

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG**  
**GESTÃO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E TECNOLOGIA – GEAT**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**IGOR NATAN NEVES**

**APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE UM  
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.**

**VARGINHA**  
**2017**

**IGOR NATAN NEVES**

**APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE UM  
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação da Prof. Luana Mendes Ferreira.

**VARGINHA  
2017**

**IGOR NATAN NEVES**

**APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE UM  
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do Prof. Luana Mendes Ferreira.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Primeiramente a Deus, aos meus familiares, amigos e professores, que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho. O meu sincero muito obrigado.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos meus familiares, que sempre me apoiaram em todas minhas decisões.

A todos os professores, que fizeram eu me empenhar e me passaram lições que vão além das salas de aula.

Aos meus colegas de república, onde por anos de convivência pudemos crescer e aprender um com o outro.

A minha mãe, que sempre fez o máximo para me ajudar em qualquer decisão que eu tomasse.

Ao meu orientador, professor Leopoldo, que sem ele este trabalho não seria possível.

“Não existe fracasso no erro. O fracasso está na desistência”.

Mário Sérgio Cortella

## RESUMO

Os sistemas de captação de águas pluviais para fins não potáveis estão começando a ser mais utilizados, e são uma boa alternativa para a conservação da água, sustentabilidade e redução das enchentes nas cidades, além de poder diminuir os gastos com a conta de água. Cada vez mais a tendência é que nas novas edificações que forem construídas seja instalado um sistema, visto que estão surgindo programas e leis específicas para estimular a instalação, e para o dimensionamento adequado destes sistemas, é necessário seguir os parâmetros definidos na NBR:15527/2007. O presente trabalho apresenta um estudo sobre os sistemas de captação de água de chuva e tem como objetivo apresentar uma ferramenta computacional que faz um pré-dimensionamento do reservatório do sistema, visto que é o componente mais caro e por isso é necessário um cuidado especial na hora de calcular. A ferramenta é um aplicativo móvel, com uma interface simples que pode ser utilizado por qualquer pessoa, mesmo que não tenha conhecimento dos métodos de cálculo. Foi pensado ainda para a cidade de Varginha, onde os índices pluviométricos estão inseridos no aplicativo, deste modo facilita ainda mais a aplicação na cidade e em cidades próximas que utilizam os mesmos índices pluviométricos. O aplicativo calcula o volume do reservatório com base nos dados de entrada do usuário, como o consumo de água por habitantes, o número de habitantes do local, e a área do telhado. Deste modo apresenta o volume mínimo e máximo do reservatório e fornece a opção do usuário escolher qualquer volume dentro desta faixa. Quando o usuário escolher o volume que será utilizado, o aplicativo mostra o quanto de água o reservatório escolhido pode fornecer ao longo do ano, e o quanto de água será necessária de outra fonte de abastecimento, para suprir a demanda total. Também existe a opção para quem possui conhecimento sobre os métodos de cálculo, onde estão disponíveis os seis métodos previstos pela NBR:15527/2007, e o usuário pode escolher livremente qual utilizar.

**Palavras-chave:** Aplicativo móvel, aproveitamento de água de chuva, ferramenta computacional, reservatório.

## ABSTRACT

Rainwater harvesting systems for non-potable purposes are beginning to be more widely used and are a good alternative for water conservation, sustainability and flood reduction in cities, as well as reducing water bill expenditures. More and more the tendency is that in the new buildings that are built a system is installed, since specific programs and laws are appearing to stimulate the installation, and for the proper design of these systems, it is necessary to follow the parameters defined in NBR:15527/2007. The present work presents a study on rainwater harvesting systems and aims to present a computational tool that pre-sizing the system reservoir, since it is the most expensive component and therefore special care is needed in the time to calculate. The tool is a mobile application, with a simple interface that can be used by anyone, even if you are not aware of the calculation methods. It was also thought of for the city of Varginha, where the rainfall indexes are inserted in the application, in this way it facilitates even more application in the city and in nearby cities that use the same rainfall indexes. The application calculates the reservoir volume based on user input data, such as water consumption by inhabitants, the number of inhabitants of the location, and the roof area. This displays the minimum and maximum reservoir volume and provides the user's choice of any volume within this range. When you choose the volume that will be used, the application shows how much water the chosen reservoir can provide throughout the year, and how much water will be needed from another source to meet the total demand. There is also the option for those who have knowledge about the calculation methods, where the six methods provided by NBR:15527/2007 are available, and the user can choose freely which one to use.

