

# **Otimização do cálculo de dimensionamento de reservatórios em planilha eletrônica para aproveitamento de água pluvial na cidade de Bebedouro, SP**

(Optimization of the reservoir sizing's calculation in spreadsheet for harnessing of rainwater in the city of Bebedouro, SP)

**Sergio Tasso Borsato<sup>1</sup>; Juliana Garcia da Rosa<sup>2</sup>; Geffson de Figueredo Dantas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Graduação – Centro Universitário UNIFAFIBE – Bebedouro SP  
Sergio\_tasso@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro Universitário UNIFAFIBE – Bebedouro SP  
Juliana\_smi@hotmail.com

<sup>3</sup>Docente – Centro Universitário UNIFAFIBE – Bebedouro SP  
geffson@hotmail.com

**Abstract.** *The use of the rainwater's capture and storage technique offers sizing methods and precipitation data, which are not easily accessible. This study aimed to develop a spreadsheet capable of automating the calculation of the reservoir size for harnessing of rainwater (DRAAP), applied to the households in the city of Bebedouro, SP. In the elaboration of the spreadsheet were applied the methods of Rippl, Azevedo Neto, German Practical and English Practical and data of precipitation permanence of 90%, obtained from a 20 years historical serie (1995-2015), The DRAAP proved to be a practical and fast tool for the execution of the calculations.*

**Keywords.** *german practical method; Azevedo Neto method; english practical method; rippl method; reservoir.*

**Resumo.** *O uso da técnica de captação e armazenamento de água da chuva dispõe de métodos de dimensionamento e de dados de precipitações, os quais não são de fácil acesso. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma planilha eletrônica capaz de automatizar o cálculo de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial (DRAAP), empregado às residências na cidade de Bebedouro, SP. Foram utilizados os métodos de Rippl, Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático Inglês e dados de permanência de precipitação de 90%, obtidos de uma série histórica de 20 anos (1995-2015), na criação da planilha eletrônica. O DRAAP mostrou ser uma ferramenta técnica, prática e rápida na execução dos cálculos.*

**Palavras-chave.** *método prático alemão; método Azevedo Neto; método prático inglês; método de rippl; reservatório.*

## 1. Introdução

Os recursos hídricos utilizados para abastecimento de água, próximos à zona urbana e rural, estão cada vez mais insuficientes, ou têm sua qualidade comprometida, consequência de um aumento da demanda gerada pelo crescimento da população, produção agrícola, processo de industrialização e pelas irregularidades de precipitação (chuvas) para o reabastecimento. A expansão das áreas urbanas acaba alterando a cobertura vegetal e, conseqüentemente, os componentes do ciclo hidrológico natural (COHIM et al., 2008).

Com essa expansão, resulta um aumento da densidade populacional nos centros urbanos, o que implica em construção de telhados, ruas pavimentadas, calçadas e pátios, aumentando a impermeabilização do solo. Conseqüentemente grande parte da água que, em condições naturais, infiltrava recarregando os aquíferos, e ficava retida pelas plantas, passa a ser encaminhada ao sistema de esgoto destas áreas (TUCCI; GENZ, 1995).

Os problemas relacionados à água nas áreas urbanas fazem com que se busquem alternativas capazes de reverter o atual estado de uso deste recurso pela sociedade. Só se alcançará a sustentabilidade no meio urbano, quando a sociedade se direcionar no sentido do uso apropriado e eficaz da água (COHIM et al., 2008).

A técnica de captação e aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis tem sido o componente mais oneroso para a redução das enchentes urbanas (AMORIM; PEREIRA, 2008; COHIM et al., 2008; COHIM; OLIVEIRA, 2009). Desse modo, é possível destinar adequadamente essas águas, contribuindo significativamente para redução deste problema e amenizando impactos ambientais.

Por esse motivo há necessidade de avaliar os diversos métodos de dimensionamento existentes, para então projetar uma solução economicamente mais adequada para cada residência (BEZERRA et al., 2010). Independente do método selecionado, o sistema de armazenamento da água pluvial pode não suprir totalmente a demanda, necessitando-se de complementação com água da rede de abastecimento municipal.

Segundo Dapieve (2014), não há um único método mais indicado para dimensionamento do reservatório, mas o emprego de cada um dos métodos que seja mais adequado conforme as variáveis regionais, nas condições geográficas e climatológicas, além da área disponível para captação e aproveitamento da chuva e a demanda pelo uso da água para fins não potáveis. A maior dificuldade para o dimensionamento do reservatório é a disponibilidade dos dados médios confiáveis de precipitação e fazer o cálculo por mais de um método, para que possa escolher o mais satisfatório entre os volumes dimensionados, para que

não venha inviabilizar a implantação do sistema, tanto relativo a quesitos técnicos quanto a quesitos econômicos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma planilha eletrônica capaz de automatizar o cálculo de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial (DRAAP), empregado às residências na cidade de Bebedouro, SP.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Escassezes e má gestão dos recursos hídricos**

A água é um recurso natural essencial, não só para o desenvolvimento da civilização humana, mas também como fonte de vida para diversos seres vivos, vegetais e animais. O mau uso da água juntamente com o crescimento populacional tem despertado a população a buscar novas fontes de abastecimento e conscientização do uso racional da mesma (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Neste contexto, buscam-se novas fontes alternativas para que haja sustentabilidade no consumo, uma das alternativas considerada é uso de águas pluviométricas para que haja uma redução do consumo da água potável (LIMA et al., 2011).

