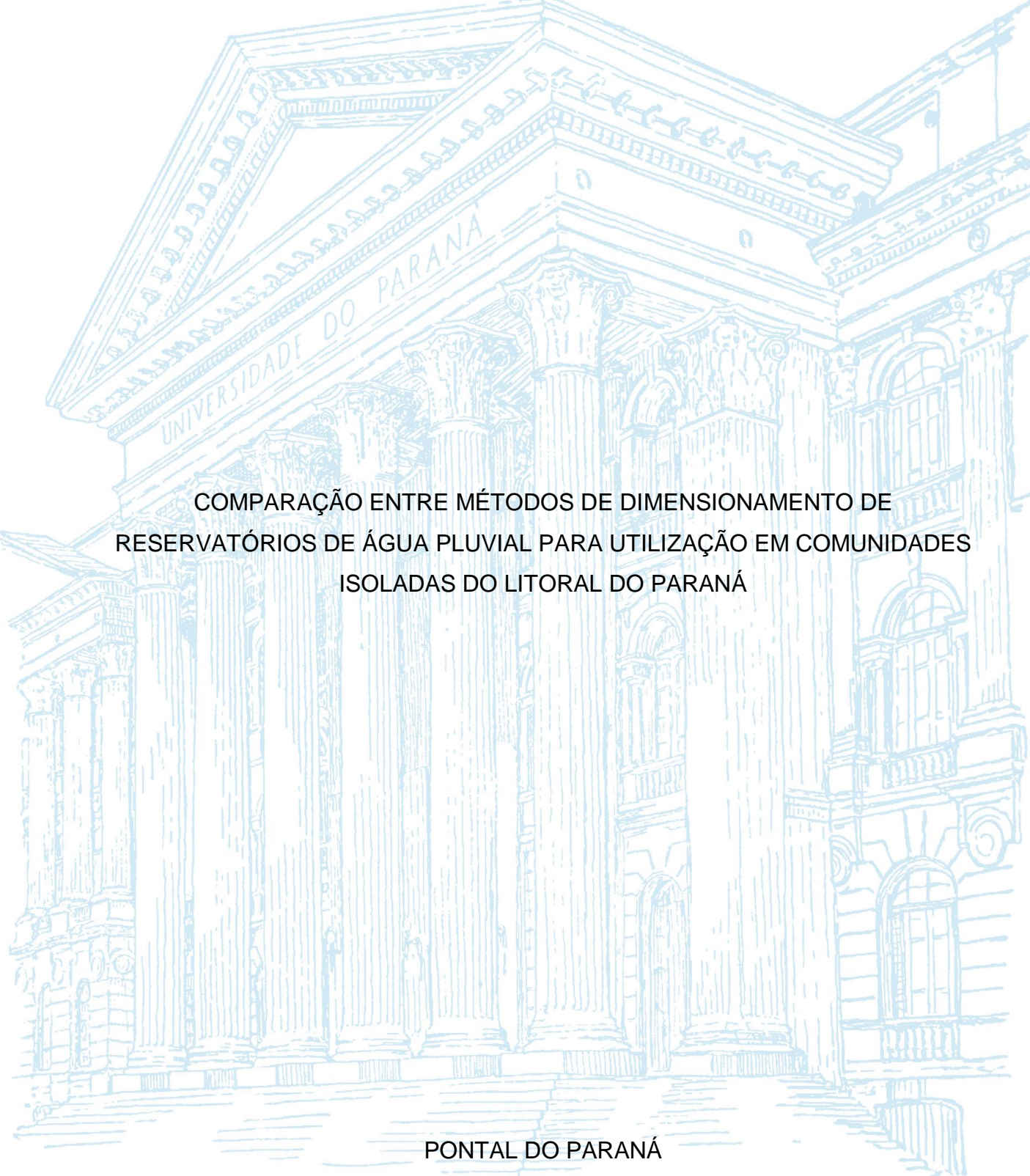


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALANA BANQUES GARCIA



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL PARA UTILIZAÇÃO EM COMUNIDADES
ISOLADAS DO LITORAL DO PARANÁ

PONTAL DO PARANÁ

2021

ALANA BANQUES GARCIA

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL PARA UTILIZAÇÃO EM COMUNIDADES
ISOLADAS DO LITORAL DO PARANÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani.

PONTAL DO PARANÁ

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Alana Banques Garcia

“COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL PARA UTILIZAÇÃO EM
COMUNIDADES ISOLADAS DO LITORAL DO PARANÁ”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr^a Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Carlos Eduardo Rossigali - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani - CPP-CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 18 de Março de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **FERNANDO AUGUSTO SILVEIRA ARMANI, COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITARIA) - PP**, em 24/03/2021, às 17:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **AMANARA POTYKYTA DE SOUSA DIAS VIEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/03/2021, às 17:16, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO ROSSIGALI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2021, às 09:33, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3362915** e o código CRC **8BE8430E**.

Referência: Processo nº 23075.011900/2021-47

SEI nº 3362915

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, da saúde e da perseverança diante dos obstáculos até aqui.

À minha avó, Marli, minha grande incentivadora, agradeço imensamente por todo apoio e amor dedicados a mim ao longo da vida, em especial na graduação.

Ao meu companheiro de vida, Victor, por sempre me incentivar, por ser paciente e me amar mesmo diante de muitas ausências nesse período.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando A. S. Armani por todo ensinamento, dedicação e confiança a mim ao longo destes anos como docente e principalmente no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial meus pais, Maurício e Silvana, e a minha tia, Andiará, por todo apoio que sempre demonstraram.

Aos amigos, em especial aos que conheci nessa jornada acadêmica, Flávia, Jennifer, Laís, Daniel e Ricardo, por toda palavra de incentivo e por toda confiança depositadas em mim.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia por conceder os dados pluviométricos da estação Ilha do Mel, necessários para o desenvolvimento do trabalho.

À comunidade acadêmica da Universidade Federal do Paraná, campus Centro de Estudos do Mar, em especial aos professores da engenharia ambiental e sanitária, por toda a contribuição na minha formação.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste sonho, ficam os meus agradecimentos.

RESUMO

Sendo o reservatório e a área de captação os elementos mais importantes na concepção de um sistema de captação de água pluvial, este trabalho dedicou-se a comparar os métodos de cálculo apresentados pelo Anexo A da NBR 15.527 (ABNT, 2007). Para esta análise os volumes dos reservatórios foram calculados com base nos dados de precipitação da Ilha do Mel, variando a área de captação e a demanda por água para fins não potáveis, o que permitiu a construção de diagramas para cada um dos métodos avaliados neste trabalho: prático australiano, simulação, Rippl, prático inglês, Azevedo Neto e prático alemão. Esses diagramas servem para auxiliar usuários na determinação do volume e da área de captação de água pluvial, ótimos em edificações que demandam até 16 m³ na Ilha do Mel. Os métodos que foram formulados com a utilização do balanço hídrico (prático australiano, simulação e Rippl), foram avaliados para utilização em toda a região do complexo estuarino de Paranaguá. Em um estudo de abrangência da utilização dos diagramas, compararam-se os volumes obtidos pelos diagramas com volumes determinados por esses métodos usando médias climatológicas de precipitação de 16 estações distribuídas pela região do complexo estuarino de Paranaguá. O diagrama do método prático australiano obteve resultados similares aos de outras localidades; com isso, utilizou-se esse método para determinação do volume do reservatório e área de captação para uma escola situada na comunidade de São Miguel, Paraná: Escola Municipal do Campo “Tambarutaca”.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Métodos de dimensionamento. Reservatórios. NBR 15527.

ABSTRACT

As the reservoir and the catchment area are the most important elements in the design of a rainwater harvesting system, this work was dedicated to compare the calculation methods presented in Annex A of NBR 15.527 (ABNT, 2007). For this analysis the reservoir volumes were calculated based on Ilha do Mel's rainfall data, varying the catchment area and water demand for non-potable purposes, which allowed the construction of diagrams for each of the methods evaluated in this work: Australian practical, simulation, Rippl, English practical, Azevedo Neto and German practical. These diagrams serve to assist users in determining the volume and area of rainwater catchment, optimal in buildings that demand up to 16 m³ in Ilha do Mel. The methods that were formulated using the water balance (Australian practical, simulation and Rippl), were evaluated for use in the whole region of the Paranaguá estuarine complex. In a comprehensive study of the use of the diagrams, the volumes obtained by the diagrams are compared with volumes determined by these methods using climatological precipitation averages from 16 stations distributed over the region of the Paranaguá estuarine complex. The Australian practical method diagram obtained similar results to those of other locations; therefore, this method was used to determine the reservoir volume and catchment area for a school located in the community of São Miguel, Paraná: Municipal School of the Field "Tambarutaca".

Keywords: Use of rainwater. Sizing methods. Reservoirs. NBR 15527.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
3 METODOLOGIA	20
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	20
3.2 REGIME PLUVIOMÉTRICO	23
3.3 CONSUMO DE ÁGUA.....	26
3.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	27
3.5 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	28
3.5.1 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO	29
3.5.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO	30
3.5.3 MÉTODO DE RIPPL.....	31
3.5.4 MÉTODO AZEVEDO NETO	32
3.5.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS	32
3.5.6 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO	33
4 RESULTADOS	34
4.1 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	34
4.2 ABRANGÊNCIA DO USO DOS DIAGRAMAS NO LITORAL DO PARANÁ	44
4.3 ESTUDO DE CASO	47
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS	52

**APÊNDICE 1- PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, MÉDIA MENSAL ANUAL
DOS ANOS COM 12 MESES DA ESTAÇÃO ILHA DO MEL57**

**ANEXO 1 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS DAS ESTAÇÕES DO LITORAL
DO PARANÁ APRESENTADAS POR VANHONI E MENDONÇA (2008)59**

1 INTRODUÇÃO

A água, além de ser essencial à manutenção da vida, também é elemento de relevante importância para o desenvolvimento econômico e social. Apesar disso, a escassez dos recursos hídricos têm aumentado no último século principalmente devido a fatores antrópicos (BACCI; PATACA, 2008). Nas regiões litorâneas, a falta de água é um problema comum em algumas épocas do ano, pois em muitos desses locais a população flutua. Na alta temporada (dezembro, janeiro, fevereiro e março) e feriados, a quantidade de pessoas que frequentam o litoral aumenta significativamente, conseqüentemente a demanda por recursos hídricos também. Abastecer a população sem que haja racionamento ou falta de água nesse período, é um desafio para quem gerencia e regula os sistemas de saneamento.

Em comunidades isoladas a falta de água pode ser um problema ainda maior, pois geralmente não há sistemas coletivos de saneamento básico nessas localidades. As tecnologias empregadas são as unifamiliares. O sistema alternativo de abastecimento de água, por exemplo, geralmente consiste na captação de água por poços freáticos ou diretamente em corpos naturais de água. Essas fontes de água não estão sempre disponíveis em quantidade e qualidade, e as estruturas de captação são comumente implementadas sem a avaliação da capacidade de fornecimento de água pelo recurso hídrico em um projeto de engenharia.

Uma forma de se atenuar o consumo de água de mananciais é com a utilização da água da chuva para o abastecimento individual. A água pluvial pode ser aproveitada em diversas atividades tais como em residências, comércios, escolas e indústrias. No Brasil existe a norma NBR 15.527 que trata do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, através da captação da água pluvial que incide em coberturas (ABNT, 2019). Além disso, em diversas cidades há leis determinando que novas edificações contenham sistemas de captação de águas pluviais. Em Curitiba-PR, por exemplo, a Lei Orgânica 10.785/03 instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, que tem como um de seus objetivos a implementação de medidas de utilização de fontes alternativas para captação de água em novas edificações (CURITIBA, 2003).

Este trabalho compara os seis métodos de dimensionamento de reservatórios de água da chuva mencionados na antiga NBR 15.527 de 2007, para diferentes áreas de captação e demandas, com dados pluviométricos da estação meteorológica da Ilha do Mel, desenvolvendo diagramas que visam facilitar a determinação dos volumes de reservatórios no litoral do Paraná, principalmente nas comunidades isoladas do complexo estuarino de Paranaguá, sendo estudo de caso a Escola Municipal do Campo “Tambarutaca”, localizada na comunidade de São Miguel.

1.1 JUSTIFICATIVA

A água é um bem fundamental para a manutenção da vida. Embora 75% do planeta seja composto por água, 97% dessa água é salgada e está disponível em mares e oceanos. Os 3% de água doce estão distribuídos entre geleiras (2,2%), água subterrânea (0,6%), atmosfera (0,1%) e em rios e lagos (0,1%) (EMBRAPA, 2020). Mesmo com a maior disponibilidade de água doce superficial do mundo, o Brasil possui cerca de 40 milhões de habitantes sem acesso aos sistemas públicos de abastecimento (ANA, 2019b).

No Brasil, apenas 27,79% dos domicílios rurais possuem abastecimento de água proveniente do “sistema coletivo”, 54,84% utilizam “poços” e 17,37% outras fontes (LANDAU et al., 2016). Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2019a), da população rural do litoral do Paraná 56,52% possuem atendimento de abastecimento de água (sistema coletivo). Sendo o atendimento rural diferente para cada cidade do litoral do Paraná: Antonina 104,7%, Guaraqueçaba 9,06%, Guaratuba 99,89%, Matinhos 97,73%, Morretes 83,12%, Paranaguá 0% e Pontal do Paraná 98,70%. Ressalta-se que pode haver inconsistências nos dados, como por exemplo para o cálculo da população urbana atendida, áreas consideradas como rurais pelo IBGE podem ser classificadas como urbanas pelos prestadores de serviços ou vice-versa (SNIS, 2019b). Essa inconsistência pode ser verificada no município de Antonina que teve uma porcentagem de atendimento rural superior a 100%, e também em Paranaguá que

teve 0% de atendimento rural, no entanto, possui áreas rurais que têm abastecimento de água por sistema coletivo.

A Ilha do Mel, por exemplo, possui dois sistemas de abastecimento de água, compostos por estações de tratamento de água compactas, de responsabilidade da Paranaguá Saneamento. As comunidades de Eufrasina, Amparo, Europinha, Piaçaguera, São Miguel, Prainha/Ponta de Ubá e Ilha do Teixeira, possuem microssistemas de abastecimento de água, de responsabilidade da Secretaria Municipal de Agricultura Pesca e Abastecimento (SEMAPA) do município. No entanto, esses sistemas são operados pela própria comunidade local, que inclusive evidenciam que há várias fragilidades desses microssistemas (PMSB, 2011). Muitas áreas rurais ainda nem microssistemas possuem, fazendo-se uso de sistemas alternativos para o abastecimento de água.