**Keywords:** Mobile application, rainwater harvesting, computational tool, reservoir.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Esquema de funcionamento do sistema de captação.....	4
Figura 02: Cálculo da área de telhado. ....	5
Figura 03: Exemplo de reservatório enterrado.. ....	6
Figura 04: Exemplo de reservatório superficial.....	7
Figura 05: Plataforma de desenvolvimento MIT App Inventor. ....	16
Figura 06: Blocos de programação MIT app inventor. ....	17
Figura 07: Interface de dados iniciais.. ....	25
Figura 08: Interface do cálculo do reservatório.....	25
Figura 09: Simulação do reservatório de 16 m <sup>3</sup> .....	26
Figura 10: Simulação do reservatório de 8 m <sup>3</sup> .....	26
Figura 11: Interface de opções .....	27
Figura 12: Método prático Alemão .....	28
Figura 13: Método prático Azevedo Neto .....	29
Figura 14: Método prático Australiano, parte 01 .....	30
Figura 15: Método prático Australiano, parte 02 .....	31
Figura 16: Método prático Inglês .....	31
Figura 17: Método de Rippl, parte 01 .....	33
Figura 18: Método de Rippl, parte 02 .....	33
Figura 19: Método da Simulação, parte 01 .....	34
Figura 20: Método da Simulação, parte 02 .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Disponibilidade dos recursos hídricos por região.....	3
Quadro 02: Coeficiente de runoff.....	5
Quadro 03: Padrões de qualidade da água.....	13
Quadro 04: Estimativa do consumo de água em diferentes setores.....	14
Quadro 05: Consumo de água em uma residência no Brasil.....	15
Quadro 06: Índices pluviométricos médios de Varginha..	22
Quadro 07: Dimensionamento pelo Método de Rippl.....	23
Quadro 08: Dimensionamento pelo Método Australiano.....	30
Quadro 09: Dimensionamento pelo Método de Rippl.....	32
Quadro 10: Dimensionamento pelo Método da Simulação.....	34
Quadro 11: Simulação do reservatório de 8 m <sup>3</sup> .....	41
Quadro 12: Simulação do reservatório de 16 m <sup>3</sup> .....	42
Quadro 13: Índices pluviométricos de Varginha.....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	2
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	2
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	2
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>3.1 Água doce no mundo</b> .....	3
<b>3.2 Água doce no Brasil</b> .....	3
<b>3.3 Utilização da água da chuva</b> .....	4
<b>3.4 Componentes principais para captação de água de chuva</b> .....	5
3.4.1 Área de captação .....	5
3.4.2 Reservatório .....	5
3.4.3 Outros componentes .....	7
<b>3.5 Captação no Brasil</b> .....	8
<b>3.6 Nomas e métodos</b> .....	9
3.6.1 Método de Rippl .....	9
3.6.2 Método da simulação .....	9
3.6.3 Método prático Azevedo Neto .....	10
3.6.4 Método prático alemão .....	10
3.6.5 Método prático inglês .....	11
3.6.6 Método prático australiano .....	11
3.6.7 Análises dos métodos de dimensionamento .....	12
3.6.8 Aquisição de dados .....	12
3.6.9 Qualidade da água .....	13
<b>3.7 Consumo de água</b> .....	14
<b>3.8 Aplicativos</b> .....	15

3.8.1 Aplicativos relacionados.....	17
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Local de estudo .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Índices pluviométricos.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Descrição do funcionamento.....</b>	<b>19</b>
<b>4.4 Exemplo de cálculo .....</b>	<b>20</b>
<b>4.5 Criação do aplicativo.....</b>	<b>21</b>
<b>4.6 Validação do aplicativo .....</b>	<b>21</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Índices pluviométricos de Varginha .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Exemplo de cálculo .....</b>	<b>22</b>
<b>5.3 Validação do aplicativo .....</b>	<b>24</b>
5.3.1 Exemplo do Método prático alemão .....	27
5.3.2 Exemplo do Método Azevedo Neto .....	28
5.3.3 Exemplo do Método prático australiano .....	29
5.3.4 Exemplo do Método prático inglês .....	31
5.3.5 Exemplo do Método de Rippl .....	32
5.3.6 Exemplo do Método da simulação .....	33
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural essencial para as atividades humanas, e cada vez mais as fontes de água estão sendo degradadas pelo homem, devido ao uso inconsciente e a poluição dos mananciais, e uma das alternativas para a conservação da água são os sistemas de aproveitamento de águas da chuva.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial utilizam a água captada no telhado para diversos fins não potáveis, como descarga da bacia sanitária, lavagem de pátios e carros reduzindo o consumo de água potável e economizando a conta que a pessoa paga. Além de ser uma medida de sustentabilidade, também é uma questão de redução do consumo de energia, pois diminui a demanda de água das estações de tratamento, diminuindo assim a energia gasta no processo.