No Brasil concentra-se cerca de 12% da água doce disponível no planeta (ORTEGA, 2013). Porém, não possui distribuição desse recurso uniforme em todo o país, assim como a precipitação pluvial, o que resulta em algumas regiões com falta d'água ocasionada pela estiagem e a má distribuição de chuvas durante o ano.

Devido ao crescimento populacional e a má distribuição de fontes hídricas, geralmente os mananciais responsáveis pelos abastecimentos de água nas áreas urbanas se tornam insuficientes pela sua quantidade, suporte hídrico, ou, sua qualidade comprometida. Um dos fatos preocupantes nos dias atuais, além da escassez de água ou problemas com a qualidade pela contaminação dos corpos d'água, com aumento significativo do despejo de água residuária ou contaminação com agrotóxicos agrícolas pelo mau uso em sua aplicação. Fatores como esses estão pondo em risco seu suporte hídrico e qualidade desse recurso para fins de consumo humano (SILVA; TASSI, 2005).

#### *2.1.1. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis*

Na antiguidade já se aproveitava água da chuva (LUMIKOSKI; GURSKI, 2010). Embasando-se na afirmação que desde os primórdios da civilização já se era aconselhado que se fosse utilizada cisterna, atualmente com o crescimento populacional e os diferentes destinos que os recursos hídricos vêm tomando, faz-se necessário que haja maiores estudos, metodologias e estratégias para que não se esvaiam esses recursos.

Esses estudos são voltados geralmente a diagnóstico preciso da qualidade da água oferecida a referencia-la ao seu destino pretendido, e avaliar as competências técnicas e meios econômicos no seu dimensionamento e construção, para que haja escolha de qual o melhor modelo de reservatório e executa-lo (SALLA et al., 2013).

Esta é uma técnica milenar que visa reservar e utilizar da água da chuva, essa água armazenada pode ser utilizada para diferentes fins, para irrigar e lavar ou até mesmo para uso potável como ocorre em regiões semiáridas do Nordeste, que vêm implantando projetos de construção de cisterna para que seus habitantes bebam dessa água (VASCONCELOS; FERREIRA, 2011).

O problema com a degradação dos recursos hídricos vem assolando a população do mundo todo. Com intenção de suprir essa necessidade ou de reverter essa situação que é de extrema gravidade, a nação Brasileira vem tentando de algum modo intervir na cultura do País no que se diz respeito ao uso da água, sendo assim é imprescindível que se busque novas alternativas para que se evitem desperdícios e perdas desnecessárias (SILVA; TASSI, 2005).

Segundo Ortega (2013) a má administração dos recursos hídricos, podem levar a consequências significativas a qualidade e quantidade da água o que de fato pode provocar indisponibilidade deste recurso. A necessidade de novas estratégias para solução desse problema é algo que em tempos atuais se torna inadiável, uma vez que o atraso ou descaso com essa questão podem acarretar consequências irreversíveis ao nosso planeta.

A preocupação acarretada com a racionalização do uso da água tem sido atualmente uma situação em que se vive grande parte da população, tal acontecimento tem feito com que se busque uma porta de saída para essa questão. Uma alternativa que está sendo profundamente levada em consideração é o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis (AMORIM, PEREIRA, 2008).

O aproveitamento da água da chuva é uma opção sustentável, por ser este um meio que apresenta boa proposta e está dentre as possíveis soluções, possuindo vantagens financeiramente favoráveis (BERTOLO, 2006).

O aproveitamento dessas águas pluviais vai de encontro com um assunto que está ganhando ênfase cada vez mais, a sustentabilidade ambiental. Essas águas podem ganhar

inúmeras finalidades em residências, fábricas, indústrias, edifícios e áreas rurais (DEVES, 2008). À vista disso, a redução do gasto de água própria para o consumo seria reduzida drasticamente, já que, todavia tem sido utilizada de maneira inconsequente e inapropriada.

Captar essas águas em cidades e aproveitá-las contribui diretamente para minimização de enchentes nessas áreas, já que essas águas nas zonas urbanas não conseguem chegar aos lençóis, pelo fato de não infiltrarem o solo ocasionando assim escoamento excessivo (BOULOMYTIS, 2007). Outras finalidades também podem ser tomadas com a captação e armazenagem delas, porém será necessário que atendam a preceitos de qualidade e segurança sanitária (BEZERRA et al., 2010).