A captação de água pluvial para utilização não potável é uma solução alternativa complementar, eficiente para reduzir a demanda por água de microssistemas e de sistemas alternativos que abastecem regiões isoladas. Em ambientes coletivos, como o das escolas, cujo principal uso não exige água potável (uso do banheiro e limpeza dos ambientes), essa tecnologia pode representar um bom percentual do volume de água consumido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é comparar métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial para sistemas a serem implementados na região do complexo estuarino de Paranaguá.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o regime pluviométrico da região;

- Apresentar os seis diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, antigamente descritos na NBR 15.527;
- Definir diagramas dos métodos de determinação do volume de reservatórios de água pluvial para uso nas comunidades do complexo estuarino de Paranaguá;
- Comparar os métodos de dimensionamento de reservatórios;
- Estabelecer o volume do reservatório de água pluvial para a escola municipal do campo “Tambarutaca”, localizada na comunidade de São Miguel em Paranaguá-PR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os mecanismos de transferência da água entre os diversos compartimentos do ciclo hidrológico ocorrem principalmente por precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração (VON SPERLING, 1995).

Para melhor entender o ciclo hidrológico, observa-se inicialmente as águas oceânicas que evaporam, e sob condições específicas condensam, podendo assim precipitar sobre o continente. Uma parcela da água precipitada no continente infiltra no solo, e retorna à atmosfera através da evaporação e transpiração das plantas; outra parte é escoada superficialmente e subterraneamente para os rios, e também ao lençol subterrâneo de água (VILLELA; MATTOS, 1975). A energia necessária para a ocorrência do ciclo hidrológico é proveniente da radiação solar.

Desta maneira, a água doce pode ser encontrada em fontes de mananciais subterrâneos como os aquíferos (freático e confinado) e em mananciais superficiais como os rios, lagos, córregos e represas. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) (2010a), do total de 5.565 municípios brasileiros, 47% deles são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% por ambos os mananciais (misto). Já no estado do Paraná, 56% dos municípios são abastecidos exclusivamente por mananciais subterrâneos (predominantemente pelos aquíferos da Serra Geral, Bauru-Caiuá e Guarani), 22% são abastecidos somente por mananciais superficiais e 22% possuem sistemas mistos (ANA, 2010b).

A fim de se abastecer água por um manancial superficial, rios são barrados para formar lagos artificiais que possuem diferentes denominações, tais como represas, açudes e reservatórios (ESTEVES, 1998). A represa permite que a água chegue à população ao longo do ano todo, pois acumula água no período chuvoso para ser utilizada no período de estiagem (SABESP, [20--]). No entanto, os reservatórios têm sua capacidade limitada, devendo-se construir novos reservatórios para atender a população crescente quando necessário.

Os aquíferos como fonte de abastecimento também possuem um limite de captação, pois a superexploração pode trazer consequências como: rebaixar os

níveis hídricos, diminuir a capacidade de armazenamento, comprometer a qualidade da água, ceder a superfície do solo, reduzir a disponibilidade hídrica superficial e provocar a perda de ecossistemas (VILLAR, 2016).

A água possui diversos usos, sendo que cada um possui uma demanda de retirada, consumo e retorno da mesma. A média anual de retirada de água no ano de 2018 foi de 2.048 m³/s no Brasil, sendo distribuída em: 49,8% irrigação, 24,4% abastecimento urbano, 9,6% indústria, 8,3% uso animal, 4,5% termelétricas, 1,7% mineração e 1,7% abastecimento rural (ANA, 2019a).

Para garantir o abastecimento de água aos diferentes setores da sociedade e atender às novas demandas, são necessários investimentos tanto em redução de consumo quanto na incorporação de novos mananciais. Para o sistema integrado de Curitiba e Região metropolitana (Iraí, Iguaçu, Passaúna e Miringuava) suprir a demanda de água dessas cidades até 2025, por exemplo, estima-se investimentos em adequações no sistema atual e também a incorporação dos mananciais Alto Maurício (capacidade de 0,6 m³/s), Despique (capacidade de 0,65 m³/s) e o Alto Várzea (capacidade de 3,2 m³/s) (ANA, 2010b).

A proporção entre a retirada e a disponibilidade de água do país é conhecida por *stress* hídrico, que é o indicador 6.4.2 dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) (ANA, 2019a). O *stress* hídrico pode aumentar em virtude do crescimento populacional e do volume da água demandada. Diante disto, para reduzir o *stress* hídrico, além dos investimentos no abastecimento público de água, é preciso ter outras políticas públicas voltadas à redução do consumo de água de abastecimento, aumentando assim o tempo de duração das fontes de água.

Com relação ao litoral do Paraná, os sete municípios que o compõem (Paranaguá, Matinhos, Pontal do Paraná, Guaratuba, Morretes, Antonina e Guaraqueçaba) estão na área de abrangência da bacia hidrográfica litorânea. No aquífero costeiro localizado sobre a bacia há 35 poços outorgados. Devido à influência do ambiente marinho, essa unidade aquífera é considerada a de pior qualidade para consumo humano. A portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde estabelece os padrões de potabilidade da água. O valor máximo permitido de concentração de sódio é de 200 mg/L (MS, 2011). A Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2010), através de um resumo

estatístico dos parâmetros químicos da água da unidade aquífera costeira, apontou que a concentração máxima, mínima e média de sódio no aquífero é de 5.260 mg/L, 2,11 mg/L e 159,13 mg/L, respectivamente, isto ocorre pois o ambiente marinho altera a água de recarga do aquífero, salinizando-a por aerossóis marinhos ou salinizando o próprio aquífero pela influência de cunhas salinas. Isto é um problema, pois para potabilizar esta água é necessário dessalinizar, o que requer um alto investimento.

Segundo Bezerra et al. (2010), a água da chuva pode ser uma alternativa para atenuar o consumo de água do sistema de abastecimento público e, conseqüentemente, atenuar ou até mesmo prevenir a escassez de água. Além disso, o armazenamento de água da chuva durante a chuva, atenua o escoamento superficial na localidade, contribuindo com o sistema de drenagem urbana. Inclusive, incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais é um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), incluído na Lei no ano de 2017 (BRASIL, 2017). Além disso, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR, 2019) caracteriza como atendimento adequado, populações rurais que fazem uso da água da chuva armazenada em cisternas com distribuição por canalização interna.

Atualmente não existe Lei que estabeleça a obrigatoriedade de se captar água da chuva em nível federal. Nos âmbitos estaduais e municipais já existem várias leis neste sentido. O estado de São Paulo, por exemplo, possui a Lei 12.526/2007 que estabelece a obrigatoriedade da implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² (SÃO PAULO, 2007). No estado do Rio de Janeiro foi estabelecida a Lei 7.463/2016, que regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais; ela decreta a adoção de reservatórios de águas pluviais e águas cinzas, bem como a reciclagem de águas cinzas em construções de área impermeabilizada superior a 500m² (RIO DE JANEIRO, 2016).

Alguns fatores que influenciam a qualidade da água da chuva captada em edificações são: o nível de poluição do ar, a intensidade e o tempo da precipitação, o tipo do telhado, a limpeza da área de captação, a manutenção do reservatório e o

tempo em que a água ficará armazenada. O nível desejado da qualidade da água e seu posterior tratamento estão relacionados ao uso que a mesma terá (VELOSO, 2012). Para os usos não potáveis, a NBR 15.527/2019 fornece os requisitos necessários para o aproveitamento da água da chuva. Os fins não potáveis podem ser em descargas de bacias sanitárias e mictórios, irrigação de jardins, lavagens de veículos e pisos e uso ornamental (ABNT, 2019).

Os usos não potáveis podem equivaler a mais de 50% do consumo em estabelecimentos comerciais como escolas, prédios públicos e indústrias (OURIQUES et al., 2005). Logo, além de implantar em residências, um sistema de captação da água da chuva implantado em escolas reduziria o desperdício de muita água de maior qualidade.

Segundo Amorim e Pereira (2008), um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial basicamente consiste em uma área de captação, calhas e condutores (horizontais e verticais) e reservatório, sendo este último item geralmente o mais caro, e portanto foco deste trabalho.

O método de cálculo para o dimensionamento do volume dos reservatórios é critério de escolha do projetista. No Anexo A da NBR 15.527 antes de passar por atualizações eram apresentados seis diferentes métodos que podem ser usados: o método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano. Dimensionar corretamente o reservatório é necessário para evitar custos adicionais com o superdimensionamento dos reservatórios, ou para evitar a baixa eficiência do sistema quando o reservatório é subdimensionado (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

Alguns dos métodos dimensionam menores reservatórios, enquanto outros tendem a maiores volumes de reservatório, assim, alguns possuem maior confiança no atendimento de água que outros para um determinado estabelecimento. A confiança, também chamada de garantia de abastecimento, é calculada baseada nos meses do ano em que o volume do reservatório não foi suficiente para suprir as demandas mensais. No estudo de Brandão e Marcon (2018), os métodos que consideram o balanço entre o volume de água captada e a demanda para abastecimento, como o método da simulação, prático australiano e Rippl obtiveram maiores garantias. Já os métodos prático inglês, o Azevedo Neto e o prático alemão,

resultaram em garantias de abastecimento menores, que diminuem conforme o consumo de água aumenta.

Bezerra et al. (2010) comparou os métodos de dimensionamento de reservatório de água de chuva propostos na norma NBR 15.527 de 2007 e no Decreto Municipal 293/2006, para cinco edificações localizadas em Curitiba, PR. Os volumes obtidos foram discrepantes entre os métodos, variando na ordem de 2 a 100 vezes. Os métodos não seguiram padrão constante, impossibilitando a determinação do método mais adequado.

A comparação dos métodos da NBR 15.527 feita por Rezende e Tecedor (2017), foi desenvolvida para o caso da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec. Os métodos que não consideram a demanda, como o prático inglês e Azevedo Neto, e o método prático australiano superdimensionaram o volume do reservatório. Sendo os valores mais viáveis os apresentados pelos métodos prático alemão, simulação e Rippl sendo este último o que apresentou maior economia da água potável entre os três.

Utilizando os métodos da NBR 15.527 e do programa Netuno, Rupp, Munarim e Ghisi (2011) determinaram volumes de reservatório para residências nas cidades de Santos, Palhoça e Santana do Ipanema. Os métodos de Rippl, simulação e Azevedo Neto resultaram em volumes maiores que o determinado como ideal em termos de potencial de economia pelo Netuno. O método prático inglês superdimensionou em altas precipitações, e assim como o prático alemão em baixas precipitações subdimensionou.

Em comparação feita por Lopes, Silva Júnior e Miranda (2015) o método Azevedo Neto superdimensionou o volume dos reservatórios em relação aos demais métodos. Os métodos práticos inglês e alemão não foram adequados às variações pluviométricas das localidades estudadas.

Em locais de alto índice pluviométrico, um método que determina menores volumes pode ser suficiente, enquanto que em locais com baixo índice pluviométrico, os métodos que superdimensionam o reservatório é que poderão suprir a demanda de água nos períodos secos (SILVA; FERREIRA, 2019). Para Amorim e Pereira (2008) é muito importante fazer uma investigação comparativa

para cada estudo de caso, para escolher o método e volume de acordo com os interesses do local de implantação do sistema.

3 METODOLOGIA

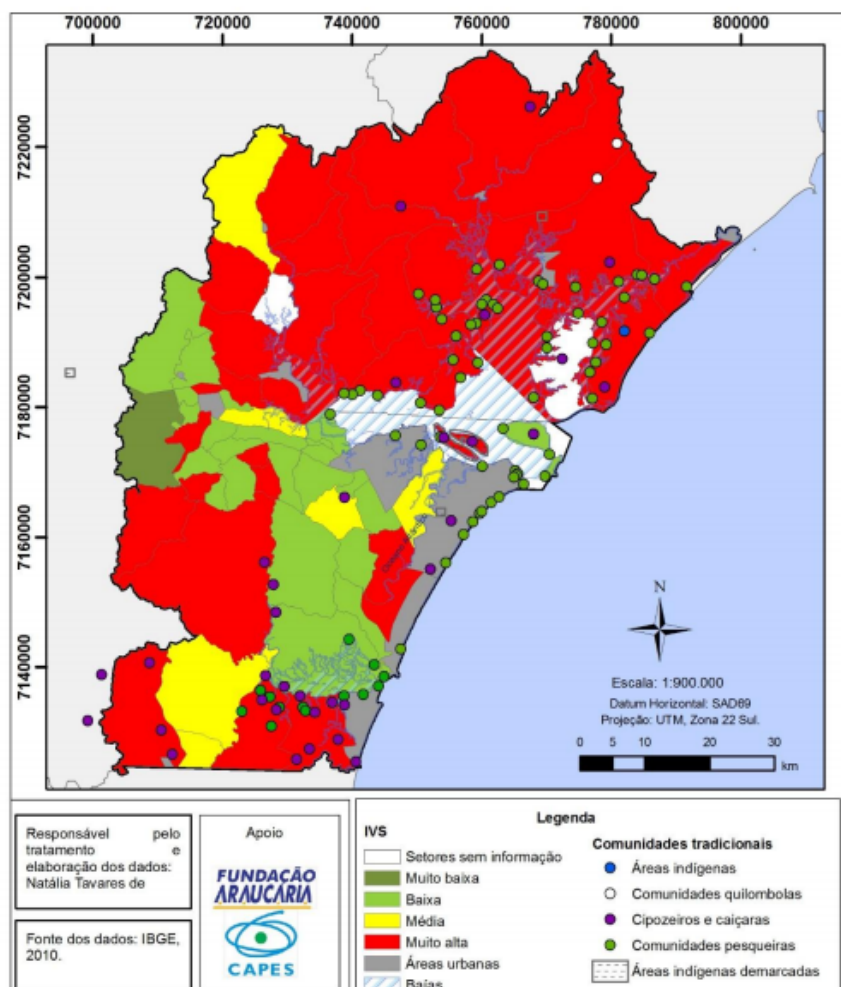
A metodologia deste trabalho foi dividida em cinco partes, apresentadas em tópicos conforme a seguir.

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O litoral do Paraná é constituído por sete municípios: Pontal do Paraná, Paranaguá, Guaraqueçaba, Morretes, Antonina, Matinhos e Guaratuba. As áreas rurais do litoral paranaense têm 5.683,37 km², ocupando quase 94% do território litorâneo. Nelas residem 9,5% da população litorânea, totalizando 25.163 residentes que estavam distribuídos em 7.483 domicílios no ano de 2010 (AZEVEDO, 2016). As comunidades rurais como são consideradas as comunidades insulares, são em geral mais vulneráveis, pois existe uma certa dificuldade em levar serviços essenciais a essas localidades devido à distância e/ou ao isolamento.