De acordo com Baptista (2014), o reservatório é o componente mais caro do sistema, sendo assim é preciso muito cuidado para se fazer seu dimensionamento, visto que um reservatório muito grande pode inviabilizar o sistema. Existem vários métodos de cálculo para fazer o dimensionamento, e cada um apresenta um valor diferente, assim é necessária uma análise mais detalhada de como realizar os cálculos.

Deste modo, uma ferramenta computacional pode facilitar o processo de dimensionamento, pois apresenta maior confiabilidade nos cálculos e menores possibilidades de erro e com a ferramenta o projetista tem grande liberdade para fazer vários cálculos diferentes, até encontrar um valor satisfatório que atenda ao seu projeto.

A ferramenta computacional utiliza os métodos previstos na NBR:15527/2007 para se fazer o dimensionamento, e possibilita ao usuário fazer uma análise crítica sobre qual o tamanho do reservatório a ser utilizado, de acordo com a capacidade de fornecimento de água do mesmo. Esta ferramenta é aplicativo móvel devido à grande praticidade que o mesmo transmite, pois pode ser utilizando por qualquer pessoa, mesmo que não tenha conhecimento dos métodos de cálculo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um aplicativo móvel que faz o dimensionamento do reservatório de um sistema de captação de águas pluviais, segundo os métodos descritos na NBR:15527/2007.

### **2.2 Objetivos específicos**

Fazer um estudo sobre os sistemas de captação de águas pluviais;

Analisar os métodos de cálculo do reservatório previstos na NBR:15527/2007;

Escolher quais métodos de cálculo utilizar no aplicativo;

Criar o aplicativo móvel para dimensionamento de reservatórios;

Validar o aplicativo, realizando testes que comprovem o funcionamento;

Trabalhar com uma interface simples, onde qualquer pessoa possa utilizar o aplicativo e dimensionar um reservatório, mesma que não tenha conhecimento sobre os métodos de cálculo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Água doce no mundo

A quantidade de água no planeta terra é constante, variando apenas a forma como ela é encontrada na natureza. Cerca de 75% da superfície do planeta é constituída de água, deste valor, 97% é de água salgada e 2,7% estão em forma de gelo e vapor na atmosfera, ficando apenas 0,3% acessível ao consumo humano (MOTA, 2012).

Algumas áreas ao redor do mundo sofrem sérios problemas relacionados à falta de água, por se tratar de regiões áridas e semiáridas, que além da baixa disponibilidade hídrica, enfrentam alta densidade demográfica, como no caso das regiões metropolitanas ao norte da África e do Oriente Médio. Estima-se que atualmente um terço na população mundial viva nestas áreas, e que em 25 anos, esta população pode chegar a dois terços do total mundial (AGUIAR et al., 2005).

#### 3.2 Água Doce no Brasil

A porcentagem total de água doce no Brasil representa 53% do continente Sul-Americano, e cerca de 12% do total mundial, mas a distribuição desta água ocorre de uma forma muito desigual, onde as regiões com maior população são as que menos possuem recursos hídricos (TUNDISI; TUNDISI, 2011). O quadro 01 apresenta a relação dos recursos hídricos com a população.

Quadro 01: Disponibilidade dos recursos hídricos por região.

Região	Recursos Hídricos (%)	Superfície	População (%)
Norte	68,5	45,3	6,98
Centro-Oeste	15,7	18,8	6,41
Sul	6,5	6,8	15,05
Sudeste	6,0	10,8	42,65
Nordeste	3,3	18,3	28,91
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: (UNIAGUA, 2002 apud AGUIAR et al., 2005, p.121).

Algumas regiões metropolitanas do Nordeste passam por situação de escassez, tendo que buscar água nas bacias vizinhas, e até mesmo as regiões com maior precipitação também vem enfrentando problemas com falta de água, devido á poluição dos mananciais próximos, como no caso de São Paulo, onde a água é captada a cerca de 50 quilômetros no Sistema Cantareira (AGUIAR et al., 2005).