Em alguns casos quando se é justificado, o uso de água não potável pode ser usado para fins potáveis em algumas localidades devido a sua necessidade, o tratamento da mesma depende de sua qualidade ao ser armazenada. Pesquisas estão frequentemente sendo realizada para verificação da viabilidade técnica e econômica de introduzir esse tipo de sistema, capaz de captar e armazenar as águas decorrentes de chuvas, independentemente do seu destino e uso final (SALLA et al., 2013).

### *2.1.2. A escolha do sistema adequado para reservar água da chuva*

A escolha do sistema adequado para captação e armazenagem das precipitações deve obedecer alguns critérios, que são de muita importância para que o sistema seja economicamente viável. A escolha adequada do reservatório no conjunto pode ser o mais difícil por se tratar de um elemento mais agravante no quesito que se diz respeito à questão financeira (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Segundo Ortega (2013), a captação dessas águas para finalidade não potável como uma alternativa possível está sendo estudada pela comunidade científica, a escolha adequada do reservatório, assim como o dimensionamento do mesmo, são fatores que influenciarão diretamente no valor e viabilidade econômica da implantação do Sistema.

Faz-se necessário analisar questões que são a chave para o sucesso e bom desempenho do sistema a ser instalado. Área de captação, índices pluviométricos da região onde será implantado o sistema de captação, demanda solicitada para atender as necessidades da população são parâmetros imprescindíveis nessa avaliação (BEZERRA et al., 2010).

Os componentes a serem utilizados no projeto de dimensionamento do reservatório podem ser modificados conforme objetivo e projeto para o sistema, podendo este variar

segundo a necessidade de uso e finalidade da água, clima local, custo e materiais disponíveis (MARINOSKI et al., 2004).

É importante ressaltar que na compra do reservatório industrial para o sistema, deve-se sempre averiguar as especificações das normas. As normas da ABNT, NBR 14799:2011, NBR 14800:2011 regulamentam esses reservatórios (CARVALHO, 2016).

## **2.2. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial**

Para captação da água da chuva são utilizados dispositivos e equipamentos que possibilitem a coleta, armazenagem e distribuição sucessivamente tanto para reservatórios superiores e inferiores (JAQUES, 2005).

Os componentes para dimensionamento de reservatório para captar, tratar e armazenar essa água, estão detalhados na Agência Nacional de Águas (ANA), onde se encontram todos os elementos necessários para execução desse tipo de projeto (BEZERRA et al., 2010).

Esses sistemas de captação são formados e constituídos geralmente pelas coberturas que são as áreas de contribuição, condutores horizontais e verticais que são responsáveis por conduzir essa água e o reservatório para armazená-la (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Neste contexto podem-se escolher dois tipos de reservatórios para o sistema, um superior e um inferior, o superior será instalado em um ponto elevado da residência enquanto o outro se encontrará externamente e abaixo da superfície do terreno (ROCHA, 2009).

Um tipo de reservatório que pode ser utilizado nesse sistema é o reservatório moldado in loco, que são moldados no próprio local onde serão instalados, podem ser feitos de alvenaria e concreto armado. Esses normalmente são utilizados para grandes reservas. Eles são de formato cilíndrico ou paralelepípedo, neste tipo de reservatório alguns cuidados devem ser adotados como a impermeabilização do mesmo. É importante ressaltar que para execução do reservatório moldado in loco devem ser seguidas as normas NBR 6118:2014 (CARVALHO, 2016).

Os reservatórios industrializados são basicamente compostos de fibra de vidro ou polietileno, metal e fibrocimento. Sua capacidade máxima varia entre 1.000 e 2.000 litros, o que os tornam eficazes para pequenas e médias reservas (ROCHA, 2009; CARVALHO, 2016).

Em instalações prediais reservatórios como de PVC e fibra de vidro vêm sendo utilizados com muita frequência, por apresentarem maiores vantagens que os demais, essas vantagens fazem diferença quanto ao padrão de higiene do sistema, por se tratar de uma

superfície mais lisa e não acumular tanta sujeira e também apresentarem maior facilidade de instalação, transporte e manutenção (CARVALHO, 2016).

O dimensionamento desses reservatórios pode variar conforme a região a ser instalado, as variações dos índices pluviométricos do local, assim como a finalidade a ser destinada a água armazenada (AMORIM; PEREIRA, 2008), também não podemos esquecer de outro fator que é área de captação, cada sistema pode variar de acordo com a área de captação e ocorrência de chuvas de cada região (VASCONCELOS; FERREIRA, 2011).

O sistema de captação de água deve ser utilizado conforme as exigências de demanda local, assim como possíveis riscos sanitários, do seu devido dimensionamento até a sua instalação para que se evite comprometer a água dessa fonte (BEZERRA et al., 2010).

As águas que percorrem o telhado normalmente carregam fezes de pássaros dentre outros detritos que podem interferir na qualidade da água, portanto é aconselhado que na saída das calhas inclua telas ou grelhas que retenham essas impurezas. O uso de filtros para que sejam retidas partículas menores e o descarte da primeira lâmina d'água, são agravantes de grande relevância para que se assegure a qualidade da água a ser reservada (MARINOSKI et al., 2004).

