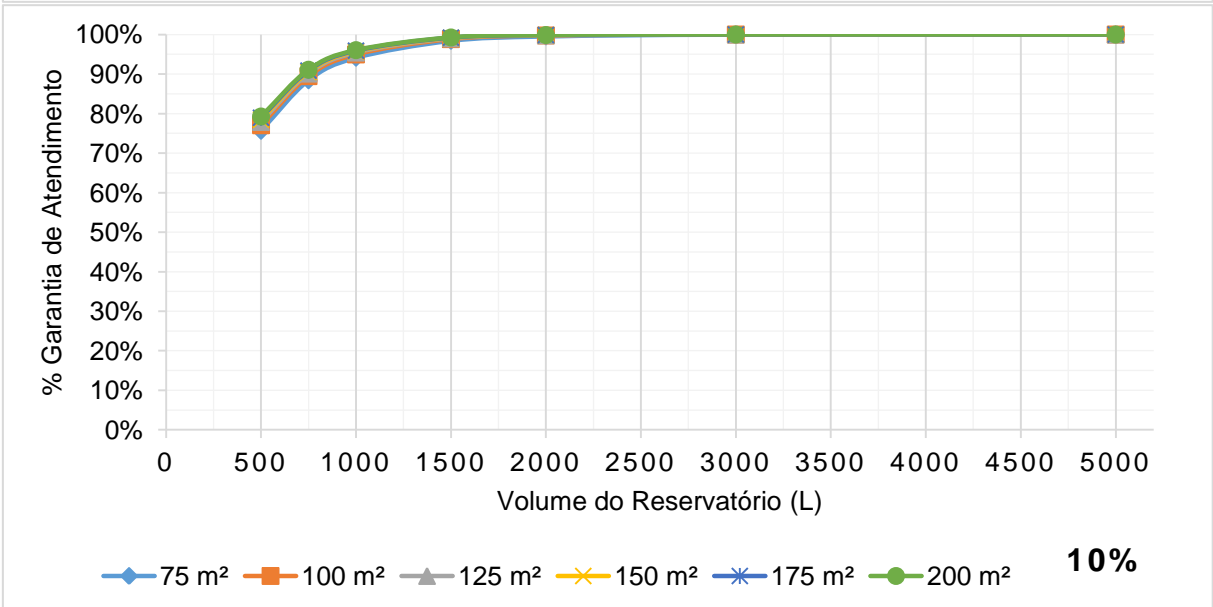
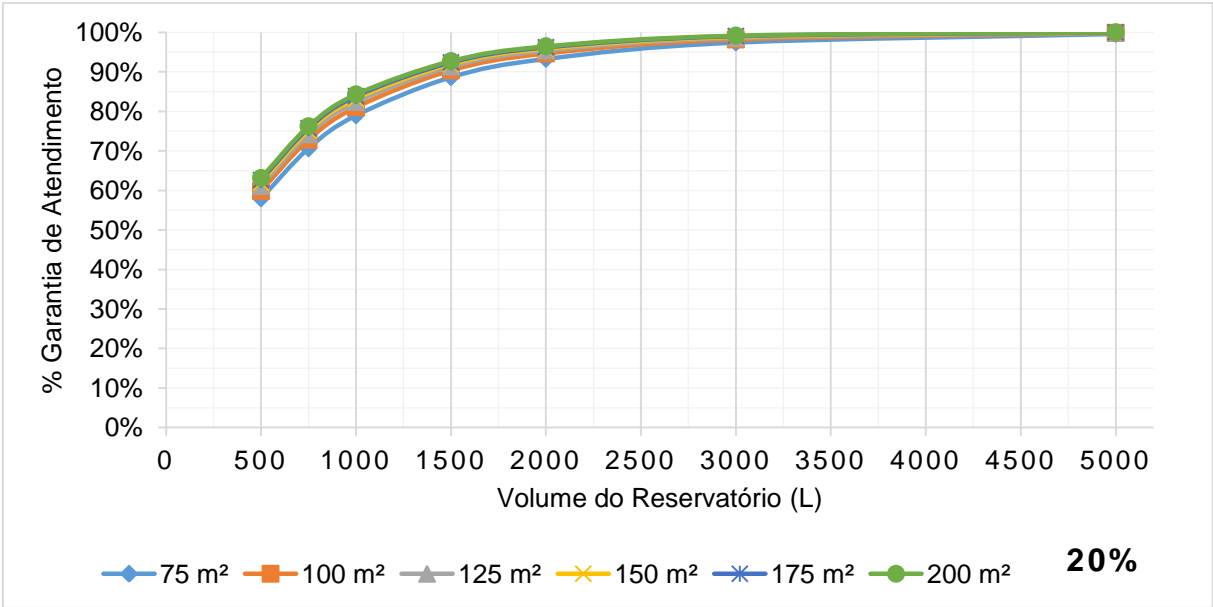
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Pantano Grande. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

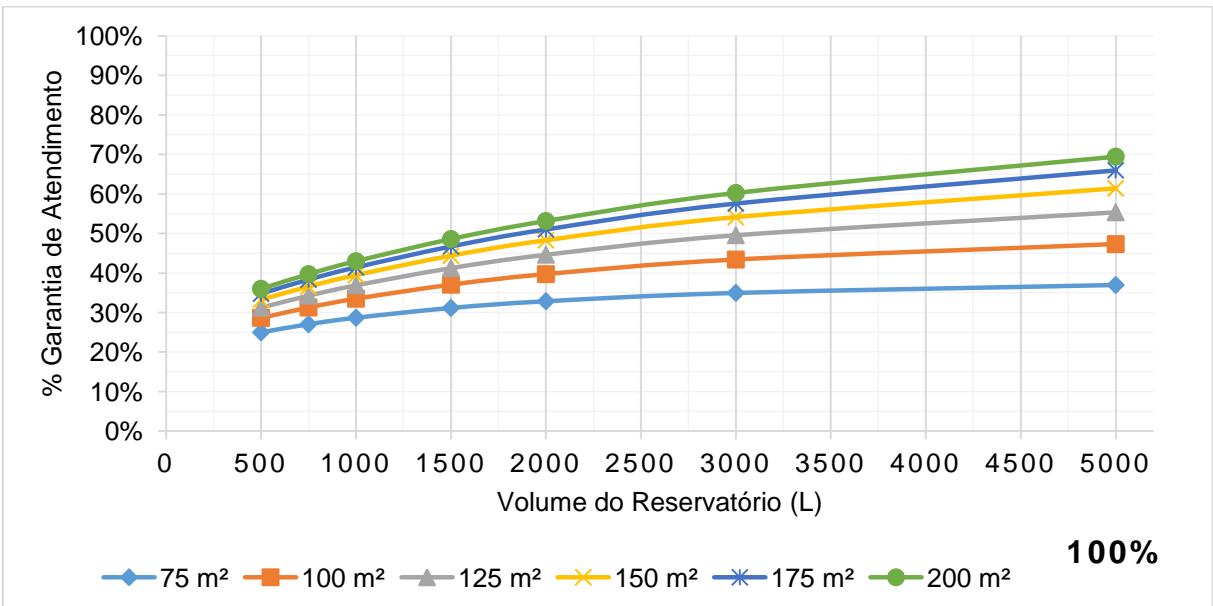


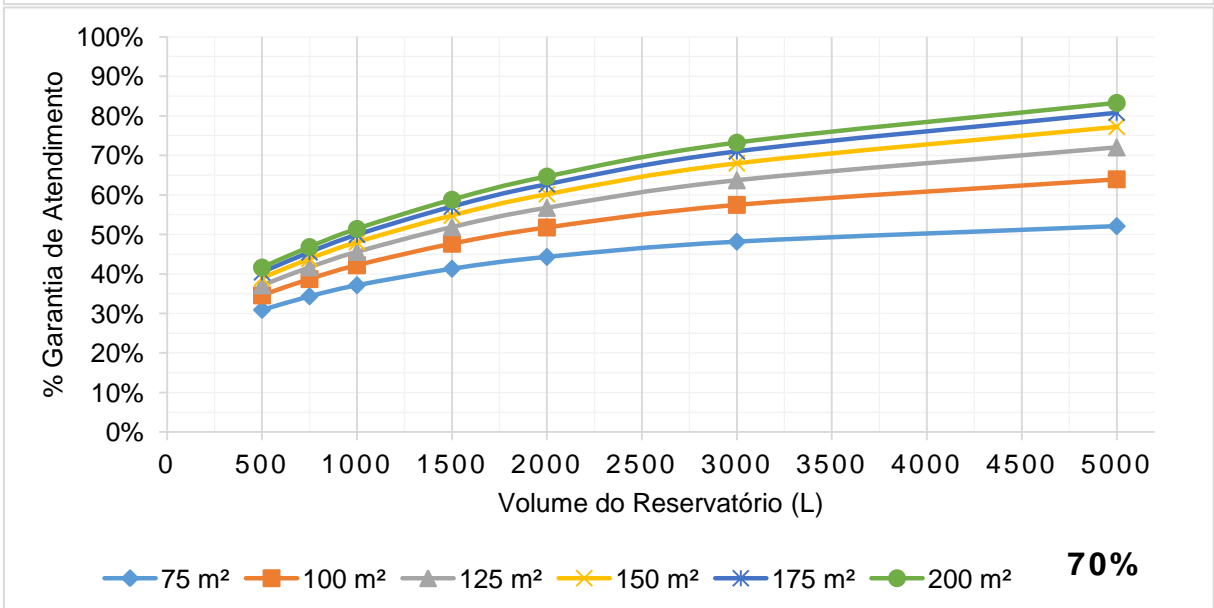
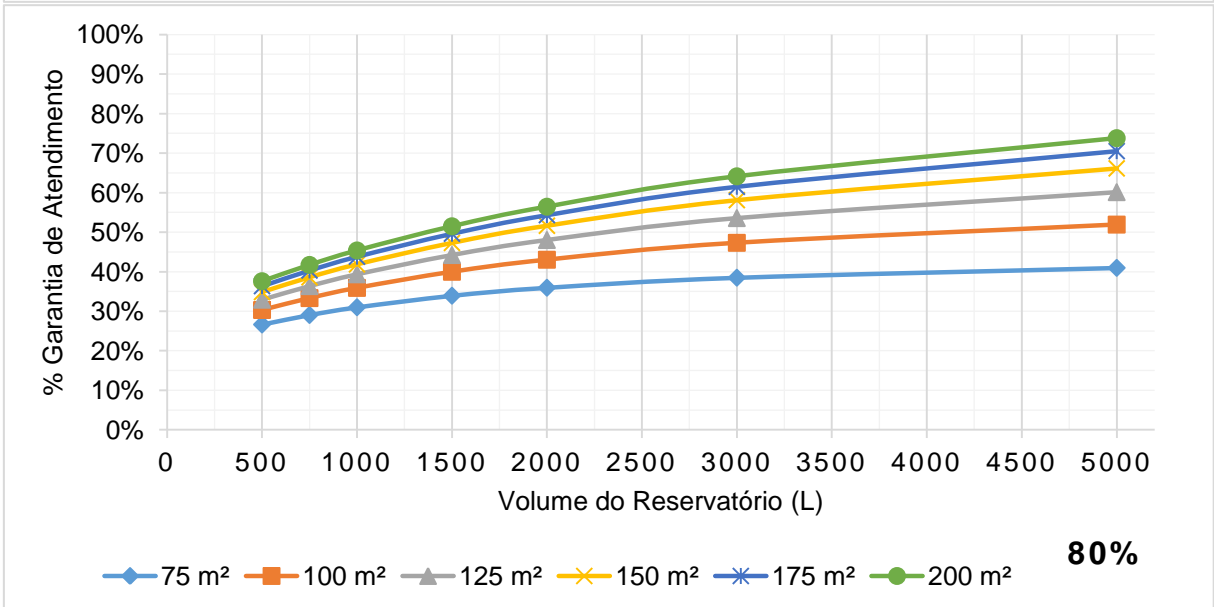
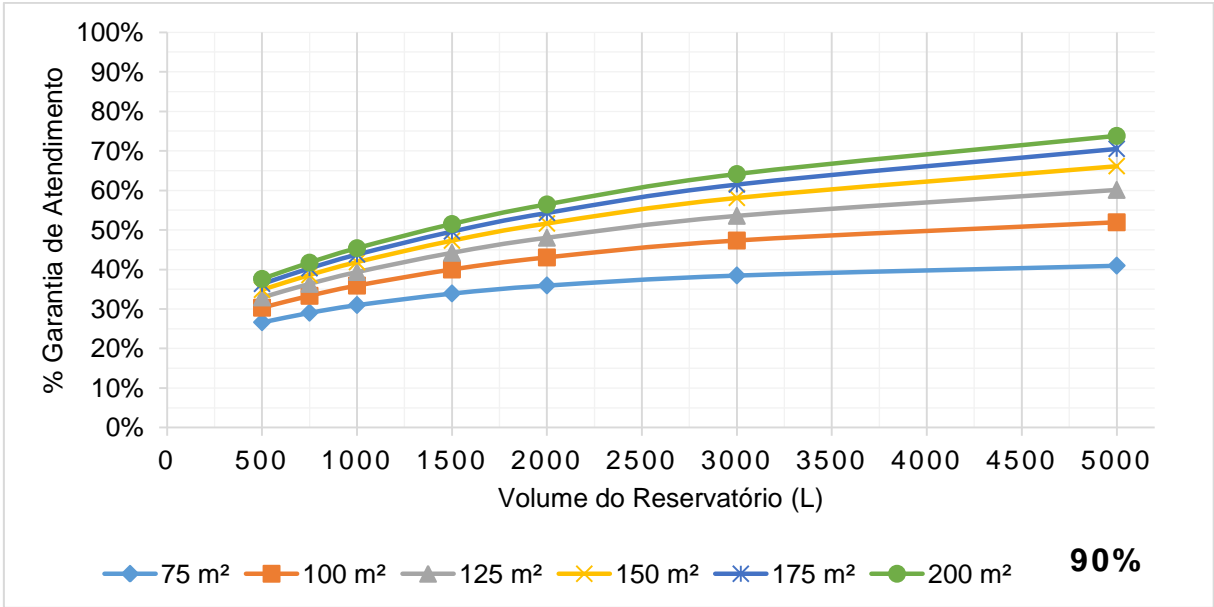


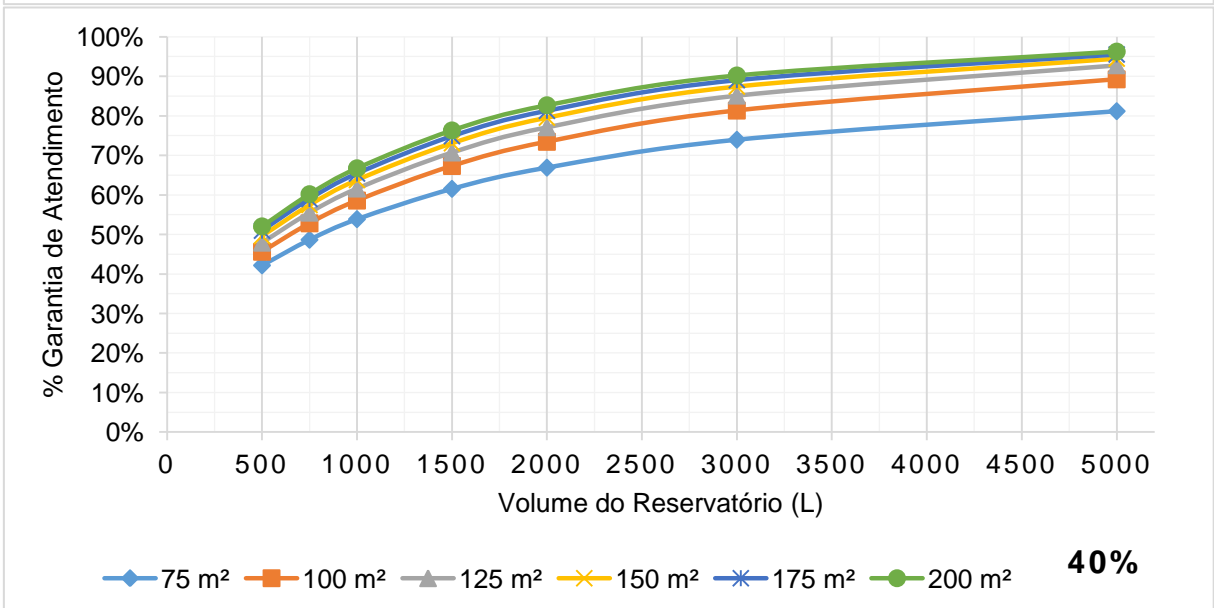
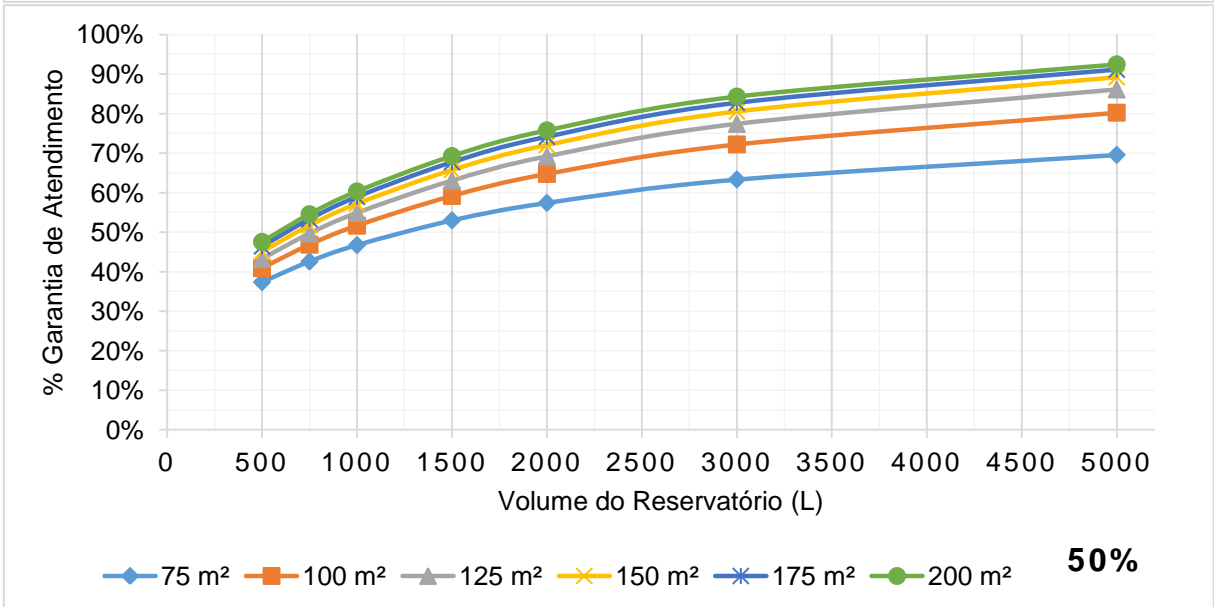
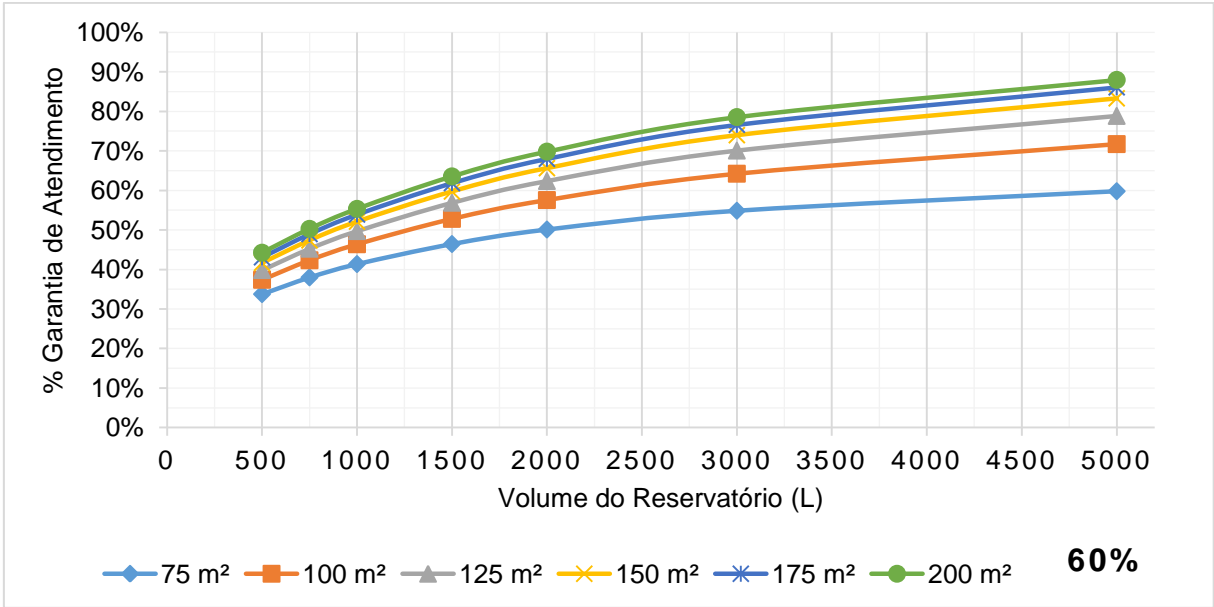


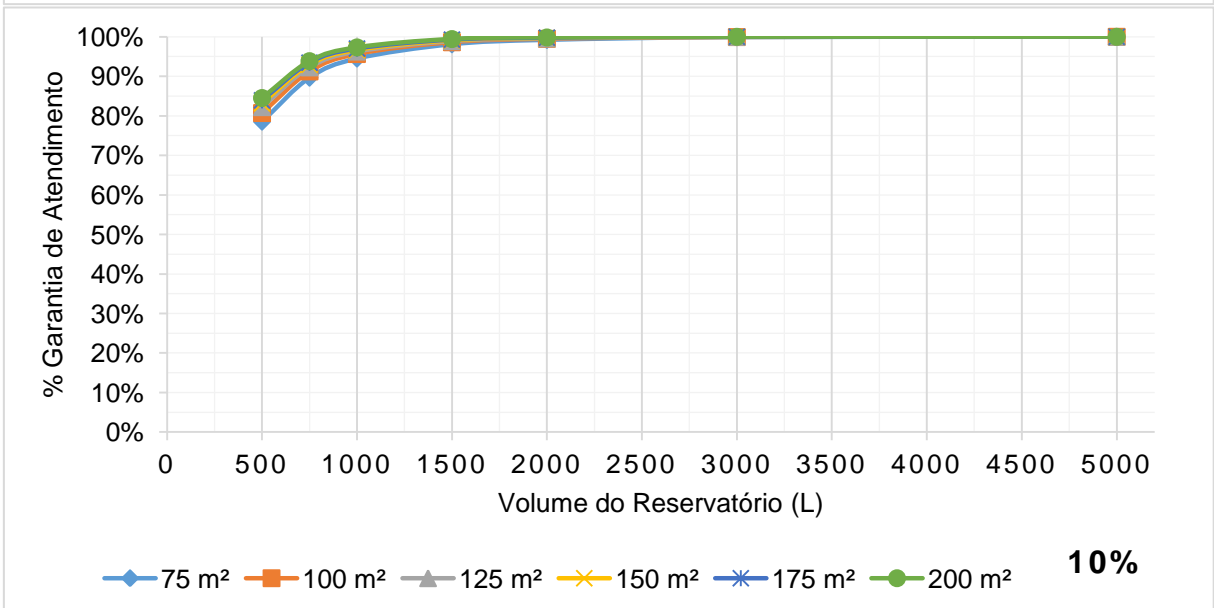
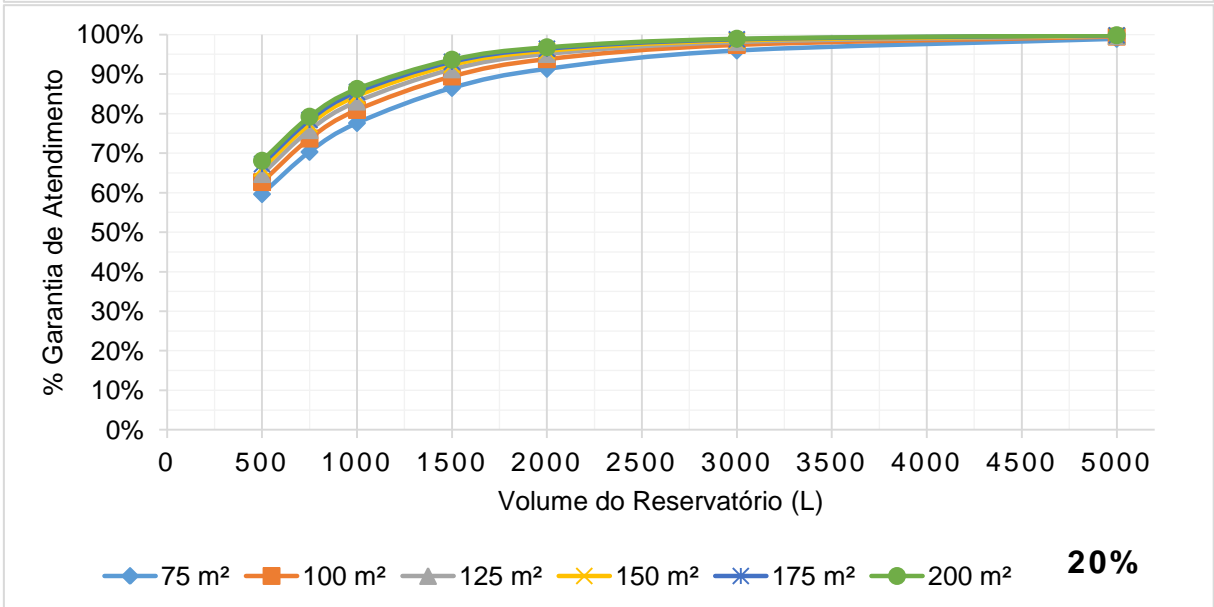
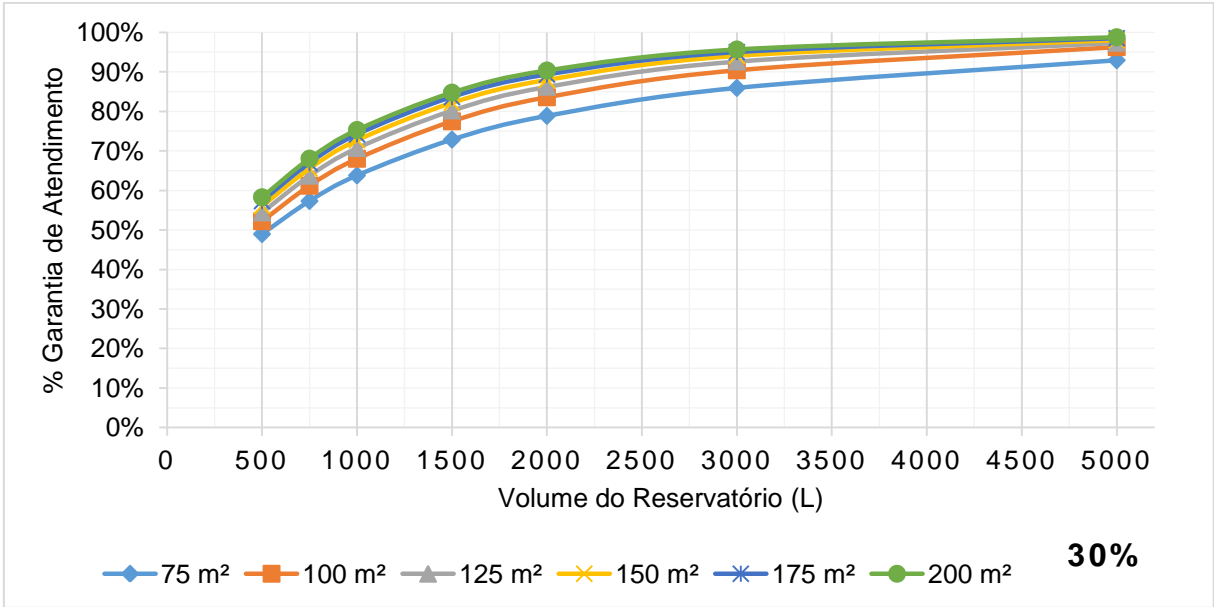


• Zona Rural





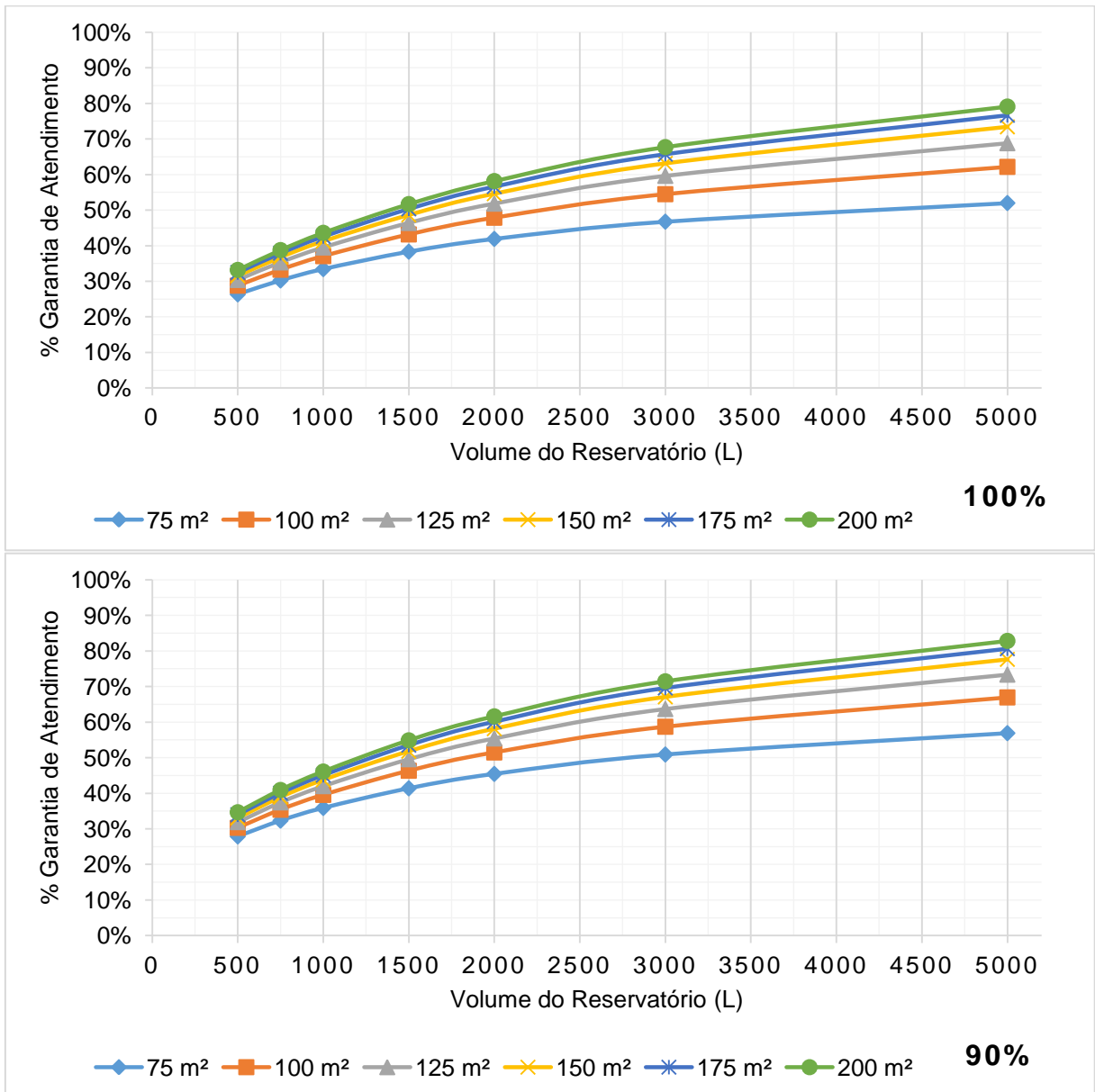


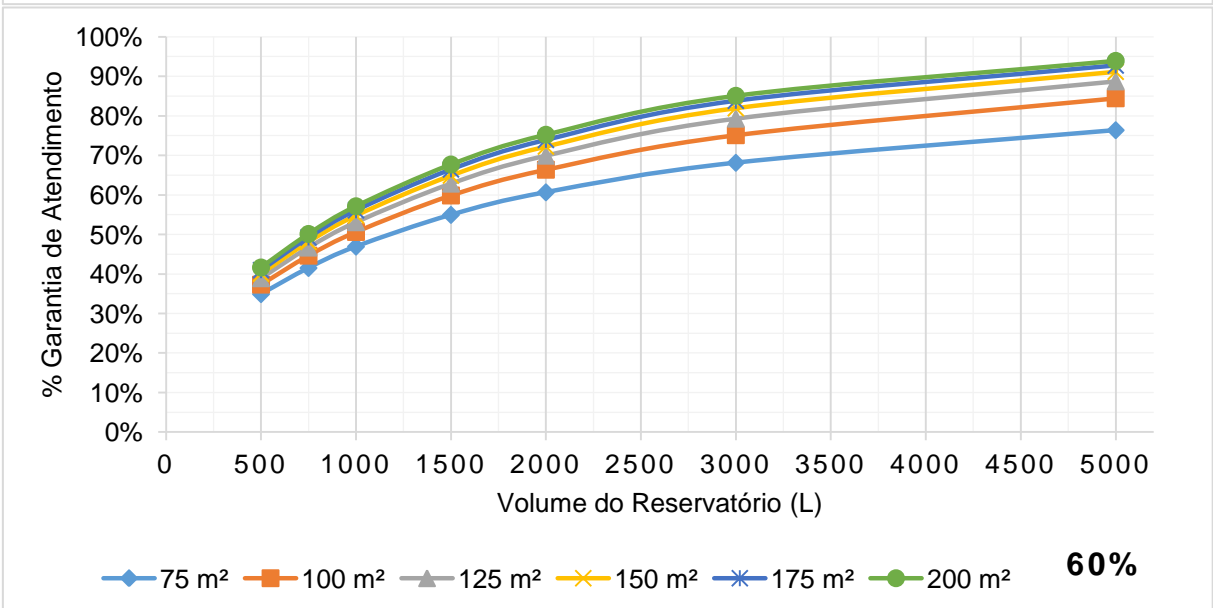
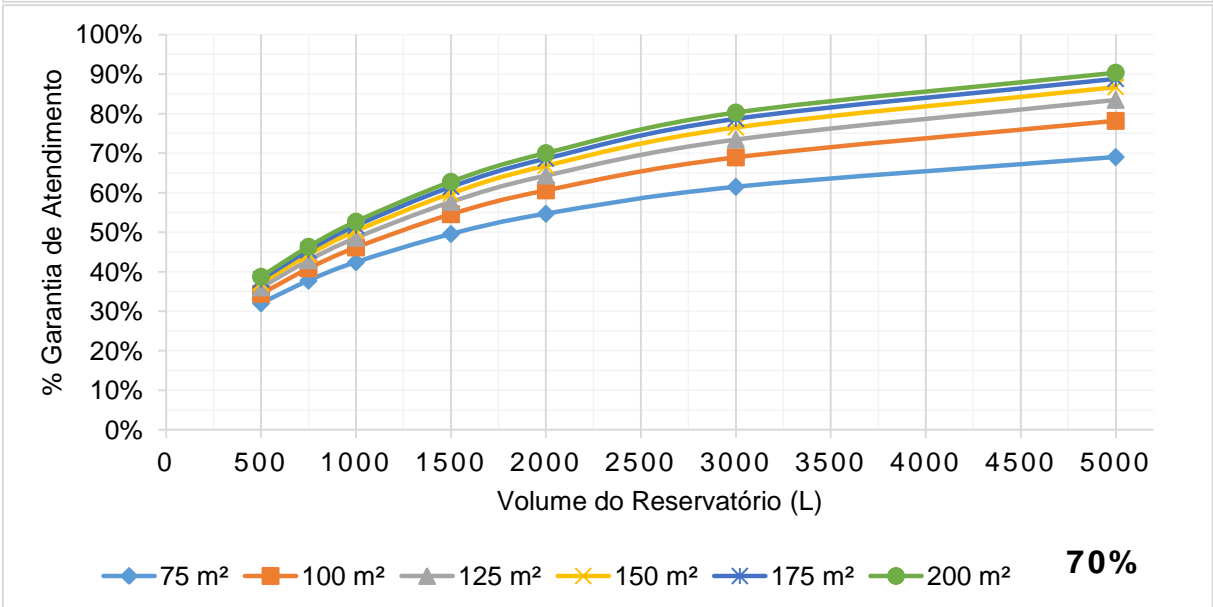
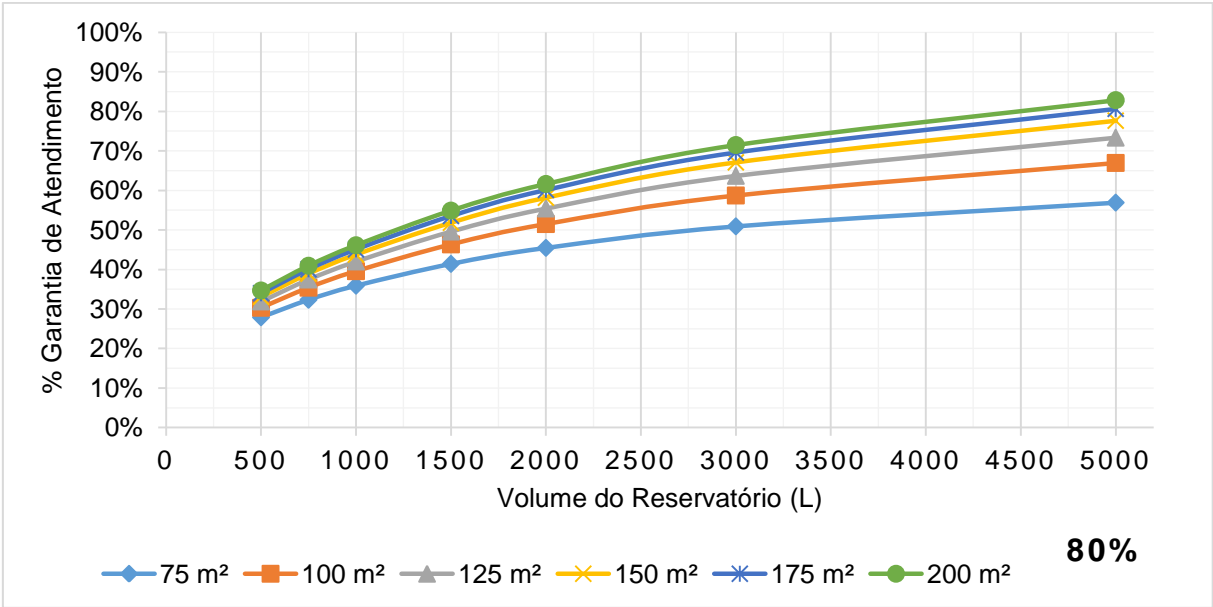