Existem diversas comunidades isoladas no litoral do Paraná, entre elas as das Ilhas das comunidades marítimas, como Ilha de Europinha, Ilha de Piaçaguera, Ilha de Tibicanga, Ilha Eufrasina, Ilha Rasa da Cotinga, Ilha do Mel, Ilha das Peças, Ilha do Superagui, Ilha do Teixeira, Ilha das Cobras, Ilha do Amparo, comunidade Marítima de São Miguel, entre outras. A Figura 1 mostra a localização de todos os setores rurais do litoral do Paraná, que são divididos em áreas indígenas, comunidades pesqueiras, comunidades quilombolas, cipozeiros e caiçaras, e mostra um índice de vulnerabilidade social (IVS) definido por Azevedo (2016) para cada uma dessas regiões

FIGURA 1 - MAPA DOS SETORES RURAIS DO LITORAL E SEU ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL



FONTE: AZEVEDO (2016).

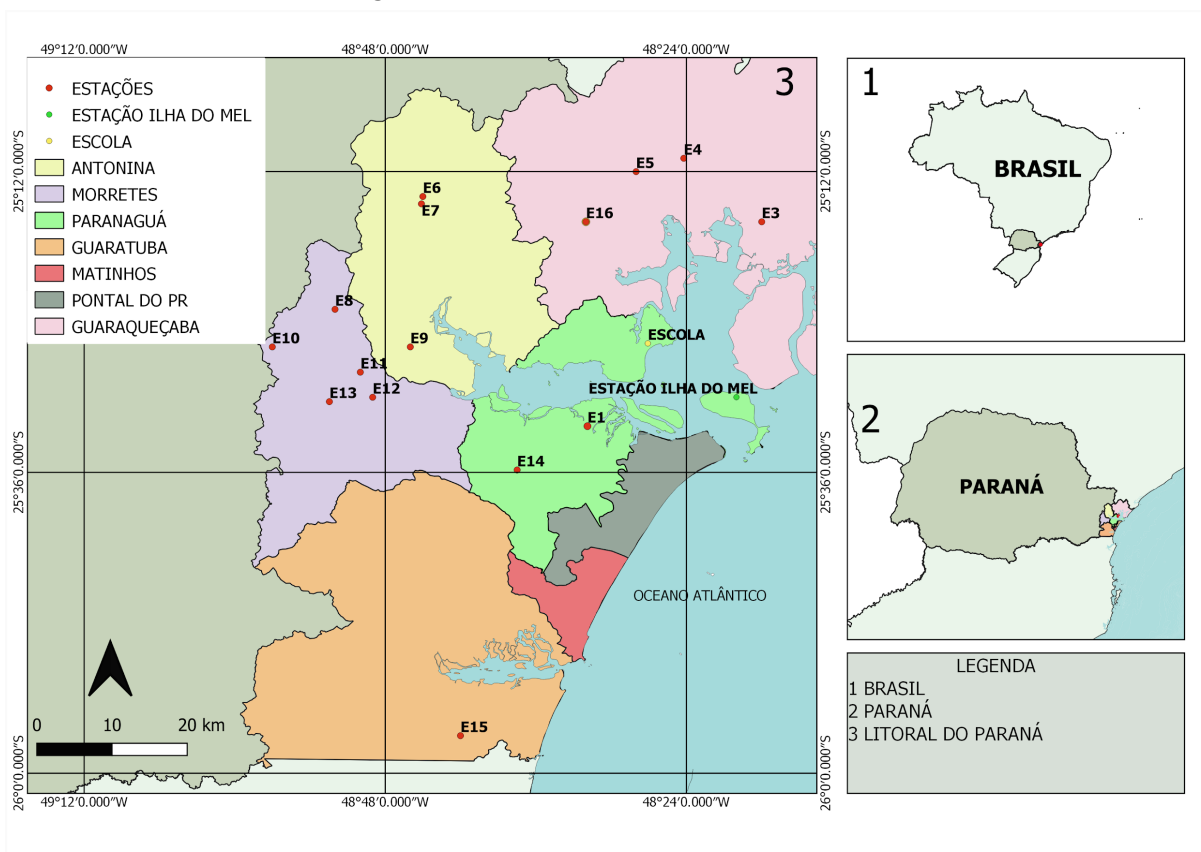
O IVS utilizado para construção do mapa da Figura 1 é um indicador de vulnerabilidade social utilizado para identificar as comunidades que possuem menos acesso à riqueza socialmente produzida e com maiores privações à organização social. Nota-se nessa figura que uma grande parte do litoral do Paraná obteve classificação de vulnerabilidade social muito alta, principalmente ao norte da baía de Paranaguá.

Para elaboração dos diagramas foram utilizados dados de precipitação da estação localizada na Ilha do Mel (área rural de Paranaguá), para verificar a abrangência do uso dos diagramas foram utilizados dados de outras 16 estações pluviométricas localizadas no litoral do Paraná (vide Tabela 1). A comunidade de São Miguel (área rural de Paranaguá) é objeto de estudo neste trabalho, onde foi

dimensionado o reservatório de captação de água pluvial para uso não potável da escola da comunidade.

A comunidade de São Miguel pertence à zona rural do município de Paranaguá, e está compreendida nas coordenadas geográficas 25° 25' 48" S e 48° 27'12" O. A cidade de Paranaguá possui uma população estimada de 154.936 pessoas e uma área territorial de 826,431 km² (IBGE, 2020). São Miguel possui cerca de 200 famílias, onde a maioria tem a pesca e a extração de siri como sua principal fonte de renda e de alimentação (ANACLETO et al., 2015). A Figura 2 exhibe o mapa do litoral do Paraná, as estações pluviométricas utilizadas para a apresentação dos resultados deste trabalho e a Escola Municipal do Campo “Tambarutaca”.

FIGURA 2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA COMUNIDADE DE SÃO MIGUEL E LITORAL PARANAENSE



FONTE: A autora (2020).

A Escola Municipal do Campo “Tambarutaca” (Figura 3) oferece educação infantil (Pré 1 e Pré 2, multisseriado) no período vespertino e ensino fundamental (1°

ao 5º ano) no período matutino, atendendo ao todo 18 alunos. Conta também com 2 professores, 1 funcionário de serviços gerais e 1 estagiário (SEMEDI, 2020).

FIGURA 3 - VISTA SUPERIOR DA ESCOLA MUNICIPAL DO CAMPO "TAMBARUTACA"



FONTE: Adaptado de OLIVEIRA (2019).

3.2 REGIME PLUVIOMÉTRICO

Para a elaboração dos diagramas e comparação dos métodos, as informações pluviométricas foram coletadas da estação automática da Ilha do Mel (código A847), localizada nas coordenadas 48° 19' 60" O e 25° 30' 0" S, altitude de 1 m. Os dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e a escolha da estação Ilha do Mel ocorreu pelo fato de ser a mais próxima geograficamente, aproximadamente 14,2 km do local do estudo de caso, na comunidade de São Miguel.

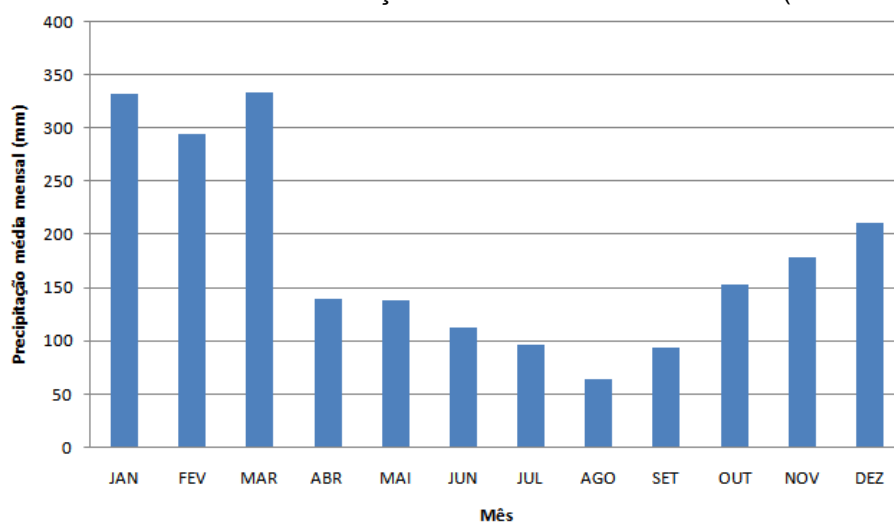
As medições realizadas na estação são horárias, e estão sendo utilizados neste trabalho os dados medidos entre 23 de março de 2007 e 31 de dezembro de 2017, totalizando 3937 dias de dados. Estes dados pluviométricos são necessários

para o cálculo do dimensionamento, tanto dos reservatórios, quanto das calhas e condutores de um sistema de captação de águas pluviais.

É esperado que dados de uma série grande possuam falhas devido à operacionalidade da estação que necessita de manutenção. Desta forma, realizou-se um tratamento estatístico a fim de se garantir que as estatísticas obtidas sejam representativas das condições meteorológicas da região.

Primeiramente foram excluídos os dias com falhas nas 24 horas, havendo uma redução de 14,7% dos dados. Dos 85,3% resultantes apenas 5,5% contêm menos de 24 horas em suas medições. Algumas metodologias de dimensionamento estudadas neste trabalho dependem de conjuntos de dados mensais, outras de dados anuais. Para as análises que dependem da precipitação média mensal, foram feitas as médias usando as acumuladas mensais (APÊNDICE 1) plurianuais que geraram o histograma apresentado na Figura 4. Para os métodos que dependem da precipitação média anual, excluíram-se os anos com menos de 12 meses de dados, restando os anos de 2008, 2009, 2011, 2012, 2014 e 2015, os quais suas acumuladas anuais definiram uma média anual.

FIGURA 4 - MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES ACUMULADAS MENSAIS (ILHA DO MEL)



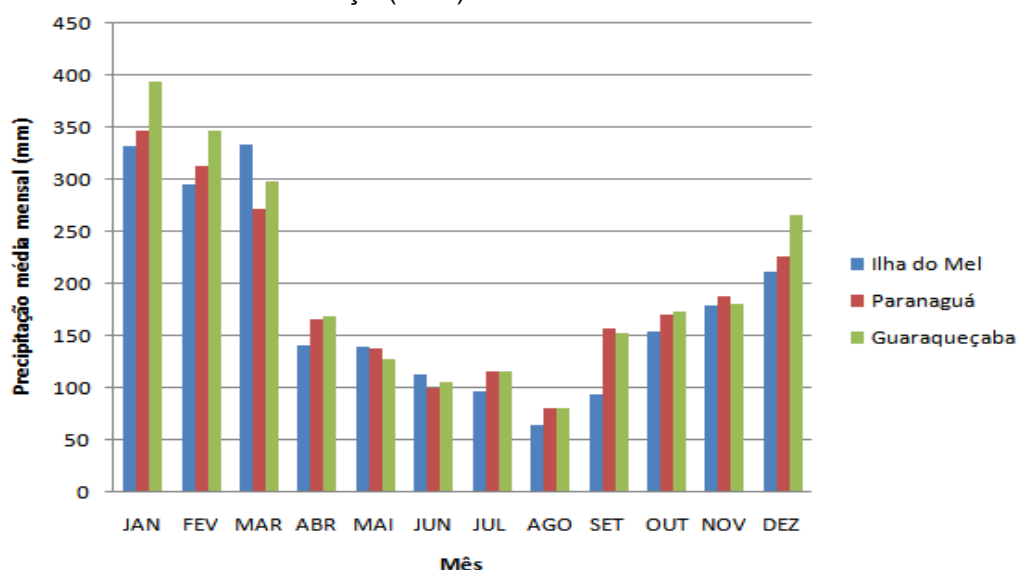
FONTE: A autora (2020).

Segundo Vanhoni e Mendonça (2008) as precipitações no litoral do Paraná são bem distribuídas ao longo do ano, não havendo nenhum período de seca, mas com maior volume de chuva no verão (principalmente no mês de janeiro). Sendo a média pluviométrica na planície do litoral do Paraná variável de 2000 a 2200

mm/ano, semelhante à média acumulada anual obtida neste trabalho, que foi de 2302,25 mm.

Para demonstrar que há pouca variação pluviométrica em localidades próximas à estação Ilha do Mel, a Figura 5 exibe as médias climatológicas de precipitação determinadas por Vanhoni e Mendonça (2008), da estação localizada na zona urbana de Paranaguá (E1) e da estação localizada em Guaraqueçaba (E16), município situado no litoral do Paraná (vide Figura 2). As colunas que representam a chuva média mensal da Ilha do Mel são as mesmas dispostas na Figura 4.

FIGURA 5 - MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES MENSIS DA ESTAÇÃO DA ILHA DO MEL E MÉDIAS DAS PRECIPITAÇÕES EM GUARAQUEÇABA E PARANAGUÁ APRESENTADAS POR VANHONI E MENDONÇA (2008).



FONTE: A autora (2020).

Além da comparação feita na Figura 5, as médias pluviométricas determinadas por Vanhoni e Mendonça (2008) para as 16 estações meteorológicas localizadas no litoral do Paraná (Tabela 1), estão sendo utilizadas neste trabalho para avaliação da área de abrangência dos resultados obtidos.

TABELA 1 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS USADAS POR VANHONI E MENDONÇA (2008)

ESTAÇÃO	CÓDIGO	ÓRGÃO	MUNICÍPIO	
E1	Paranaguá	83844	INMET	Paranaguá
E2	Rio Guaraqueçaba	2548042	SUDERHSA	Guaraqueçaba
E3	Guaraqueçaba-Costão	2548023	SUDERHSA	Guaraqueçaba
E4	Bananal	2548043	SUDERHSA	Guaraqueçaba
E5	Passo do Vau	2548044	ANA	Guaraqueçaba
E6	Colônia Cachoeira	2548003	ANA	Antonina
E7	Antonina	2548070	IAPAR	Antonina
E8	S. J. da Graciosa	2548047	SUDERHSA	Morretes
E9	Antonina	2548068	SUDERHSA	Antonina
E10	Véu de Noiva	2548002	ANA	Morretes
E11	Morretes	2548000	ANA	Morretes
E11	Morretes	2548038	IAPAR	Morretes
E13	Marumbi	2548027	SUDERHSA	Morretes
E14	C. Sta. Cruz	2548049	SUDERHSA	Paranaguá
E15	Morro Grande	2548035	SUDERHSA	Guaratuba
E16	Guaraqueçaba	2548039	IAPAR	Guaraqueçaba

FONTE: Adaptado de Vanhoni e Mendonça (2008).

3.3 CONSUMO DE ÁGUA

O reservatório de água pluvial foi dimensionado neste trabalho para fins não potáveis da água armazenada, tal como em vasos sanitários, regas de jardim, limpeza dos pisos etc.

A primeira etapa deste estudo é o comparativo entre os métodos de determinação do volume do reservatório de água pluvial. Definiu-se um intervalo de variação da demanda por água entre 1 e 16 m³ mensais, intervalo este que pode

abranger o consumo de água não potável tanto em residências, quanto em outros estabelecimentos de pequeno porte, tais como as escolas das comunidades insulares.