Normalmente, a má localização do reservatório, má conservação, falta de cobertura adequada e falta de manutenção e limpeza, são os principais fatores que afetam a qualidade da água. Desse modo é importante salientar que se façam limpezas periódicas para garantir a qualidade da água, essas limpezas devem ocorrer ao menos duas vezes ao ano (CARVALHO, 2016).

### **2.3. Planilha Eletrônica como ferramenta para dimensionamento de reservatório**

Ao dimensionar o volume do reservatório para captação de água pluvial é necessário que analise a norma ABNT NBR 15527:2007, onde a mesma cita em seus anexos o Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Inglês, Método Prático Alemão, Método Prático Australiano e Método da simulação, pode-se ressaltar que tais métodos exercem bem sua função em seus países de origem (TOMAZ, 2012).

O dimensionamento de cada sistema varia de acordo com o cenário de cada localidade assim como área de contribuição (VASCONCELOS; FERREIRA, 2011). Deste modo para maior precisão ao dimensionar um reservatório para áreas de coleta maiores que 500 m<sup>2</sup>, a Lei 12.526/2007 no estado de São Paulo exige que os cálculos sejam baseados por uma equação

que utiliza como parâmetros, área de captação, índice pluviométrico e também o tempo de duração da chuva.

Com o grande progresso da computação, hoje é possível automatizar os cálculos para dimensionamento desses sistemas. A Microsoft Excel é uma ferramenta de fácil acesso, por seu custo baixo e simplicidade em seu uso (SALES et al., 2015).

Existem outras ferramentas capazes de calcular um sistema de captação. Como por exemplo, uma planilha eletrônica, que é capaz de calcular a demanda per capita da residência a ser implantado por meio do método compatível com a região, deste modo, agilizando e facilitando a implantação do projeto. Estas planilhas permitirão simular para cada situação a dimensão ideal do reservatório, por meio das variáveis também verificar a eficiência do mesmo. Sendo assim este processo automatizaria os cálculos operacionais, agilizando o procedimento e auxiliando o usuário interessado, solucionando possíveis problemas do dimensionamento (DAPIEVE et al., 2014).

### **3. Material e Métodos**

#### **3.1. Apresentação e descrição do funcionamento do programa DRAAP**

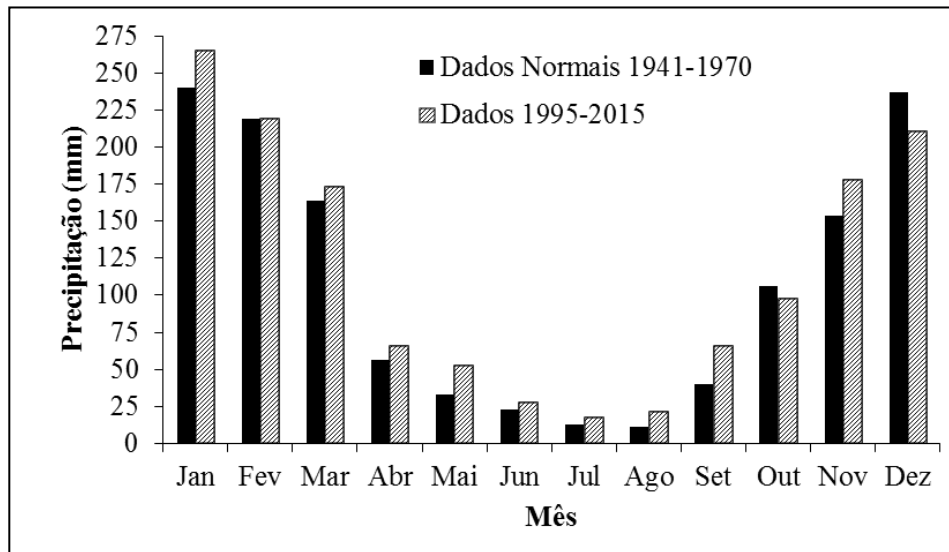
O trabalho foi desenvolvido no laboratório de informática do centro Universitário Unifafibe, Bebedouro, SP. Utilizou-se o programa da Microsoft Excel para a elaboração de uma planilha eletrônica, que otimiza o cálculo do dimensionamento de reservatório para captação de água pluvial para a cidade de Bebedouro.

Esta planilha foi desenvolvida a partir da ferramenta de linguagem Visual Basic for Applications (VBA), tal dispositivo pode ser usado no Excel para dar mais opções de edição e controle da mesma. Com o auxílio desta ferramenta no Excel foi possível o desenvolvimento do DRAAP (Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Água Pluvial).

O DRAAP é uma ferramenta regional, que faz uso de alguns métodos de dimensionamento de reservatórios pela norma da ABNT, NBR 15527:2007. Em seu banco de dados possui uma série histórica de 20 anos (1995-2015) de dados diários de precipitação pluvial, obtidos pela Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB), SP. Na Figura 1, apresenta a média mensal de dados normais climatológicos de precipitação (1941-1970) e a média do período de 1995-2015 usado para o dimensionamento, foi observado uma certa semelhança entre os dados normais com a média atual de 20 anos.