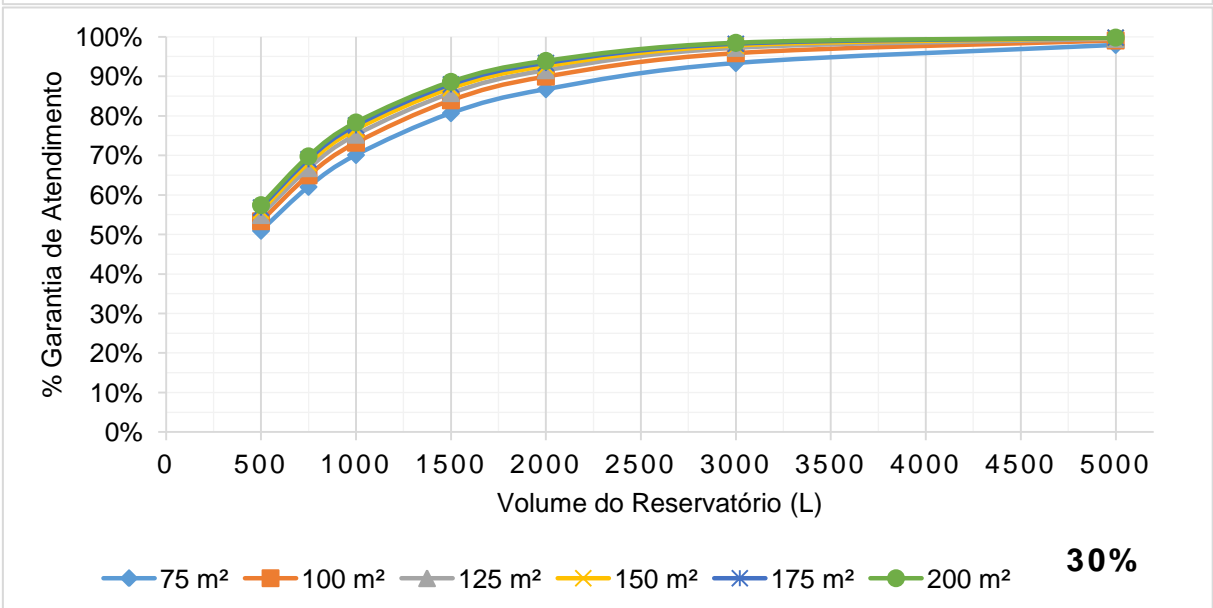
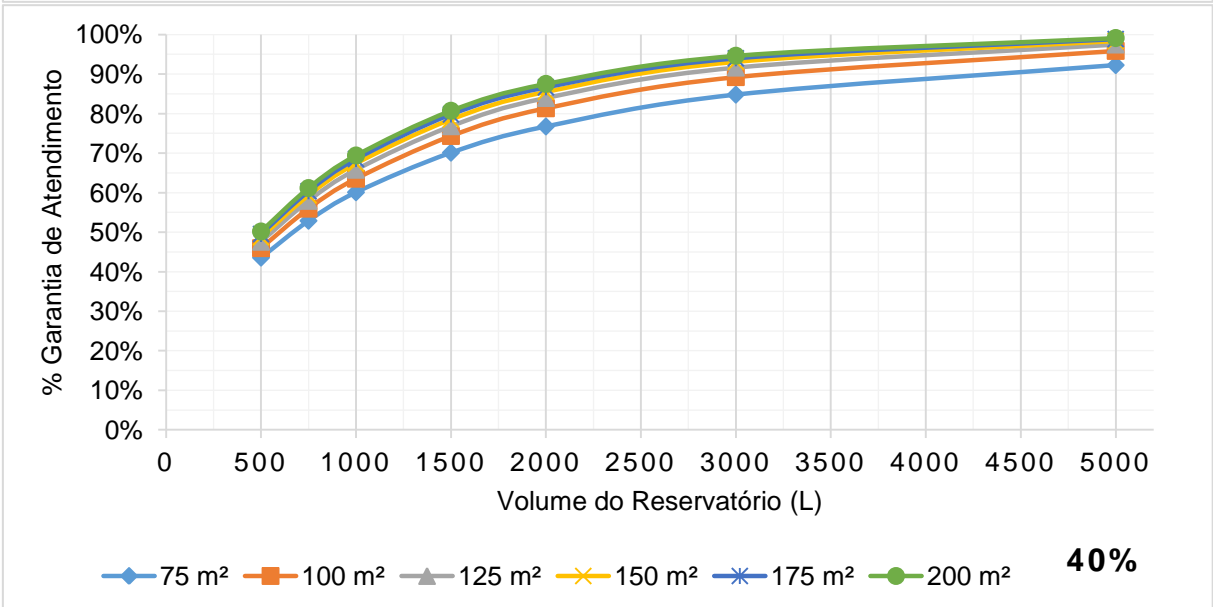
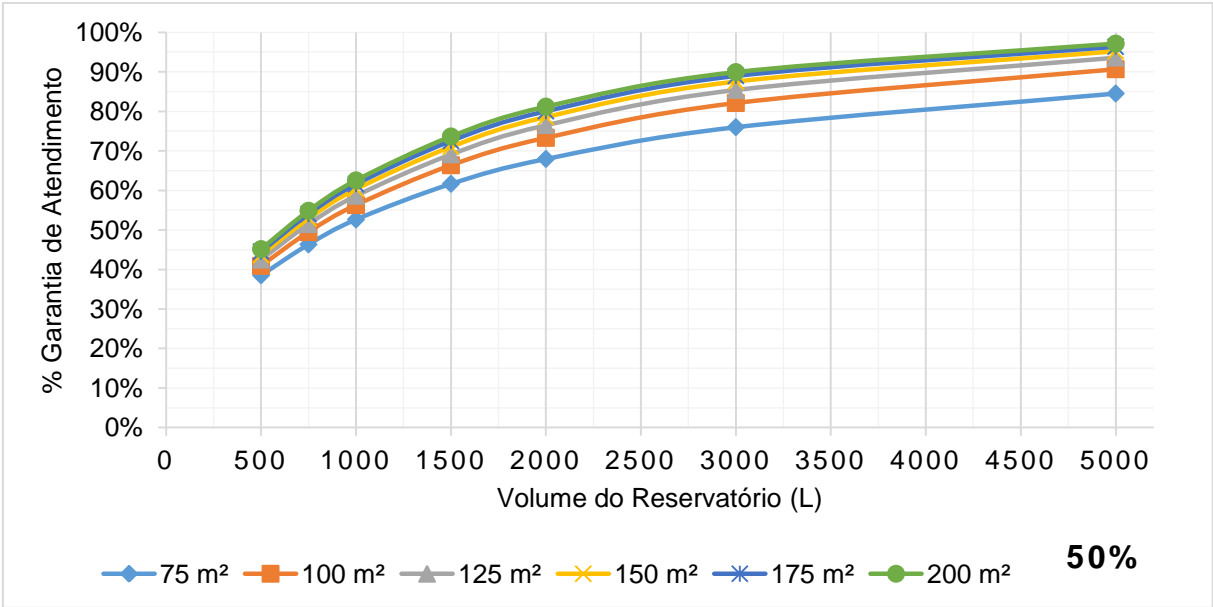
APÊNDICE XIX - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE PEDRAS ALTAS

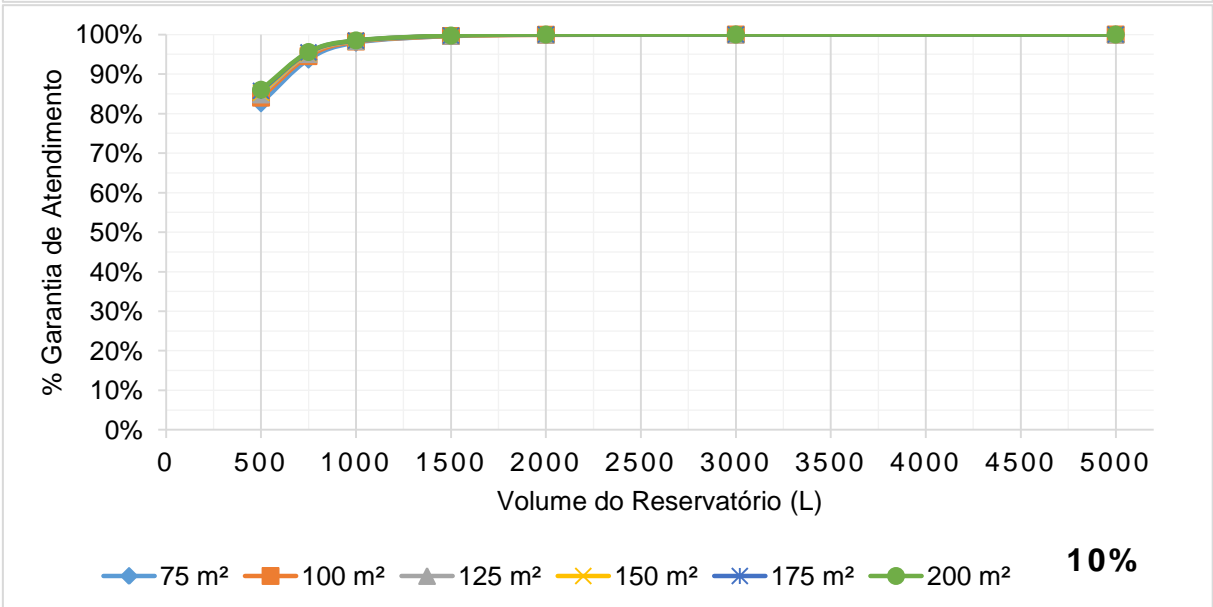
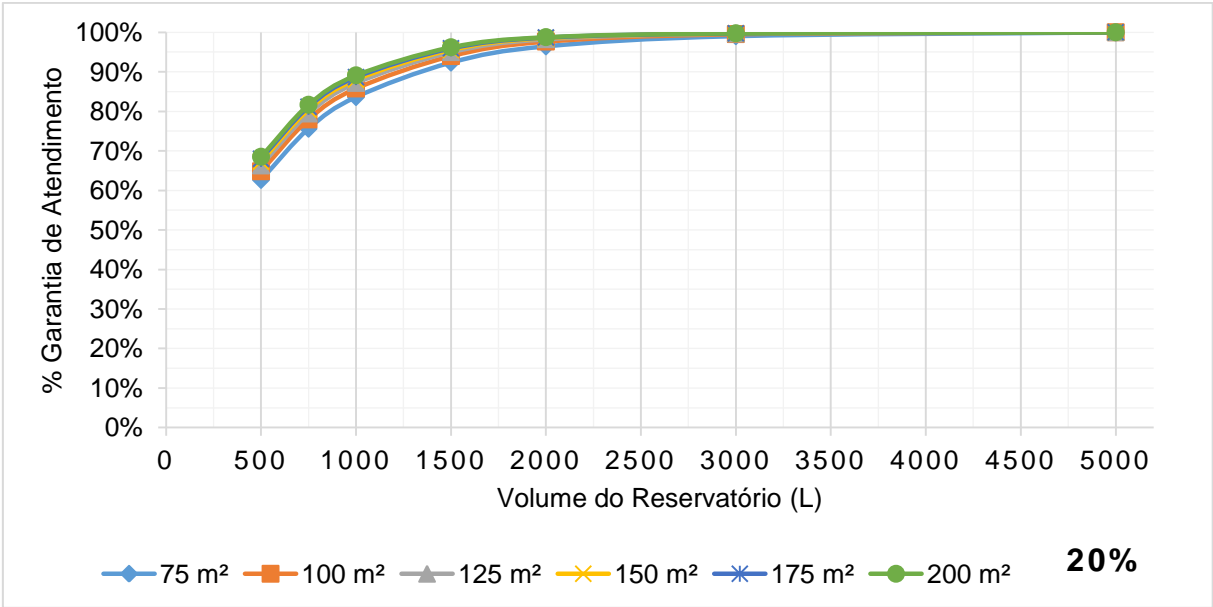
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Pedras Altas. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

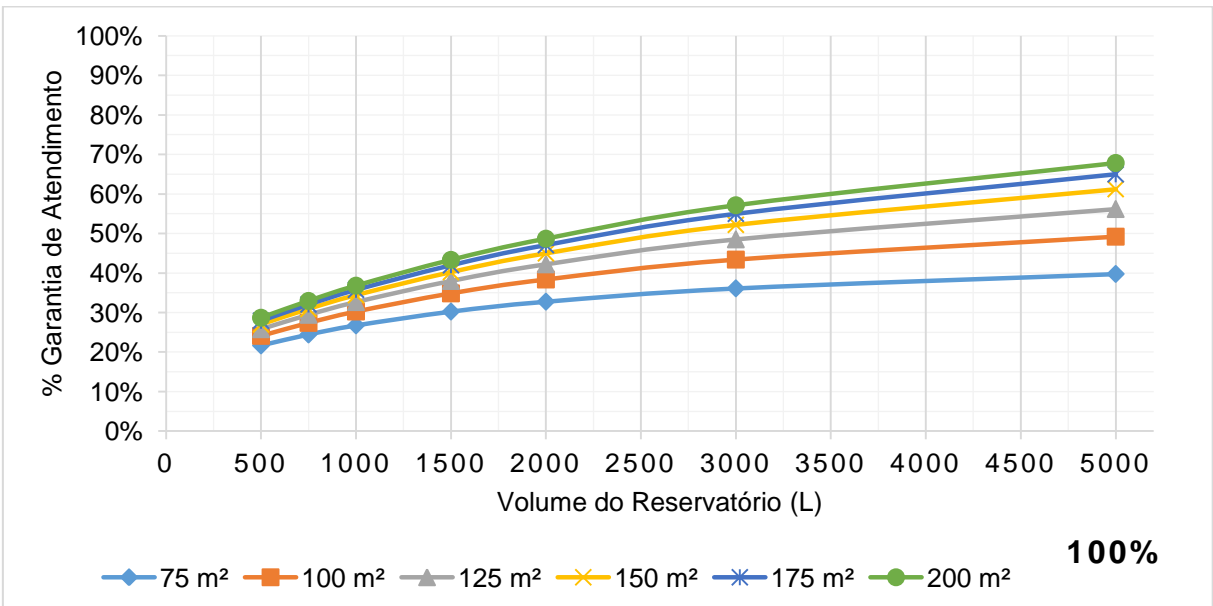


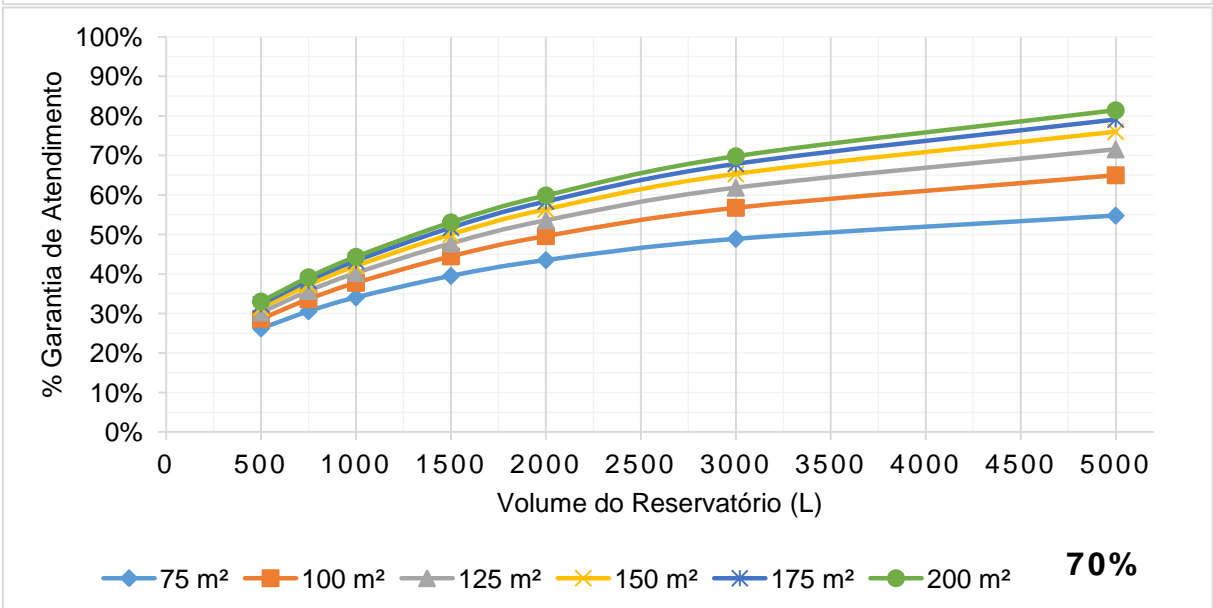
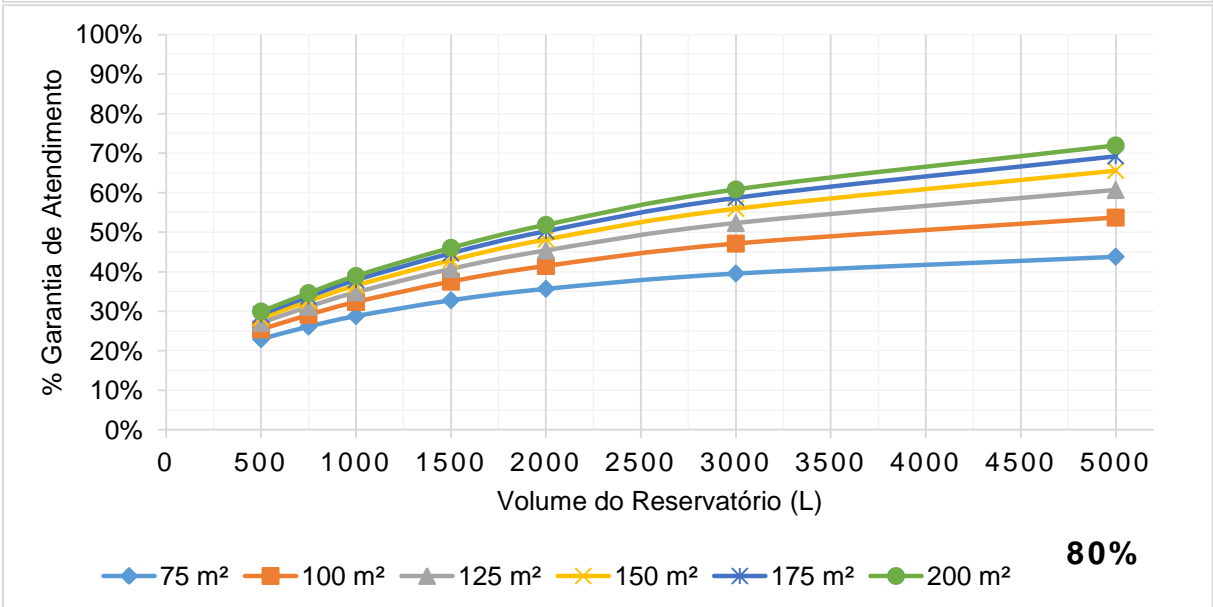
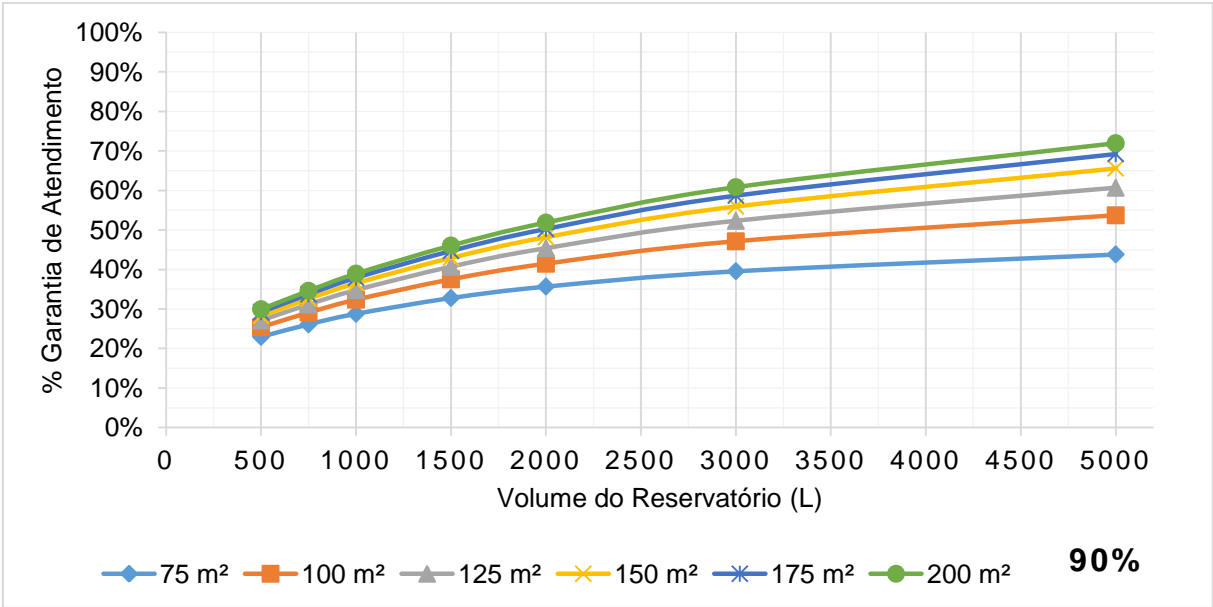


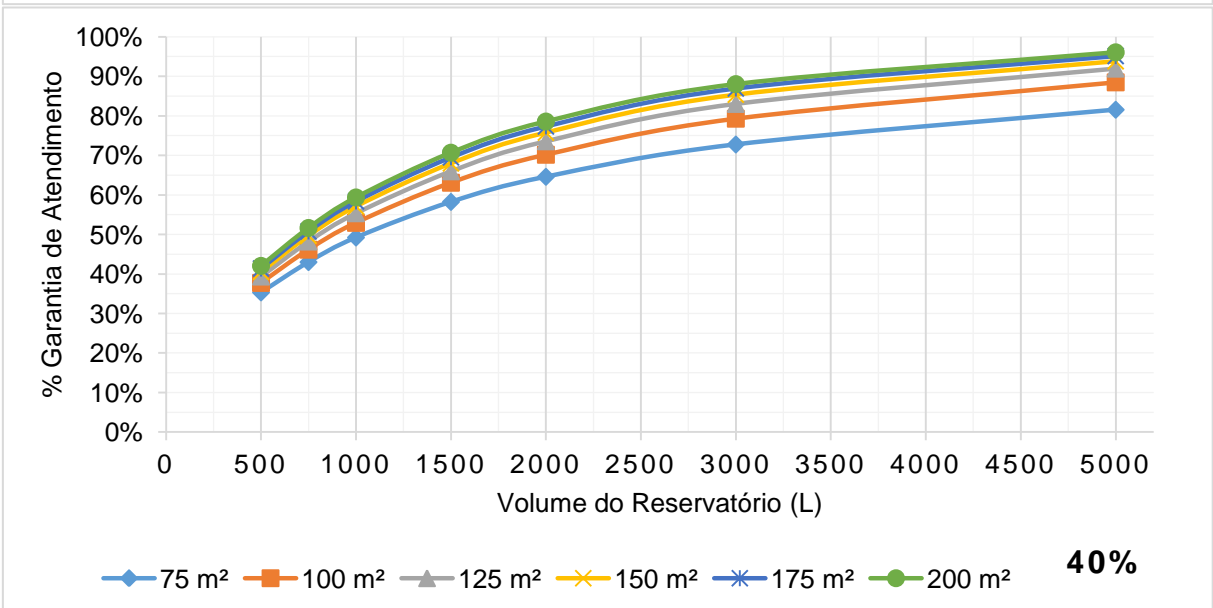
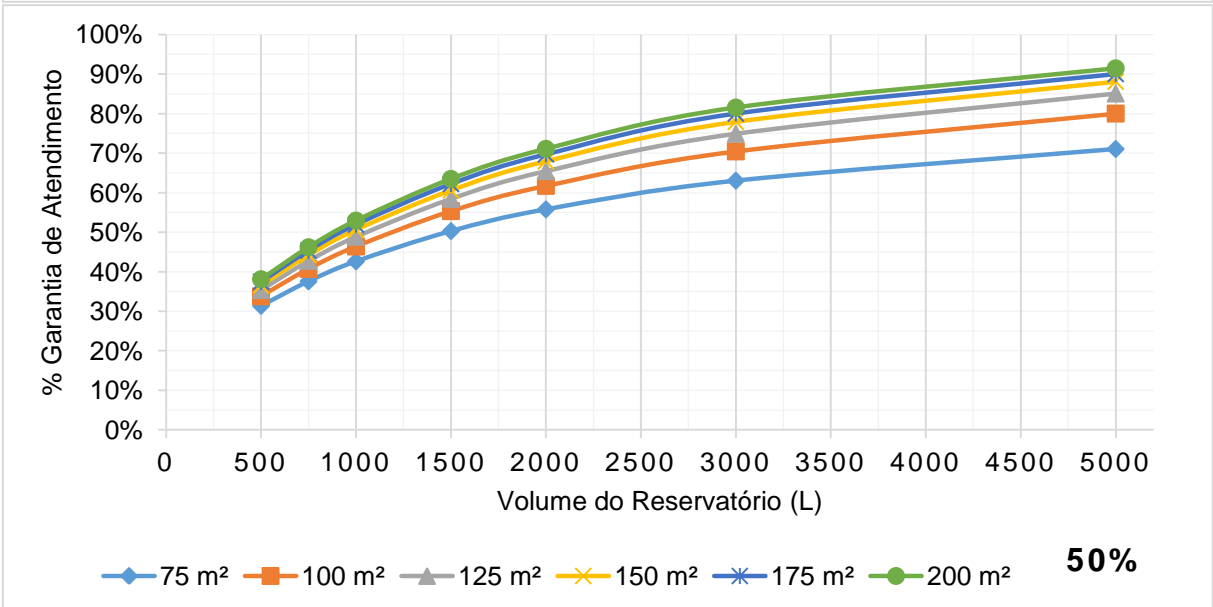
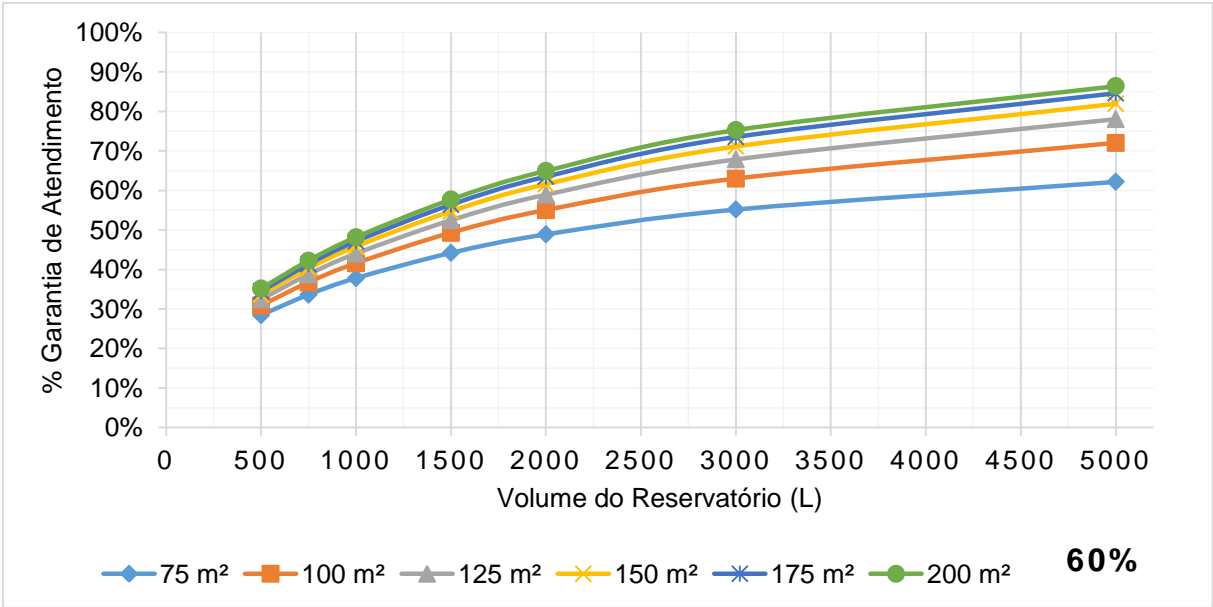


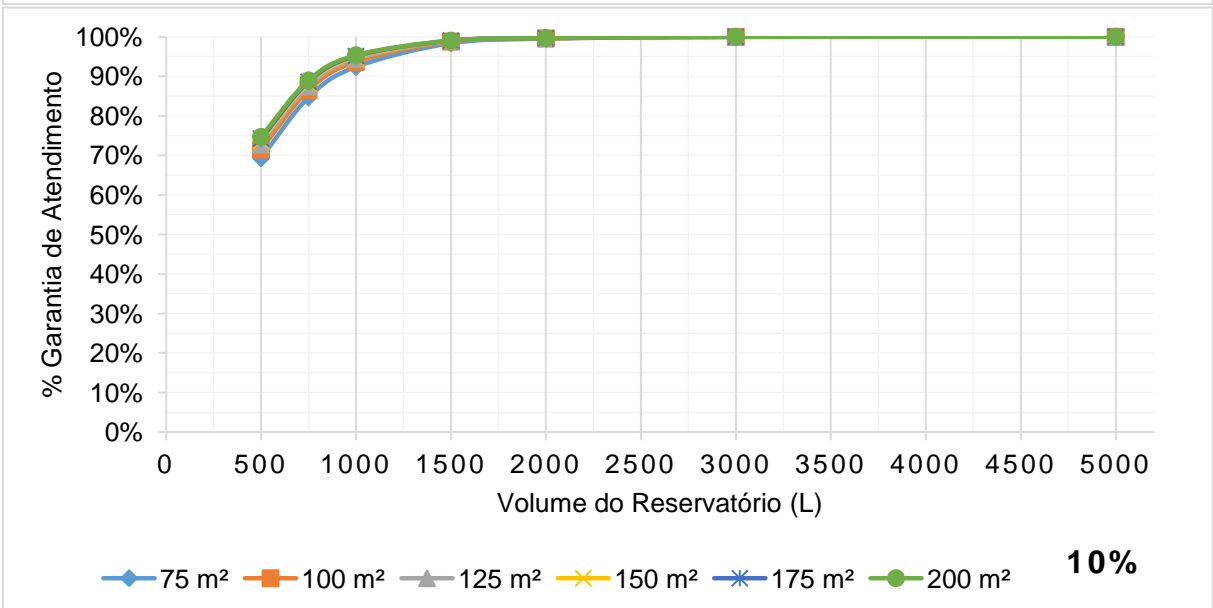
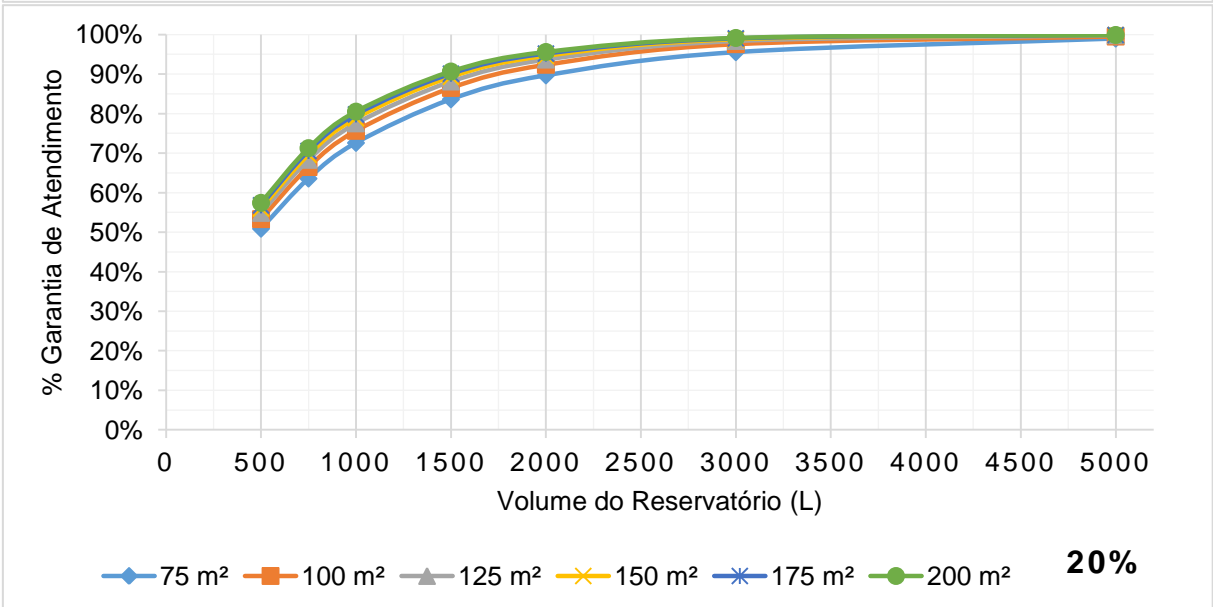
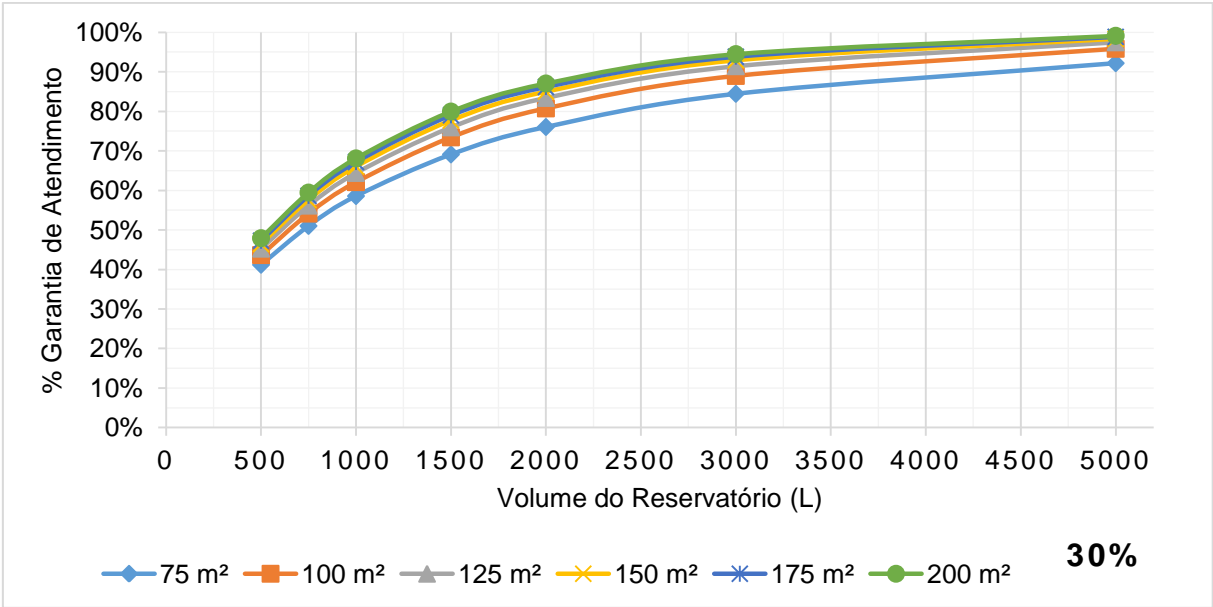