Na comunidade de São Miguel, local do estudo de caso, assim como em muitas comunidades isoladas, não há registros do volume de água consumida nas edificações das comunidades, pois não há sistemas de abastecimento de água que fazem uso de hidrômetros. Nesses casos, o consumo pode ser estimado com base na norma técnica 181/2017 da Sabesp (2017): em residências o consumo varia de 70 a 120 L/pessoa/dia. Em escolas (por período) o consumo varia de 17 a 27 L/pessoa/dia. A UNICEF (2012) estimou o consumo escolar (por período) variando entre 15 e 25 L/pessoa/dia, sendo 5 L destinado ao consumo e higiene pessoal e 10 a 20 L ao uso nos sanitários. Como o estudo de caso deste trabalho é de uma escola, o valor de 15 L/pessoa/dia foi estabelecido, considerando a média entre 10 e 20L, valores dos extremos do intervalo de consumo definido pela Unicef nos sanitários.

3.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2019), a área de captação é definida como a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. A NBR 10.844 (ABNT, 1989), apresenta as formas de calcular a área de captação em projeção horizontal, para superfície inclinada utiliza-se a Equação 1.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad (1)$$

onde, A é a área de captação em projeção horizontal (m^2), a largura do telhado (m), b comprimento do telhado h altura do pendural (m).

Para a primeira etapa de obtenção dos diagramas e comparação entre métodos de dimensionamento de reservatório, onde a área de captação é uma

informação necessária para o dimensionamento do reservatório, variou-se a mesma entre 0 e 200 m², pois acredita-se que sejam tamanhos razoáveis tratando-se de residências, escolas e outros estabelecimentos das comunidades insulares.

Para o estudo de caso, devido à impossibilidade de se visitar a escola por conta da pandemia do COVID-19, não foi realizada a medição da área total do telhado *in loco*, sendo assim definida com o *software* Google Earth Pro. Na figura 5 está a imagem do telhado, com uma água delimitada. Como a área de captação, assim como o reservatório, devem ser otimizados, a fim de se promover um sistema economicamente viável e ao mesmo tempo confiável, optou-se então por investigar através dos diagramas, o melhor tamanho tanto do reservatório quanto da área de captação de água da chuva.

FIGURA 6 - TELHADO DA ESCOLA, COM DESTAQUE EM VERMELHO PARA UMA ÁGUA COM ÁREA DE APROXIMADAMENTE 140 M²



FONTE: Adaptado de OLIVEIRA (2019).

3.5 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

O método Rippl, o método da simulação, o método Azevedo Neto (método prático brasileiro), o método prático alemão, o método prático inglês e o método prático australiano, são os métodos mais comumente utilizados para o dimensionamento. Antes da NBR 15.527 ser atualizada eles eram descritos na norma. Neste trabalho foram desenvolvidos diagramas desses métodos, para

utilização no complexo estuarino de Paranaguá. Os volumes obtidos por cada um desses métodos também foram comparados, para compreensão das diferenças obtidas por cada um dos métodos na região.

A maioria dos métodos apresentados neste trabalho utilizam um coeficiente de escoamento superficial denominado coeficiente de *Runoff*. Esse coeficiente pode variar de 0,20 a 0,95, dependendo principalmente da porosidade e rugosidade do material adotado, bem como da inclinação do telhado (RIBEIRO; MARINOSKI, 2020). Para telhas cerâmicas, telhas corrugadas de metal e telhas de cimento amianto o coeficiente de *Runoff* varia de 0,8 a 0,9 enquanto que para telhas esmaltadas e telhas de plástico ele varia de 0,9 a 0,95 (TOMAZ, 2010). Em geral não há um consenso sobre o valor exato de *C* para cada tipo de telha, somente seus intervalos. A NBR 15.527, na sua penúltima versão (ABNT, 2007), descreve que o coeficiente de escoamento superficial geralmente utilizado nos cálculos de dimensionamento de reservatório é de 0,8. Desta forma, será adotado o coeficiente $C = 0,8$ para qualquer material utilizado na construção civil para cobertura de edificações, visto que todos os coeficientes encontrados dos materiais mais comuns têm o coeficiente maior ou igual a 0,8. Ao escolher $C = 0,8$, estamos sendo conservadores no que tange ao tamanho do reservatório, pois quanto maior for o coeficiente menor serão os volumes de reservatórios.

3.5.1 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

O volume de chuva obtido pelo método australiano é dado pela equação (2):

$$Q = \frac{A \cdot C \cdot (P - I)}{1000}, \quad (2)$$

onde C é o coeficiente de escoamento superficial, P é a precipitação média mensal (mm), I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (geralmente de 2 mm/mês), A é a área de captação (m^2) e Q é o volume mensal produzido pela chuva (m^3).

O cálculo do volume do reservatório é definido pela iteração que se segue, equação (3).

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t , \quad (3)$$

onde Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3), V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t (m^3), V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t (m^3) e D_t é a demanda mensal (m^3). No tempo inicial define-se o valor zero para o volume do reservatório.

A probabilidade de acertos é denominada confiança. Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99% (ABNT, 2007). A confiança pode ser obtida conforme as equações (4) e (5).

$$Pr = \frac{Nr}{N} , \quad (4)$$

$$Confiança = (1 - Pr) \cdot 100 , \quad (5)$$

onde Pr é a probabilidade de se ter falha, ou seja, do reservatório não atender o volume de água requerido pelo estabelecimento, Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando, $V_t = 0$ e N é o número de meses avaliados.

3.5.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO

O método da simulação é semelhante ao método prático australiano. O volume é fixado inicialmente e testado até que se obtenha uma confiança esperada, diferente do australiano não se considera a evaporação e interceptação da água da chuva. Além disso, adotam-se duas hipóteses, sendo a primeira que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo t e a segunda é que os dados históricos

de chuva são representativos para condições futuras. As equações (6), (7) e (8) são utilizadas neste método.

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t, \quad (6)$$

$$Q_t = C \cdot P \cdot A, \quad (7)$$

$$0 \leq S_t \leq V, \text{ se } V_t < 0 \text{ então } V_t = 0 \quad (8)$$

onde S_t é o volume de água no reservatório no tempo t (m^3), S_{t-1} é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$ (m^3), Q_t é o volume de chuva no tempo t (m^3), D_t é o consumo ou demanda no tempo t (m^3), C é o coeficiente de escoamento superficial, P o valor numérico da precipitação (mm), A é a área de captação (m^2) e V é o volume do reservatório (m^3).

Assim como no método prático australiano, a confiança pode ser calculada através das equações (4) e (5) anteriormente apresentadas. Neste caso Nr é a quantidade de vezes que $S_t = 0$.

3.5.3 MÉTODO DE RIPPL

O método de Rippl pode ser utilizado em dois modos, sendo um o gráfico e outro analítico. O modo utilizado neste trabalho é o analítico. Neste método podem-se usar as séries históricas de precipitações mensais ou diárias. As equações envolvidas são (9), (10) e (11):

$$V_t = D_t - Q_t, \quad (9)$$

$$Q_t = C \cdot P \cdot A, \quad (10)$$

se $V_t > 0$ o volume é obtido por

$$V = \sum V_t \text{ quando } V_t > 0, \quad (11)$$

deve-se atender a condição $\sum D_t < \sum Q_t$,

em (9) e (10), Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo t (m³), D_t é a demanda ou consumo no tempo t (m³), V é o volume do reservatório (m³), C é o coeficiente de escoamento superficial, P é o valor numérico da precipitação (mm) e A é a área de captação (m²).

Neste trabalho, utilizou-se o método de Rippl (mensal) com as médias das acumuladas mensais da série de dados.

3.5.4 MÉTODO AZEVEDO NETO

Neste método o volume de chuva aproveitável é obtido pela equação (12):

$$V = 0,042. P. A. T, \quad (12)$$

onde V é o valor numérico de volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L), P é o valor numérico da precipitação média anual (mm), A é a área de captação (m²) e T é o valor numérico do número de meses com pouca chuva ou seca.

Brandão e Marcon (2018) obtiveram o valor de T com base no histograma das precipitações mensais do local estudado, onde puderam observar que os meses de julho e agosto apresentavam os menores índices pluviométricos. Dessa forma, com base nos dados que geraram o histograma apresentado na Figura 4, foi possível determinar $T=1$ neste trabalho, pois o mês de agosto possui precipitação acumulada média mensal de 64 mm, cerca de 64% abaixo da média das precipitações mensais.

3.5.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Neste método o volume do reservatório é obtido diretamente através da precipitação e da área de captação, pela seguinte equação (13):

$$V = 0,05. P. A, \quad (13)$$

onde P é o valor numérico da precipitação média anual (mm), A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m^2), V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

3.5.6 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

O Método Prático Alemão é um método empírico, em que o volume do reservatório é de 6% do consumo de água anual ou do volume anual de precipitação aproveitável, dependendo de qual dos dois determinem menores valores. Para este método utiliza-se a equação (14).

$$V_{adotado} = \text{mín}(V; D). 0,06, \quad (14)$$

onde $V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório (L), D é o valor numérico da demanda anual da água não potável (L) e V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (L) descrito na equação (15).

$$V = P. A. C. \eta, \quad (15)$$

onde P é a precipitação média diária, mensal ou anual (mm), A é a área de captação (m^2), C é o coeficiente de escoamento superficial, que varia de acordo com o material da área de captação, η é a eficiência do sistema de captação levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial, caso este último seja utilizado. A eficiência do sistema de captação é dado pelo fabricante ou

estimado pelo projetista, sendo que na falta de dados recomenda-se o uso de 0,85 (ABNT, 2019).

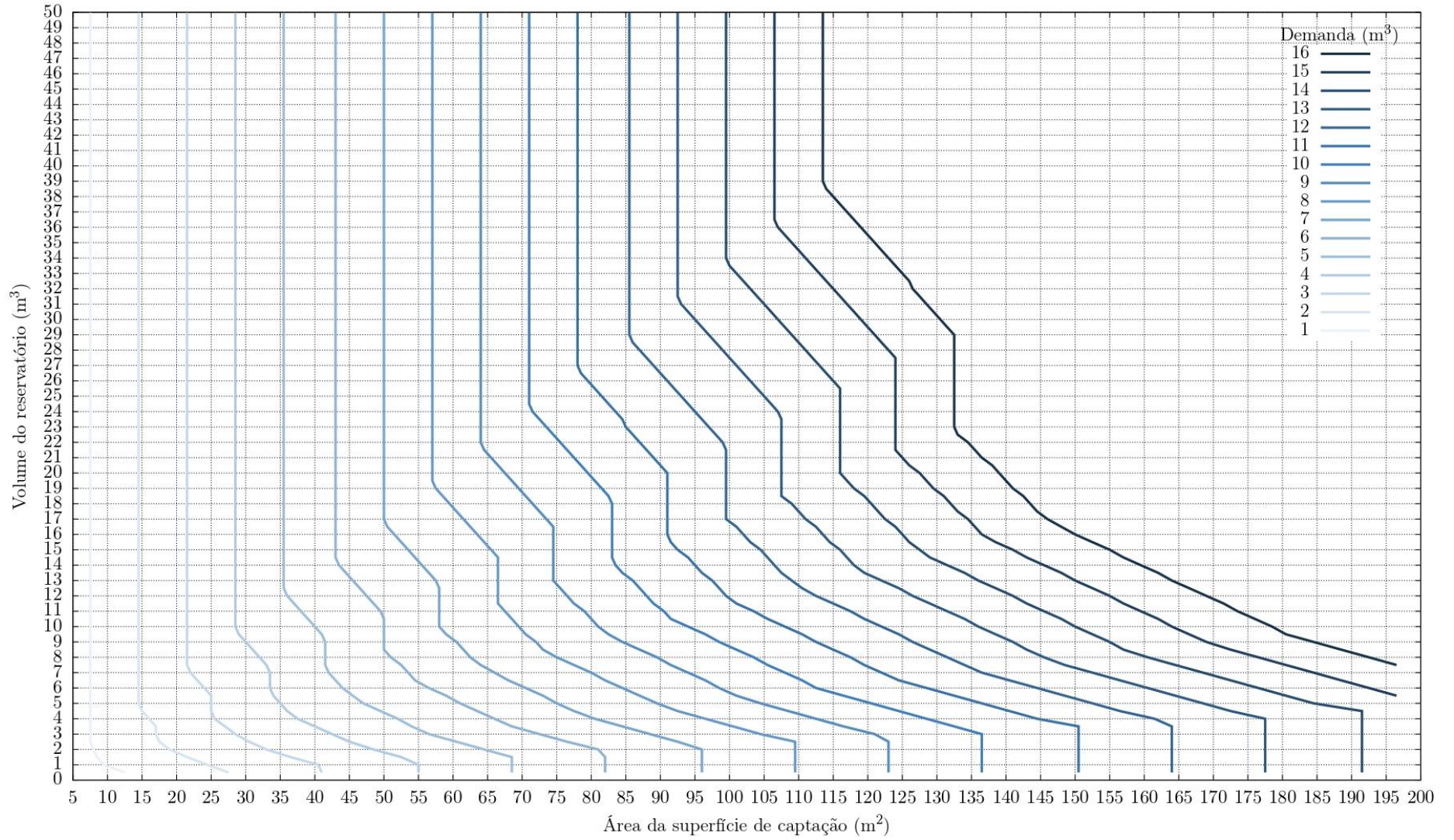
4 RESULTADOS

Esta seção foi dividida em três partes principais: métodos de dimensionamento, onde são apresentados os diagramas gerados e são comparados os métodos para diversas áreas de captação e demandas; a subseção seguinte apresenta abrangência do uso dos diagramas no litoral do Paraná e na terceira parte é apresentado um estudo de caso, onde determina-se o volume do reservatório para a Escola Municipal do Campo Tambarutaca.