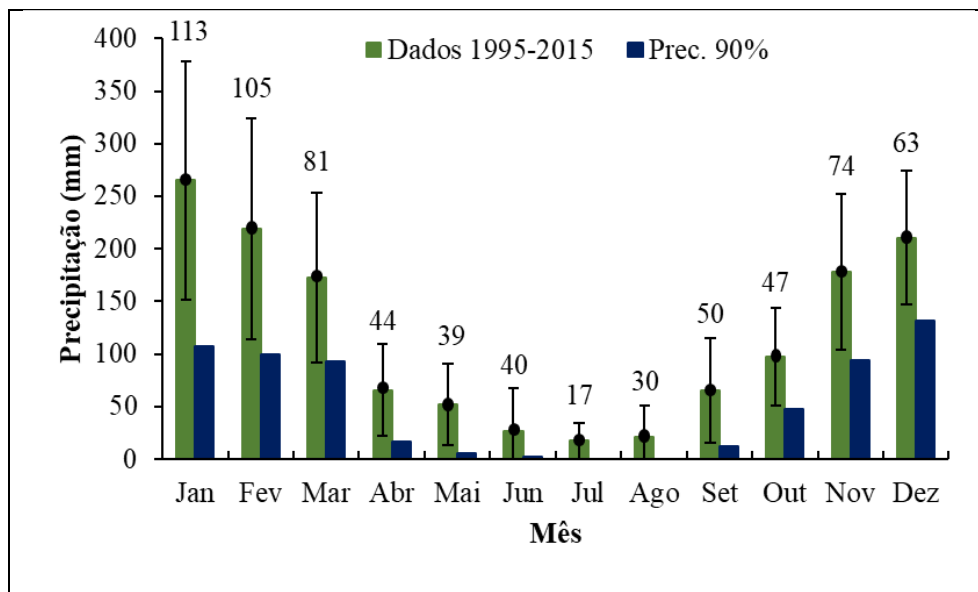
**Figura 1-** Dados normais de 1941-1970 e série histórica de 1995-2015 de Bebedouro, SP



**Fonte:** Estação meteorológica, EECB (2017)

Para maior representabilidade dos dados de precipitação da cidade de Bebedouro, SP, fez o uso da curva de permanência de precipitação a 90% de probabilidade, para o cálculo do dimensionamento, por causa da média de precipitação possuir um desvio padrão alto, na faixa de  $\pm$  de 30 a 148% da média (Figura 2).

**Figura 2 -** Série histórica de 1995-2015, com seu respectivo desvio padrão e permanência de precipitação a 90% (Prec. 90%), de Bebedouro, SP



**Fonte:** Estação meteorológica, EECB (2017)

O DRAAP contém inputs (entradas) de informações pessoais e específicas para o cálculo de dimensionamento. As informações pessoais constam identificação do indivíduo, contato e localidade, já para as informações específicas para o cálculo de dimensionamento é requerido o número de residentes, consumo médio de água por dia ( $L \cdot dia^{-1}$ ) por pessoa, área de cobertura da residência ( $m^2$ ) e o coeficiente de Runoff. Para realizar os cálculos, deve-se entender que a quantidade de chuva aproveitada a fim de abastecer os reservatórios não é o mesmo que o volume precipitado, uma vez que a chuva cair sobre a cobertura da residência pode ocorrer perdas, tanto por evaporação, infiltração, vazamentos, lavagem da cobertura ou perdas até a chegada do armazenamento. O valor do coeficiente Runoff foi determinado de acordo com o tipo de material que é feita a cobertura (Tabela 1),

**Tabela 1.** Valores médios de coeficiente Runoff para alguns materiais de coberturas

Material	Coeficiente médio Runoff
Telhas Cerâmicas	0,85
Telhas Esmaltadas	0,92
Telhas Corrugadas de Metal	0,85
Cimento Amianto	0,85
Plástico	0,92

**Fonte:** Adaptada de Tomaz(2011)

Após todas as informações preenchidas da planilha DRAAP faz o uso do botão com o título de “dimensionar”, ao acioná-lo, é calculado pelos métodos de dimensionamento de Rippl, Azevedo Neto, prático alemão e prático inglês com os dados de informações especificadas pelo usuário.

### 3.2. Métodos usados de dimensionamento de reservatório da NBR 15527:2007

Por meio da planilha DRAAP calcula-se o dimensionamento de reservatórios a partir do método de Rippl (Equação 1), Azevedo Neto (Equação 2), Prático Alemão (Equação 3) e Prático Inglês (Equação 4), os métodos são expressos segundo as equações:

Método de Rippl conhecido também por método do diagrama de massas (MDM).

$$S_t = D_t - Q_t \quad (1)$$

Em que:  $S_t$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$  ( $m^3$ );  $Q_t$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$  ( $m^3$ ) e  $D_t$  = demanda de água de chuva no tempo  $t$  ( $m^3$ ) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 6).