• Zona Rural





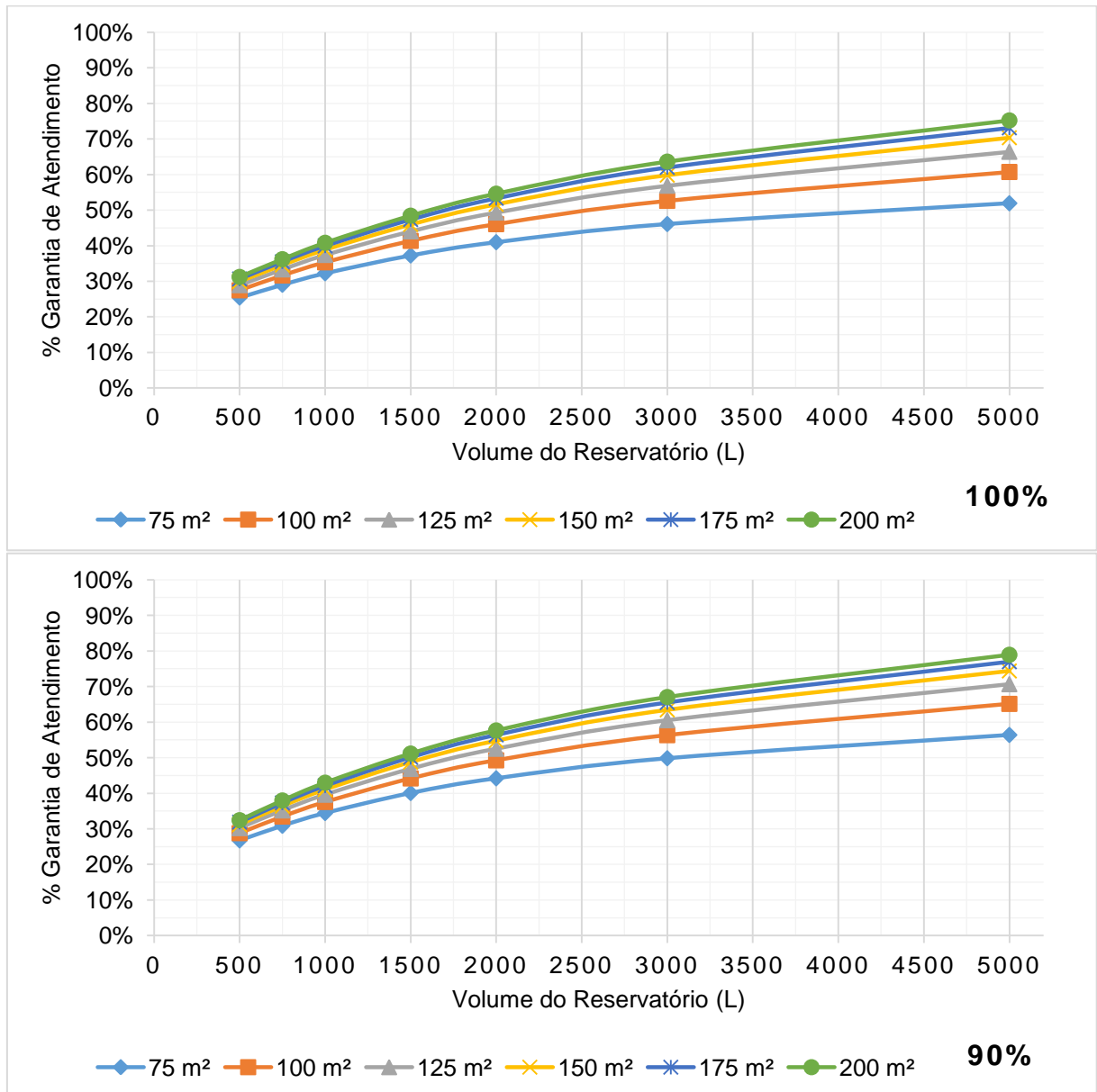


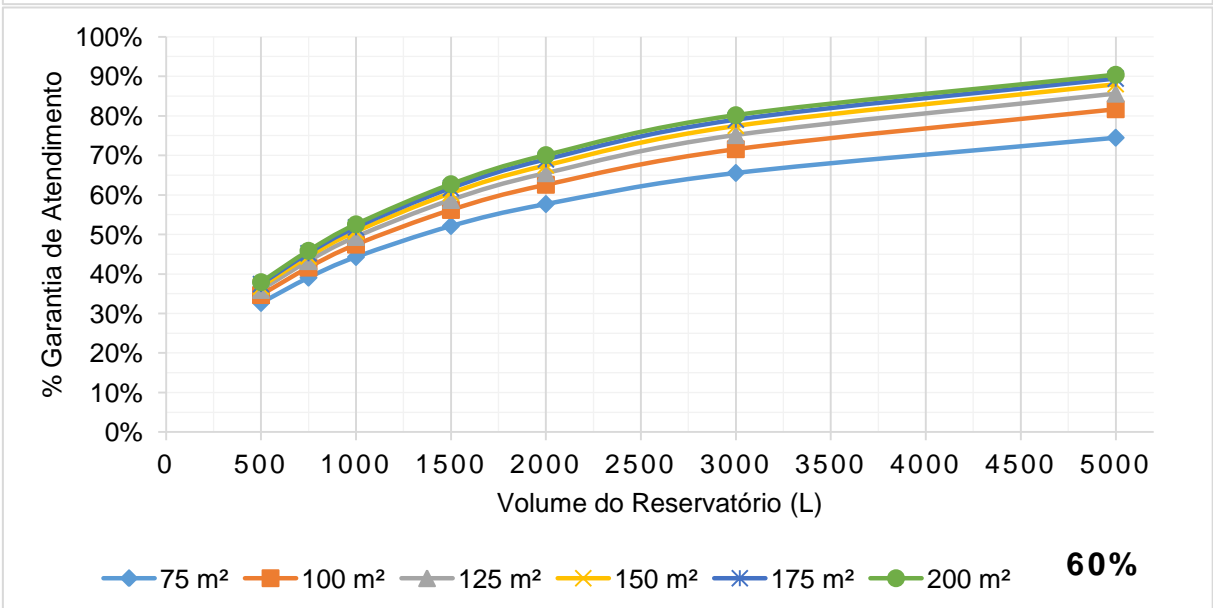
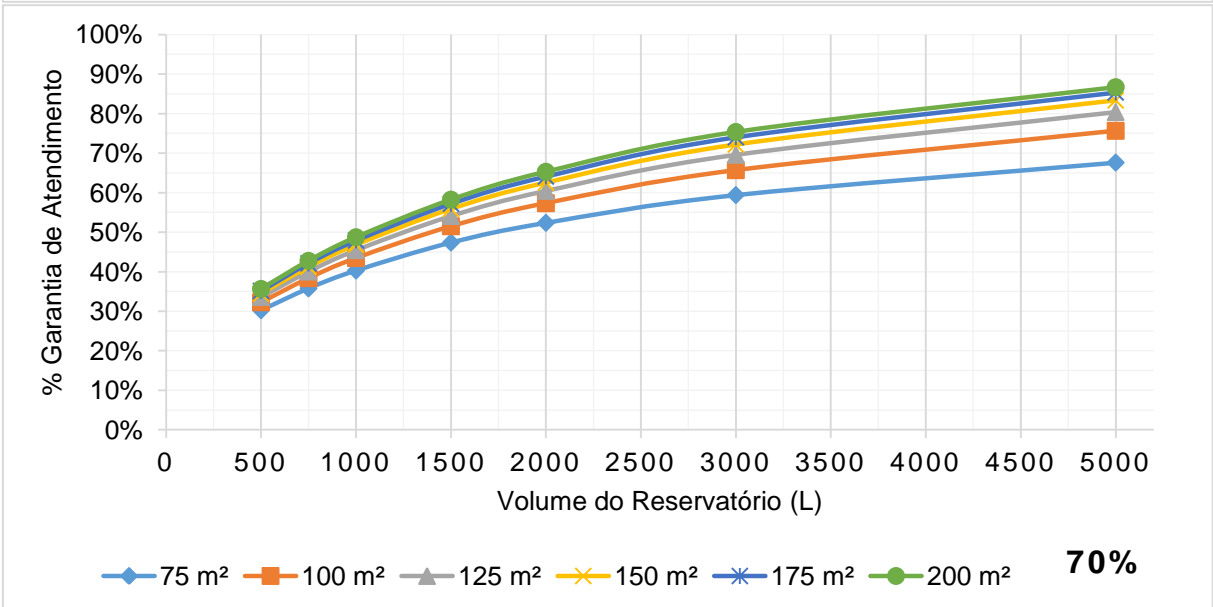
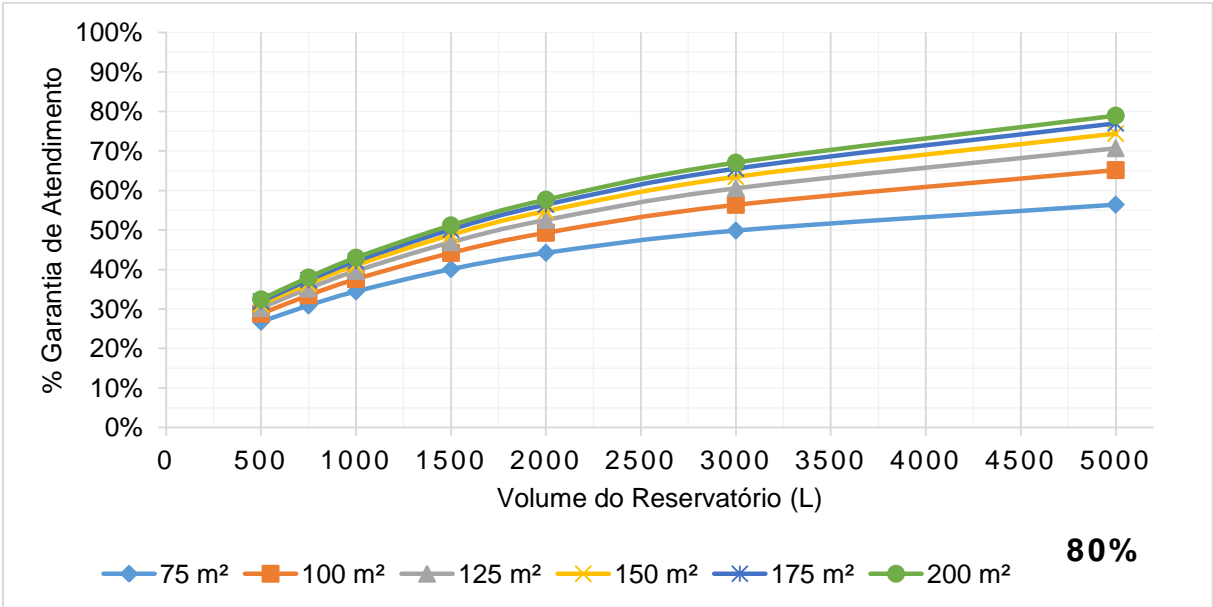


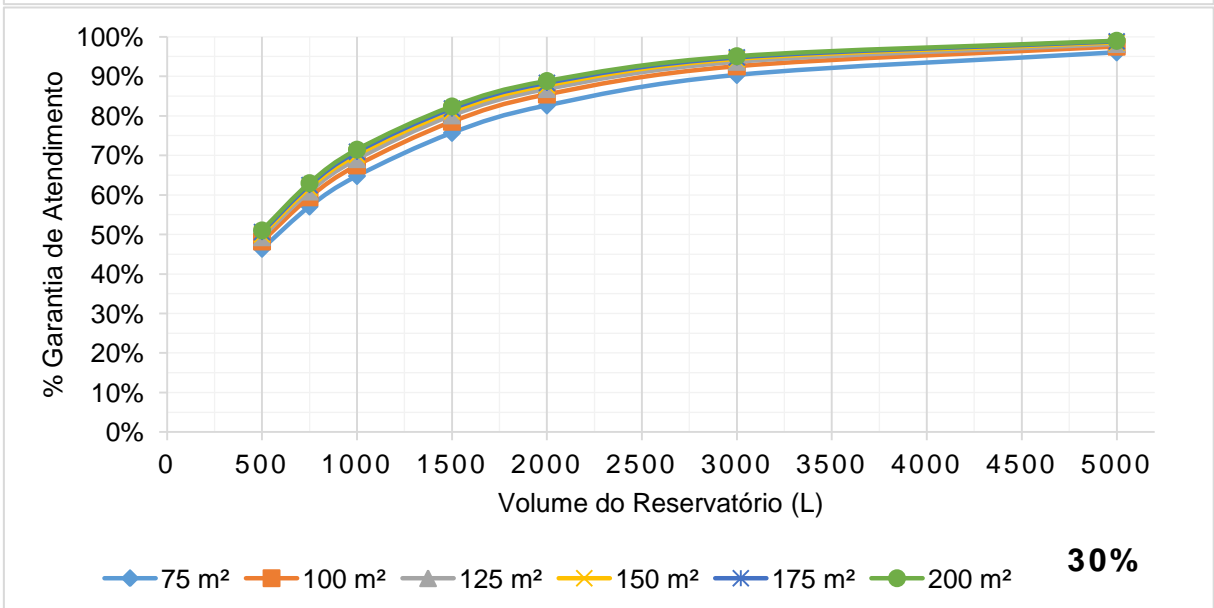
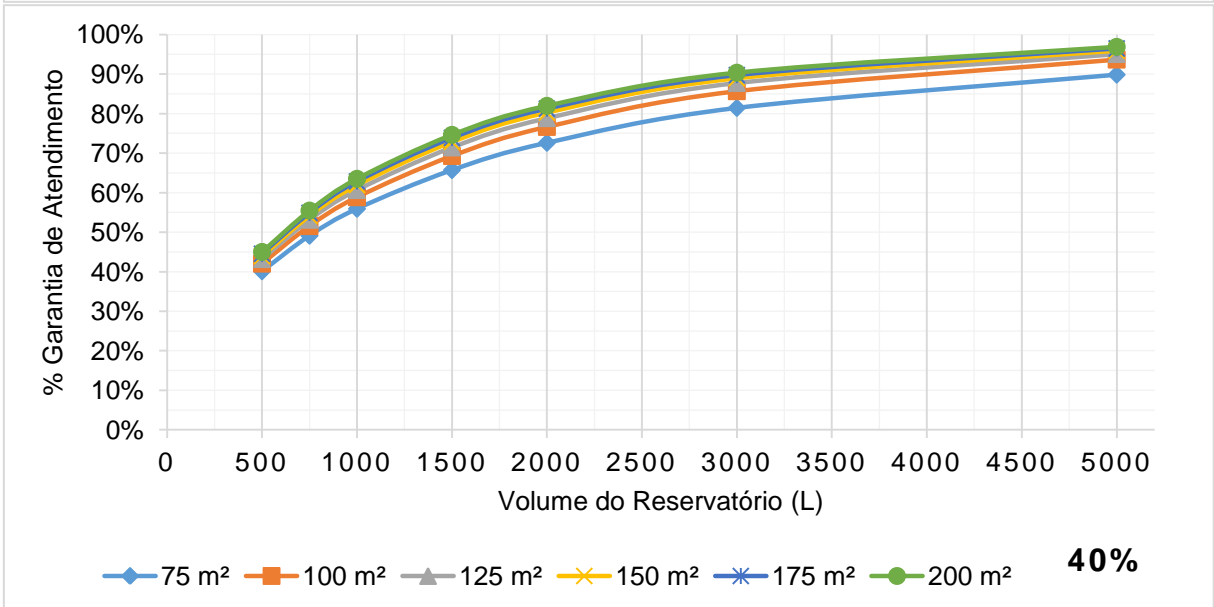
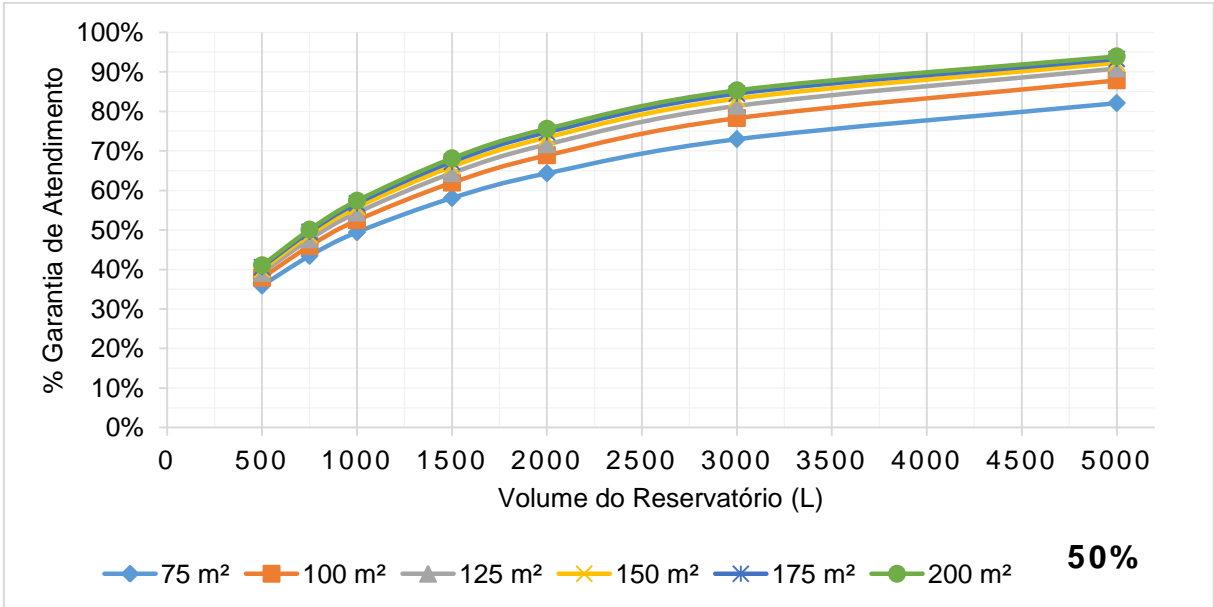
APÊNDICE XX - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE PORTO VERA CRUZ

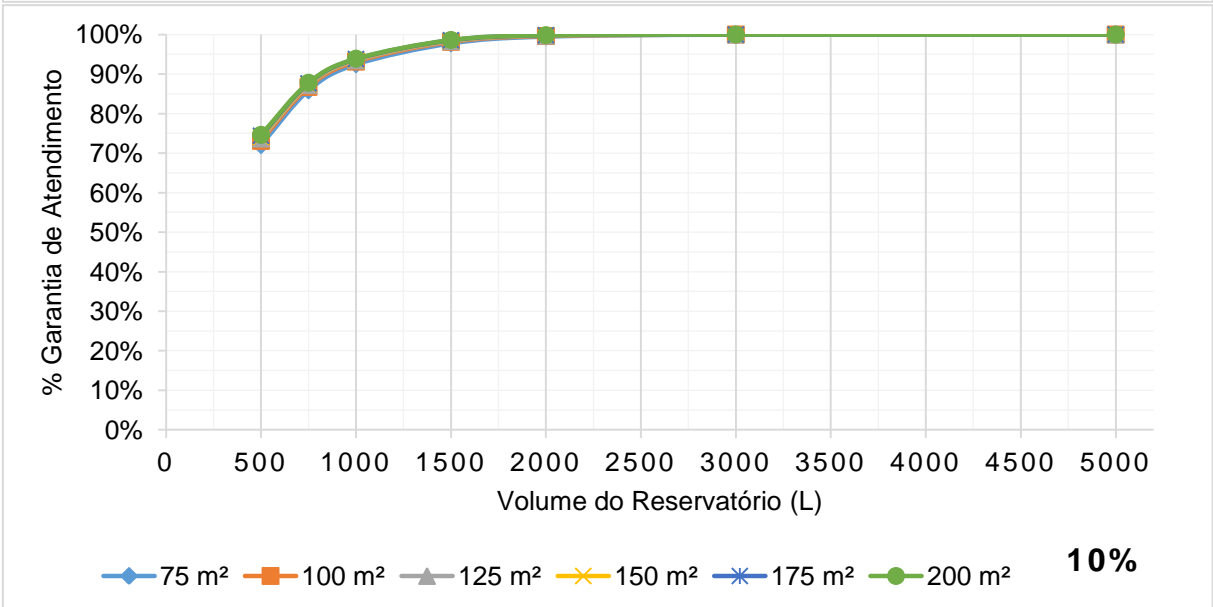
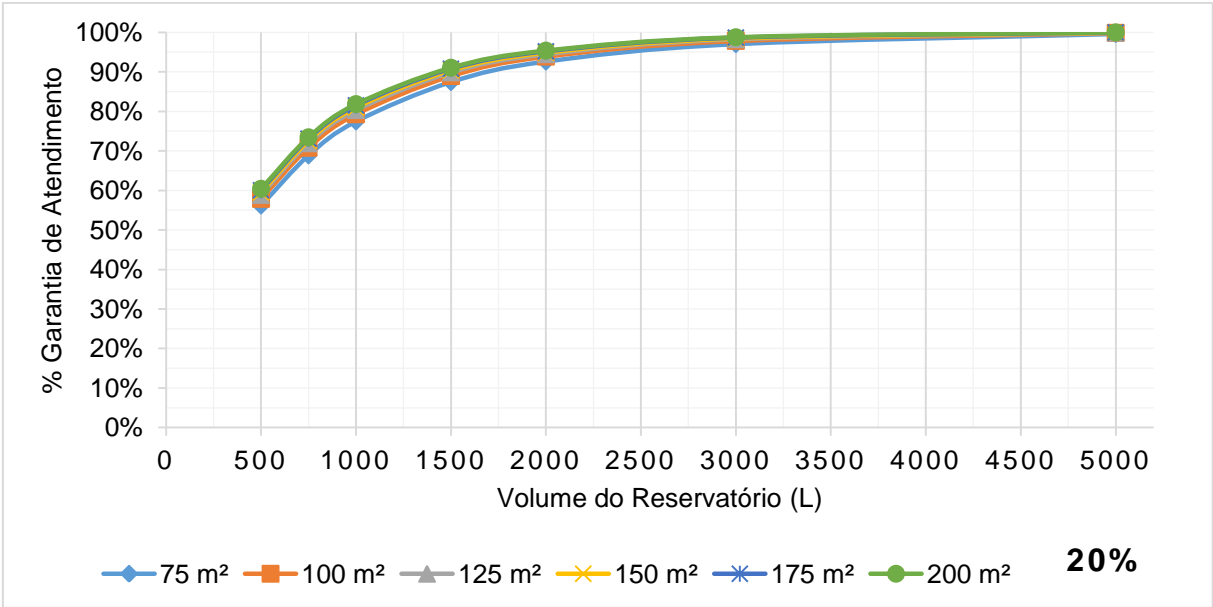
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Porto Vera Cruz. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

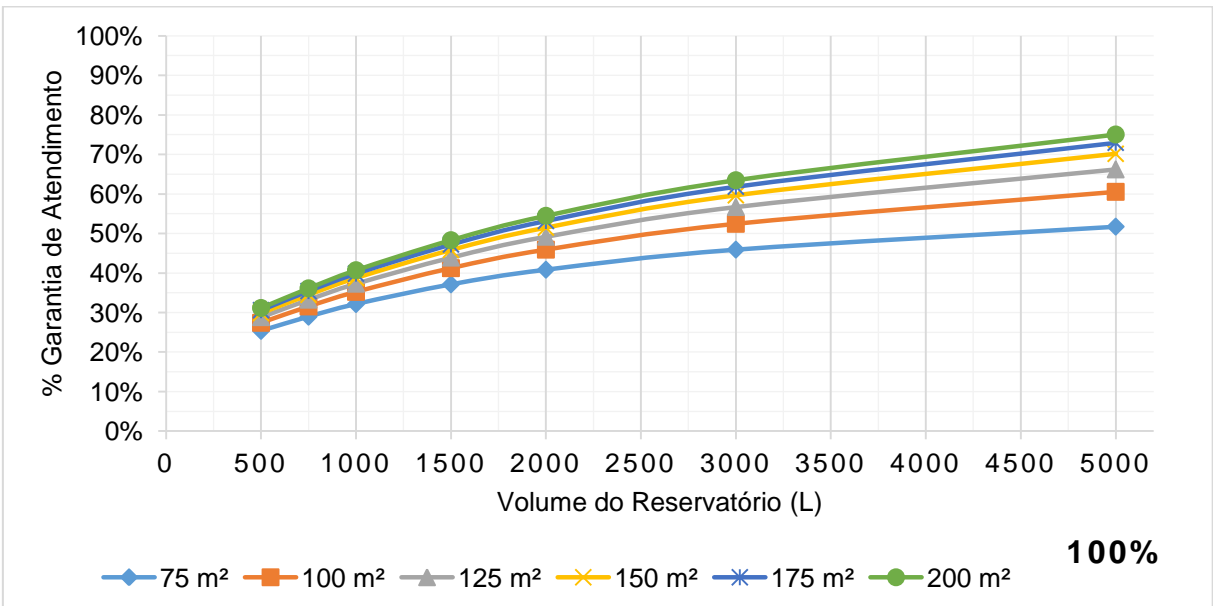


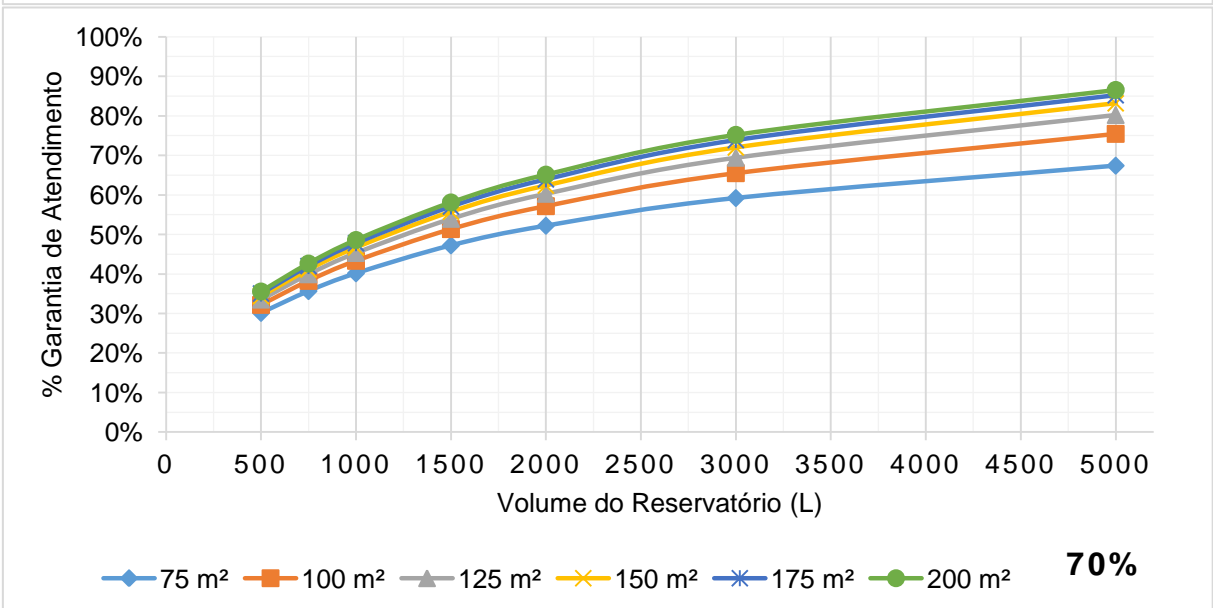
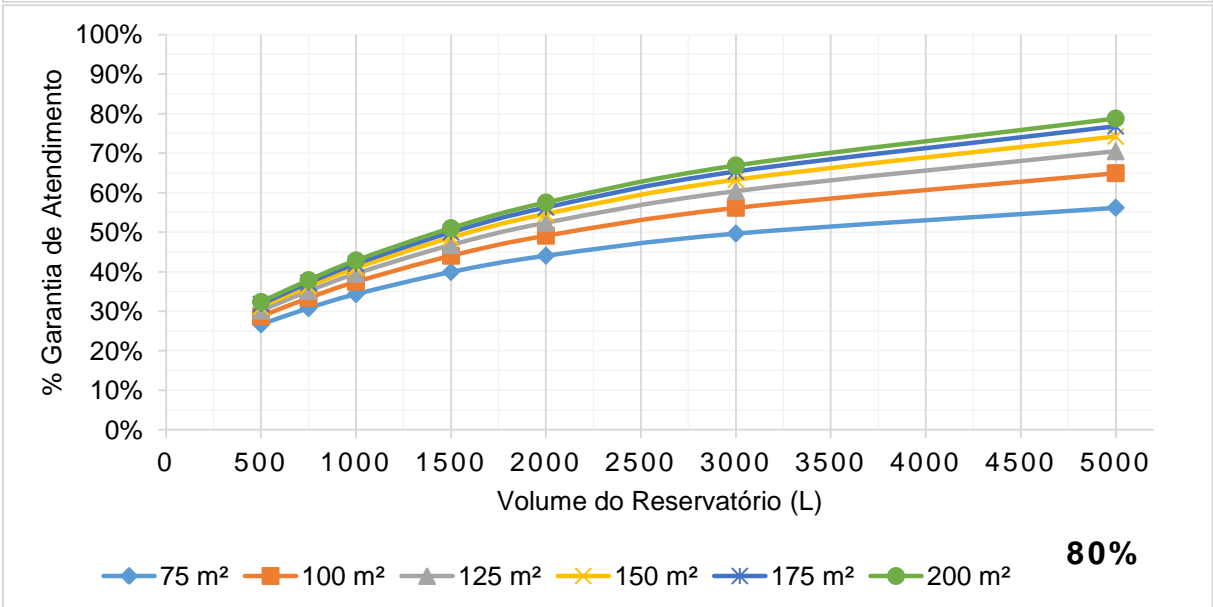
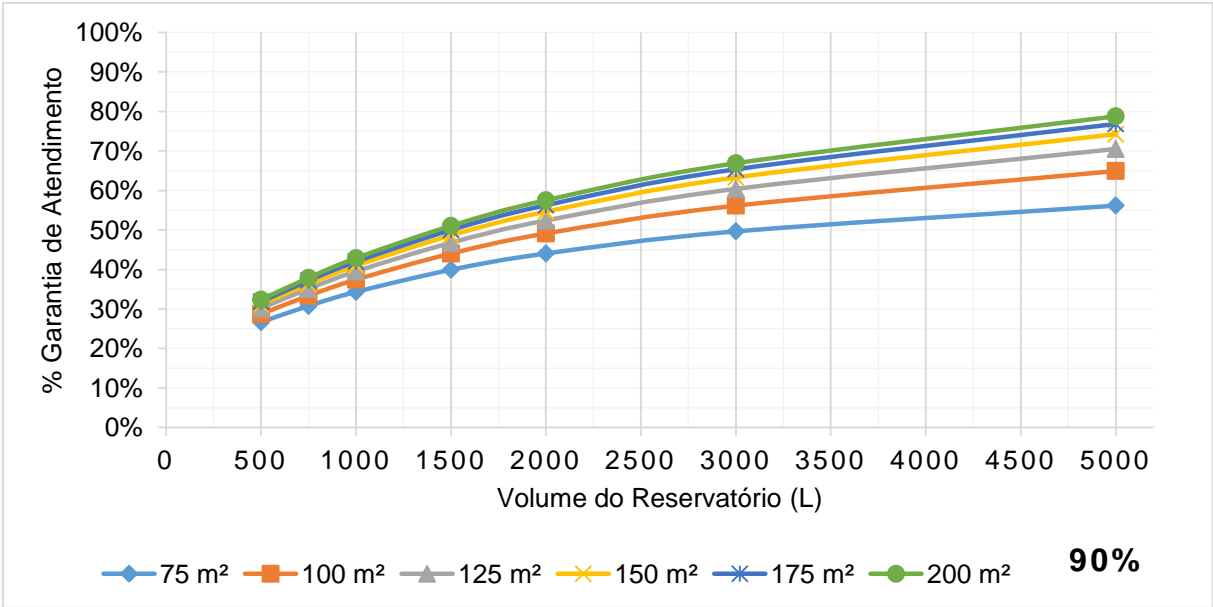