4.1 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

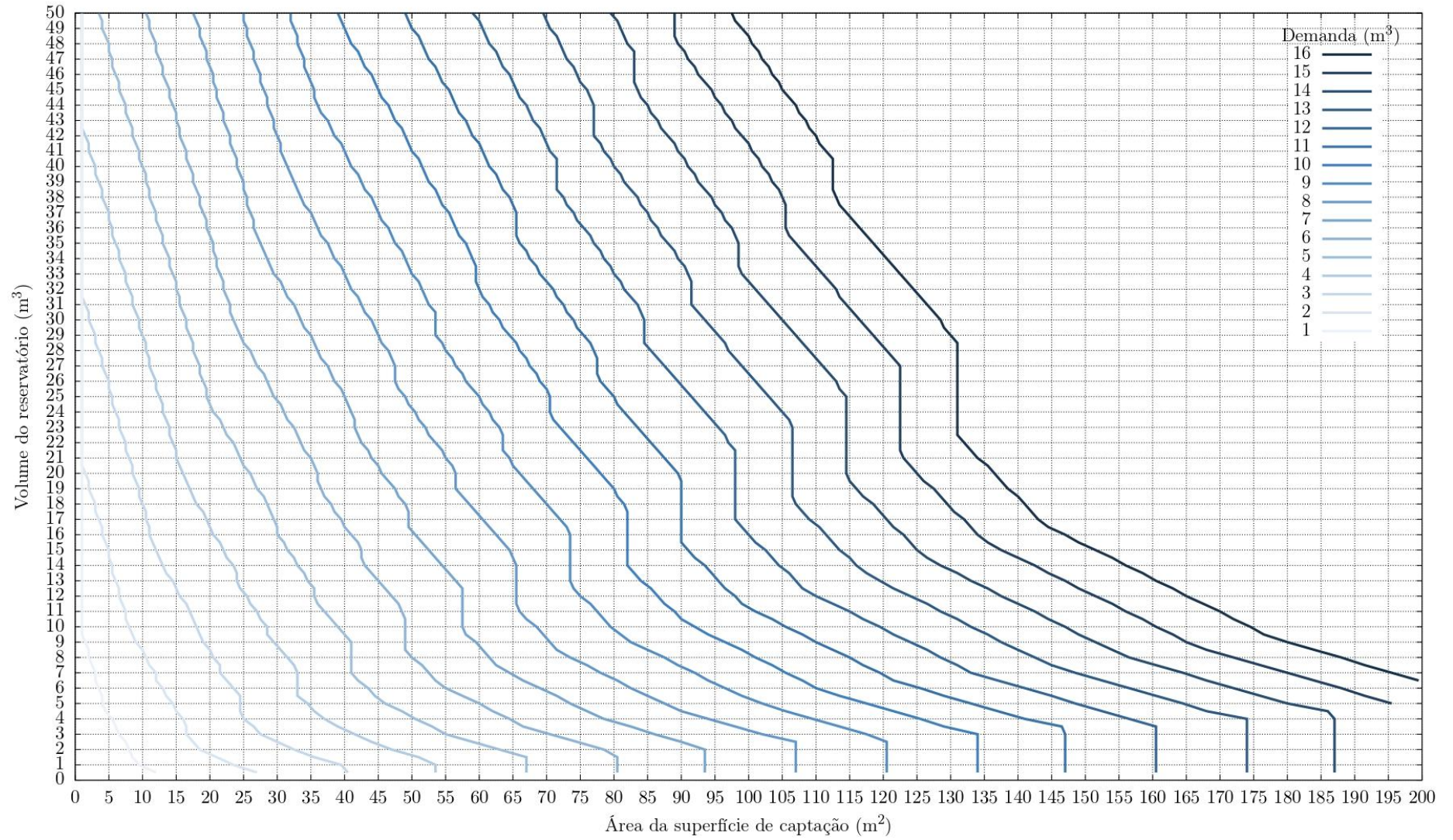
Os métodos prático australiano e de simulação obtêm o volume do reservatório através do balanço hídrico mensal da água da chuva no reservatório. O método prático australiano considera a interceptação da água da chuva na superfície de captação e o reservatório inicia vazio, enquanto que o método da simulação despreza a interceptação da água da chuva e no tempo de início do uso do reservatório, o seu volume deve estar cheio. Os diagramas apresentados nas Figuras 7 e 8 resultaram do método prático australiano e do método da simulação, respectivamente. Esses diagramas foram gerados considerando uma confiança mínima de 90%, e podem ser adotados para determinação do volume da água do reservatório ou da área necessária de captação de água pluvial em regiões próximas à estação meteorológica da Ilha do Mel, onde o regime de chuvas é semelhante.

FIGURA 7 - DIAGRAMA DO MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO PARA CONFIANÇA MÍNIMA DE 90%



FONTE: A autora (2021)

FIGURA 8 - DIAGRAMA DO MÉTODO DA SIMULAÇÃO PARA CONFIANÇA MÍNIMA DE 90%

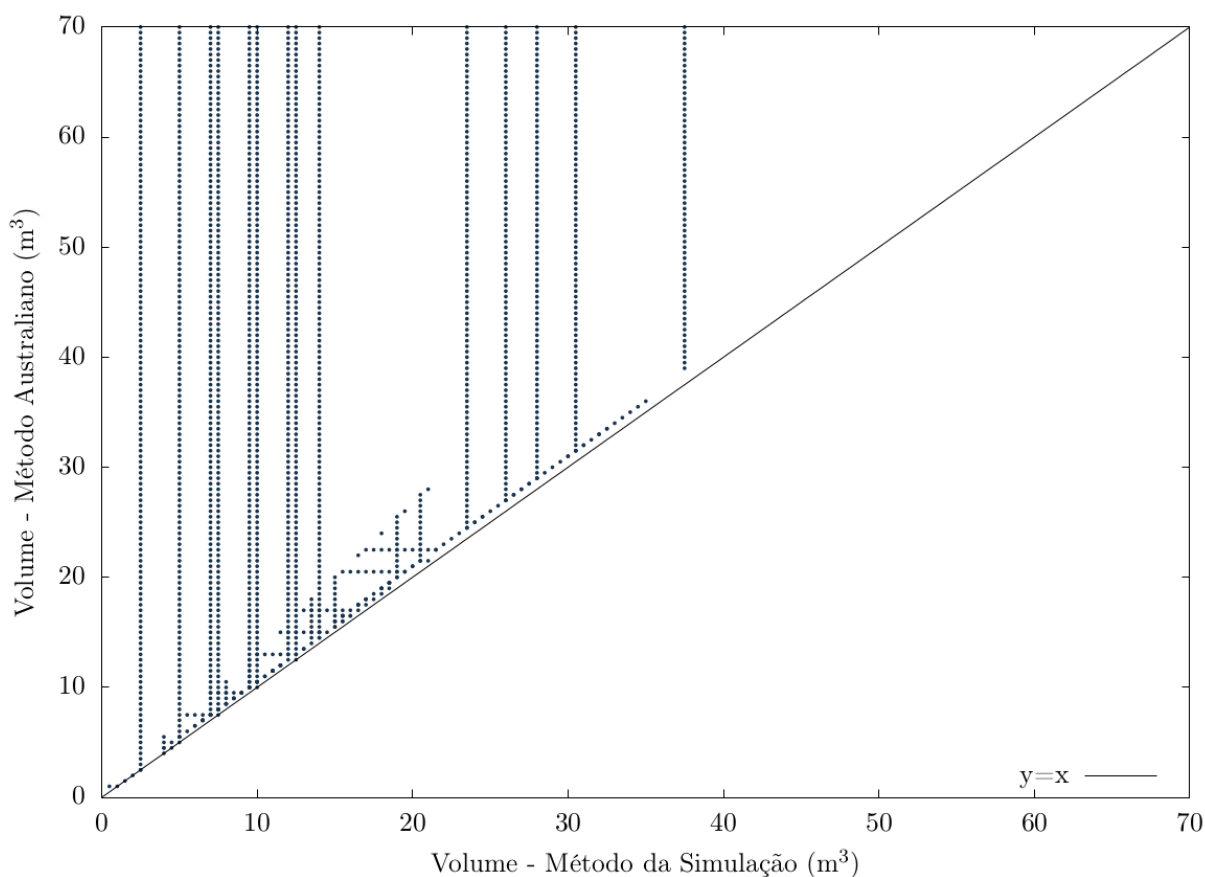


FONTE: A autora (2021).

As diferenças na formulação matemática do método australiano geraram resultados tanto de volumes quanto de áreas maiores para as mesmas demandas em relação ao método da simulação. Isto pode ser observado através dos diagramas dispostos nas figuras 7 e 8. Por exemplo, para a demanda de 16 m³ mensais, o método australiano estima um reservatório de 13 m³ em uma área de aproximadamente 165 m², enquanto que o da simulação estima um reservatório de 12 m³ para a mesma área e demanda.

No gráfico da Figura 9 exibem-se os resultados dos volumes obtidos pelos dois métodos, considerando áreas de captação e demandas iguais. Observa-se que o método australiano sempre obtém volumes maiores para o reservatório (pontos acima da reta $y = x$).

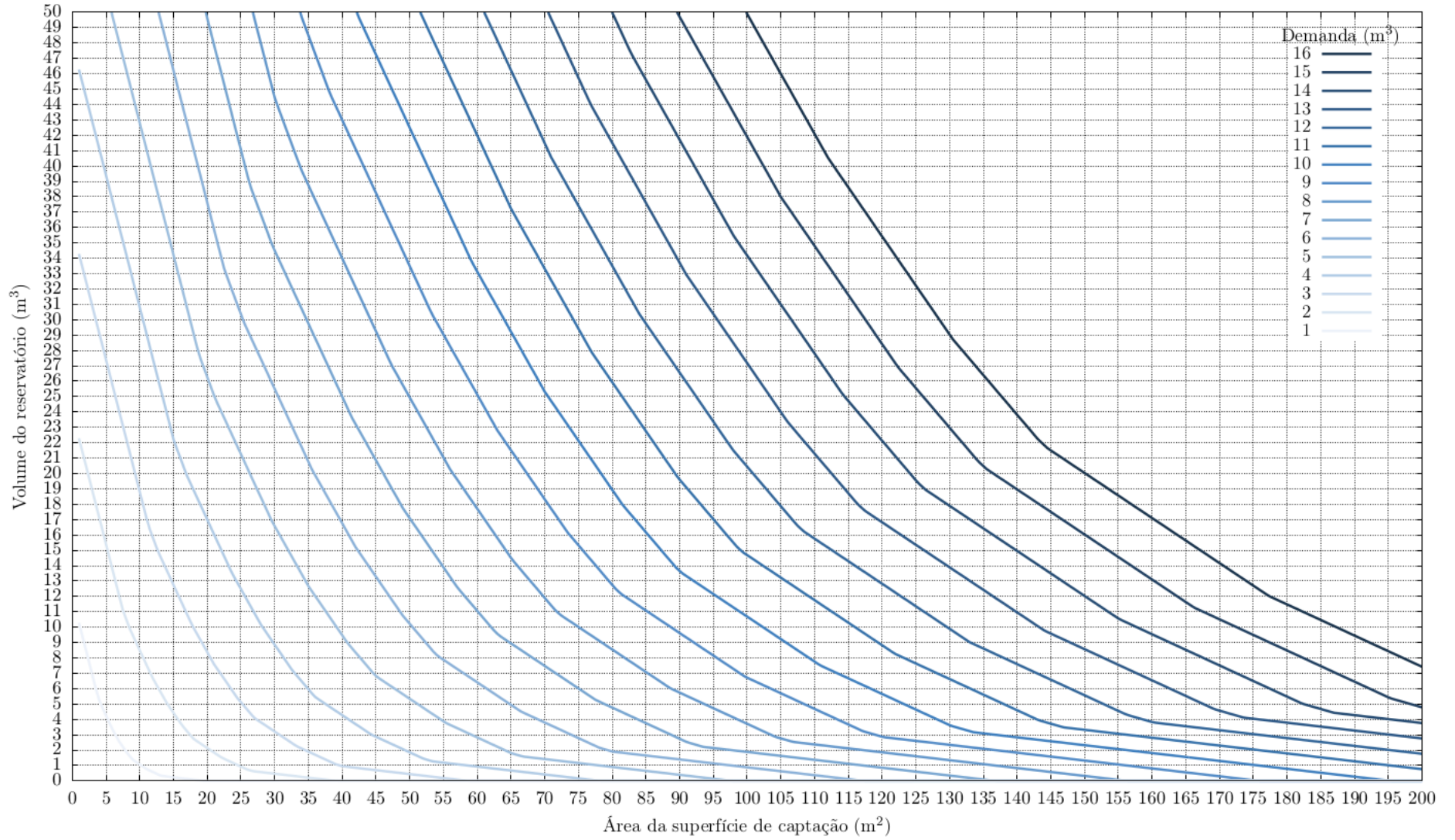
FIGURA 9 - GRÁFICO DE DISPERSÃO COMPARANDO AS ÁREAS OBTIDAS PELO MÉTODO AUSTRALIANO E PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO PARA VOLUMES DE RESERVATÓRIOS E DEMANDAS IGUAIS



FONTE: A autora (2021).

A Figura 10 apresenta o diagrama gerado para o método de Rippl, determinado a partir das médias das precipitações acumuladas mensais. Para a demanda de 16 m^3 mensais, em uma área de 165 m^2 , o volume do reservatório estimado pelo método de Rippl foi de aproximadamente 16 m^3 , enquanto que para esses mesmos valores de demanda e área, o método da Simulação estimou o volume de aproximadamente 12 m^3 e o método australiano de 13 m^3 .

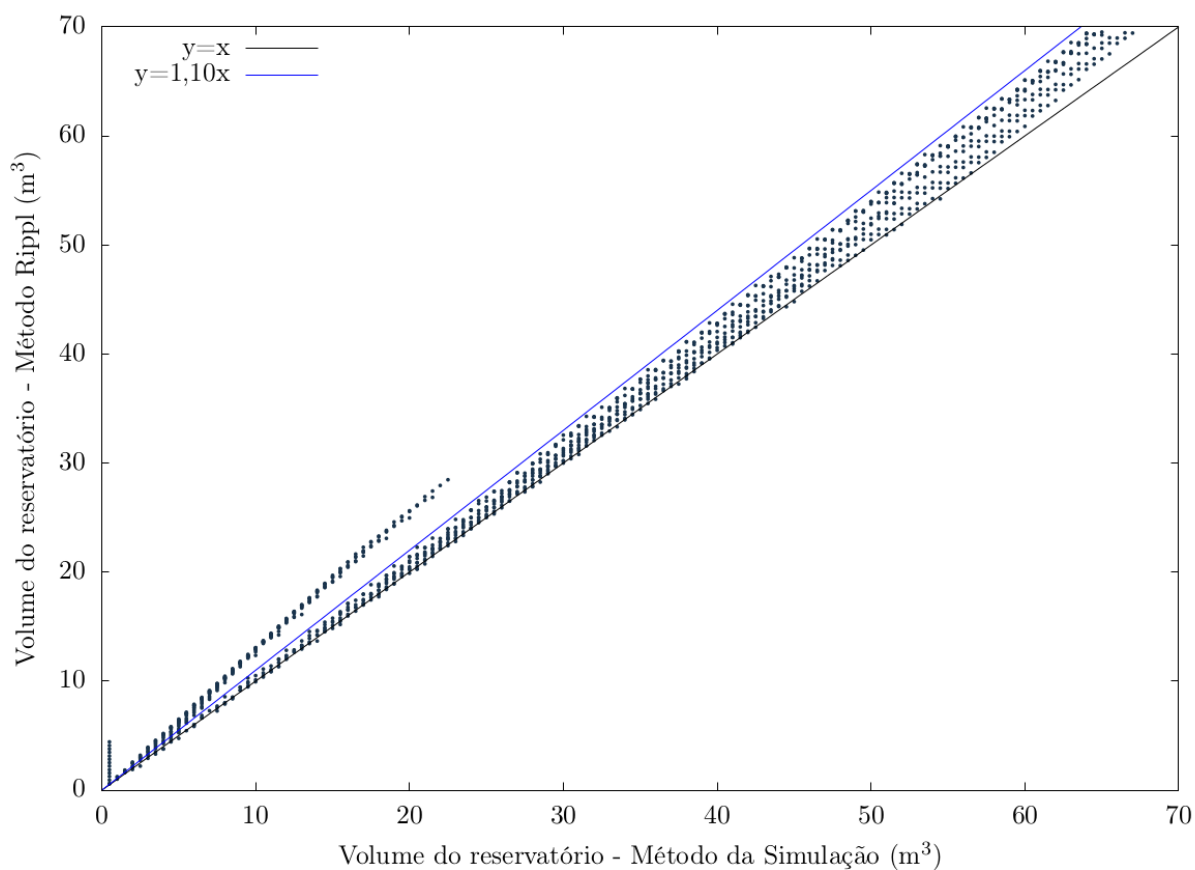
FIGURA 10 - DIAGRAMA DO MÉTODO DE RIPPL MENSAL



FONTE: A autora (2021).