Método prático brasileiro ou método Azevedo Neto o volume de chuva foi obtido pela equação.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Em que:  $P$  = precipitação média anual (mm);  $T$  = número de meses de pouca chuva ou seca;  $A$  = área de coleta ( $m^2$ );  $V$  = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 7).

Método prático Alemão, o volume adotado se encontra pela seguinte equação.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín.}(V; D) \times 0,6 \quad (3)$$

Em que:  $V$  = volume aproveitável de água de chuva anual (L);  $D$  = demanda anual da água não potável (L) e  $V_{\text{adotado}}$  = volume de água do reservatório (L) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 7).

Método prático Inglês projeta o volume de precipitação para o reservatório.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (4)$$

Em que:  $P$  = precipitação média anual (mm);  $A$  = área de coleta ( $m^2$ );  $V$  = volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 7).

### **3.3. Teste de eficiência do DRAAP e métodos usados para dimensionamento de reservatórios**

Para o teste de planilha DRAAP de dimensionamento do reservatório, foram criados cenários fictícios distintos, com superfície de telhado padrão fibrocimento ou cerâmico, com áreas de projeção horizontal de 80, 120, 200 e 350  $m^2$ , o consumo hídrico, foi baseado em famílias com duas, quatro e seis pessoas  $150L \cdot \text{dia}^{-1}$  por pessoa.

A escolha do melhor método foi aquele que apresentou o menor volume de reservatório independentemente das combinações de área de projeção e consumo hídrico.

#### 4. Resultados e Discussão

Na tela inicial da planilha DRAAP, deve-se preencher todos os campos em branco (Figura 3). Na área de dimensionamento, os campos como o de área de cobertura ( $m^2$ ), número de pessoas e o Runoff deverá ser obrigatório seu preenchimento, devido ser um input de dados necessário para o cálculo do dimensionamento. O número de pessoas deve ser digitado para se obter o consumo médio ou a necessidade média de água em  $L.dia^{-1}$  para a família. O input de consumo médio de água foi adotado em  $150 L.dia^{-1}$  por pessoa.

**Figura 3.** Tela inicial da planilha DRAAP (Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Água Pluvial), para a cidade de Bebedouro, SP

The image shows the initial screen of the DRAAP software. At the top, the logo 'DRAAP' is displayed in large blue letters, with the subtitle 'Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial' below it. The interface is divided into two main sections: 'Informações Pessoais' and 'Dimensionamento para:'. The 'Informações Pessoais' section contains several input fields: 'Proprietário:', 'Endereço:', 'Número:', 'Bairro:', 'Cidade:', 'UF:', 'CEP:', 'Celular:', and 'E-Mail:'. The 'Dimensionamento para:' section contains fields for 'Número de pessoas:', 'Área de captação' (with a unit of  $m^2$ ), 'Consumo médio de água dia:' (with a value of 150 and unit  $L.dia^{-1}$ ), and 'Runoff:'. A dropdown menu is open, showing options: 'Tolha Cerâmica', 'Tolha Esmaltada', 'Tolha Garrafador de Metal', 'Cimento Amianto', and 'Plástica'. A 'Dimensionar' button is located on the right side of the dimensioning section.

**Fonte:** Autoria própria (2017)

Ao preencher os campos do programa DRAAP pode-se então clicar no botão dimensionar, ele irá mostrar os resultados obtidos (Figura 4). A tela de resultados demonstra todos os métodos contido no programa com seus respectivos dimensionamentos em dois tipos de unidades de medidas de volume, tanto em ( $m^3$ ) quanto litros (L). Ao mesmo tempo o programa indicará com a cor da fonte “vermelha” o método mais viável para confecção do

reservatório, indicando qual o tamanho ideal para este tipo de cenário que está sendo solicitado o cálculo.

Quando observado o tamanho ideal do reservatório para atender 100% da demanda de água não potável, pode-se notar que este volume é relacionado com os fatores como precipitação anual média, distribuição da mesma ao longo do ano e também a área de captação (COHIM et al., 2008).

Ao visualizar o conteúdo da planilha, caso haja necessidade de alteração dos dados iniciais, basta que o usuário clique no botão voltar, ele redirecionará para a tela principal do DRAAP. Se todos os dados estiverem corretos pode-se clicar no botão visualizar impressão para finalizar o processo.


**Figura 4.** Tela do resultado obtido da planilha DRAAP

Métodos		m <sup>3</sup>	Litros
Rippl		19,09	19090,6
Azevedo Neto		15,9	15894,3
Prático Alemão	VD	4,32	4320,0
	Vap	5,68	5676,5
Prático Inglês		4,73	4730,4

**Fonte:** Autoria própria (2017)

Na tela de visualizar impressão o usuário tem uma visão ampla dos seus dados cadastrais, assim como os resultados de dimensionamento obtidos juntamente com o método que apresenta melhor desempenho e viabilidade para o cenário adotado (Figura 5). A etapa ainda apresenta os reservatórios comerciais com suas respectivas dimensões, o que facilita a aquisição do mesmo quando apresentado a uma revenda. Ao apresentar a impressão na hora da aquisição do reservatório, não haverá chances de erro o que torna este processo prático e funcional.