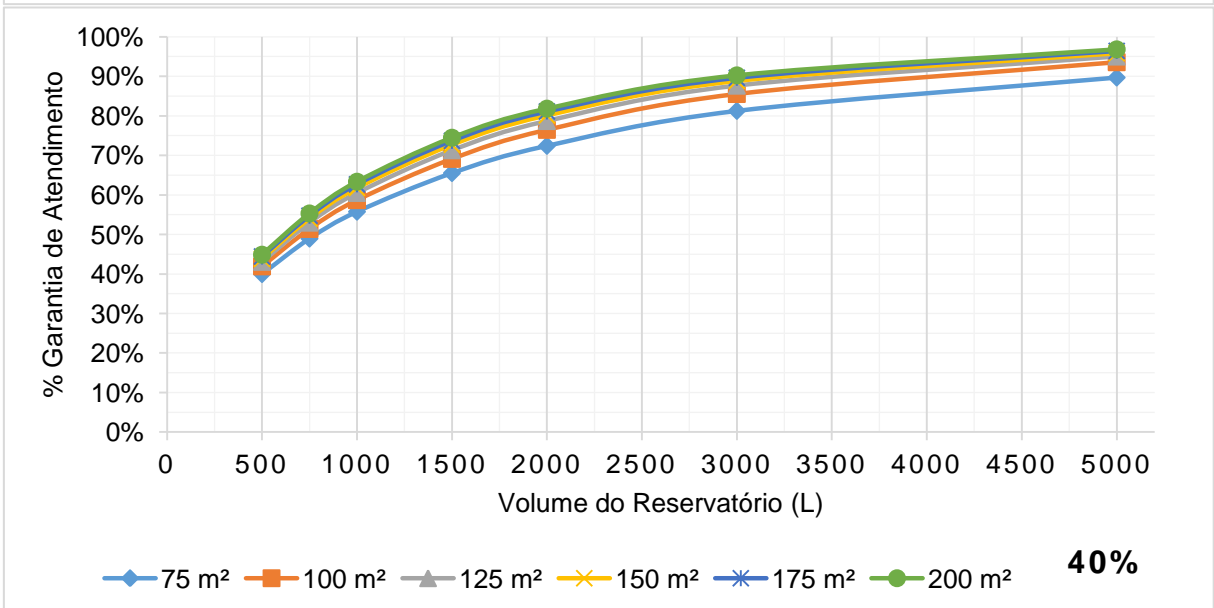
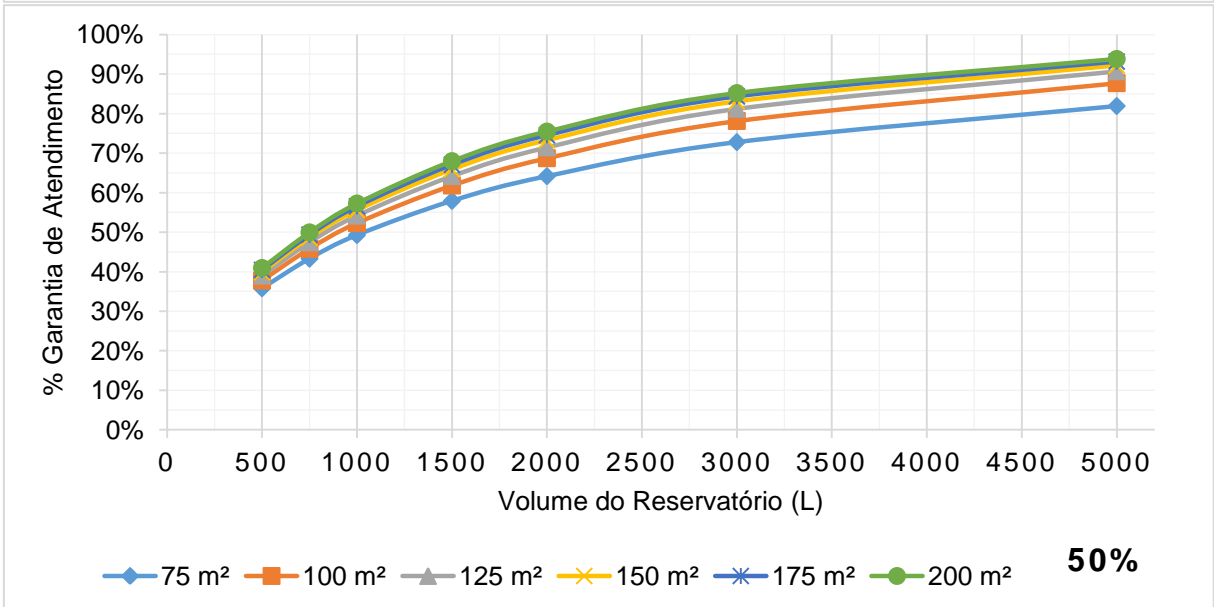
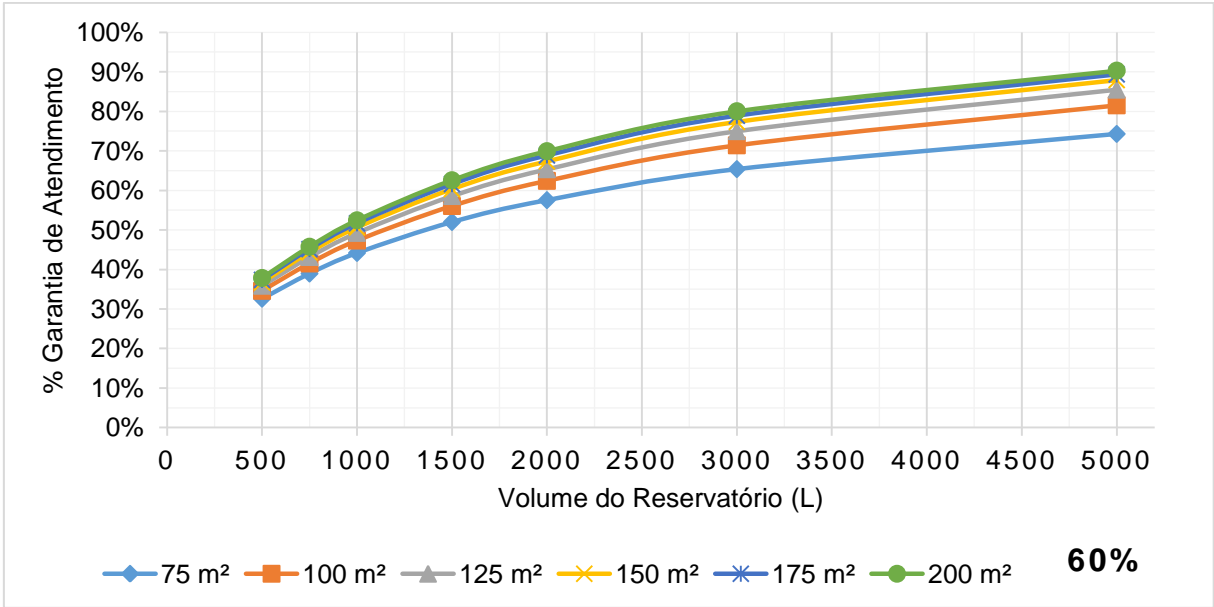


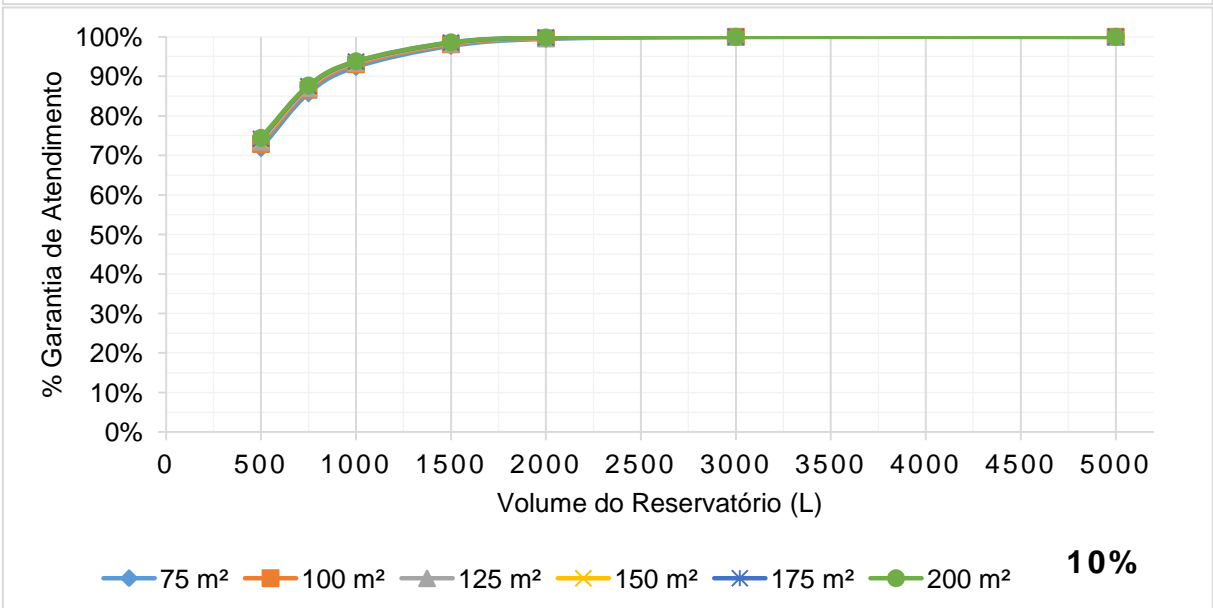
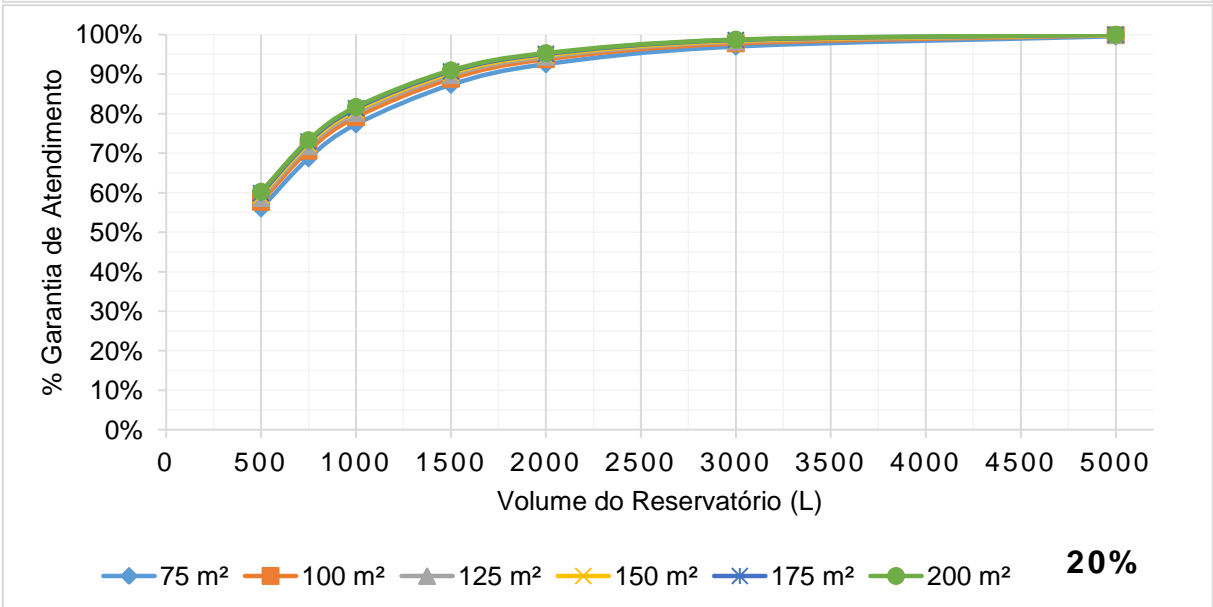
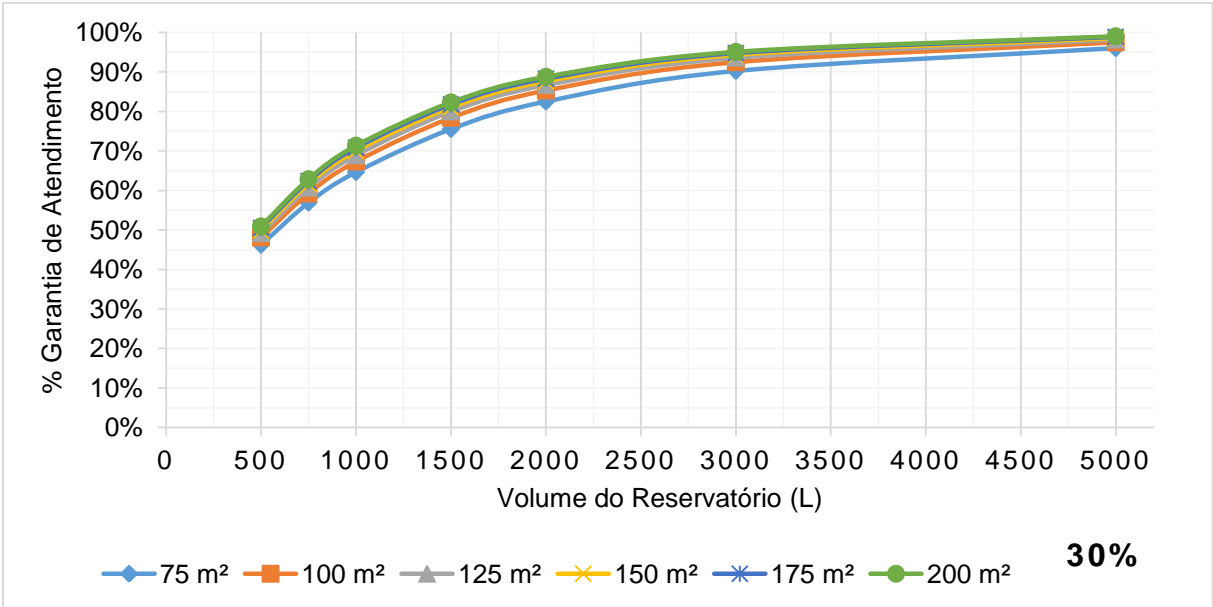


• Zona Rural





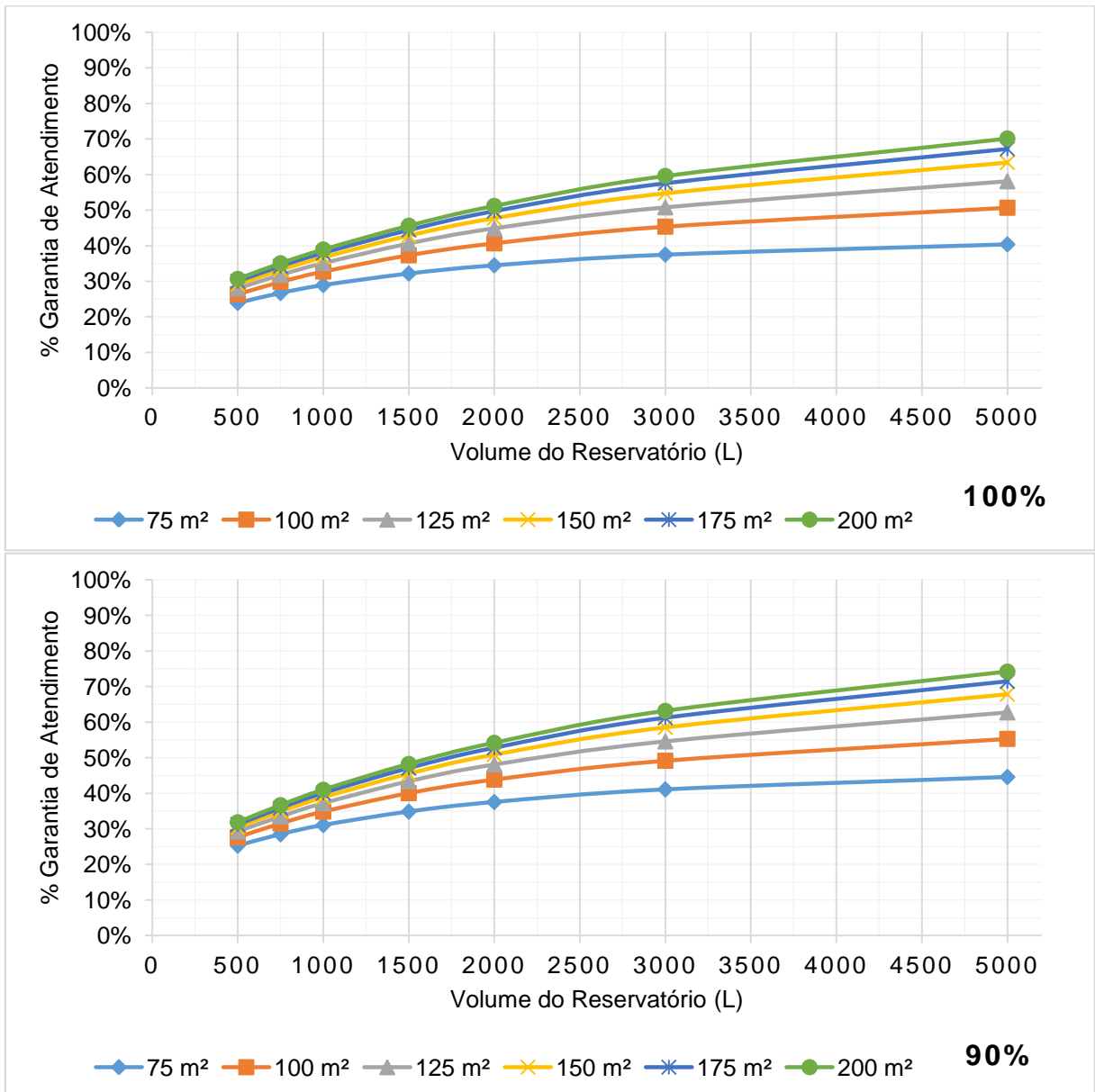


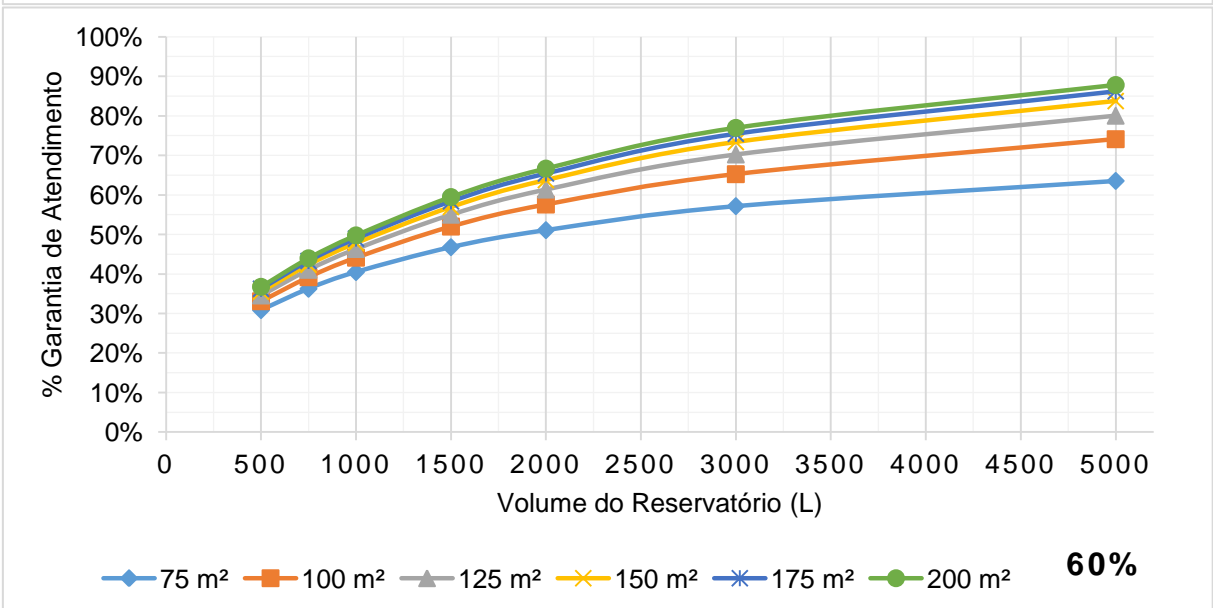
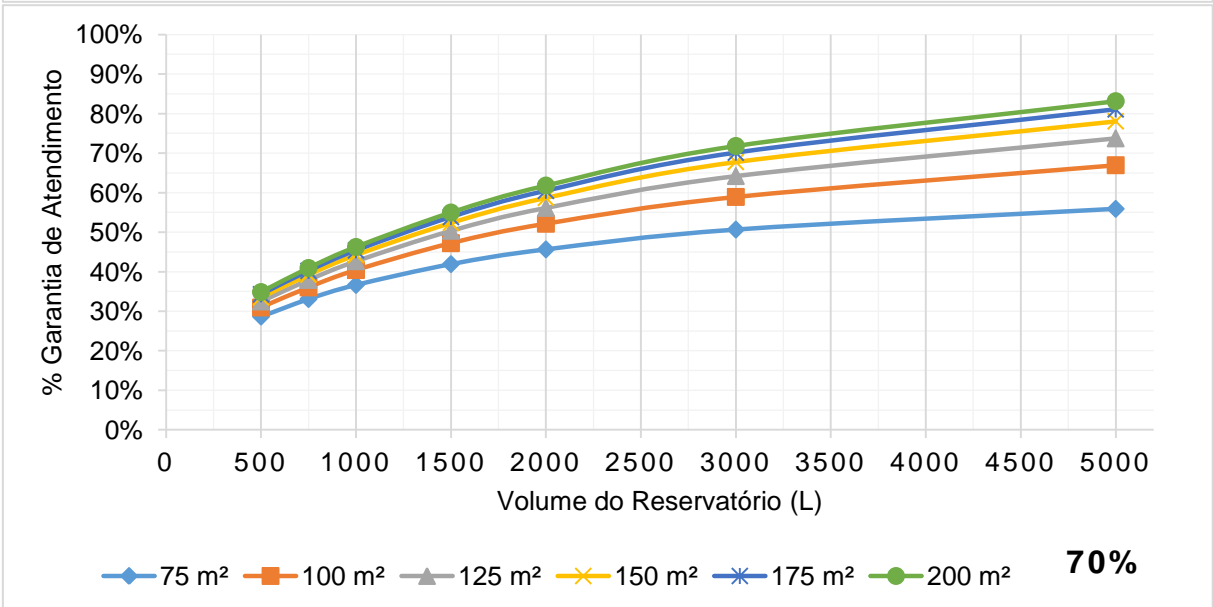
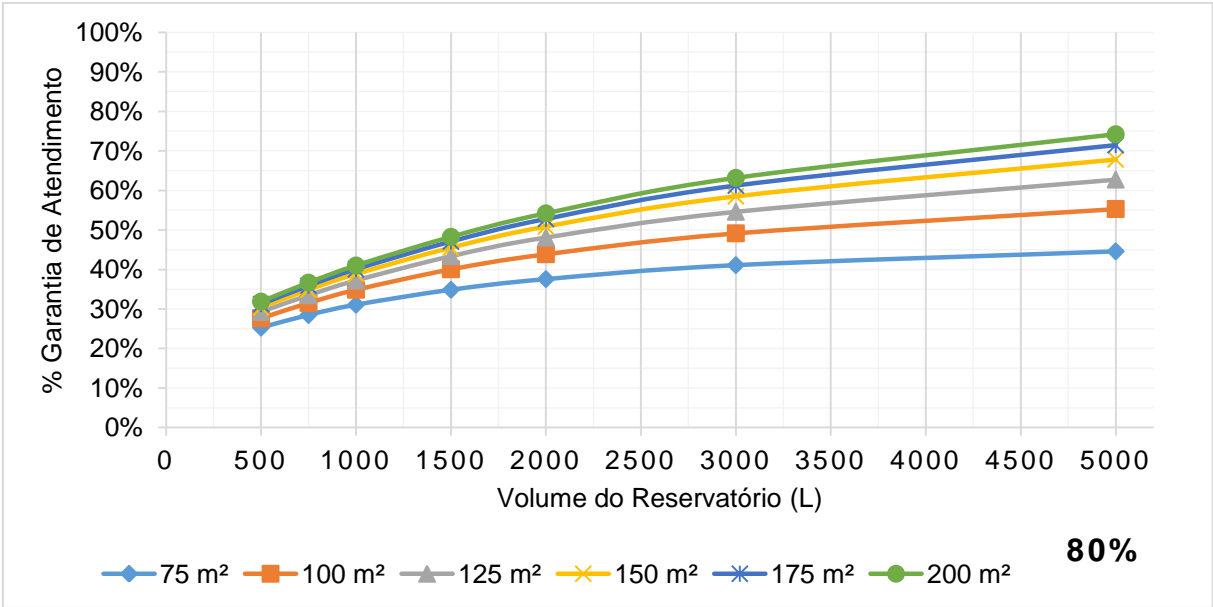


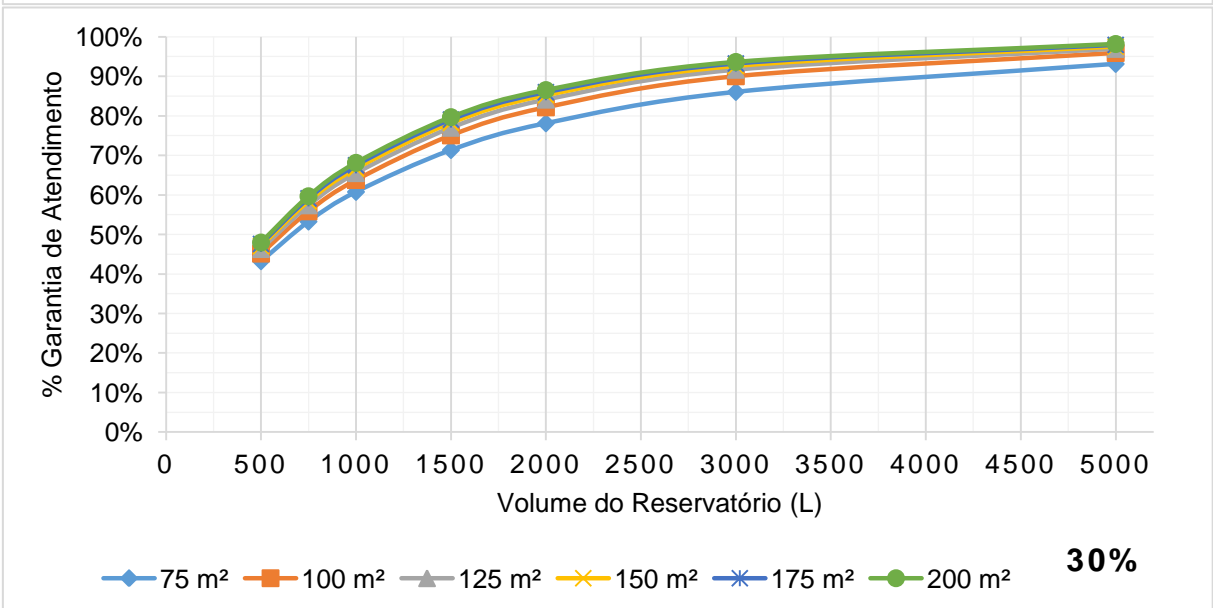
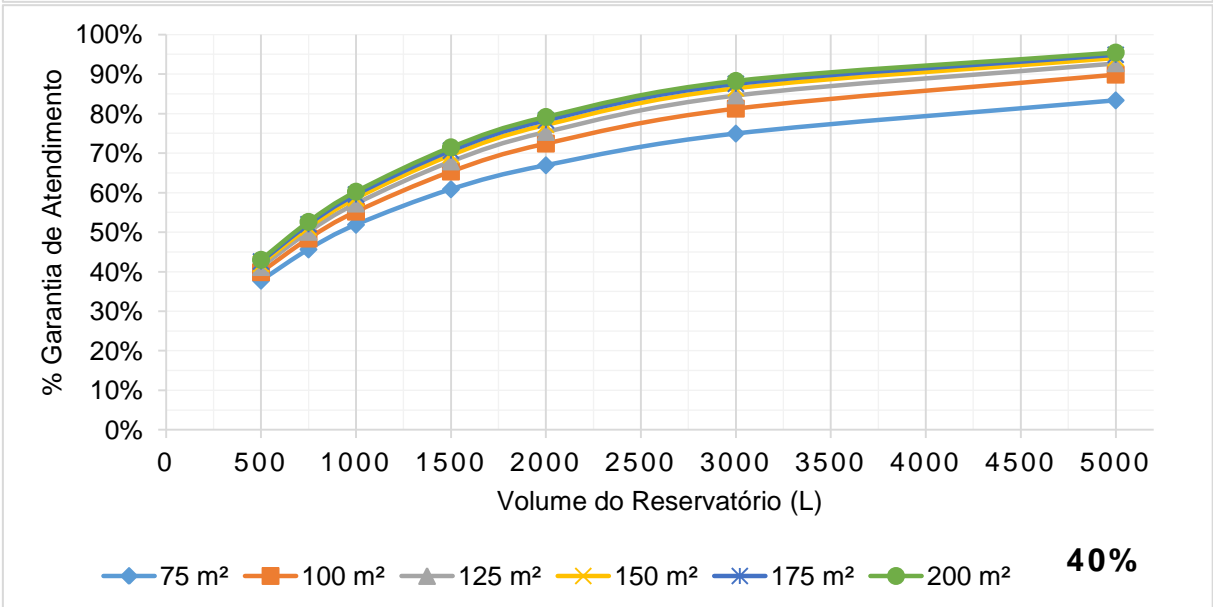
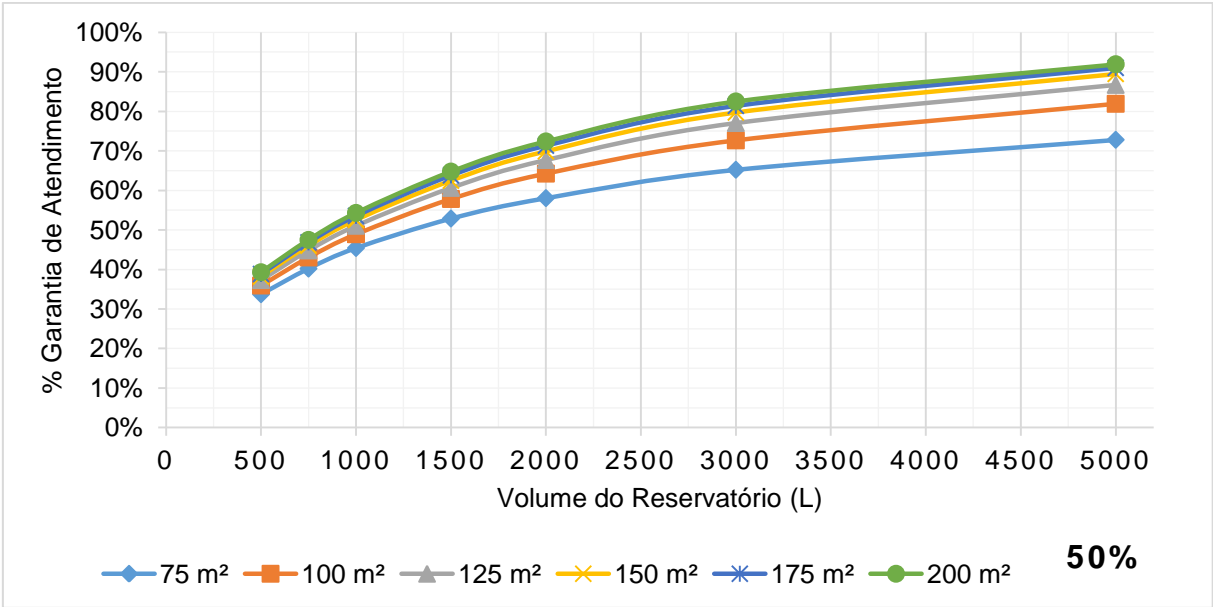
APÊNDICE XXI - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE ROCA SALES

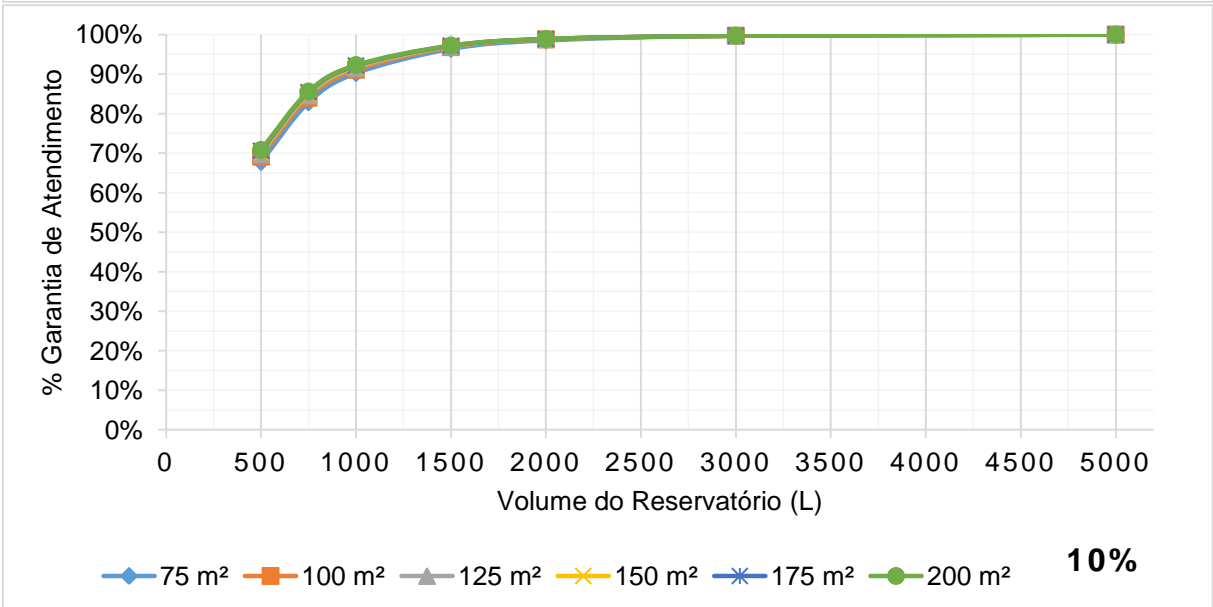
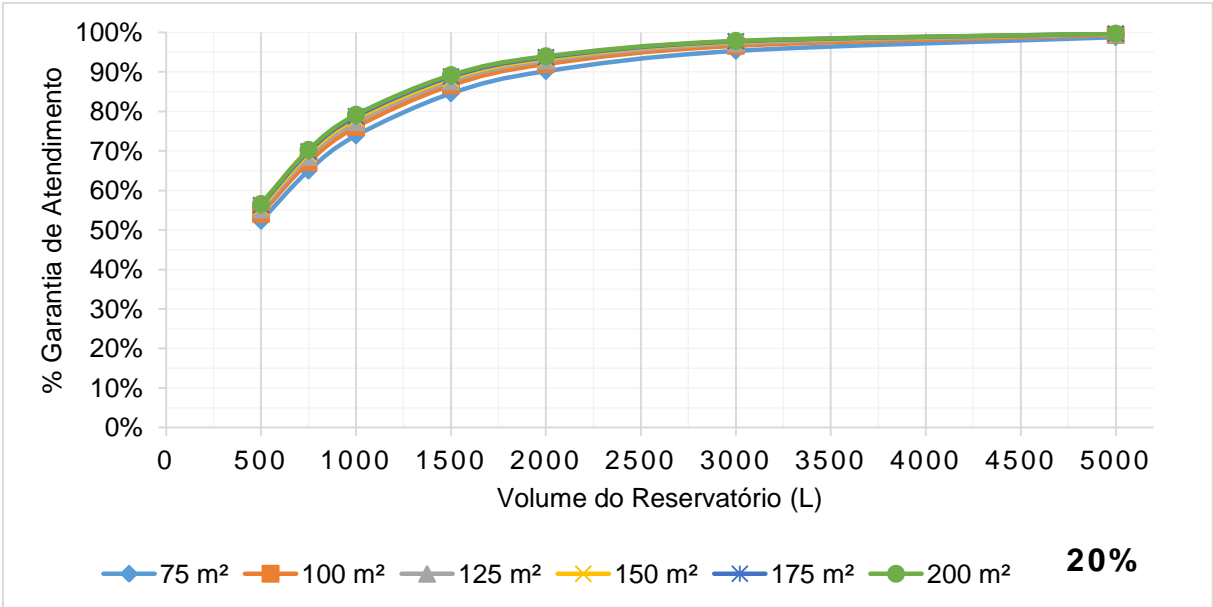
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Roca Sales. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