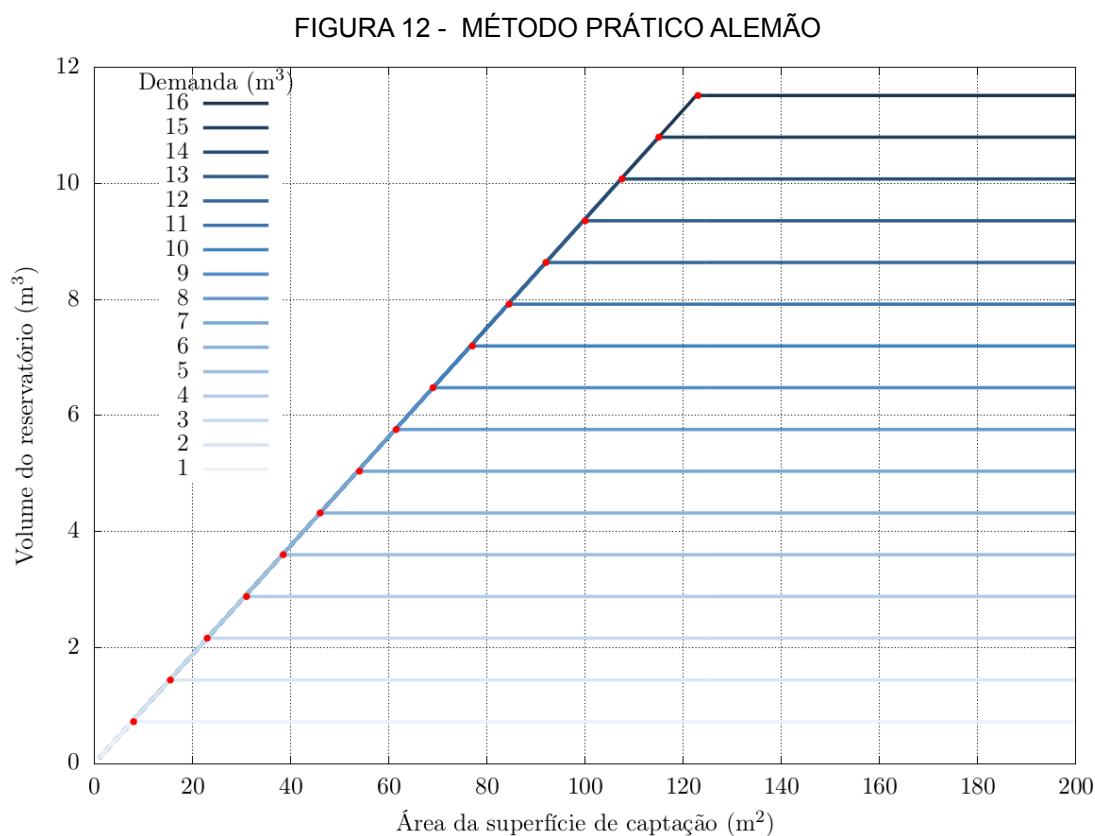
Na Figura 11 apresenta-se uma comparação entre os volumes dos reservatórios obtidos pelo método de Rippl e pelo método da simulação (o método da simulação sempre obtém volume menores do que o método australiano, conforme comparado na Figura 9). Nota-se na Figura 11 que uma boa parte dos pontos estão entre as retas $y = x$ e $y = 1,10x$, ou seja, grande parte da diferença entre os volumes dos reservatórios varia em até 10%. Em geral, o método de Rippl obtém volumes maiores do que o método da simulação.

FIGURA 11 - GRÁFICO DE DISPERSÃO COMPARANDO OS VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS OBTIDOS PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO E PELO MÉTODO DE RIPPL PARA DEMANDAS E ÁREAS DA SUPERFÍCIE DE CAPTAÇÃO IGUAIS



O diagrama referente ao método prático alemão está apresentado na Figura 12, onde se observa que o volume do reservatório e o tamanho da área de captação aumentam linearmente com a ampliação da água demandada. Os pontos em vermelho da Figura 12 indicam a menor área necessária para atender a demanda em questão. Sabendo a demanda de água mensal e a área de captação do local a

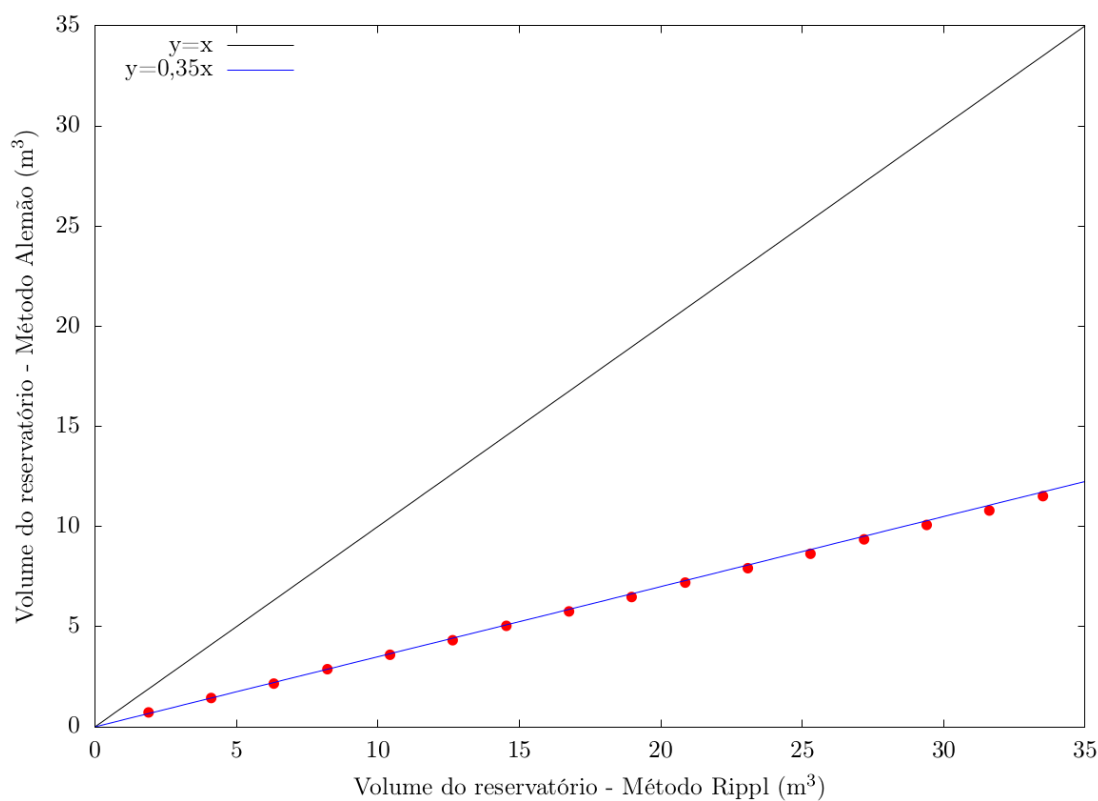
ser implementado o sistema, pode-se obter o volume do reservatório. Por exemplo, se a demanda de água não potável de um estabelecimento hipotético é de 16 m^3 , a área de captação mínima necessária é de aproximadamente 125 m^2 e o volume determinado para o reservatório é de $11,5 \text{ m}^3$.



FONTE: A autora (2021).

A Figura 13 exibe uma comparação entre o método prático alemão e o método de Rippl, onde os pontos em vermelho são os mesmos da Figura 12. Nota-se neste caso que o método prático alemão sempre obtém resultados de volumes menores que o método de Rippl.

FIGURA 13 - GRÁFICO DE DISPERSÃO COMPARANDO OS VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS OBTIDOS PELO MÉTODO ALEMÃO E RIPPL PARA DEMANDAS E ÁREAS DA SUPERFÍCIE DE CAPTAÇÃO IGUAIS



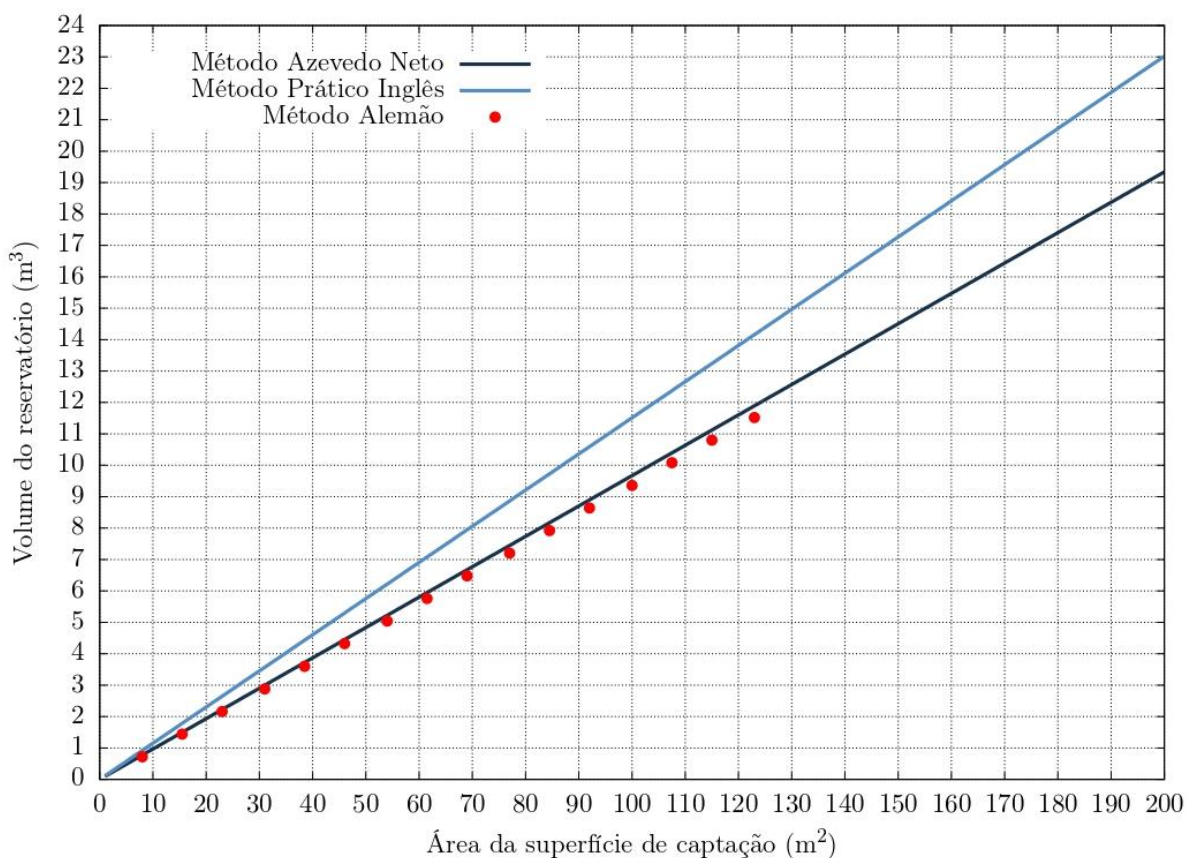
FONTE: A autora (2021).

Na Figura 14, dois métodos estão sendo apresentados em conjunto, o método Azevedo Neto e o método prático inglês; decidiu-se colocá-los no mesmo diagrama pois dos métodos comparados neste trabalho, são os únicos em que a demanda não é uma informação necessária para se obter o volume do reservatório. Além disso, estão dispostos os pontos vermelhos do método Alemão apresentados na Figura 12 e 13, a fim de comparação. O volume obtido pelo método inglês varia em função da precipitação média anual e da área de captação, e o método Azevedo Neto além de variar com estas duas variáveis, também considera os meses de estiagem (pouca ou nenhuma chuva). O dado de entrada (precipitação) é anual e os dados de saída (volumes) são em litros, mas para padronizar com os demais métodos e compará-los, foram apresentados aqui os volumes em metros cúbicos.

Pode-se notar que o coeficiente angular da reta do método Azevedo Neto é menor que a do método prático inglês; isto representa que para uma mesma área de captação, o volume do reservatório obtido pelo método Azevedo Neto é menor do que o volume obtido pelo método prático inglês. Para a área de 165 m², o método

Azevedo Neto determina um reservatório de 16 m³, enquanto o método prático inglês aproximadamente 19 m³. Observa-se que os pontos vermelhos (método prático alemão) são muito próximos à reta do Azevedo Neto, porém deve-se levar em consideração o fato de que cada ponto em vermelho representa uma demanda. Assim, o último ponto representa a demanda de 16 m³ do método alemão, que requer uma área de aproximadamente 125 m². Já o método Azevedo Neto requer uma área de aproximadamente 165 m² para a demanda de 16 m³. Para se determinar a área em função da demanda com os métodos de Azevedo Neto e prático inglês, deve-se considerar que o volume do reservatório é igual à demanda.

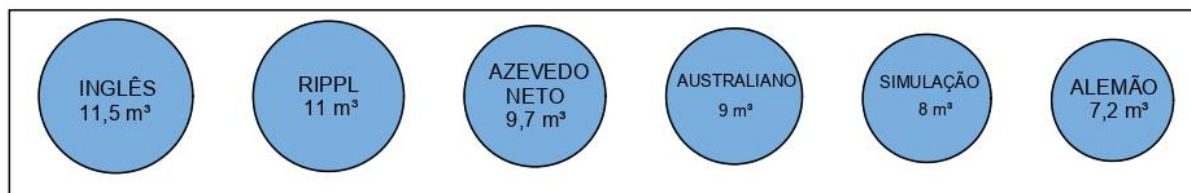
FIGURA 14 - MÉTODO PRÁTICO INGLÊS E MÉTODO DE AZEVEDO NETO



FONTE: A autora (2021).