Figura 5 – Tela de visualização para impressão do resultado



Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial

**Proprietário:** sergio **Celular:** (17) 99238 - 8360


**Endereço:** Avenida **Numero:** 222

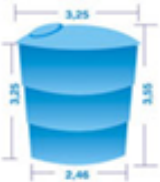
**Bairro:** laranjeiras **UF:** sp **CEP:** 14711 - 070

**E-Mail:** sergio\_tasso@hotmail.com


**Resultados do Dimensionamento**

Métodos	m <sup>3</sup>	Litros
Rippl	19,09	19090,6
Azevedo Neto	15,9	15894,3
Prático Alemão	VD <b>4,32</b>	<b>4320,0</b>
	Vap 5,68	5676,5
Prático Inglês	4,73	4730,4







20.000L




15.000L



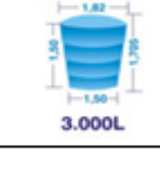
10.000L



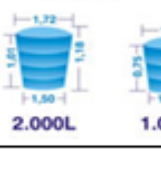
7.000L



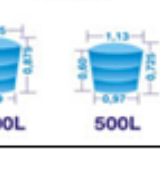
5.000L




3.000L




2.000L




1.000L



500L



310L



250L

Fonte: Autoria própria (2017)

SIOTE (2016)

Para o dimensionamento de reservatório de água pluvial é indispensável o levantamento histórico de precipitação da região devido sua variação temporal de acordo os meses do ano, além desse fator, o consumo familiar e a área de captação são também fundamentais para o dimensionamento. No entanto, não podemos fazer o dimensionamento apenas por um método devido a sua eficiencia estar relacionadaas variáveis regionais de acordo com as condições geográficas e climatológicas, além da área disponível para captação(DAPIEVE, 2014).

Pela comparação dos cenários fictícios (Tabela 2), observou-se que o método de Rippl tem sua eficiencia baseada pela área de cobertura e pelo consumo das famílias, visto que ao aumentar a área de cobertura, diminue o volume (m<sup>3</sup>) ese aumentar o número de

pessoa na família irá aumentar o volume. Porém, mostrou-se menor viabilidade técnica e econômica nos 12 cenários fictícios com variação de 43,1 a 282,7 m<sup>3</sup>, devido ao dimensionamento com grande volume do reservatório. Em vários estudos que utilizaram o método Rippl observaram em seus resultados, grandes dimensionamento nos reservatórios (MIERZWA et al., 2007; BEZERRA et al., 2010).

No método Prático Alemão no volume anual de precipitação aproveitável (VD) ele foi viável apenas “um” cenário para uma família de 2 pessoas na área de cobertura de 350 m<sup>2</sup> com dimensionamento de 6,5 m<sup>3</sup> (Tabela 2). Ainda no mesmo método, entretanto na demanda anual de água não potável (Vap) revelou-se efeito semelhante ao do Azevedo Neto, porém com valores inferiores.

O método Prático Inglês mostrou-se ser mais eficiente para a região de Bebedouro, SP. Para família com 2 pessoas nas áreas de 80, 120 e 200 m<sup>2</sup> obteve o menor dimensionamento entre os demais métodos (Tabela 2). Na família de 4 e de 6 pessoas foi o mais indicado para todas as áreas de 80, 120 e 200 m<sup>2</sup> com dimensionamento de 4,7, 7,1 e 11,8 m<sup>3</sup> respectivamente. Para a maior família com 6 pessoas ele foi indicado para todas as áreas de captação com dimensionamentos variando de 4,7 a 20,7 m<sup>3</sup>.

**Tabela 2.** Dimensionamento do reservatório (m<sup>3</sup>) pelo método de Rippl, Azevedo Neto, Prático Alemão e Inglês para os cenários simulados em função da área de cobertura (m<sup>2</sup>) e tamanho da família, para município de Bebedouro, SP

Cenários	2 pessoas				4 pessoas				6 pessoas				
	-----m <sup>2</sup> -----				-----m <sup>2</sup> -----				-----m <sup>2</sup> -----				
	80	120	200	350	80	120	200	350	80	120	200	350	
Métodos/Volume	-----m <sup>3</sup> -----				-----m <sup>3</sup> -----				-----m <sup>3</sup> -----				
Rippl	66,7	54,5	48,8	43,1	174,7	154,1	117,2	101,1	282,7	262,1	220,8	164,1	
Azevedo Neto	6,9	10,4	17,3	30,3	6,9	10,4	17,3	30,3	6,9	10,4	17,3	30,3	
Prático Alemão	VD*	6,5	6,5	<u>6,5</u>	13,0	13,0	13,0	13,0	19,4	19,4	19,4	19,4	
	Vap**	2,5	3,7	6,2	10,8	2,5	3,7	6,2	10,9	2,5	3,7	6,2	10,8
Prático Inglês	<u>2,1</u>	<u>3,1</u>	<u>5,2</u>	9,0	<u>2,1</u>	<u>3,1</u>	<u>5,2</u>	<u>9,0</u>	<u>2,1</u>	<u>3,1</u>	<u>5,2</u>	<u>9,0</u>	

VD\* = volume anual de precipitação aproveitável; Vap\*\* = demanda anual de água não potável. O consumo de água não potável foi de 4,5 m<sup>3</sup>/mês para duas pessoas.