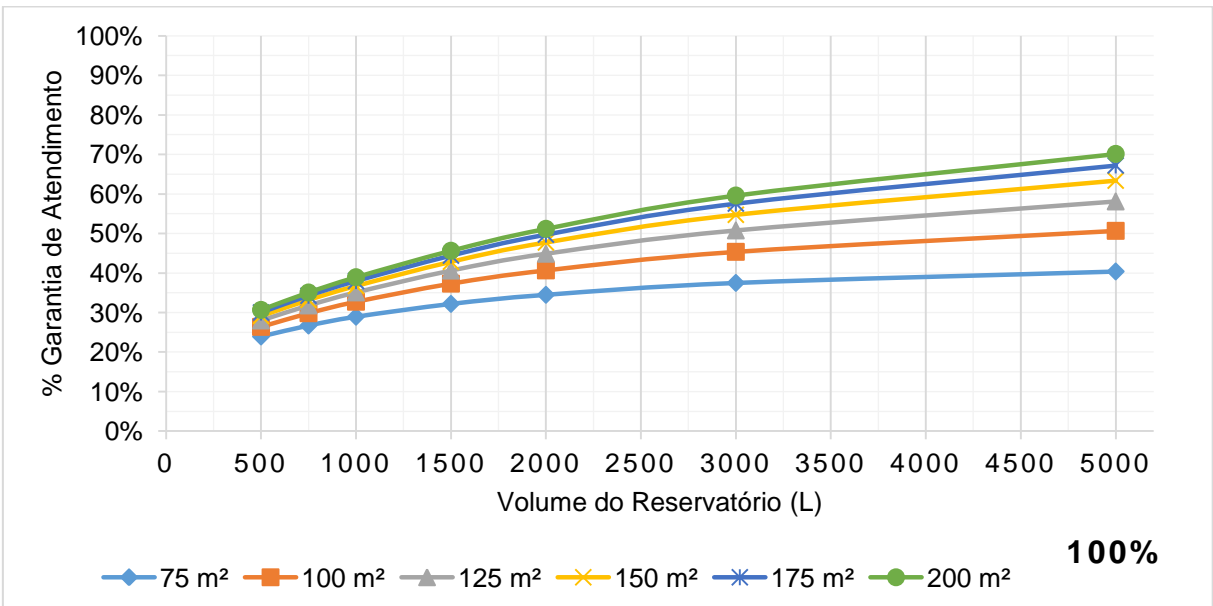


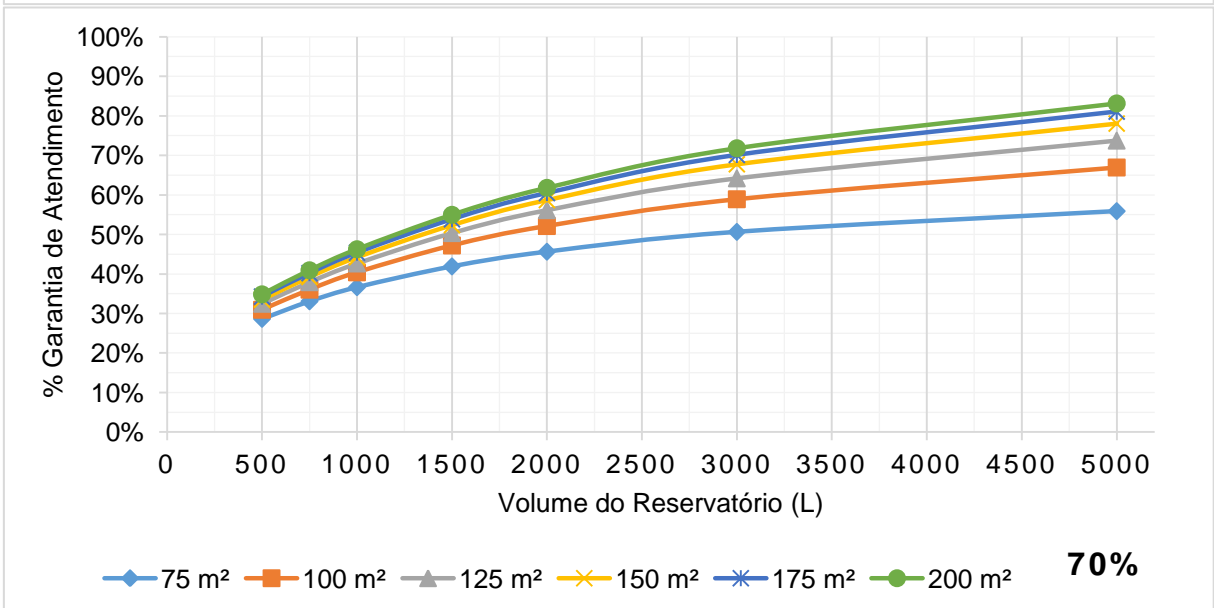
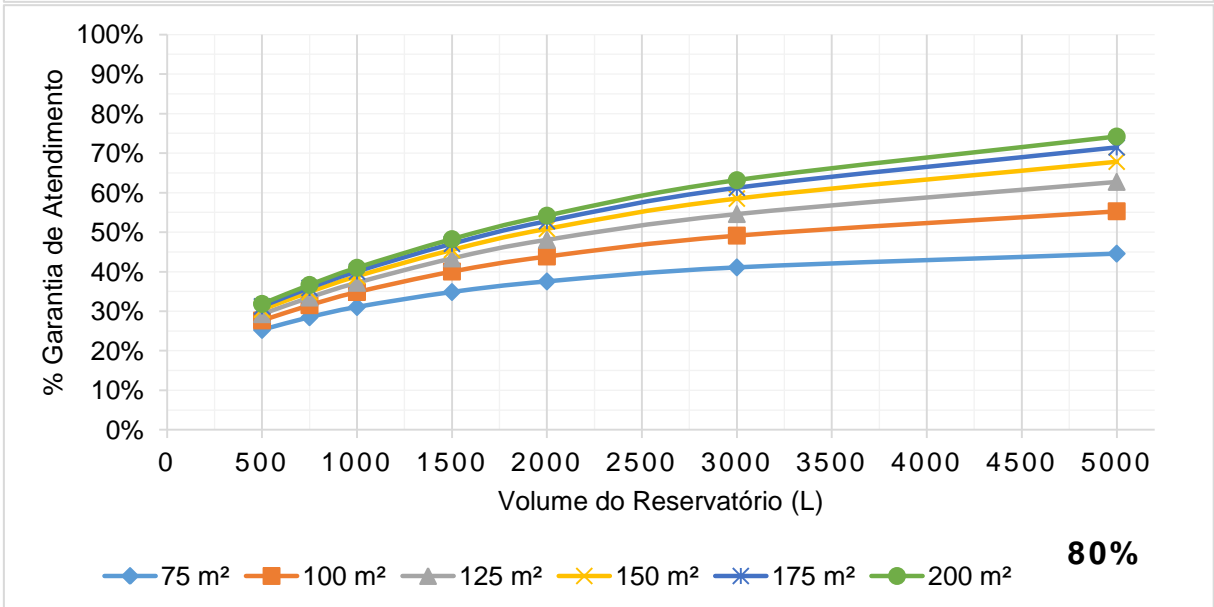
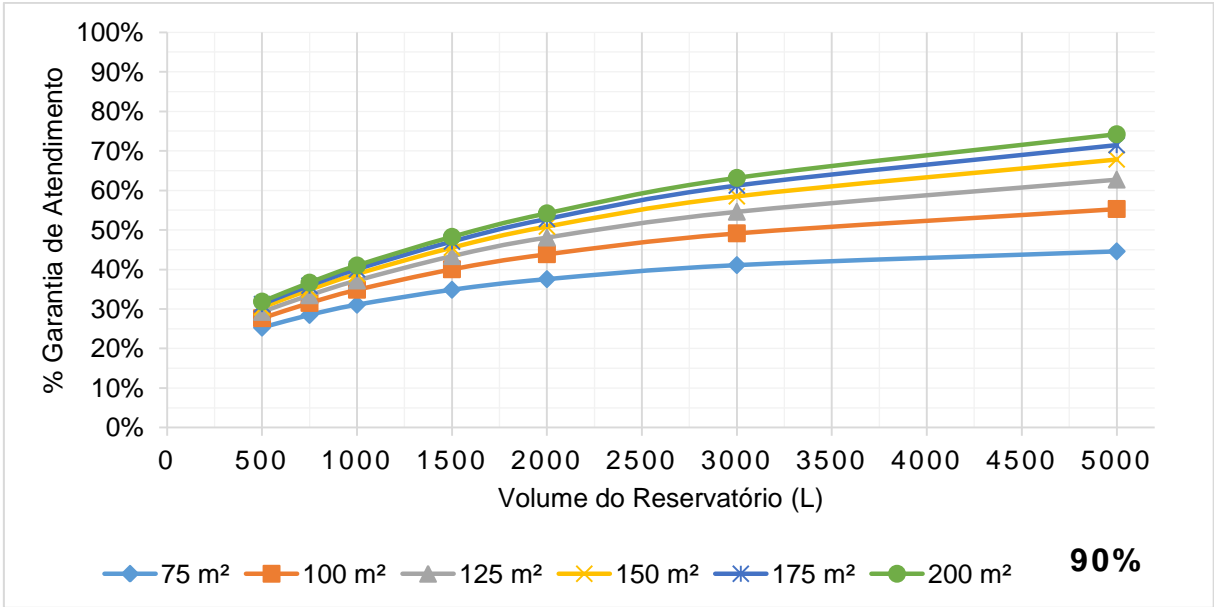


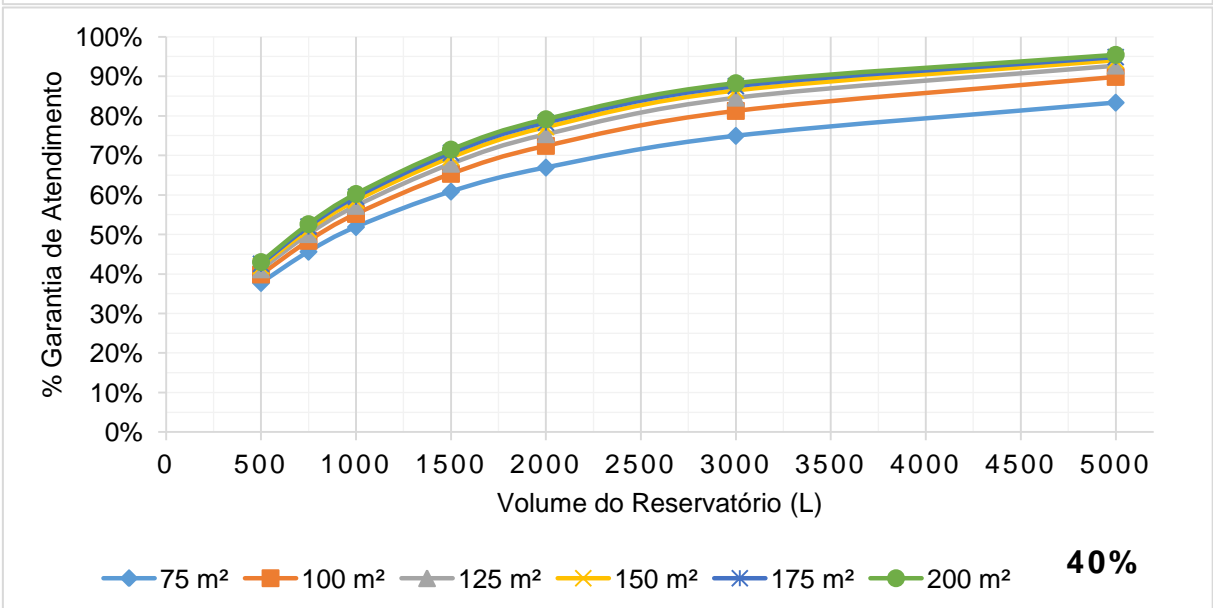
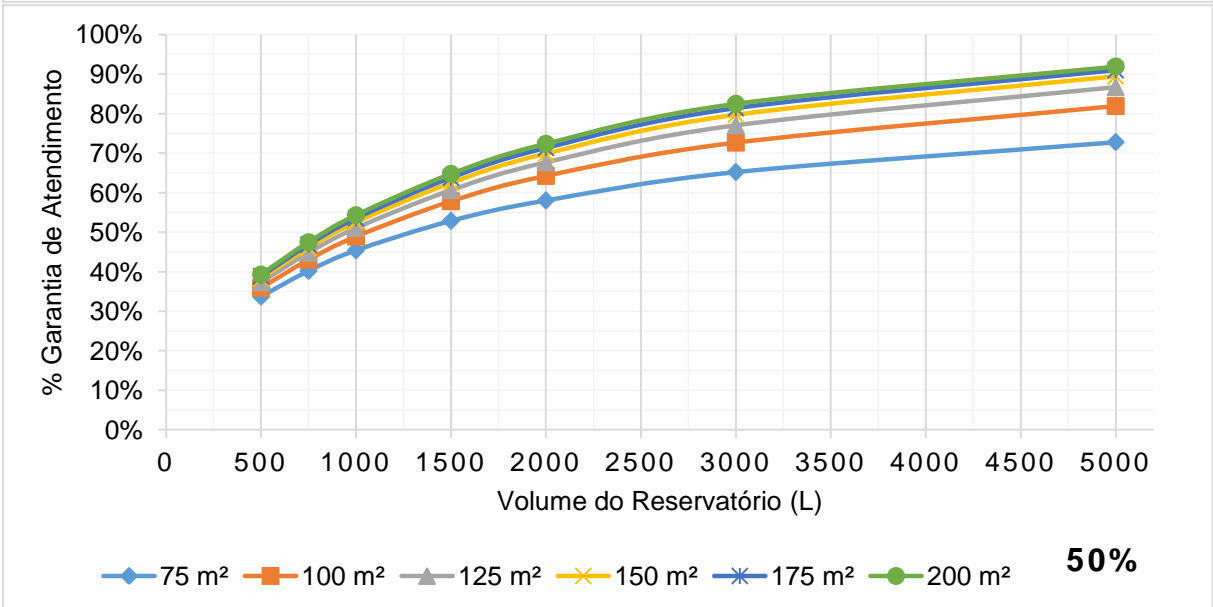
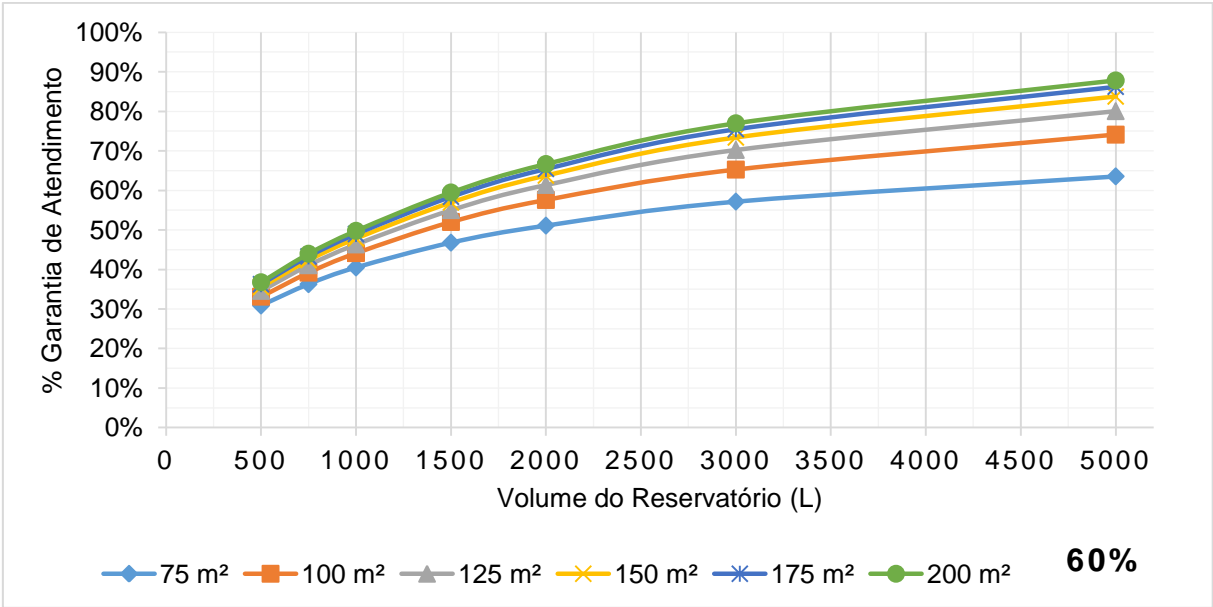


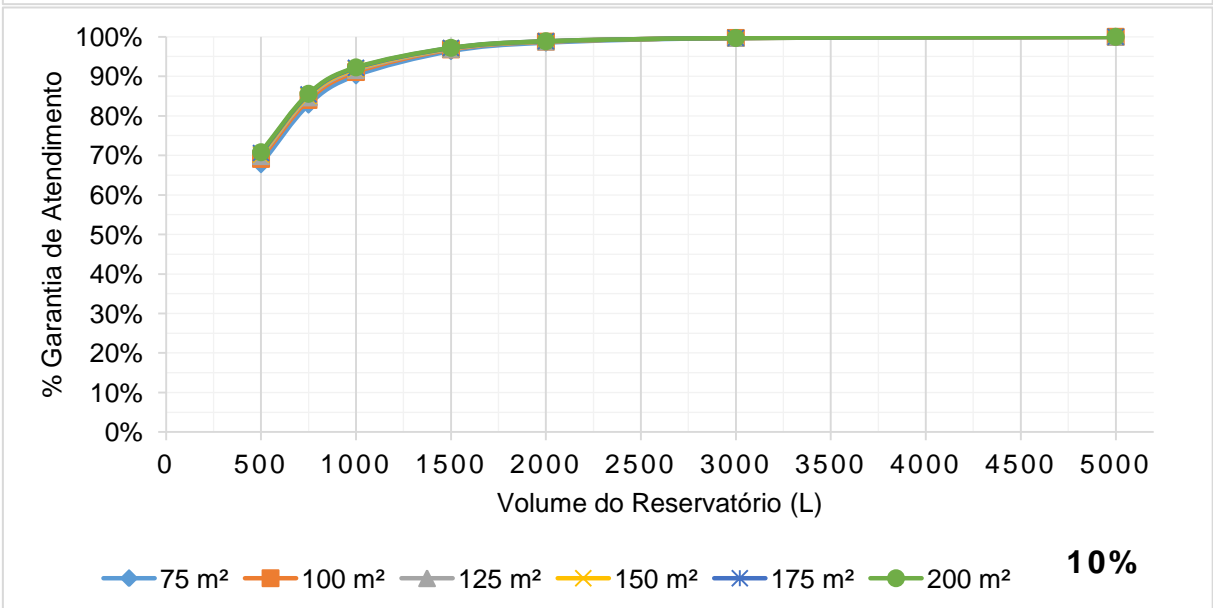
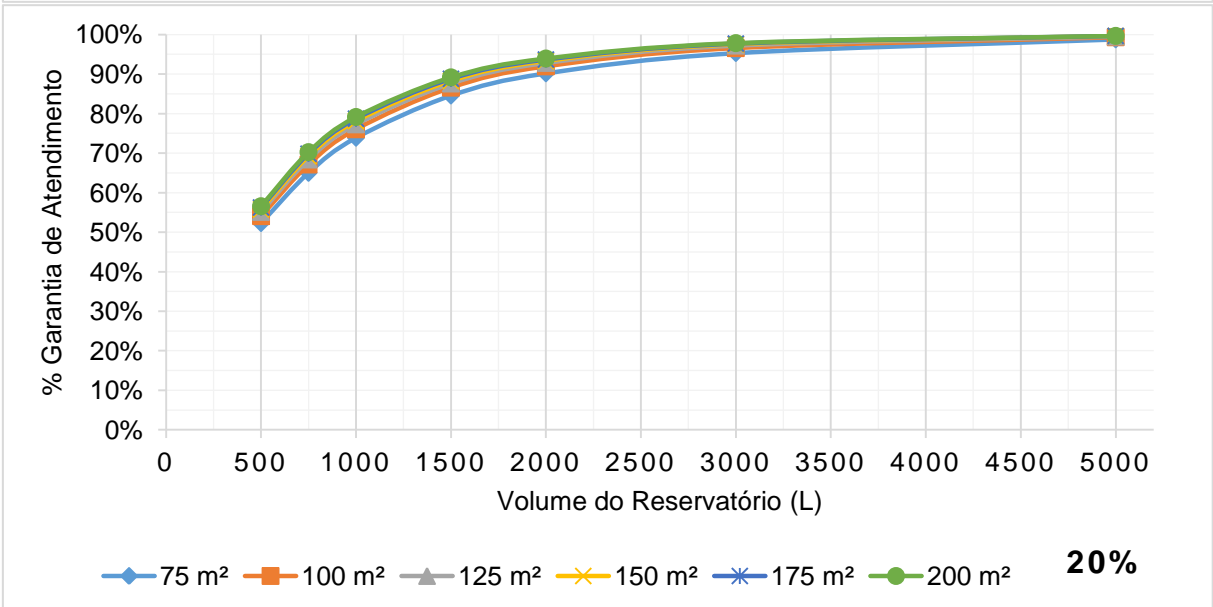
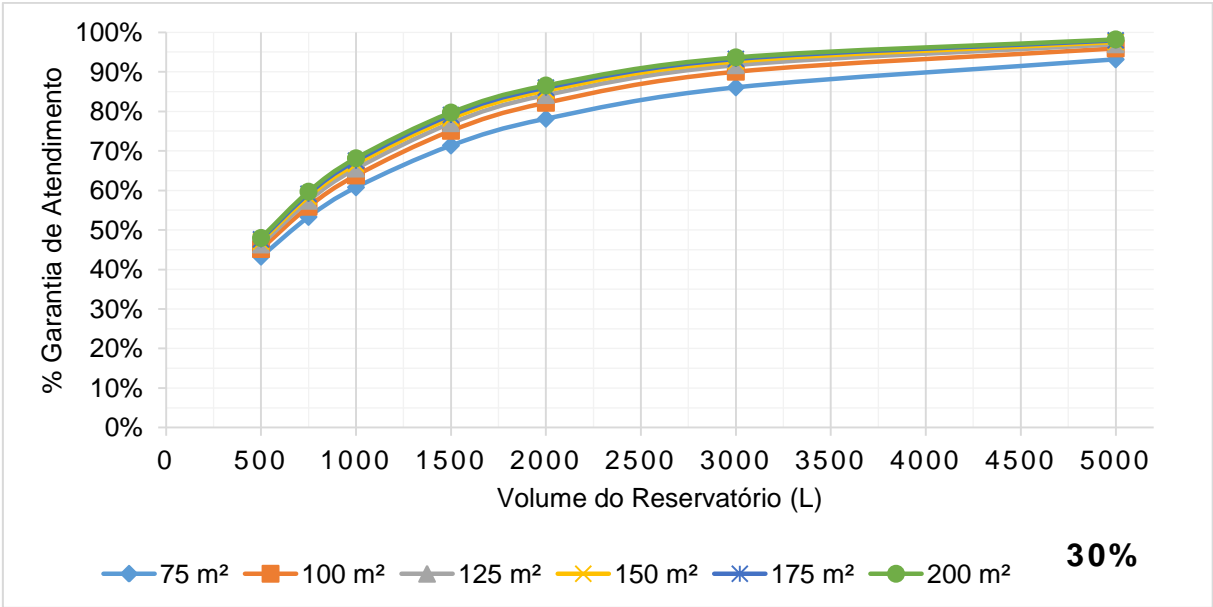


• Zona Rural





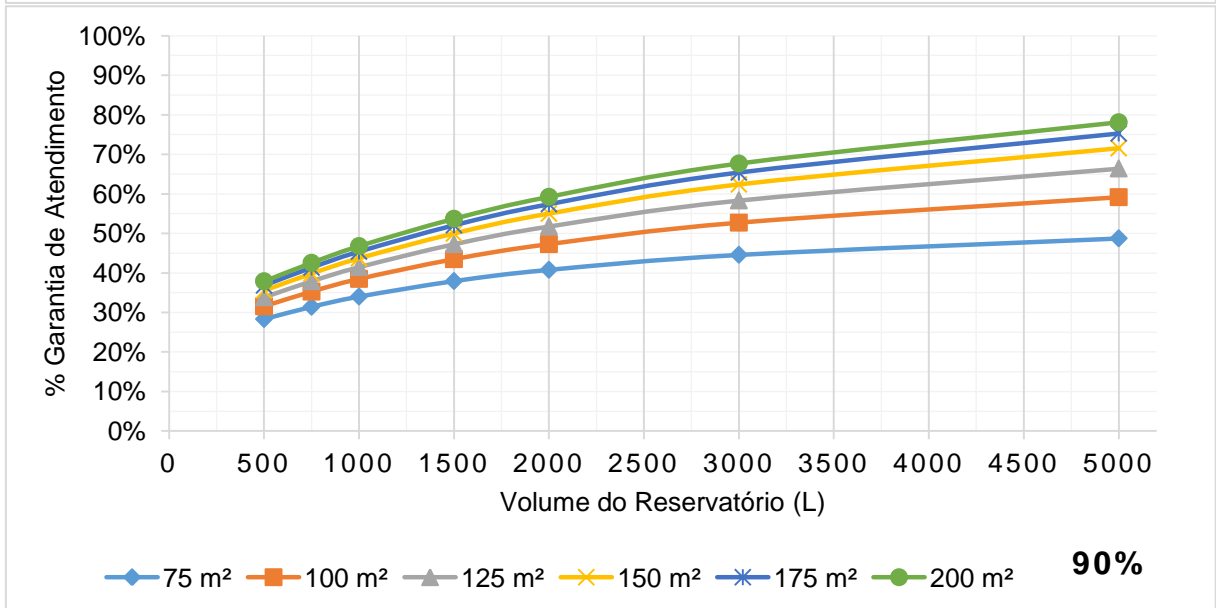
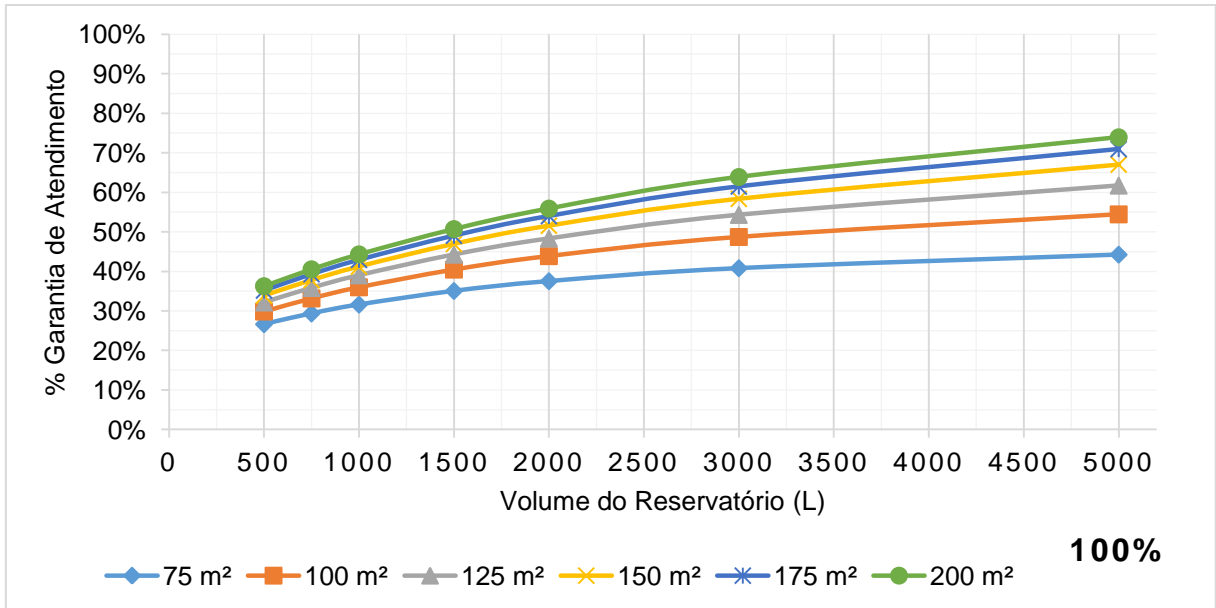


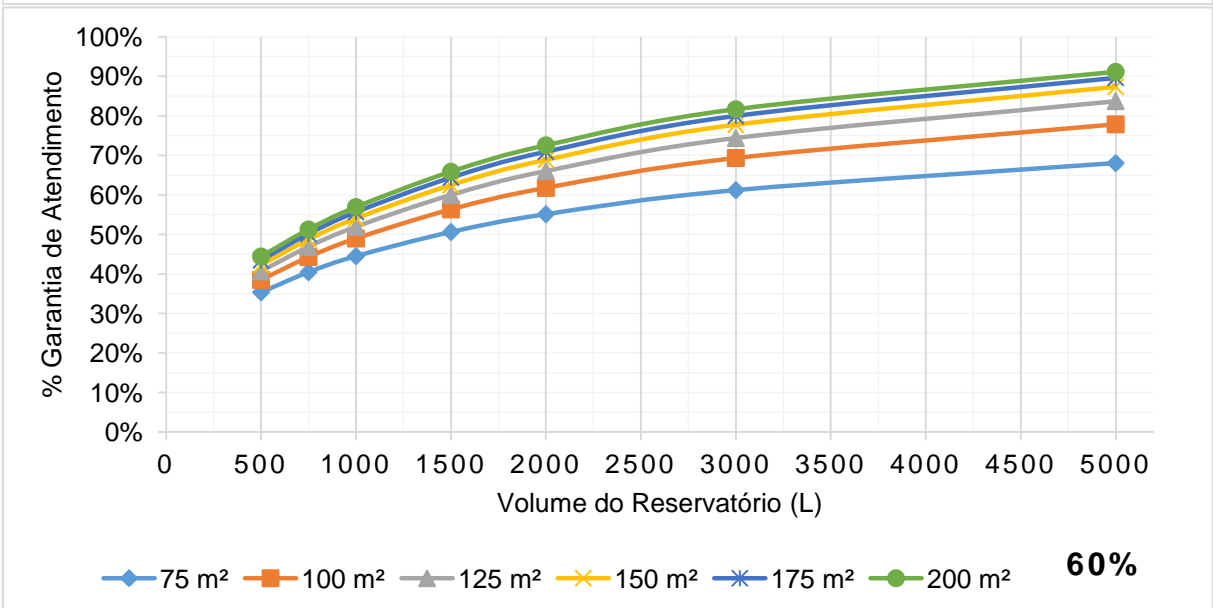
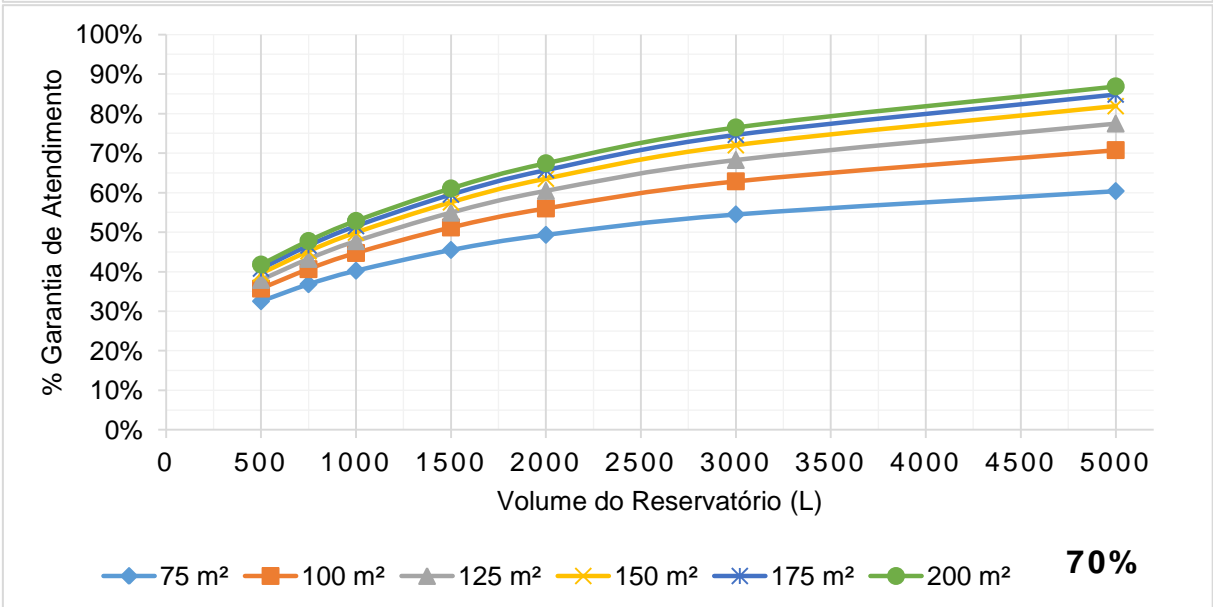
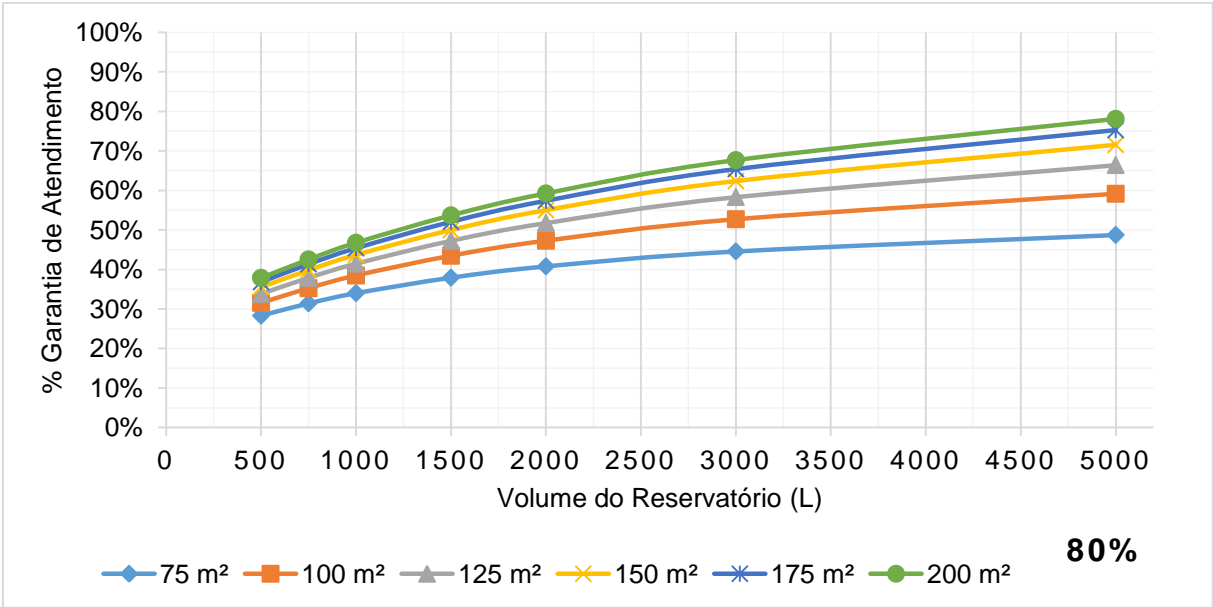