Conforme as análises anteriores, os volumes obtidos pelos métodos variam bastante. A Figura 15 ilustra a área da base de reservatórios cilíndricos com alturas iguais utilizando as proporções reais dos volumes obtidos com cada um dos métodos para uma demanda de 10 m³ e área da superfície de captação de 100 m².

FIGURA 15 - ÁREAS DA BASE DE RESERVATÓRIOS CILÍNDRICOS DE MESMA ALTURA OBTIDAS COM A DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES PELOS MÉTODOS AVALIADOS NESTE TRABALHO, CONSIDERANDO UMA DEMANDA DE 10M^3 E UMA ÁREA DE CAPTAÇÃO DE 100M^2 .



FONTE: A autora (2021).

Os métodos práticos alemão, método prático inglês e o método Azevedo Neto são empíricos e não consideram na determinação do volume do reservatório o balanço hídrico interno no mesmo (LOPES; SILVA JÚNIOR; MIRANDA, 2015; BRANDÃO; MARCON, 2018). Por conta disso, neste trabalho considerou-se que os métodos prático australiano, simulação e Rippl, que utilizam o balanço hídrico, são mais seguros na determinação do volume do reservatório. Da seção seguinte em diante estão sendo avaliados apenas esses três métodos.

4.2 ABRANGÊNCIA DO USO DOS DIAGRAMAS NO LITORAL DO PARANÁ

Para que os diagramas possam ser utilizados nas comunidades próximas ao complexo estuarino de Paranaguá, verificou-se através de *boxplots* a variação do volume dos métodos para diferentes regimes de precipitação no litoral do Paraná. Para as mesmas áreas e demandas, foram calculadas as diferenças dos volumes dos reservatórios obtidos usando os dados da Ilha do Mel e das outras estações localizadas no litoral do Paraná. Os dados pluviométricos utilizados estão no ANEXO 1, e são referentes às estações pluviométricas já apresentadas na Tabela 1.

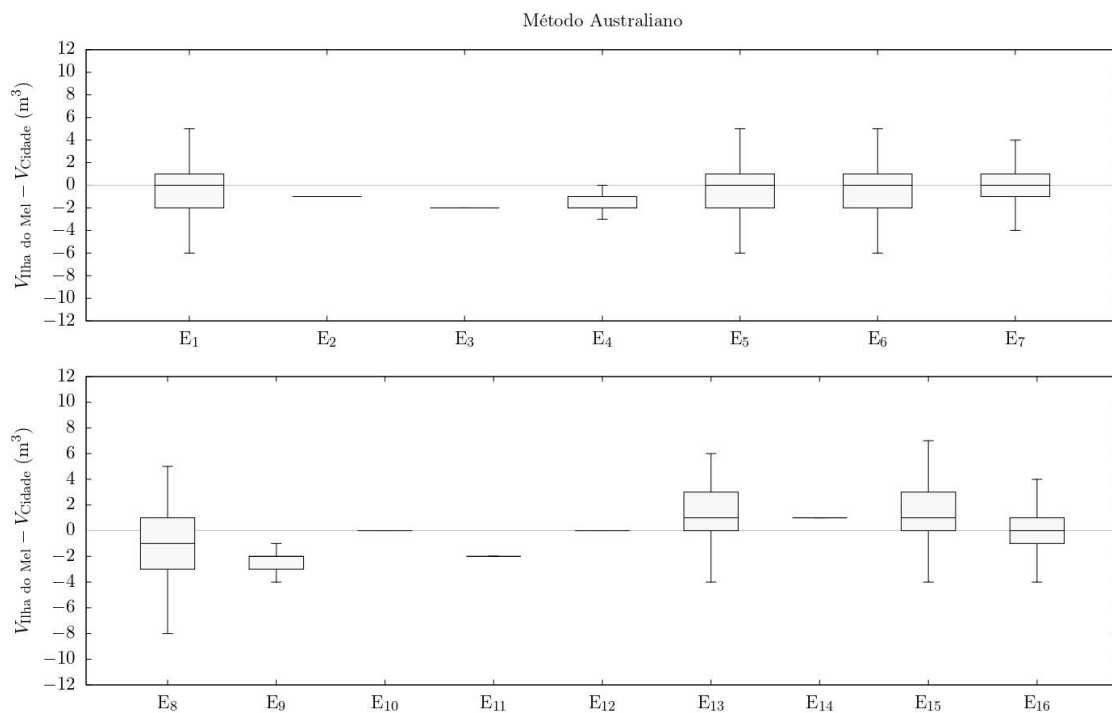
Nesta seção foram avaliados somente os métodos australiano, de simulação e Rippl. Os demais métodos foram desprezados devido à diferença obtida em relação aos métodos que explicitamente levam em consideração o balanço hídrico no reservatório de água pluvial em sua formulação matemática.

As Figuras 16, 17 e 18 exibem as diferenças entre os volumes obtidos para os métodos australiano, simulação e Rippl, respectivamente, usando os dados meteorológicos da estação da Ilha do Mel e das estações avaliadas por Vanhoni e Mendonça (2008).

Nota-se que o diagrama do método australiano é perfeitamente aplicável nas regiões das estações E2, E3, E10, E11, E12 e E14. Para E2 basta somar 1 metro cúbico no volume obtido pelo diagrama da Figura 7, para E14 subtrai-se 1 m³, em E3 e E11 deve-se somar 2 m³, e em E10 e E12 o volume obtido pelo diagrama é aplicável sem necessidade de correção.

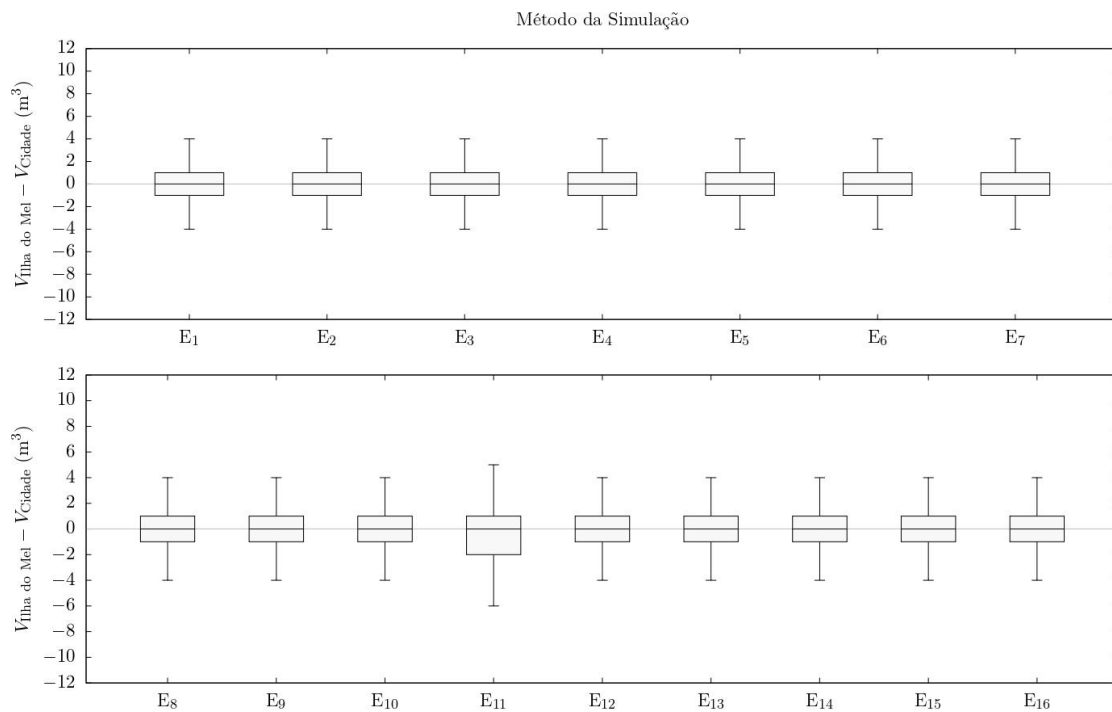
A Figura 17 mostra que ao usar o método da Simulação em localidades diferentes a da Ilha do Mel, com exceção da estação E11, o erro na estimativa do volume varia entre ± 1 m³. Já o diagrama do método de Rippl mostra-se inadequado para o seu uso em qualquer localidade fora da Ilha do Mel, pois há uma variação significativa do volume obtido na Ilha do Mel e nas outras estações avaliadas neste trabalho.

FIGURA 16 - BOXPLOT MÉTODO AUSTRALIANO



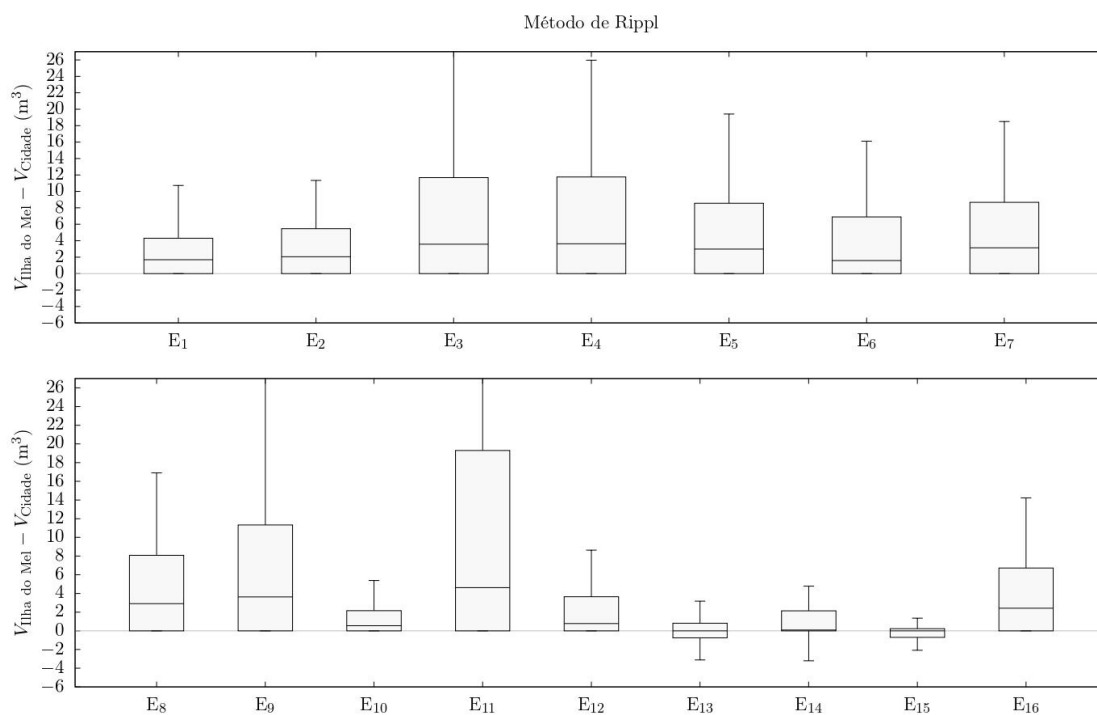
FONTE: A autora (2021).

FIGURA 17 - BOXPLOT MÉTODO DA SIMULAÇÃO



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 18 - BOXPLOT MÉTODO DE RIPPL



FONTE: A autora (2021).

4.3 ESTUDO DE CASO

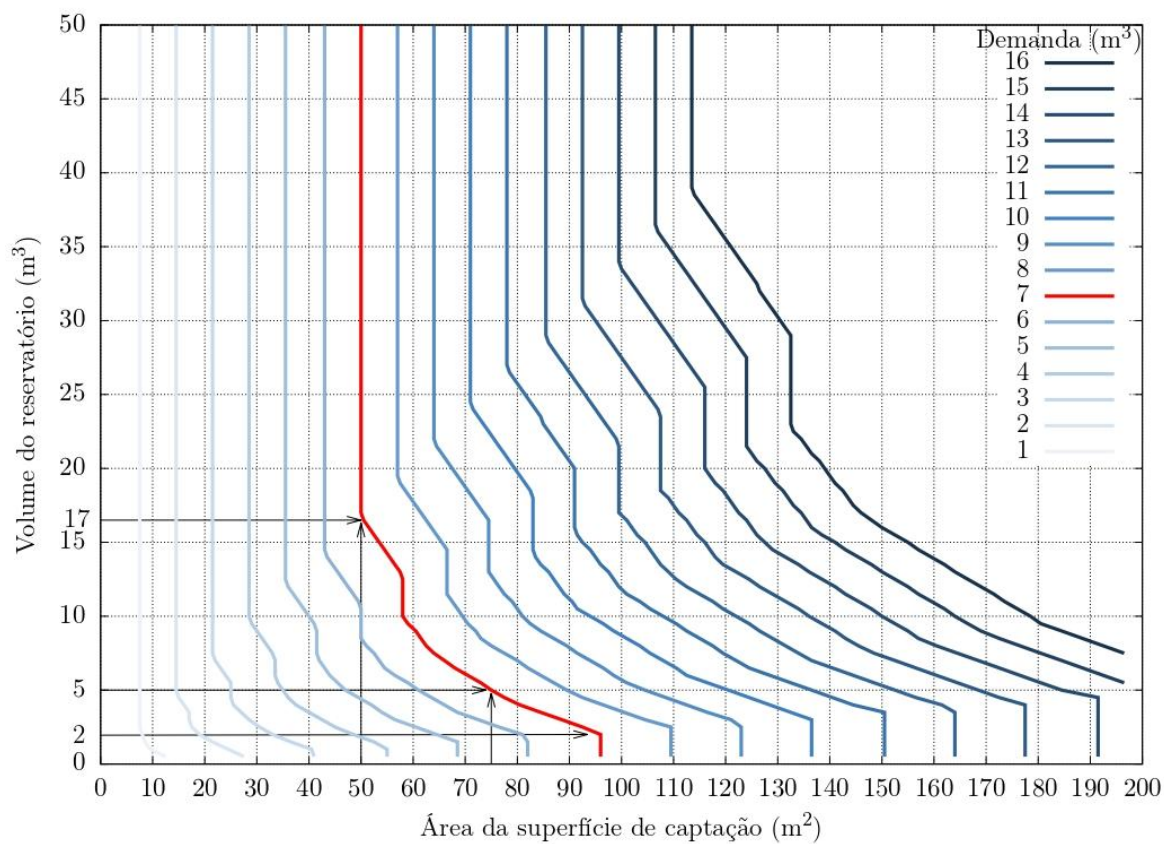
Para o estudo de caso da Escola Municipal do Campo "Tambarutaca" da comunidade de São Miguel foi escolhido determinar a área de captação e o volume do reservatório somente com o diagrama do método prático australiano, pois é o mais robusto em relação aos outros métodos e também é o que obteve uma maior área de abrangência de uso do método em comparação com os outros métodos avaliados neste trabalho (vide seção 4.2). Uma hipótese adotada neste trabalho é a de que o regime pluviométrico da comunidade de São Miguel é semelhante ao registrado na Ilha do Mel (distante em aproximadamente 15 km).