**Fonte:** Autoria própria (2017)

## 5. Conclusão

O programa DRAAP mostrou-se ser uma ferramenta técnica prática e rápida na execução dos cálculos envolvidos na determinação do dimensionamento de reservatório de

água pluvial para qualquer consumo de água na família e área de captação/cobertura da residência para a região de Bebedouro, SP;

- O método Rippl mostrou-se menor viabilidade técnica e econômica nos 12 cenários fictícios com variação de 43,1 a 282,7 m<sup>3</sup>;
- O método Azevedo Neto superestimou os métodos Prático Alemão e o Inglês;
- O método Prático Inglês foi o que resultou em menor dimensionamento para a cidade de Bebedouro, SP, seguido do método Prático Alemão “Vap”, mostraram-se maior viabilidade técnica e econômica nos 12 cenários fictícios.

### Referências

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 15527: Água de chuva-aproveitamento de áreas urbanas para fins não potáveis:requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

BERTOLO, E. *Aproveitamento da água da chuva em edificações*. 2006. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2006. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60529/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

BEZERRA, S. M. C.; CHRISTIAN, 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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n4/a15v10n4.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

BOULOMYTIS, V. T. G. Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUAS DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <[http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/6simp\\_vassiliki\\_estudo.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/6simp_vassiliki_estudo.pdf)>. Acesso em: 3 abr. 2017.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 12, n. 2, 2016. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/viewFile/2327/529>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9., 2008, Salvador, BA. Disponível em:



<[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/publicacoes/pub\\_art74.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

DAPIEVE, A. R. *Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva no município de Caçador/SC*. 2014. 51p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

DEVES, O. D. Utilização da água: um estudo do potencial de captação de água das chuvas e a importância das políticas públicas e da educação ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília, DF, p. 2. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT12-421-145-20080424085416.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CITRICULTURA DE BEBEDOURO. *Dados meteorológicos*. Bebedouro, 2017. Disponível em: <<http://www.estacaoexperimental.com.br/download.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

JQUES, R. C. *Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações*. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M.; JANZEN, J. G. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011. LUMIKOSKI, P.; GURSKI, C. R. *Possibilidades de aproveitamento de água de chuva, bem como levar os alunos da 5ª série do Colégio Estadual José de Anchieta da cidade de União da Vitória-PR, a reflexões sobre medidas afirmativas na área da educação ambiental*. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2010. (O Professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, v.1). Disponível em: <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2010/2010\\_fafiuiv\\_cien\\_artigo\\_paulo\\_lumikoski.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2010/2010_fafiuiv_cien_artigo_paulo_lumikoski.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2017.

MARINOSKI, D. L.; GHISI, E.; GÓMEZ, L. A. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis-SC. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo, 2004.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; 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 Águas da América Latina*, v. 4, p. 29-37, 2007. Disponível em: <[http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Cisternas0/ArtigNotc/\\_www.abrh.org.br\\_rega\\_REGA\\_v4\\_n1.pdf](http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Cisternas0/ArtigNotc/_www.abrh.org.br_rega_REGA_v4_n1.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2017.

OLIVEIRA, L. G. *Estudo simplificado de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para o uso não potável em edificações da Universidade Federal de Sergipe*. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.

ORTEGA, D. J. P. Avaliação dos efeitos das atividades antropóficas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18,

n. 3, p. 97-108, 2013. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.629.1985&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

ROCHA, V. *Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações*. 2009. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SALES, A. R. *Desenvolvimento de uma planilha eletrônica em VBA para o dimensionamento didático de instalações de recalque de água*. 2015. 64p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

SALLA, M. R.; LOPES, G. B; PEREIRA, C. E.; MOURA NETO, J. C.; PINHEIRO, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2013

SILVA, A. R. V.; TASSI, R. Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa, PB.

SIOTE. *Cisterna e caixa d'água: diferenças e como escolher*. 2016. Disponível em: <<http://www.sioite.com.br/blog/cisterna-e-caixa-dagua/>>. Acesso em: 21 maio 2016.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. 4. ed. São Paulo: Navegar, 2011.

\_\_\_\_\_. *Dimensionamento de reservatórios de água de chuva*. 2012. cap.109. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro\\_calculos/capitulo109\\_julho.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo109_julho.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2016.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995, v.5, p.277-347.

VASCONCELOS, L. F.; FERREIRA, O. M. *Captção de água de chuva para uso domiciliar: estudo de caso*. 2011. 20p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAPTA%C3%87%C3%83O%20D E%20%C3%81GUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20USO%20DOMICILIAR.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.