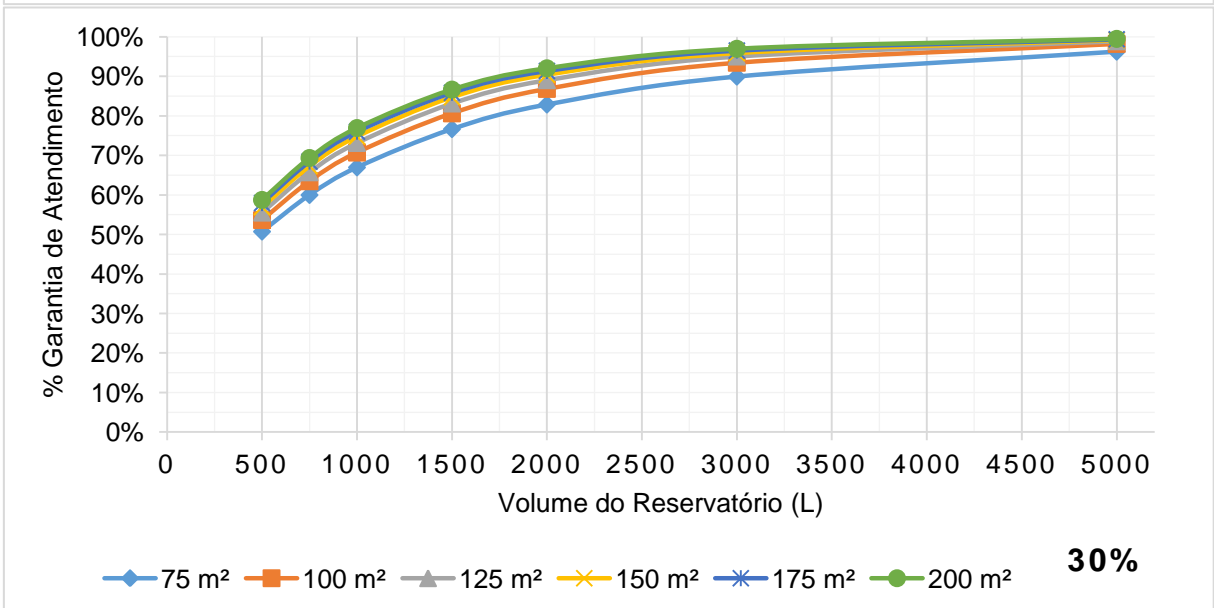
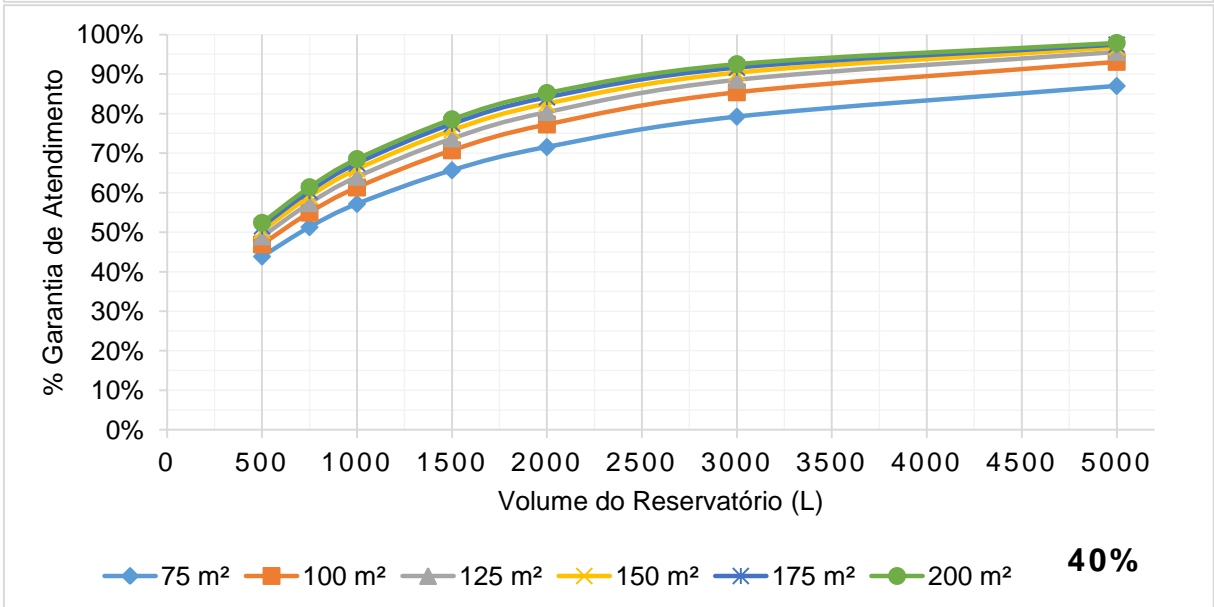
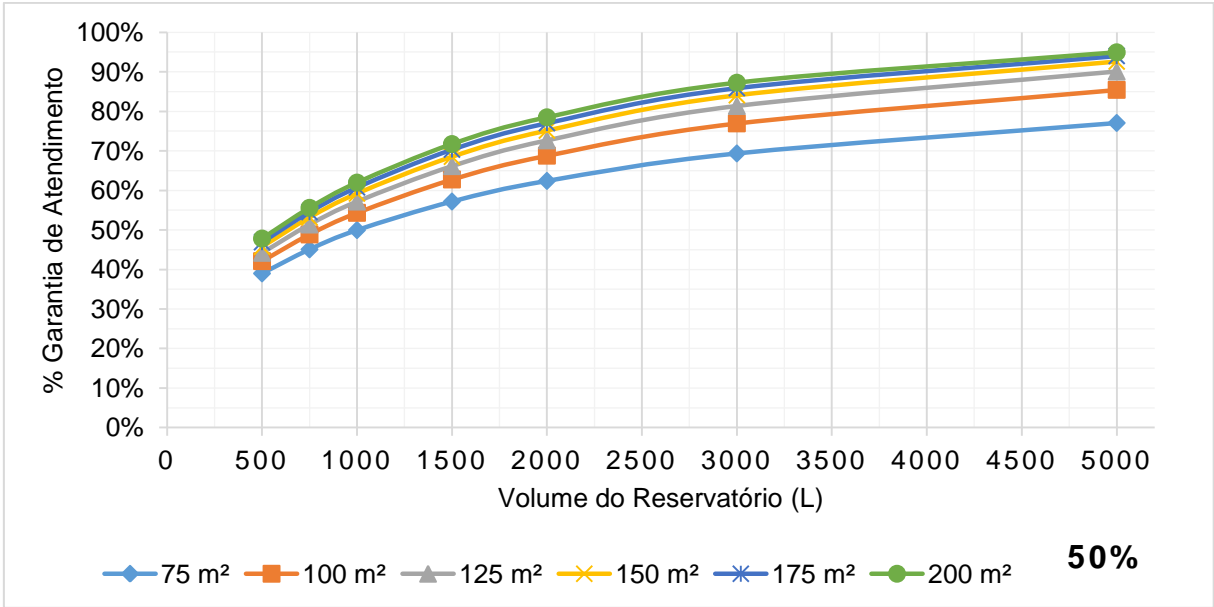
APÊNDICE XXII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE SANTA MARGARIDA DO SUL

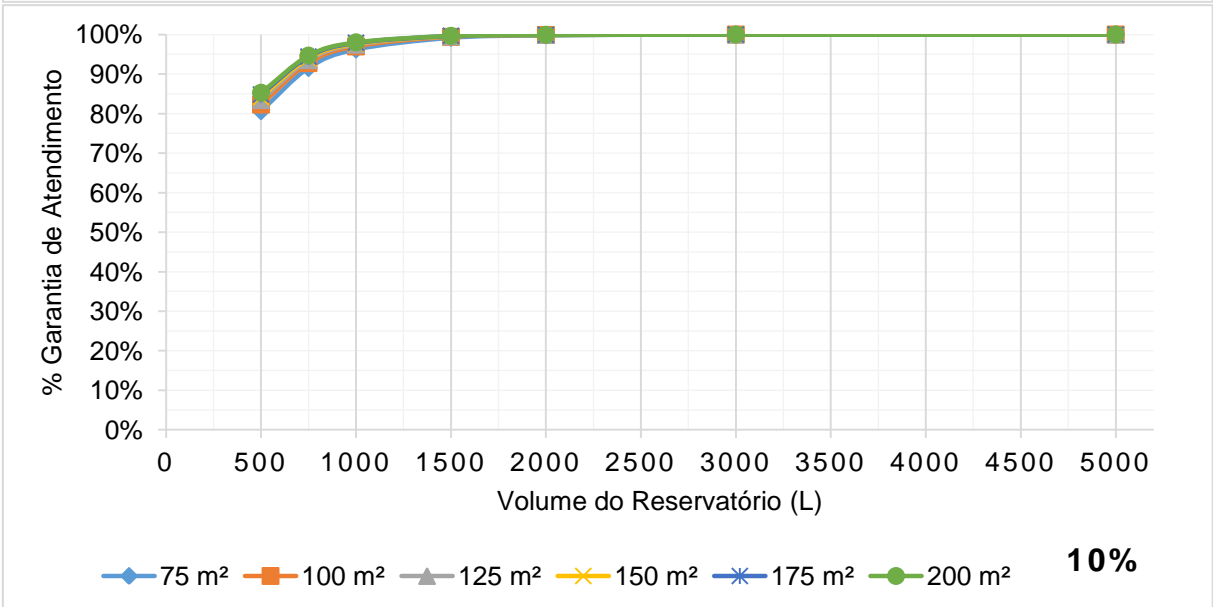
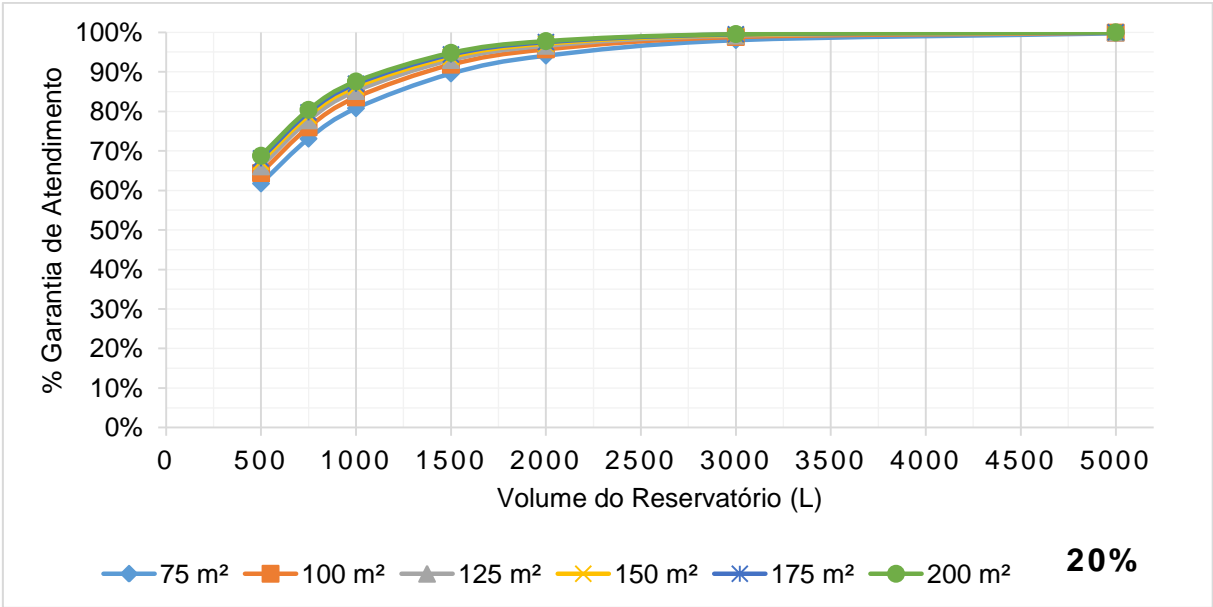
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Santa Margarida do Sul. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

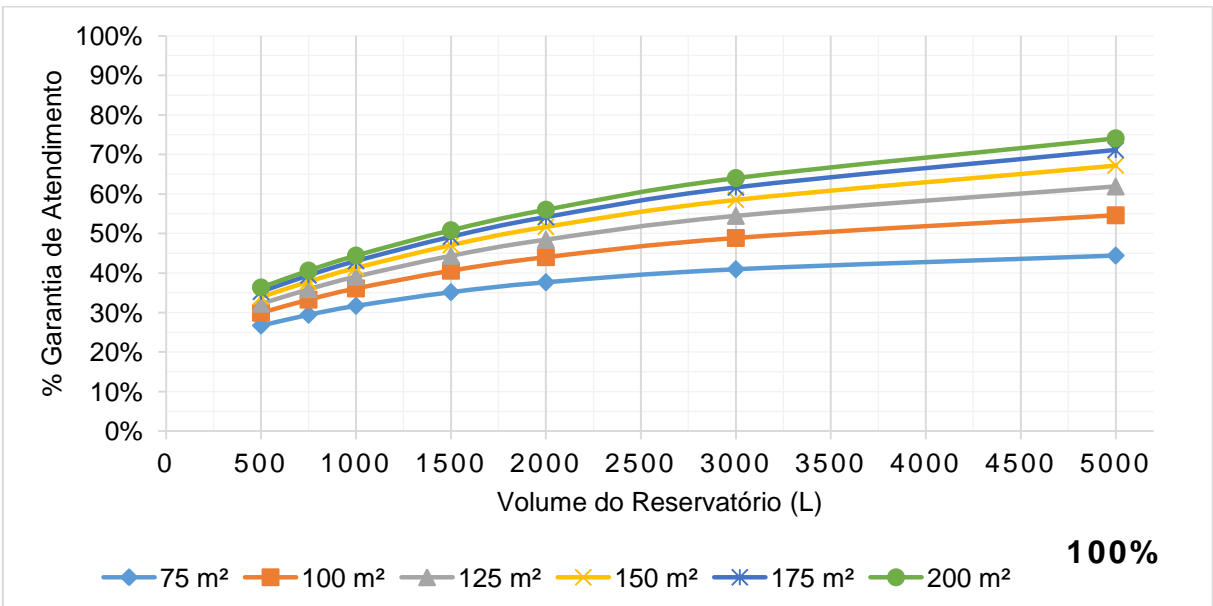


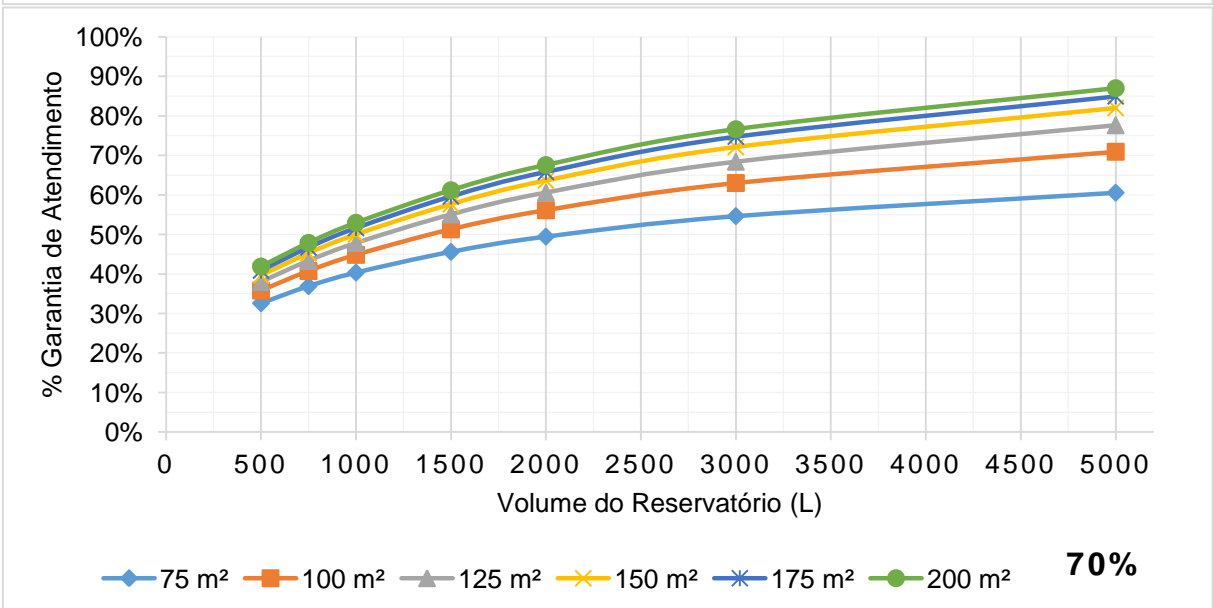
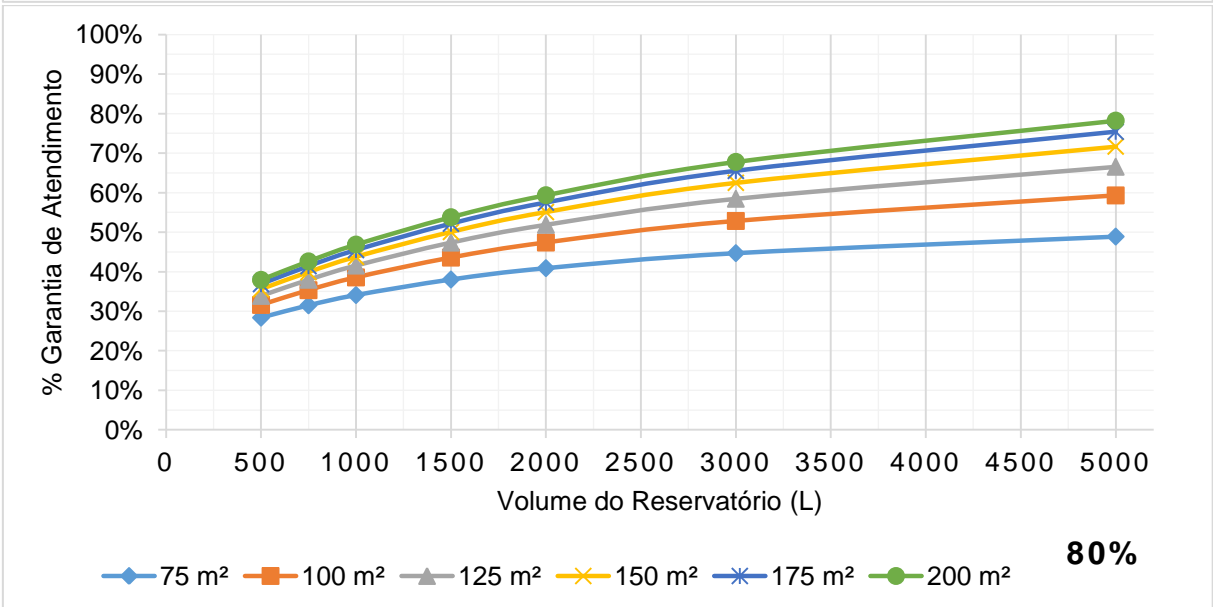
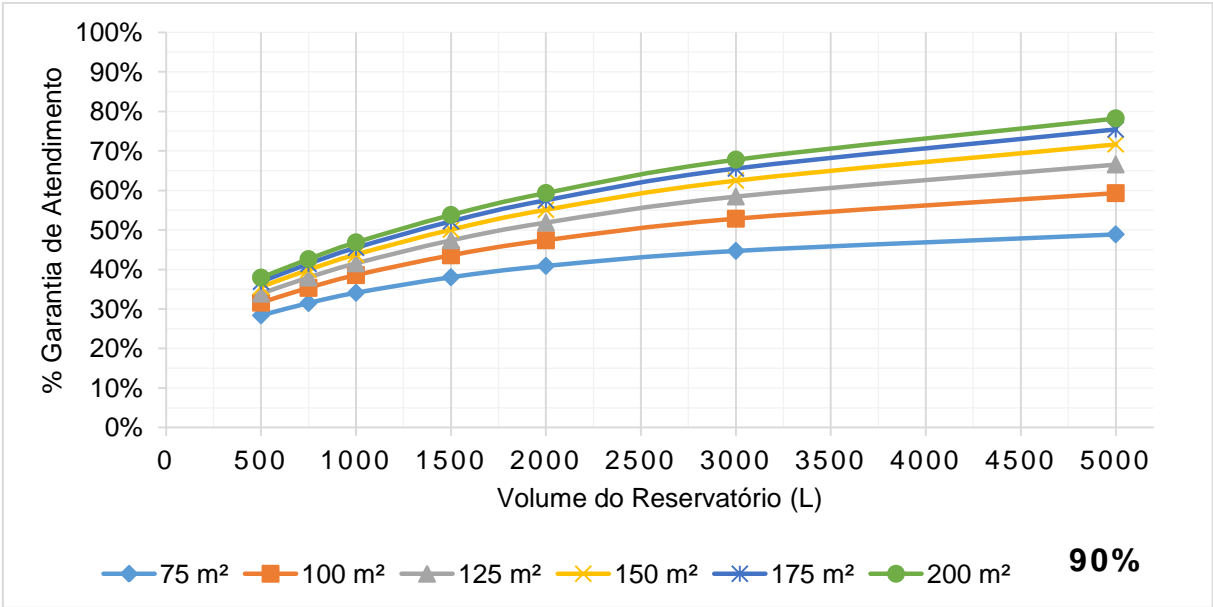


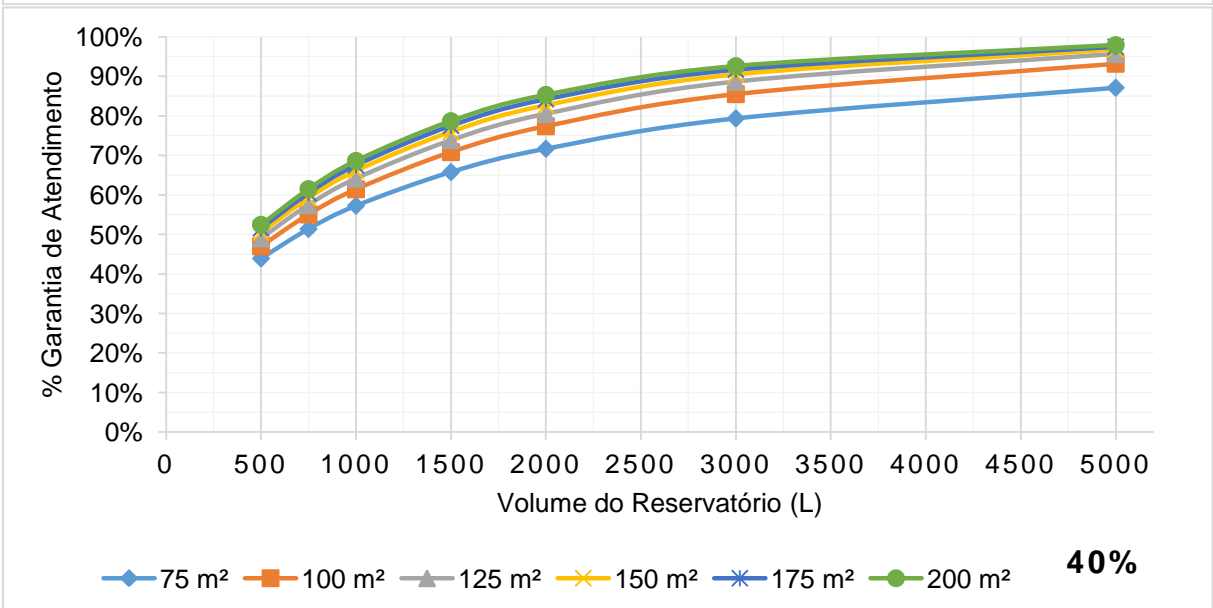
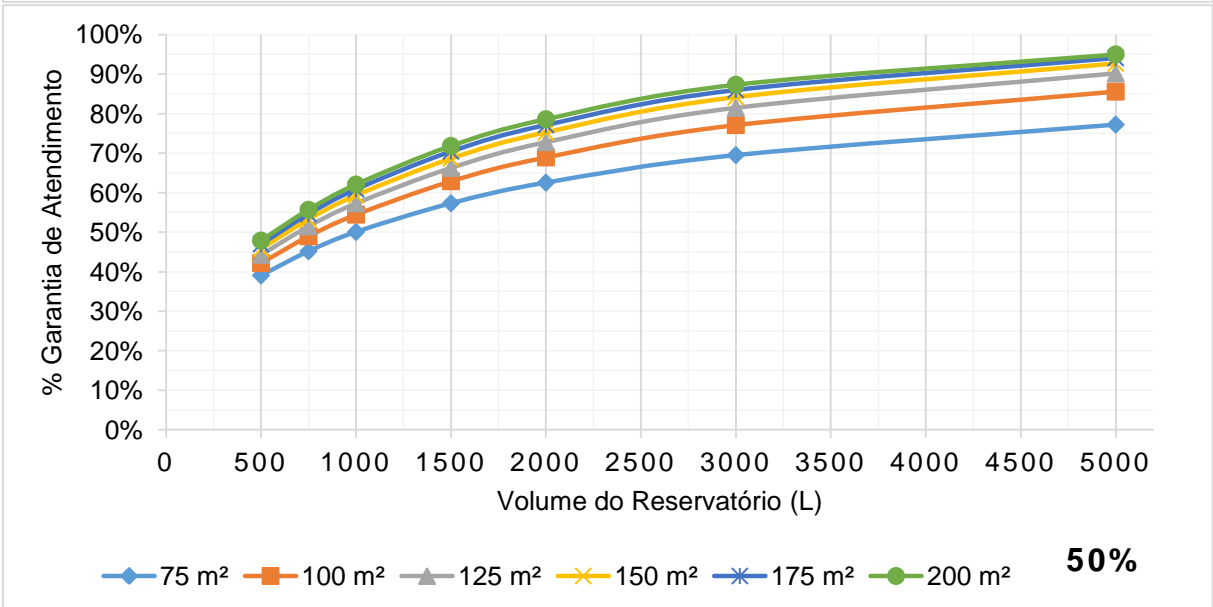
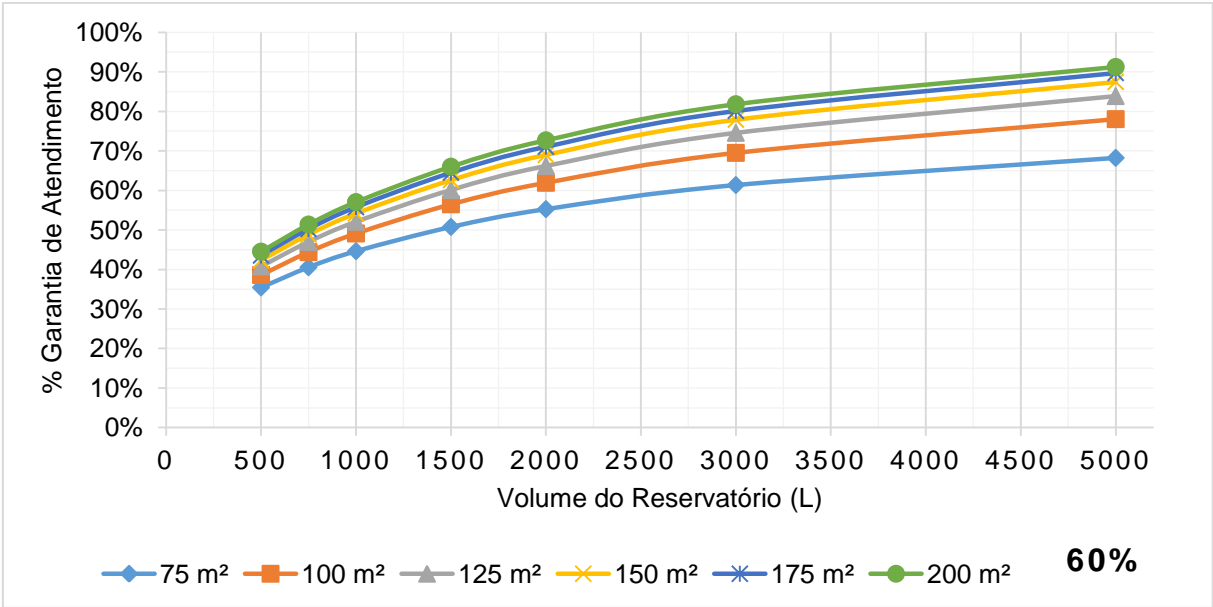


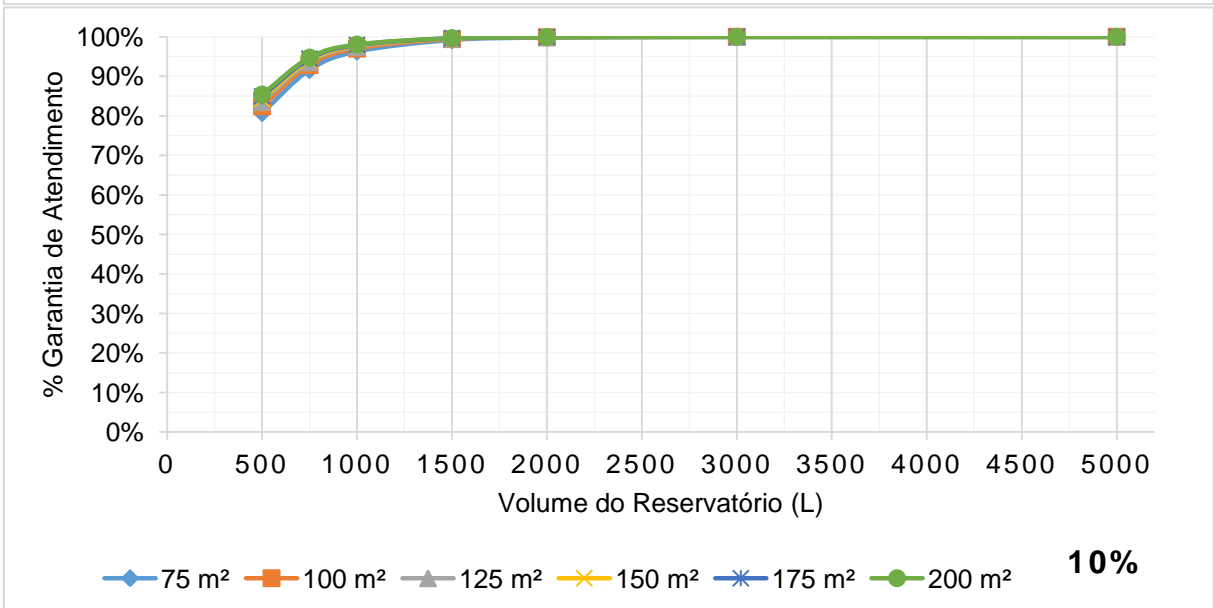
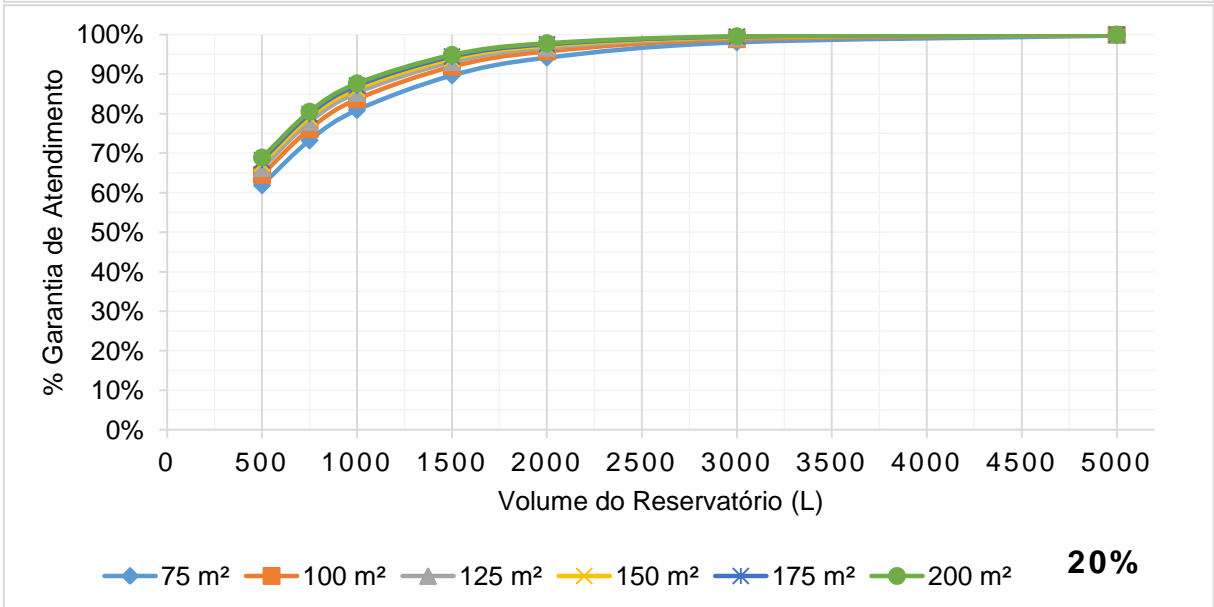
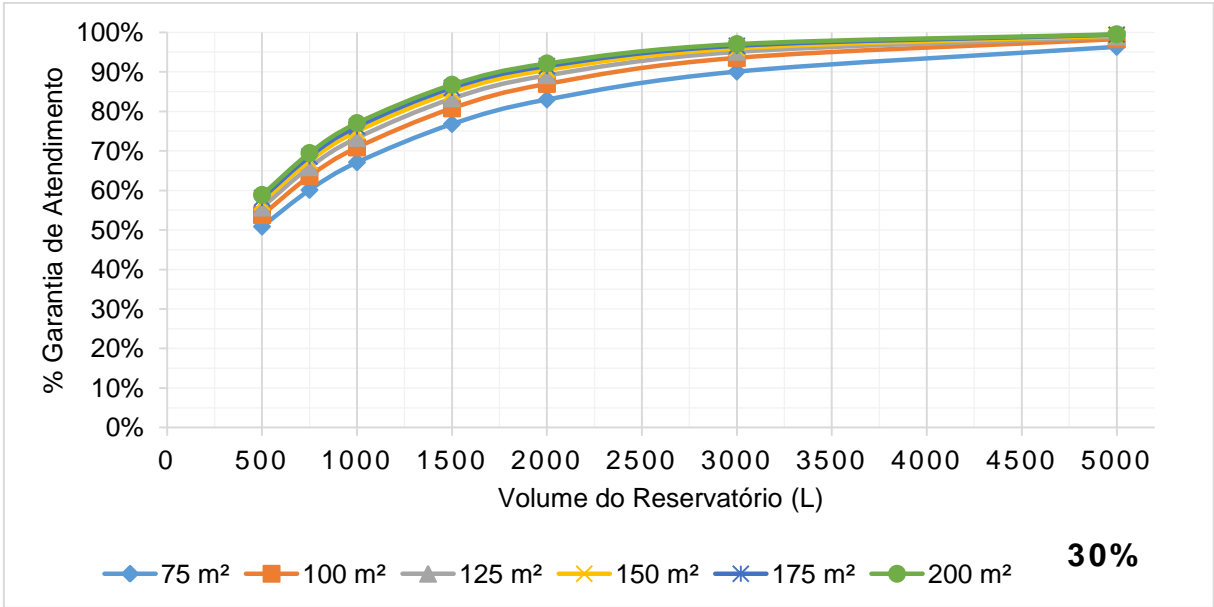