Conforme apresentado na seção Metodologia, o consumo de água por pessoa para fins não potáveis é de 15 L/dia. Logo, a demanda mensal dos 18 alunos e 4 funcionários da escola é de 6.600 litros, considerando 20 dias letivos no mês. Decidiu-se arredondar esse volume aumentando a demanda para 7 m³ por mês, pois tanto o consumo per capita quanto o uso da água apenas nos dias letivos são hipóteses que reduzem a demanda.

Nota-se que a área de captação de chuva da escola Tambarutaca não é um fator limitante, pois apenas uma superfície do telhado tem 140 m^2 (Figura 6), enquanto que a área necessária para o suprimento do reservatório pode variar entre 50 e 190 m^2 (Figura 19). A Figura 19 apresenta o diagrama do método prático australiano com destaque para a curva que representa a demanda da escola (curva em vermelho). As intersecções entre as retas verticais e horizontais vermelhas são as relações entre volumes e áreas necessárias para atender a demanda da escola. Observa-se que para atender essa demanda, a menor área de captação de água pluvial deve ser de 50 m^2 e o volume do reservatório de 17 m^3 . Esse volume é demasiadamente grande em relação aos volumes dos reservatórios que também atendem a demanda da escola. O interesse é de utilizar a menor área de captação e reservatório possíveis. A otimização de ambos é importante devido ao custo inicial da implantação do sistema e de sua posterior manutenção. Por se tratar de uma região geograficamente de difícil acesso e com baixa oferta de recursos, se mal dimensionados, estes itens podem inviabilizar o uso do sistema.

O reservatório de 2 m^3 é o menor possível para a demanda de água da escola, necessitando de uma área de captação de 95 m^2 . Já um reservatório com volume de 5 m^3 necessita de uma área de 75 m^2 . Tanto o reservatório de 2 m^3 quanto o de 5 m^3 permitem a ampliação da demanda escolar em até 10 m^3 e 11 m^3 , respectivamente para a mesma área de 137 m^2 , área dentro do intervalo limite estipulado para uso em 140 m^2 .

FIGURA 19 - DIAGRAMA DO MÉTODO AUSTRALIANO EVIDENCIANDO VARIÁVEIS DO ESTUDO DE CASO



FONTE: A autora (2021).

CONCLUSÃO

Este trabalho comparou e desenvolveu diagramas dos seis diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial apresentados no anexo A da NBR 15.527 (ABNT, 2007), objetivando facilitar futuras implantações de sistemas de captação de água da chuva em comunidades próximas à região do complexo estuarino de Paranaguá-PR.

Os diagramas gerados podem ser utilizados para obter o volume de um reservatório de água pluvial com base na demanda e na área de captação de água pluvial que o usuário tem à disposição, ou para obter uma área de captação com base na demanda por água pluvial e no volume de um reservatório.

Os métodos prático australiano, simulação e Rippl trazem maior segurança ao usuário que busca o dimensionamento de um reservatório, pois os cálculos consideram o balanço hídrico interno do reservatório.

Os diagramas desenvolvidos podem ser utilizados em toda a Ilha do Mel, porém para uso em outras localidades da região do complexo estuarino de Paranaguá, os erros poderão ser significativos. Dos métodos avaliados, o diagrama construído para o método prático australiano o mais adequado para utilização de outras localidades analisadas.

O diagrama do método prático australiano foi utilizado em um estudo de caso para o dimensionamento do reservatório da Escola Municipal do Campo "Tambarutaca", situada na comunidade de São Miguel, 15 km distante da estação meteorológica da Ilha do Mel. O reservatório com volume de 2 m³ e uma área de captação de 95 m² é capaz de atender a demanda de 7 m³ mensais de água para uso não potável, tal como em vasos sanitários, regas, limpeza da escola, entre outras aplicações. Esse mesmo volume de reservatório permite a ampliação dos frequentadores da escola em até 50%, ampliando a área de captação da água da chuva.

Um bom projeto viabiliza a implantação do sistema de captação de água da chuva, trazendo benefícios a todos usuários. Neste contexto, se usado conforme as indicações, os diagramas desenvolvidos neste trabalho são instrumentos que

permitem o fácil dimensionamento do sistema de captação de água pluvial em edificações localizadas nas proximidades do complexo estuarino de Paranaguá. Para futuros trabalhos, sugere-se o desenvolvimento destes diagramas utilizando dados das outras 16 estações apresentadas, assim usuários das localidades que apresentaram erros significativos nos *boxplots* poderão utilizá-los com maior segurança para a determinação do volume de reservatórios.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília, 2010a. v. 1.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água: resultados por estado. Brasília, 2010b. v. 2.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Brasil tem 40 milhões sem acesso à água**. Brasília, 2019b. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-40-milhaes-sem-acesso-a-a-gua.2019-03-14.4546006521#:~:text=No%20Brasil%2C%20onde%20h%C3%A1%20a%20maior%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20doce,outr os%20100%20milh%C3%B5es%20de%20brasileiros.>>. Acesso em: 14 jun. 2020.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.53-66, abr./jun. 2008.

ANACLETO, A.; BAPTISTA-METRI, C.; GONÇALVES, T. P.; CALADO, A. M.; ROSÁRIO, E. S. do; PONTES, M.; NEVES, P. R. das. Extrativismo do siri com gaiolas no litoral Paranaense: implicações socioeconômicas. In: INTERNACIONAL SODEBRAS CONGRESS, XXXII., 2014, Curitiba. **ANAIS...** Curitiba: Sodebras, 2015. p. 9-14.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

AZEVEDO, N. T. de. A vulnerabilidade social dos municípios do litoral do Paraná: construção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) com base nos dados dos setores censitários IBGE 2010. **Guaju**, Matinhos, v.2, n.2, p. 89-124, jul./dez. 2016.

BACCI, D. de la C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p.211-226, 2008.

BEZERRA, S. M. da C.; DE CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. 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**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010.

BRANDÃO, J. L. B.; MARCON, P. Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 6, p. 1031-1041, nov./dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 out. 2017. Seção 1, p.1.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb>. Acesso em: 17 ago. 2020.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Norma Técnica Sabesp 181**: dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro - Primeira ligação. São Paulo, 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **De onde vem a água que bebemos?**. São Paulo, [20--]. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=31>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

CURITIBA. Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. **Diário Oficial do Município de Curitiba**, Curitiba, 19 set. 2003.

EMBRAPA. **Água**. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agua/-/asset_publisher/EljjNRSeHvoC/content/vamos-economizar-agua-/1355746?inheritRedirect=false>. Acesso em: 2 mai. 2020.

ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. p. 22-23.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Paranaguá: Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/paranagua/panorama>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; LUZ, W. V. Abastecimento de Água nos Domicílios Urbanos e Rurais do Brasil em 2010. In: LANDAU, E. C.; MOURA, L. (Ed.). **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 37-74.

LOPES, A. P. de G.; SILVA JÚNIOR, D. P. da; MIRANDA, D. A. de. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). **Revista Petra**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 219-238, ago./dez. 2015.

OLIVEIRA, V. R. P. de. Paranaguá, 2019. Imagem aérea da Escola Municipal do Campo "Tambarutaca" da comunidade de São Miguel. Comunicação pessoal.

OURIQUES, R. Z.; SCHNEIDER, A.; LOPES, M. I. P.; BARROSO, L. B. Aproveitamento da água de chuva em escola municipal de Santa Maria - RS. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2005.

PARANAGUÁ. Plano Municipal de Saneamento Básico de Paranaguá-PR (PMSB). Paranaguá, 2011. v. 2. Disponível em: <https://www.paranagua.pr.gov.br/imgbank2/file/meio_ambiente/PMSB%20-%20VOL UME%20II.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2020.

REZENDE, J. H; TECEDOR, N. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1040-1053, nov./dez. 2017.

RIBEIRO, A. K. M; MARINOSKI, D. L. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v.6, n. 2, p. 53 -66, mai. 2020.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 7.463, de 18 de outubro de 2016. Regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinzas para reaproveitamento de retardo da descarga na rede pública e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 19 out. 2016.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, out./dez. 2011.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 3 jan. 2007.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO E ENSINO INTEGRAL (SEMEDI). Paranaguá, 11 mai. 2020. Informações referentes à “Escola Municipal do Campo Tambarutaca”. Comunicação pessoal.

SILVA, K. C. A. da; FERREIRA, A. T. Comparação entre métodos de dimensionamento de reservatório propostos pela ABNT NBR 15.527:2007 para sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residência unifamiliar - Carapicuíba - SP. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 273-286, jul./dez. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. Brasília, DF: SNIS, 2019a. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf> . Acesso em: 17 ago. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2019**. Brasília, DF: SNIS, 2019b. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>> . Acesso em: 17 ago. 2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos**: Produto 1.2 – Parte B - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas. Paraná, 2010. Disponível em:

<http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_2-ParteB-Revisao_Final.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

TOMAZ, P. Coeficiente de Runoff. In: _____. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 3 ed. Guarulhos, 2010.

UNICEF. **Water, Sanitation and Hygiene (WASH) in Schools**: a companion to the Child Friendly Schools Manual. UNICEF Division of Communication, New York – NY, 2012.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, n.3, p. 49-63, ago. 2008.

VELOSO, N. da S. L. **Água da chuva e desenvolvimento local: o caso do abastecimento das ilhas de Belém**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/4494/1/Dissertacao_AguaChuvaDesenvolvimento.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 83-102, jan./mar. 2016.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw - Hill, 1975. p.1.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. p.13.

**APÊNDICE 1- PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL, MÉDIA MENSAL ANUAL
DOS ANOS COM 12 MESES DA ESTAÇÃO ILHA DO MEL**

DATA	J A N	F E V	M A R	A B R	M A I	J U N	J U L	A G O	S E T	O U T	N O V	D E Z
2007				1 5 8	2 7 1, 6	1 3, 2	7 3, 6	2 4, 2	7 5, 4	1 3 9	1 3 0, 8	2 2 6, 8
2008	5 3 7, 4	3 8 2, 6	3 9 6, 2	2 1 9, 8	7 8, 8	1 3 1, 6	1 8	8 9, 6	1 1 8, 8	2 7 0, 8	2 8 9, 2	2 4 0, 8
2009	2 1 4, 6	3 1 7, 6	2 4 6	1 8 4, 6	5 1	1 0 2, 6	1 5 0, 8	6 8, 8	2 4 8, 4	1 4 1, 2	1 6 3	1 3 9, 2
2010	4 3 6	2 2 7, 6	4 0 1, 4	5 9, 6				0, 8	5 4, 4	1 7 2, 2	1 8 1, 4	3 0 5, 4
2011	3 8 9, 2	3 2 1, 6	1 6 9, 6	6 4	8 0	8 1, 2	1 6 2	2 2 7, 6	5 0, 4	1 2 7	1 7 0, 2	3 5 8, 8
2012	1 8 8, 4	1 9 2, 8	1 9 6, 6	2 2 3	1 4 2, 6	2 5 3, 2	1 8 4, 2	3 5, 4	5 1, 8	1 8 3, 6	1 1 7, 8	3 2, 6
2013	2 1 3	8 4	3 4 5, 2	6 0, 8				1, 8	7, 2	1 4 7, 4	1 3 1, 2	1 5 6, 2
2014	2 2 4	1 7 1	2 6 9, 2	2 5 8, 8	1 0 4, 2	1 1 7	9 7, 4	9 3, 2	1 5 6	4 6	1 7 4, 2	3 3 0
2015	2 4 0, 4	5 3 8	6 0 8, 4	2 1 6	2 0 4	9 9, 6	1 2 2	3 4, 6	1 5 1, 4	2 3 0, 4	3 4 1, 2	1 8 1, 6
2016	3 3 9, 6	6 5 3, 4	2 4 4, 2	4 9, 2		6 6, 4	3 0, 4		2 2, 2	1 4 7, 4		9 3, 6
2017	5 3 7,	6 0, 6	4 5 8,	4 2, 6	1 7 4,	1 5 0,	2 5, 6			8 0, 8	8 6, 4	2 5 8,

	6		2		6	4						6
P (mm) média mensal	3 3 2, 0	2 9 4, 9	3 3 3, 5	1 3 9, 7	1 3 8, 4	1 1 2, 8	9 6	6 4	9 3, 6	1 5 3, 3	1 7 8, 5	2 1 1, 2
P (mm) média anual	2302,25											

**ANEXO 1 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS DAS ESTAÇÕES DO LITORAL
DO PARANÁ APRESENTADAS POR VANHONI E MENDONÇA (2008)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
JAN	402,8	383	414,8	390,4	394	378,7	387,7	337,1	402,9	414,1	347,3	302,7	299	346,2	313,1	341,2
FEV	383,1	380,5	359,4	350,4	346,9	337,6	346,6	293,8	338,3	306,3	290,4	263,3	239,5	312,3	264,3	324,6
MAR	333,5	304,9	304,6	285,3	297,9	300,5	314,5	244	314,6	372,5	233,9	224,2	216,2	271	249,6	268,6
ABR	227,4	208,9	189,7	166,6	168,5	151	160,1	127,5	175,4	228	118,7	107,8	122,2	165	135	142,8
MAI	172,5	159,7	151,2	150,4	127,1	137,6	132,2	117,9	158,1	215	126,8	116	107,4	137,2	116,8	138,4
JUN	133,1	129,4	112,6	107,8	104,8	111,1	114,6	86,5	115,3	162,8	99,9	92,5	94,1	99,1	84,9	103,4
JUL	144,1	131,5	122,6	128,8	115,5	123,3	122,8	113,6	135,8	185,8	123,6	111,2	116,9	115,5	99,3	114
AGO	94,8	115,1	87,3	72,3	79,3	98,3	87,6	80,2	106,5	181	86,2	80,7	82,3	79,4	72,5	108,6
SET	194,6	187,9	166,9	160,9	152,4	171,2	170,1	153,2	197,5	312,4	163,1	143,5	161,1	155,9	134,6	161,6
OUT	203,4	216,7	186,5	190,8	171,9	200,5	191,5	182,2	240,8	386,6	173,5	156	162,3	169,7	150,9	185
NOV	184,1	173,4	202,7	208,2	179,6	230,6	221	188,6	231,3	324,1	172,6	154,9	171,6	187,1	159,5	202,3
DEZ	270	264,5	287,4	267,4	265,1	281,1	285,7	230,6	296,5	391,2	232,9	205,9	230,8	225,9	222,8	226