• Zona Rural





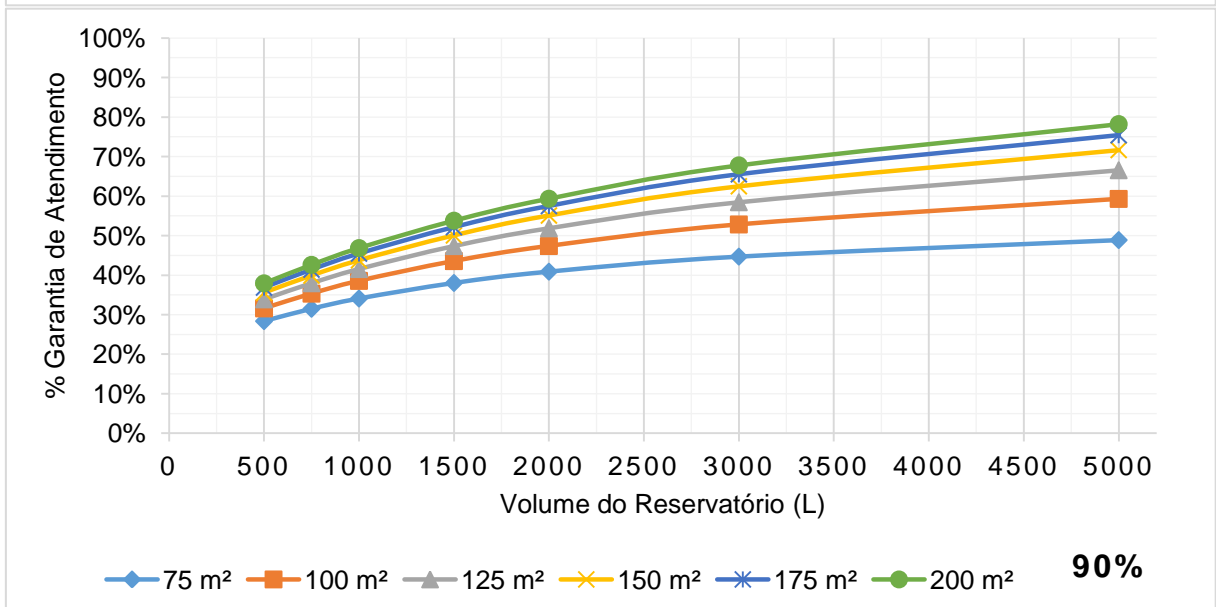
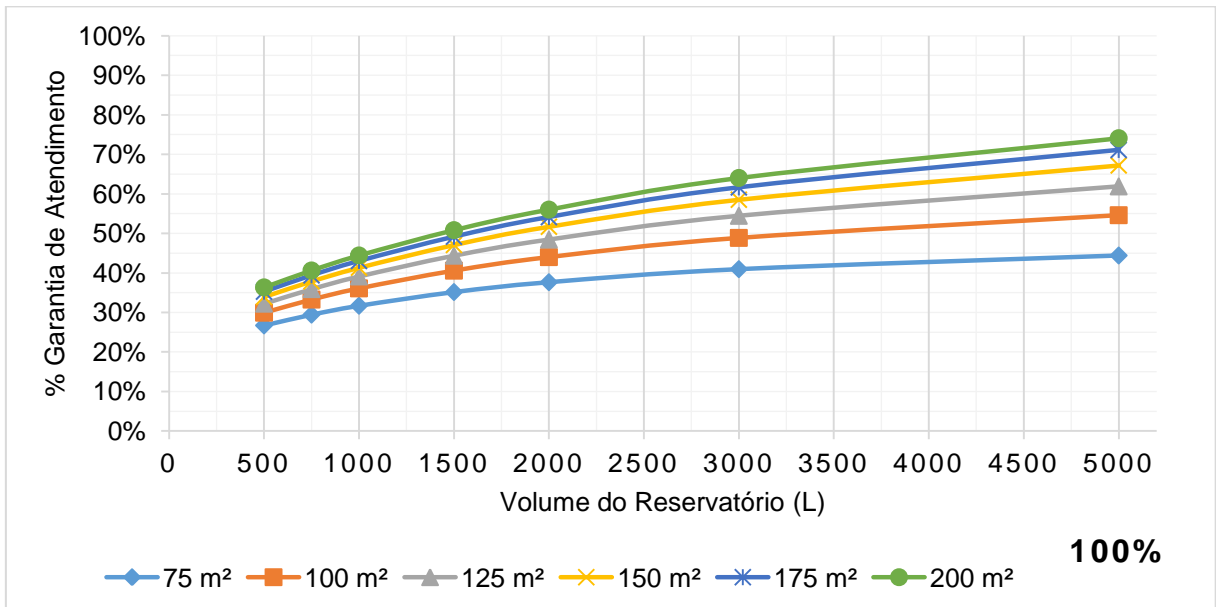


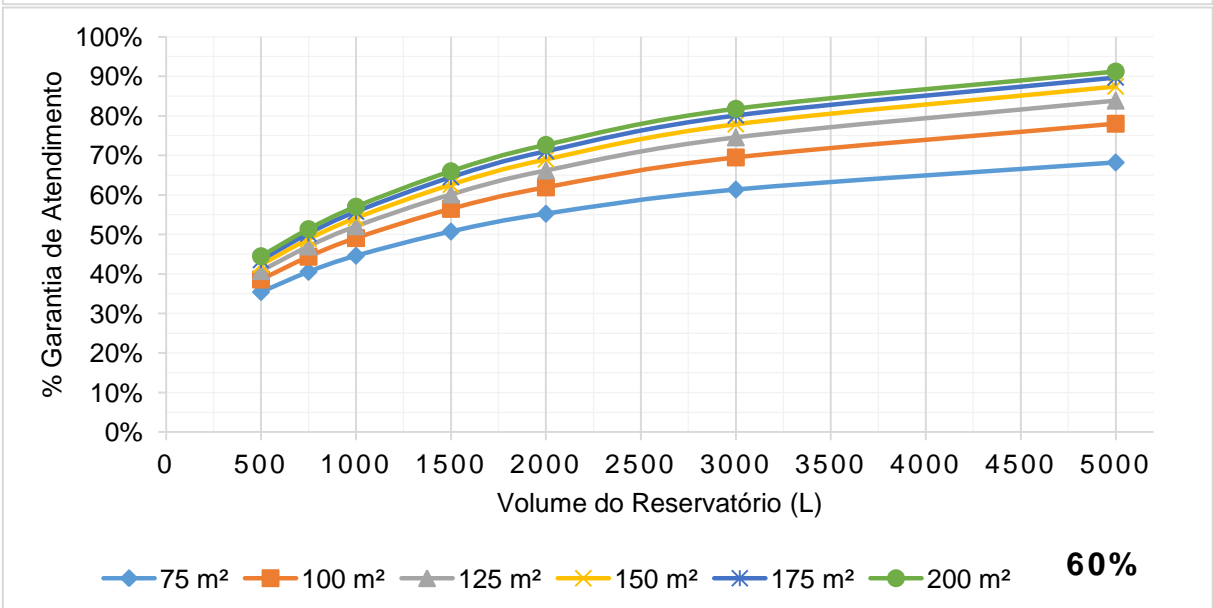
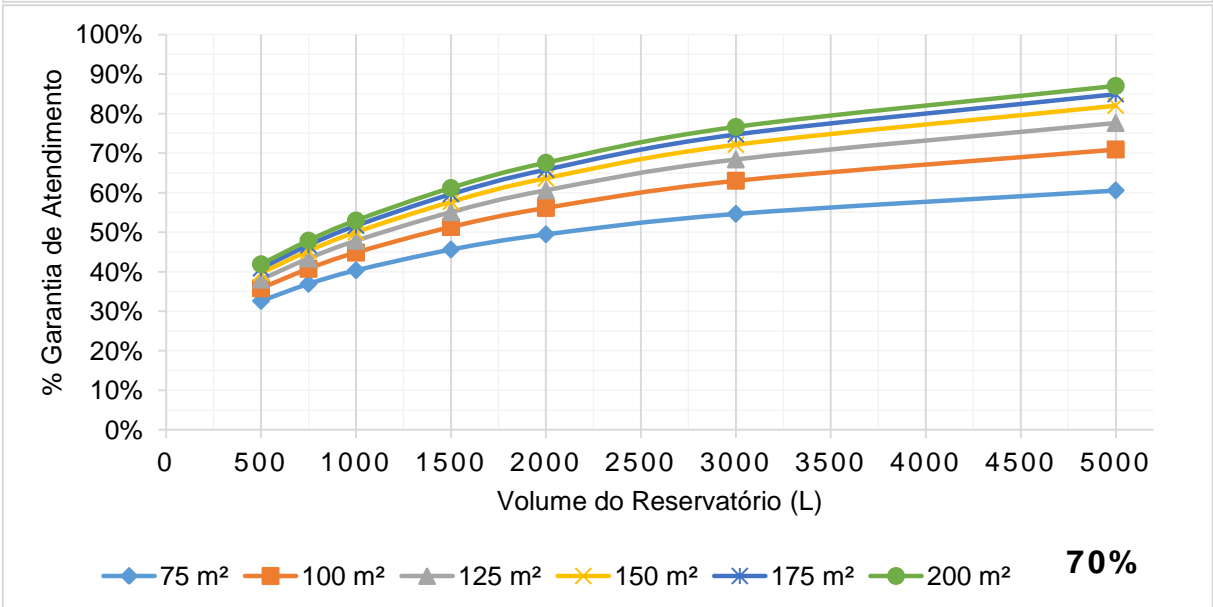
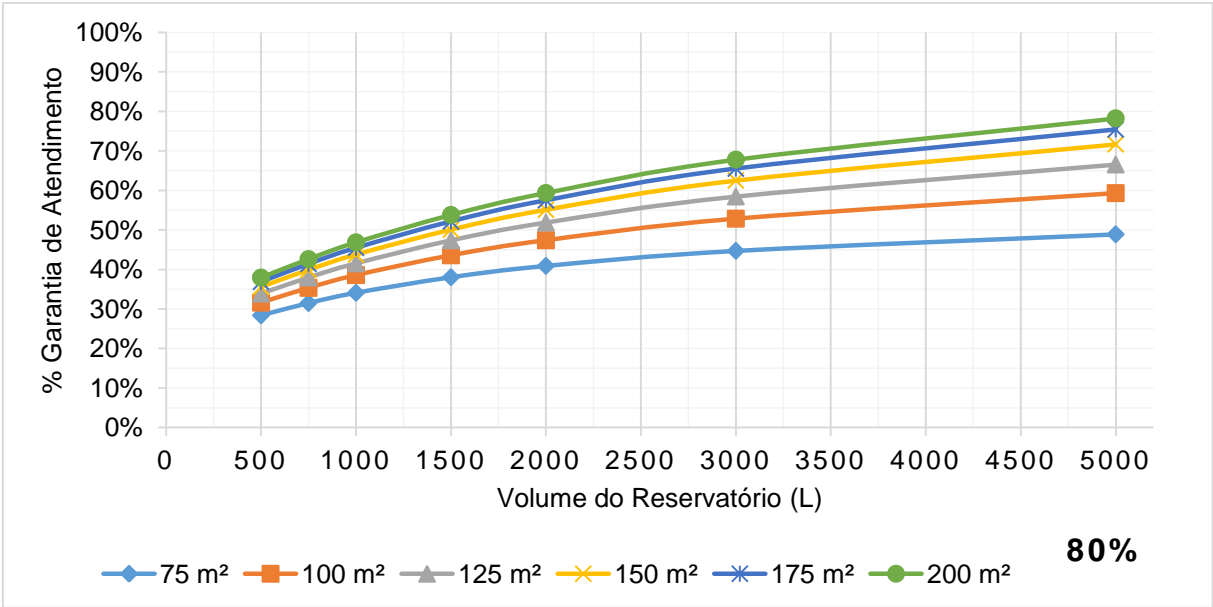


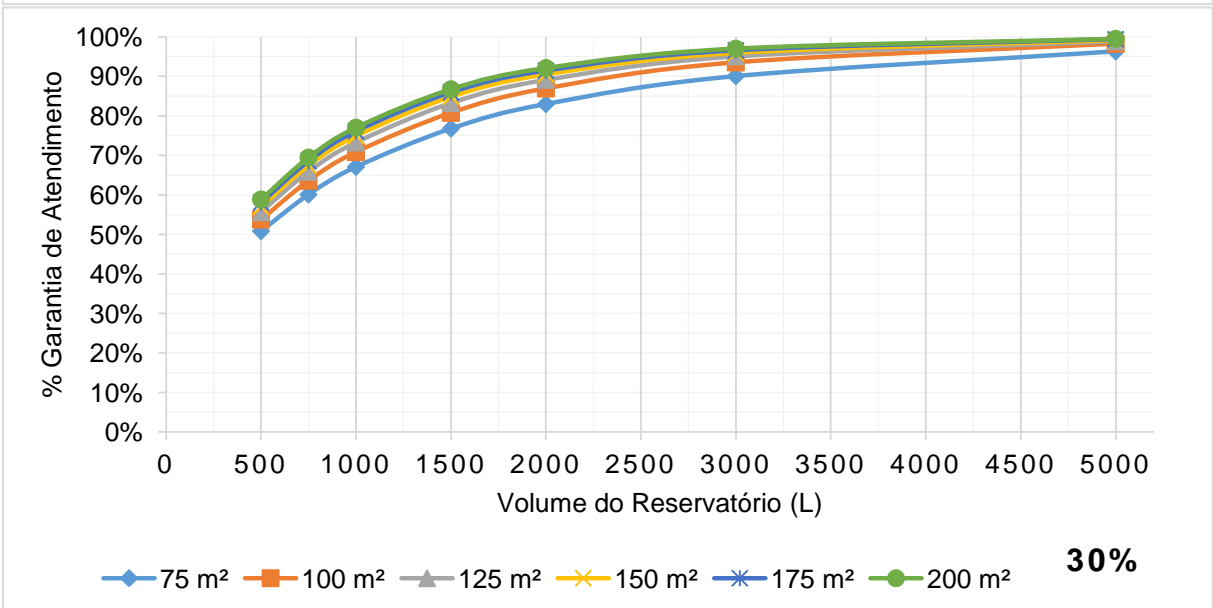
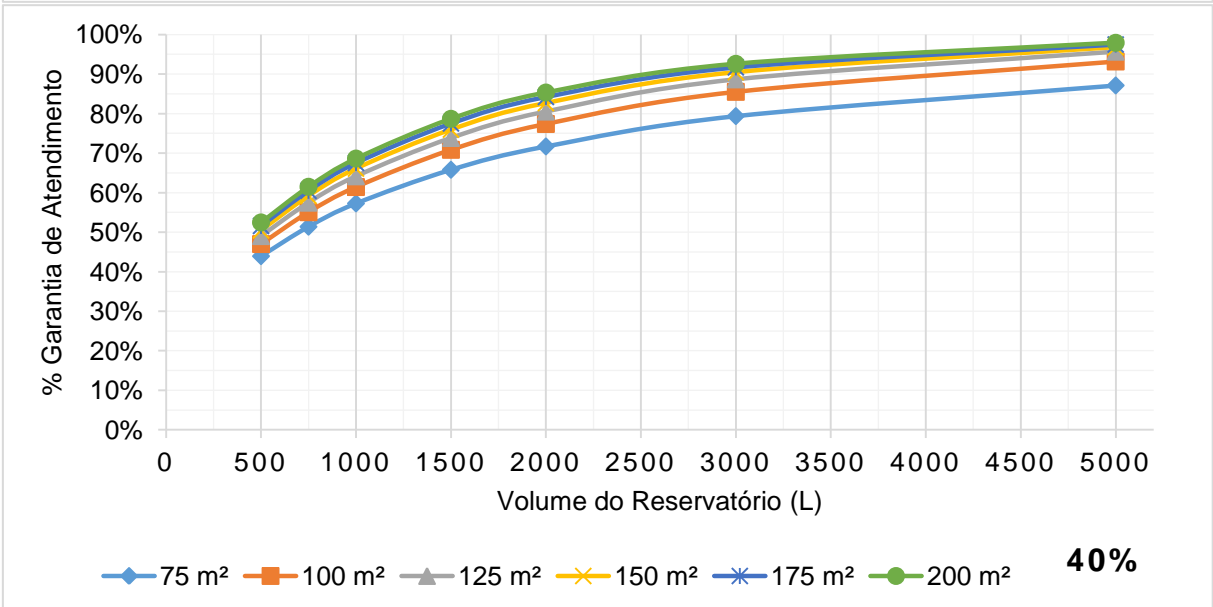
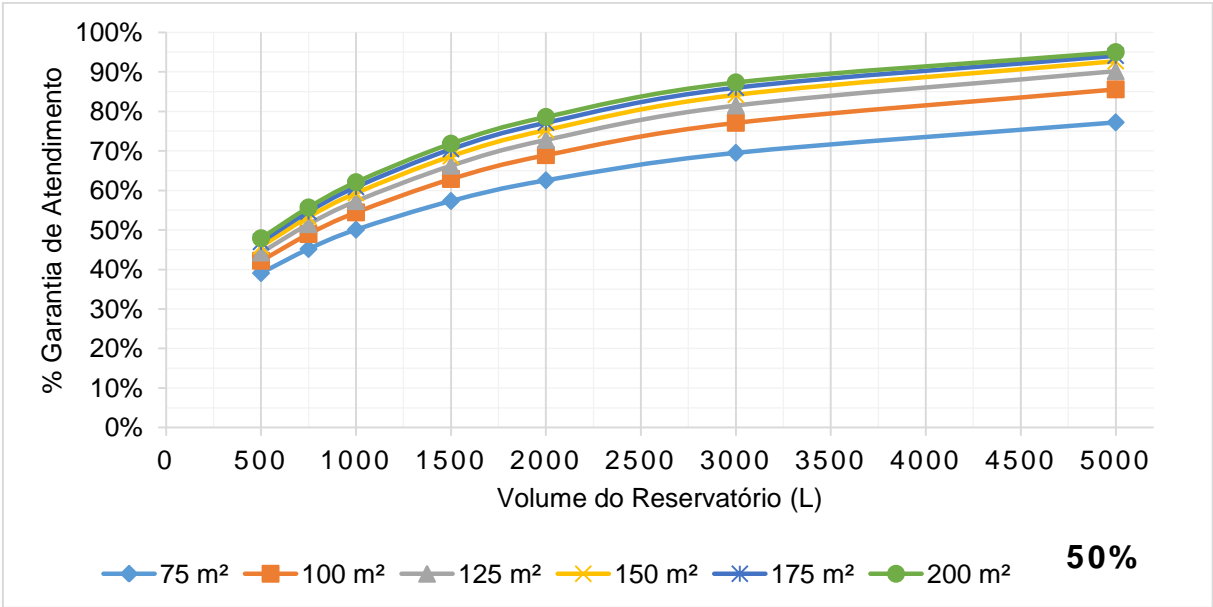
APÊNDICE XXIII - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DA MISSÕES

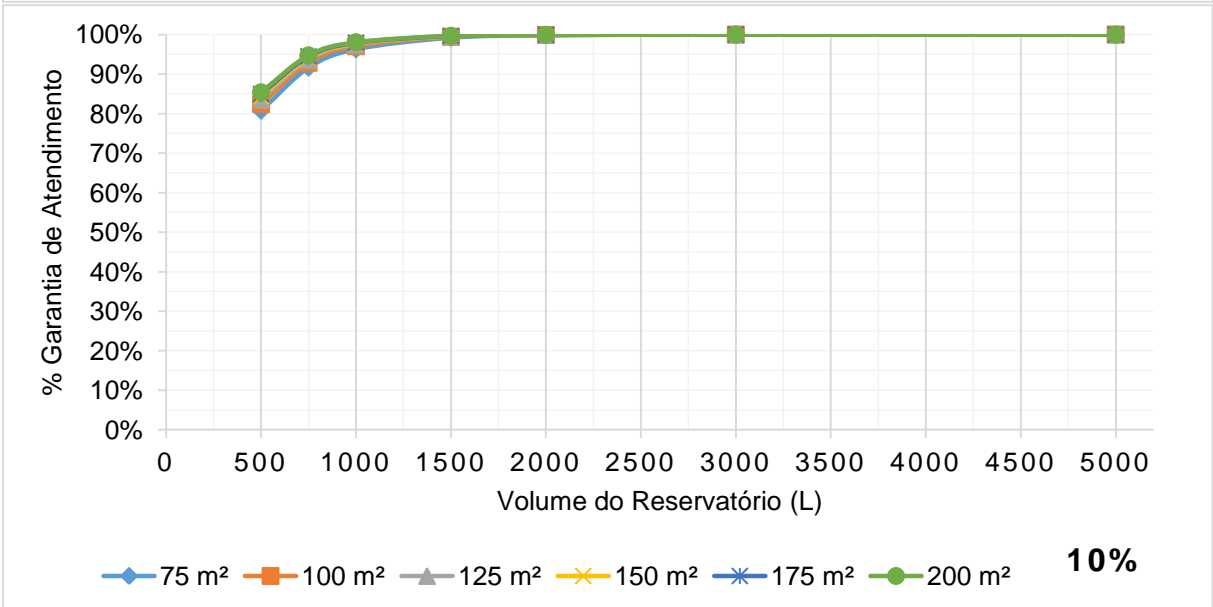
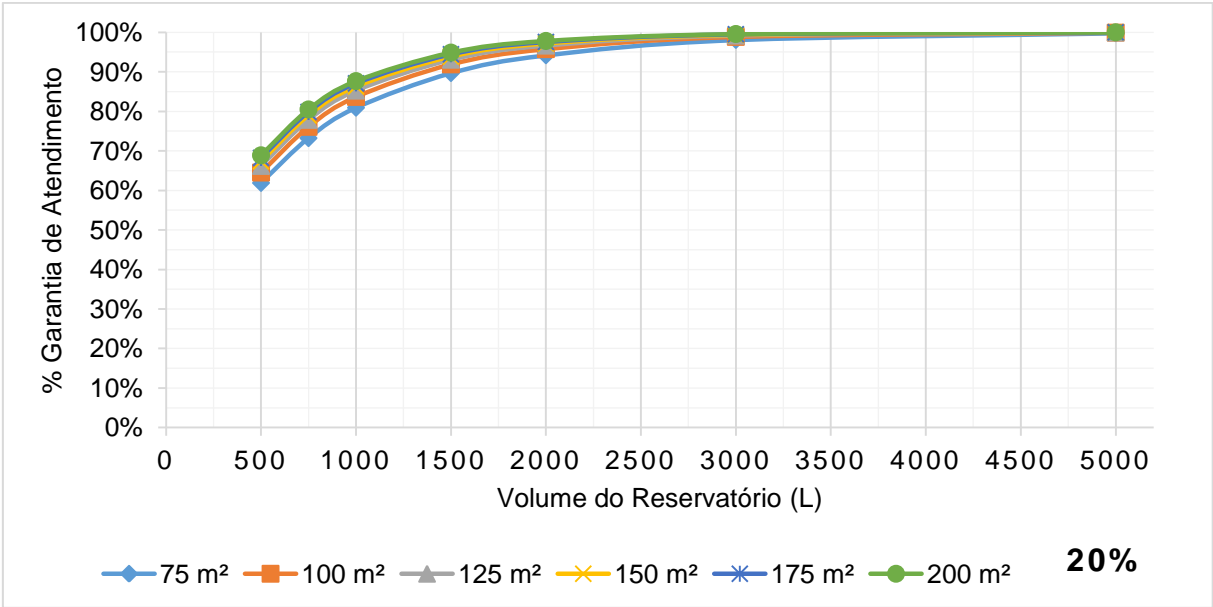
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de São José das Missões. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana

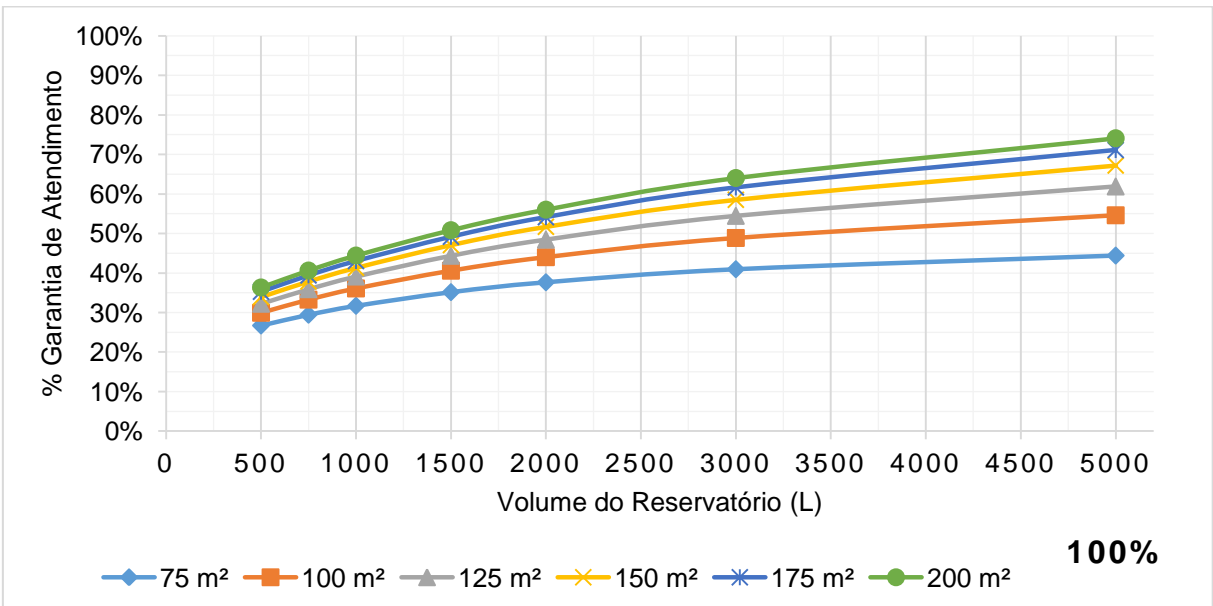


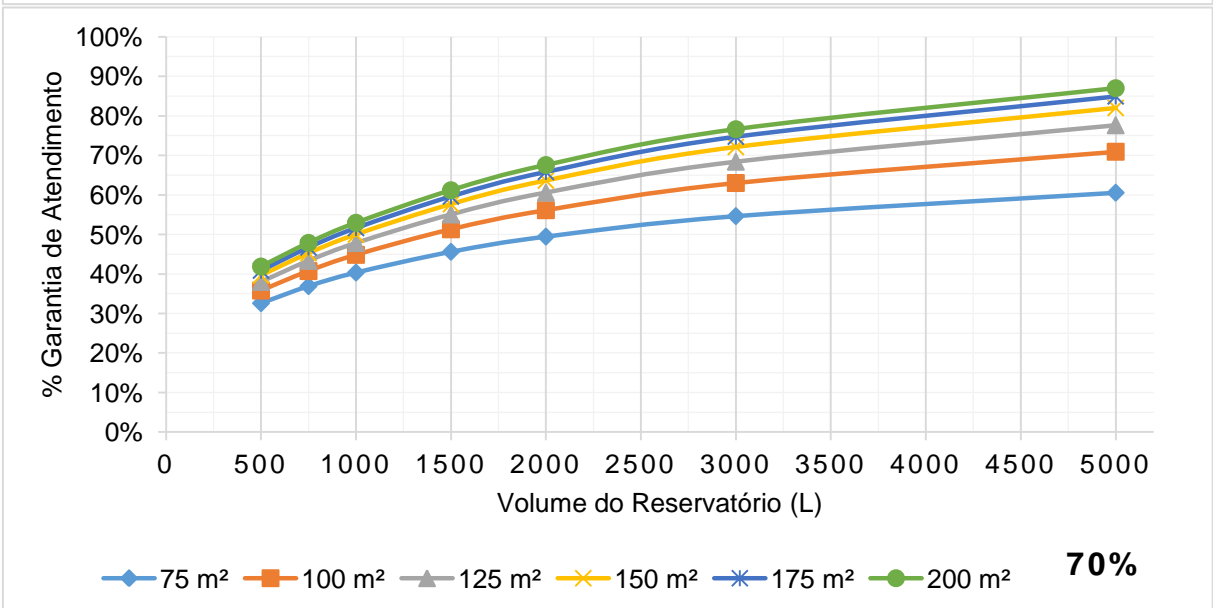
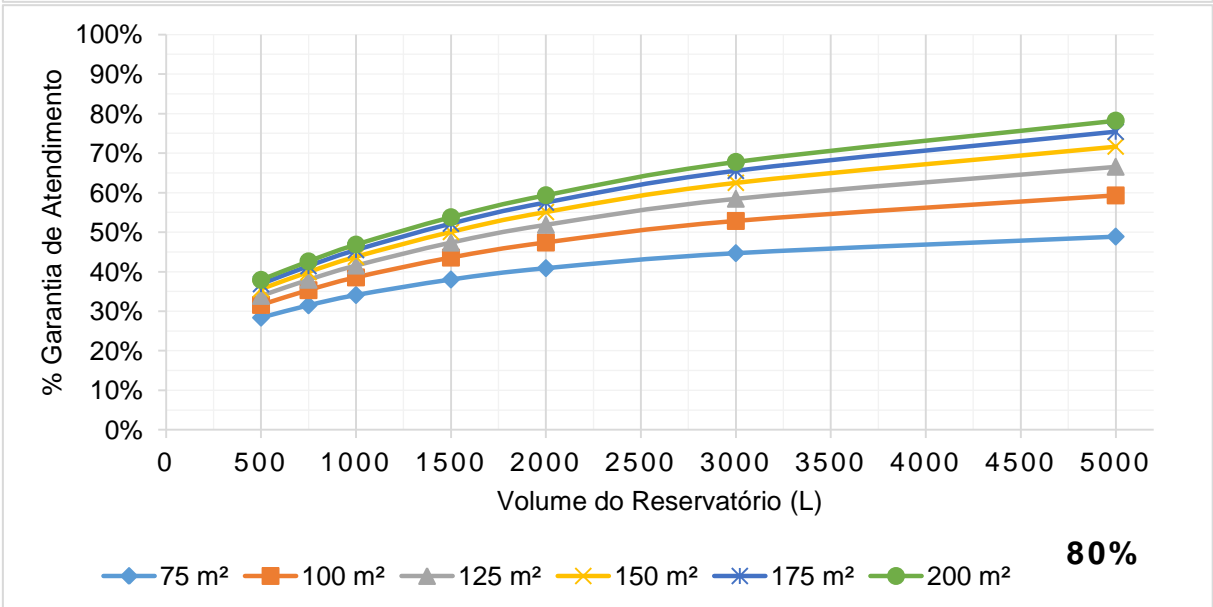
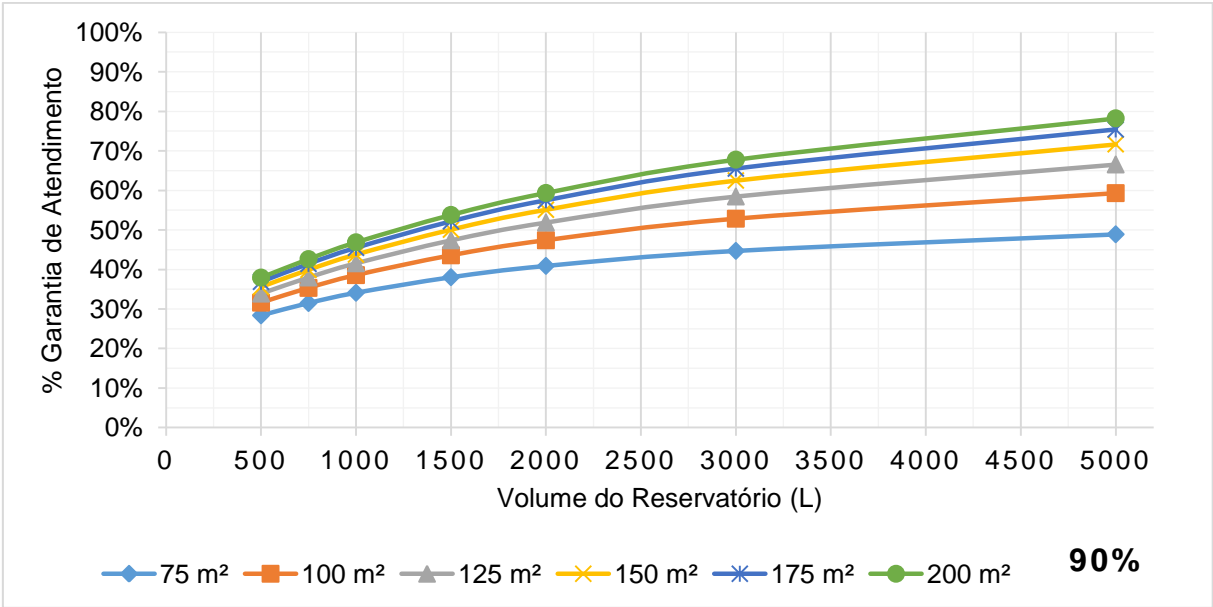


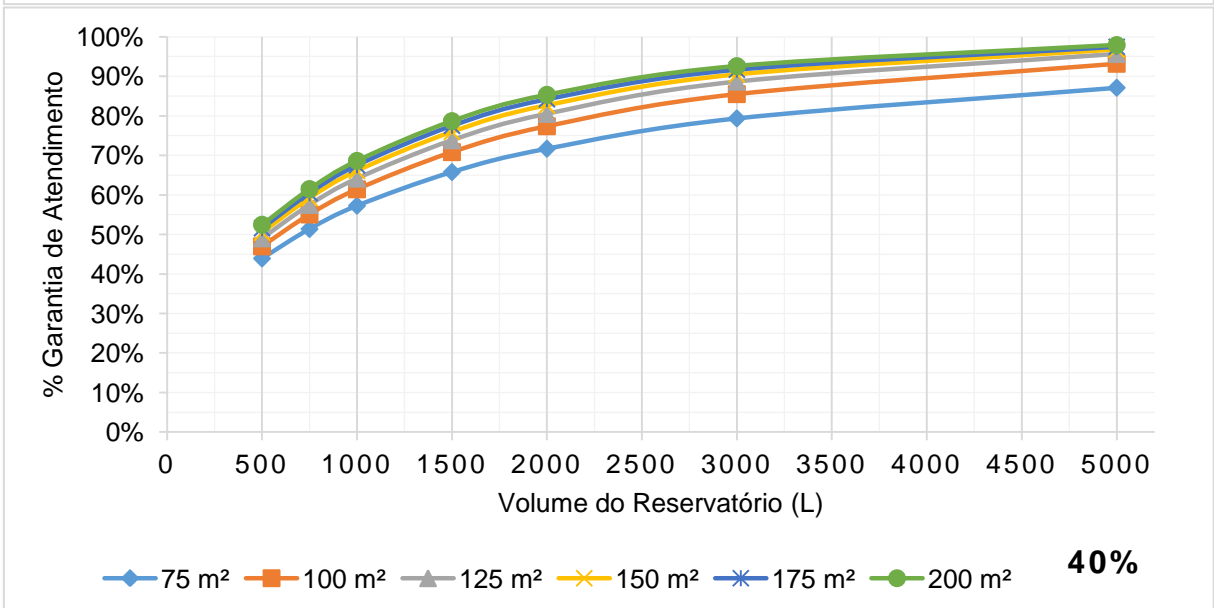
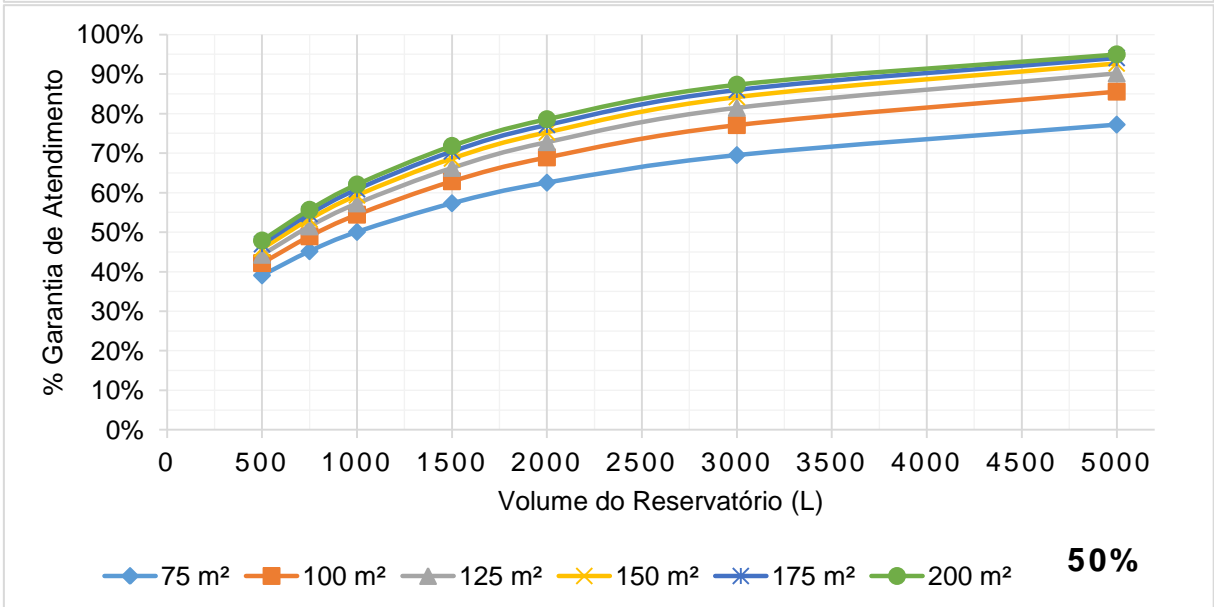
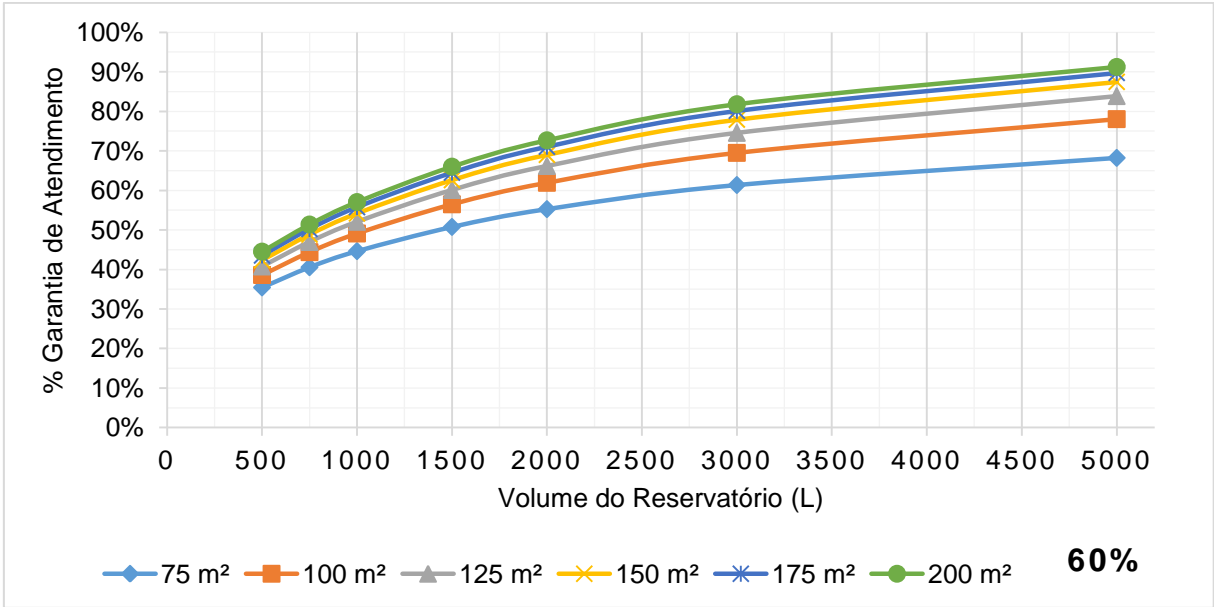


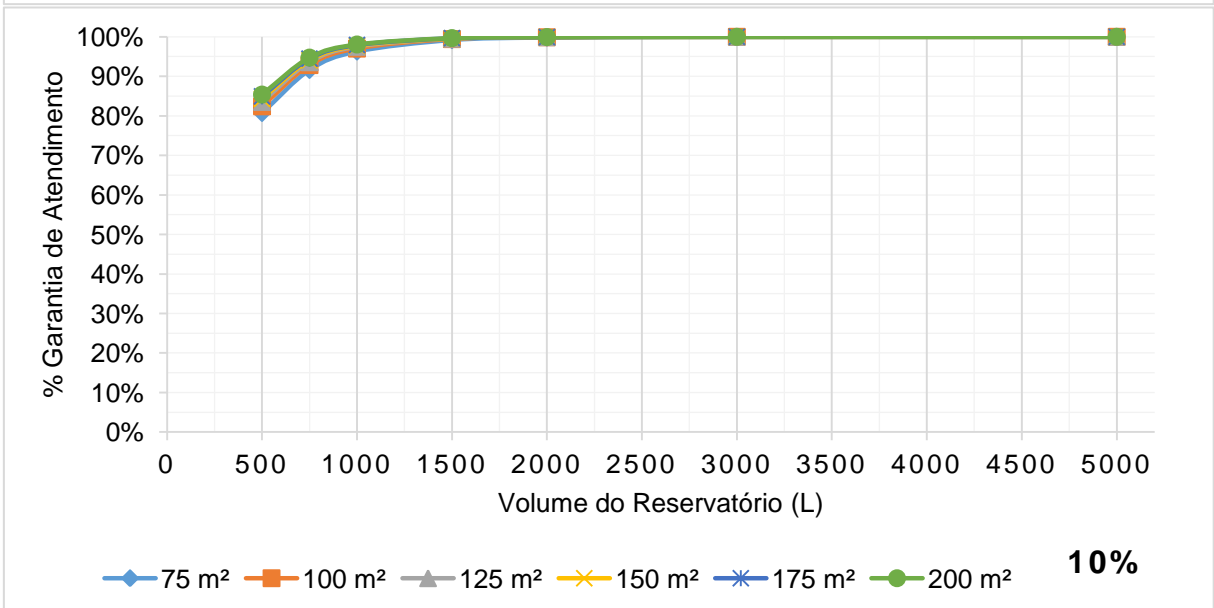
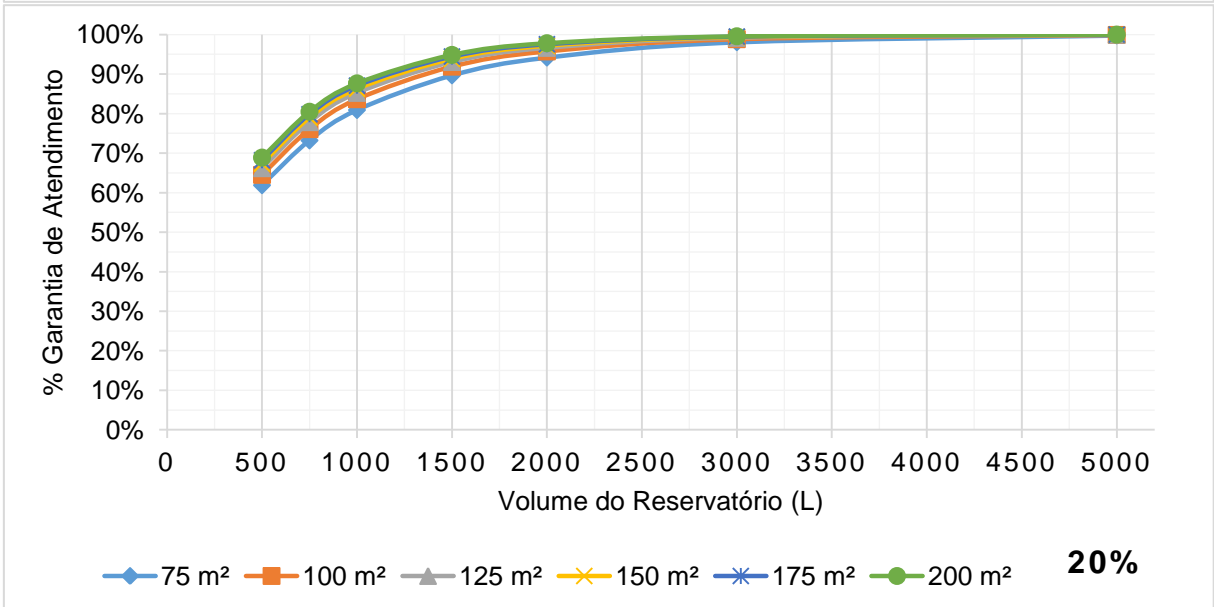
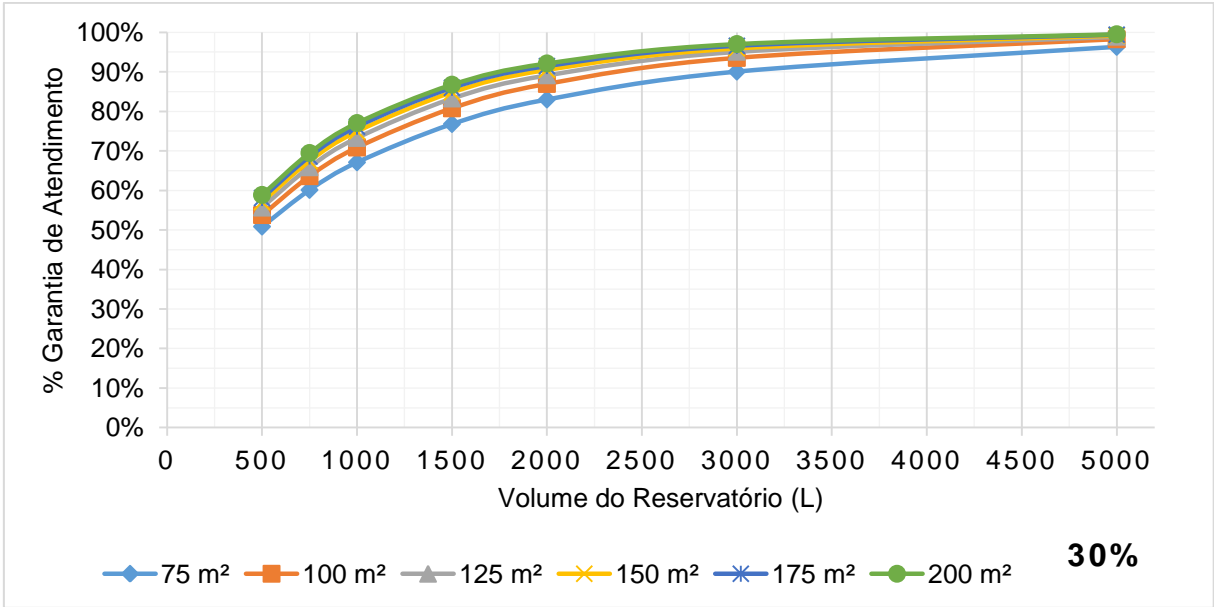


• Zona Rural





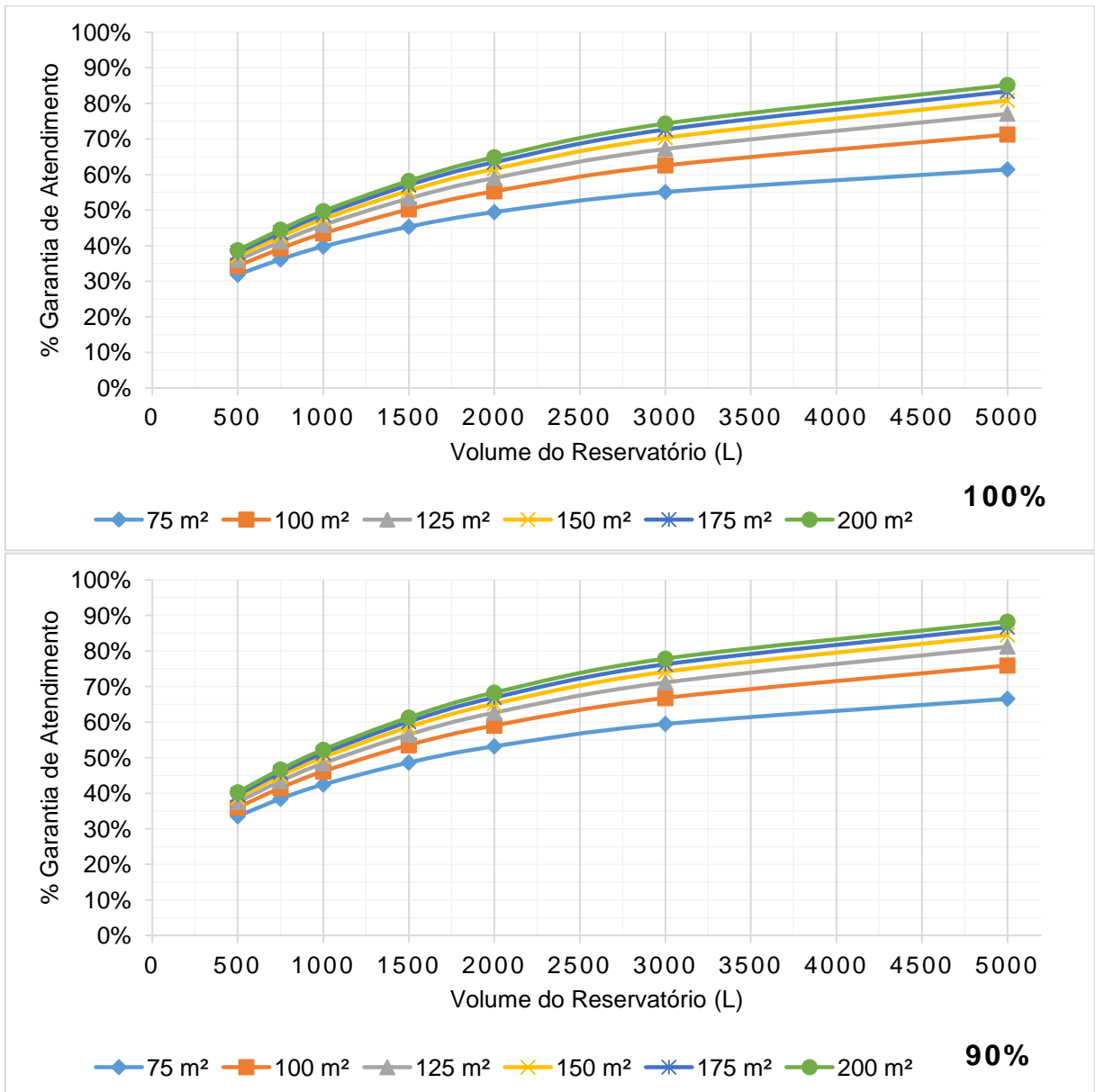


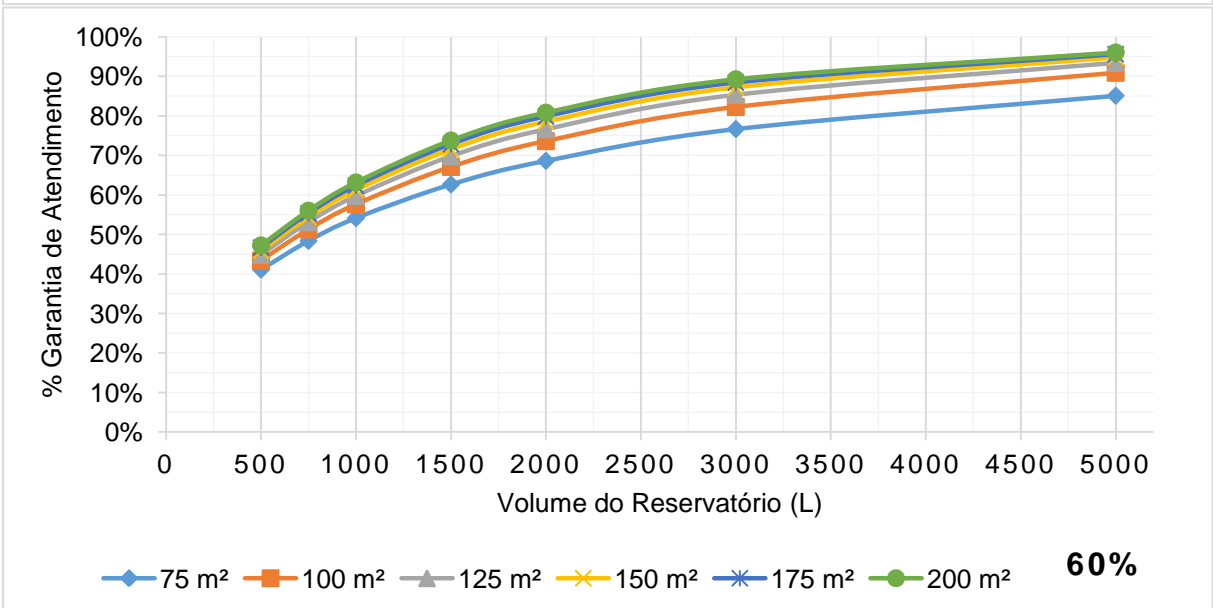
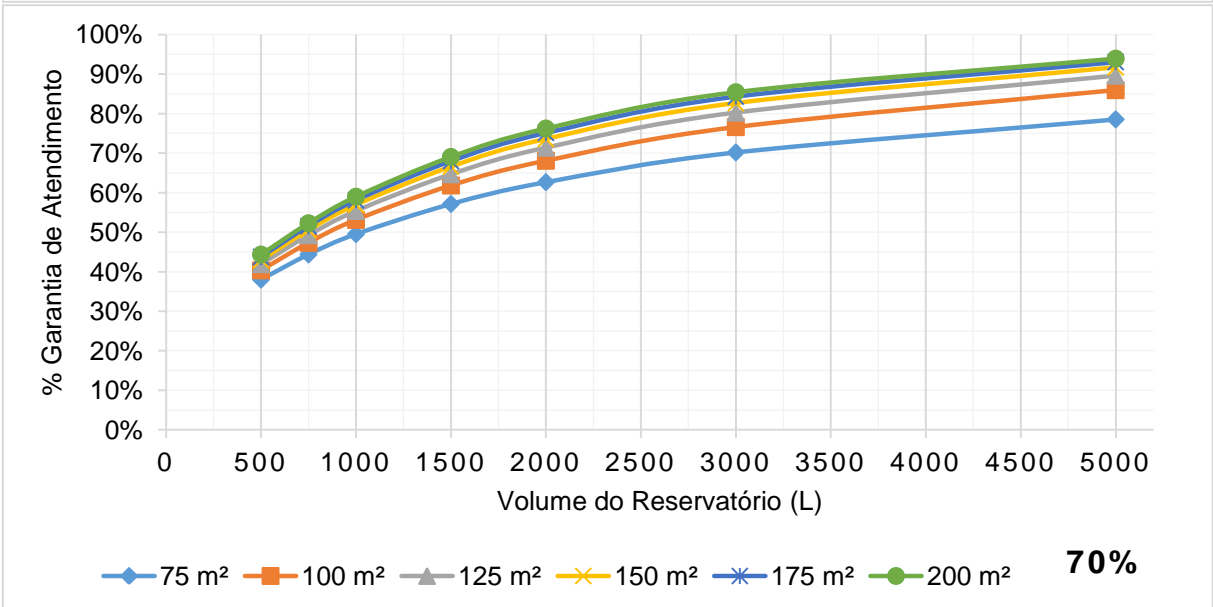
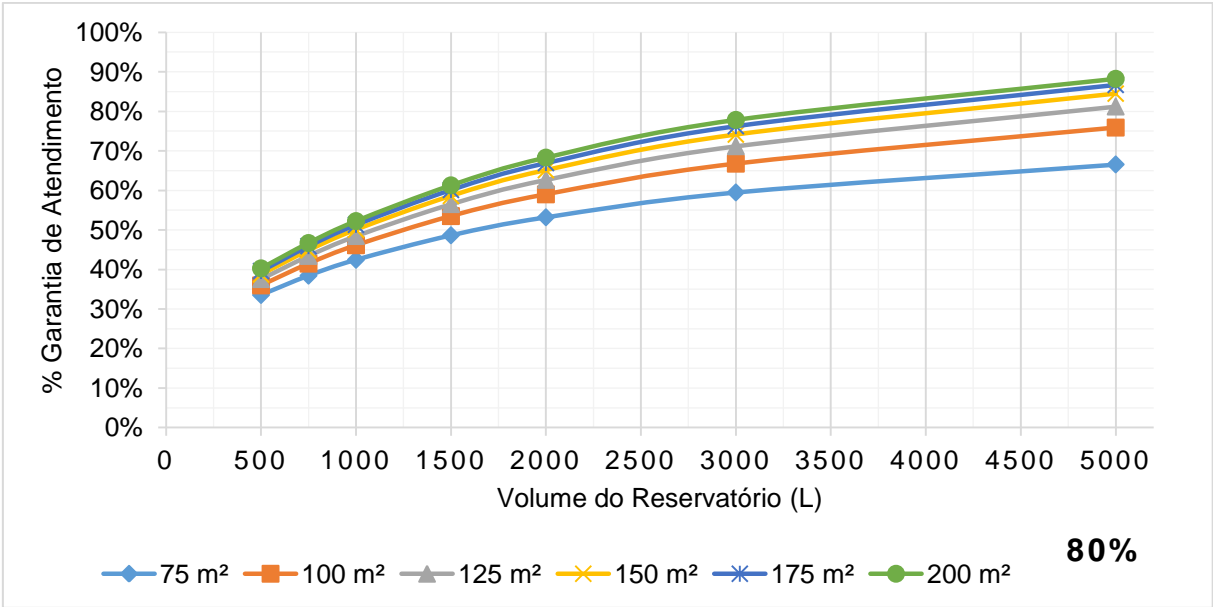


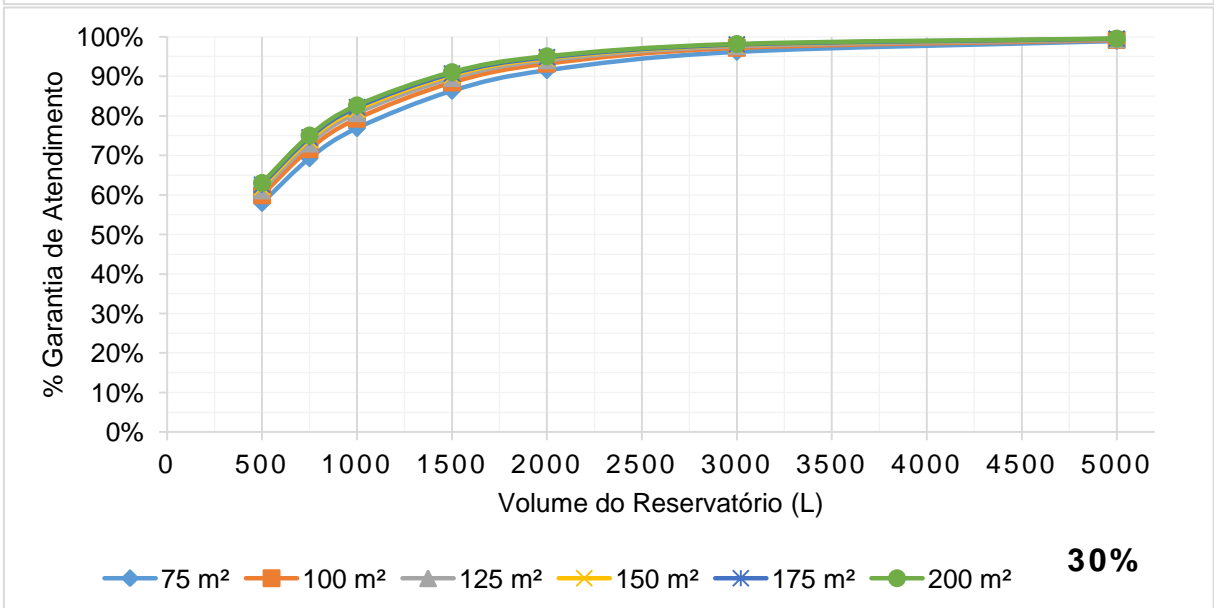
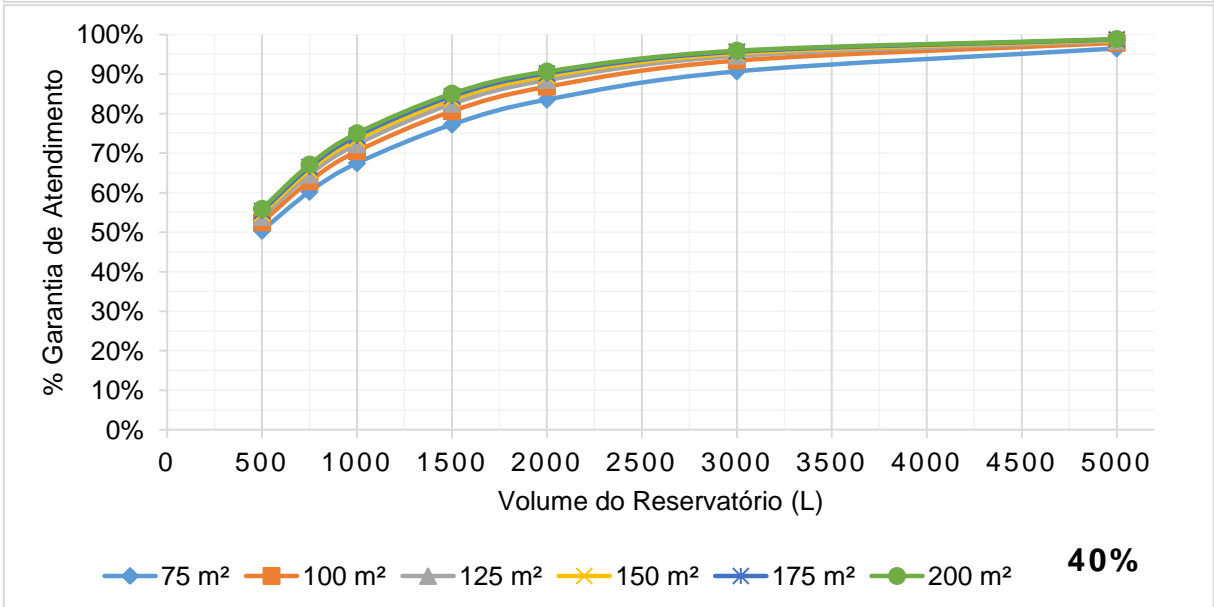
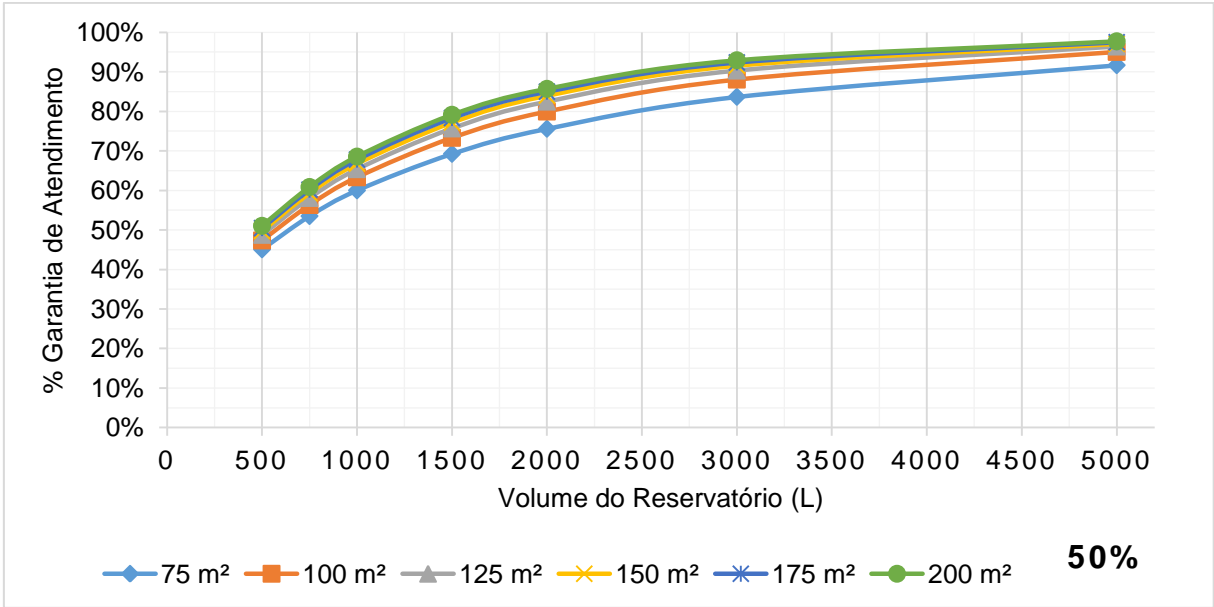
APÊNDICE XXIV - GARANTIA DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS: MUNICÍPIO DE VISTA ALEGRE

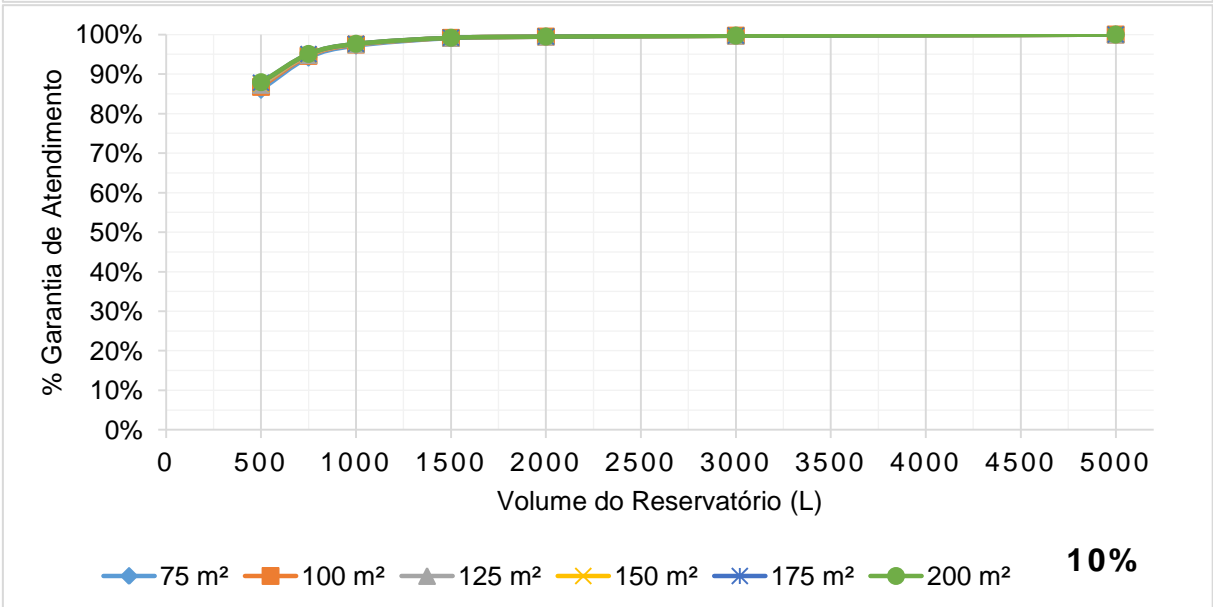
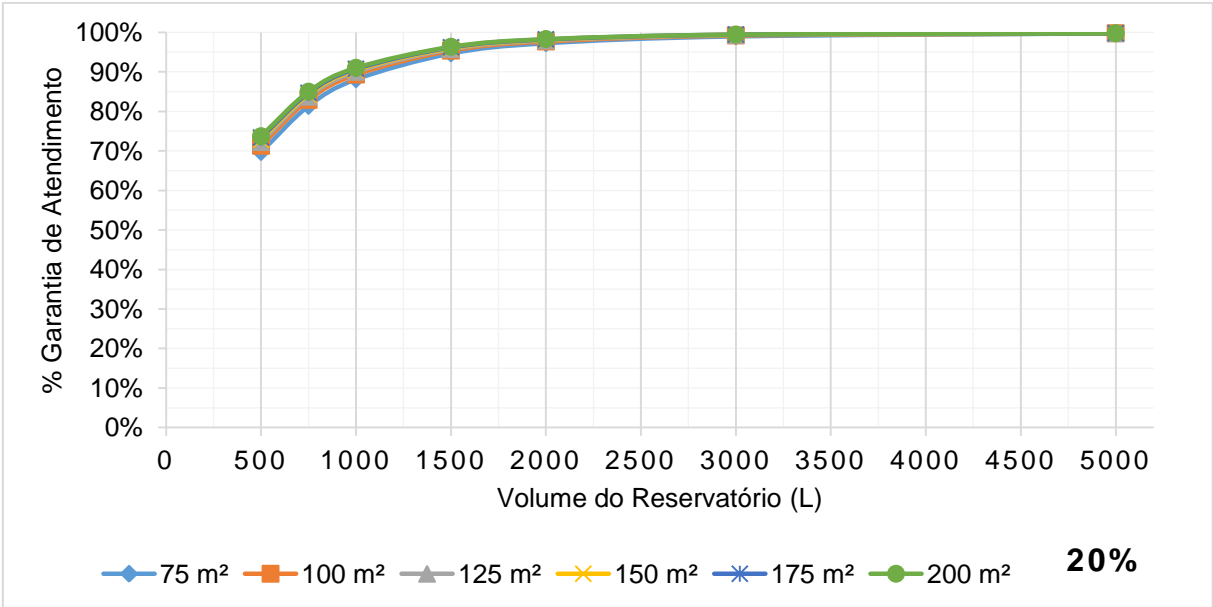
Esse anexo apresenta os gráficos das curvas de garantia de atendimento das demandas para o município de Vista Alegre. Esses gráficos representam a relação entre o volume do reservatório e a eficiência do sistema para as demandas residenciais de 10% a 100% do total, e diferentes áreas de captação.

- Zona Urbana









• Zona Rural