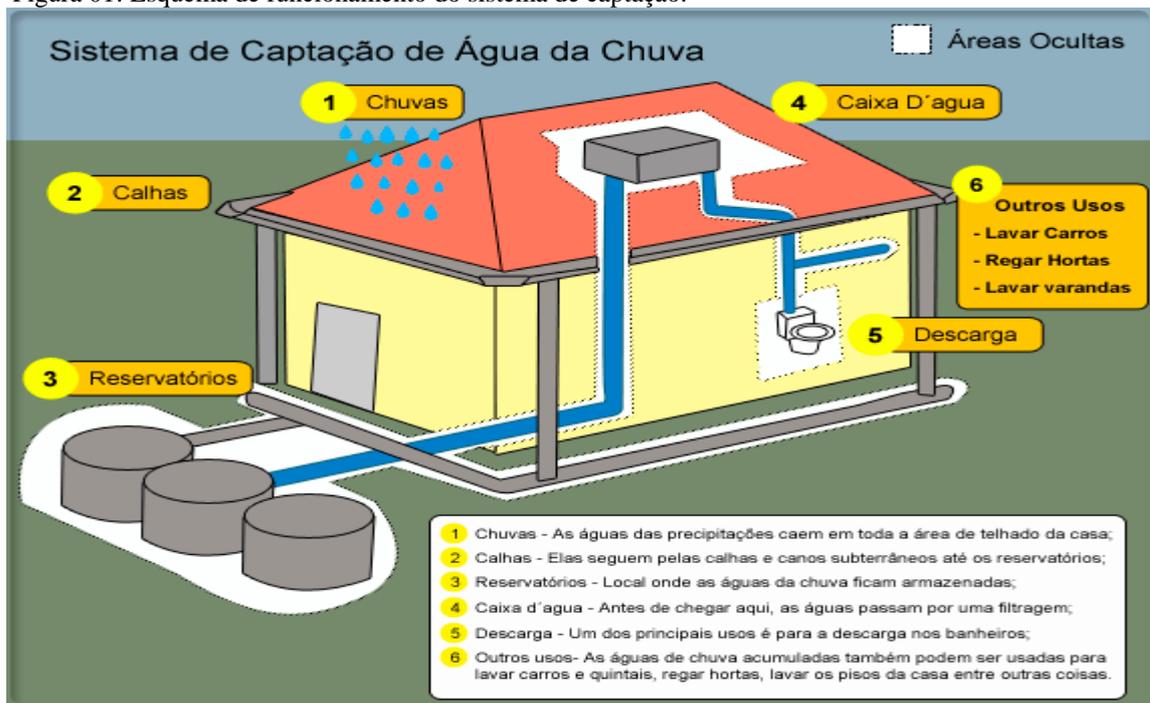
### 3.3 Utilização da água da chuva

O aproveitamento de água de chuva para consumo não potável, está cada vez mais sendo utilizado ao redor do mundo, para diversos fins, como residencial, industrial e agrícola, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o problema de escassez de água e das inundações urbanas (MAY, 2009).

De acordo com Sampaio (2013), o sistema de aproveitamento de água de chuvas funciona da seguinte forma seguinte forma: o reservatório armazena as águas que foram precipitadas no telhado. Antes de chegar ao reservatório, a água é conduzida pelas calhas, e passa por sistemas de separação de folhas e sujeiras e até por filtros, dependendo do sistema.

Na figura 01 é apresentado um esquema de funcionamento do sistema.

Figura 01: Esquema de funcionamento do sistema de captação.



Fonte: Ambiente Gaia (2017).

### 3.4 Componentes principais para captação de água de chuva

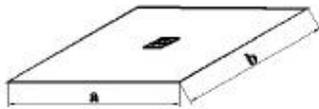
De acordo Tomaz (2010) os componentes principais para o sistema de captação de água de chuva são:

#### 3.4.1 Área de captação

Geralmente são os telhados das casas ou indústrias. Podem ser de diversos materiais e em diferentes inclinações, e para se calcular, devem ser somadas todas as áreas do telhado e todas as águas (TOMAZ, 2010). A figura 2 mostra um exemplo de área do telhado.

Figura 02: Cálculo da área de telhado.

*superfície plana horizontal*



$$A = a \cdot b$$

Fonte: (Adaptado, SOARES, 2013).

Também deve ser levado em consideração o coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que escoa superficialmente pelo total da água precipitada. O quadro 02 apresenta a relação do coeficiente com cada tipo de telhado.

Quadro 02: Coeficiente de runoff.

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2010).

#### 3.4.2 Reservatório

O reservatório do sistema requer maiores cuidados para ser dimensionado, pois dependendo do seu volume e localização ele pode chegar a custar até 70 % de todo o sistema (Li et al., 2010, apud BAPTISTA, 2014).

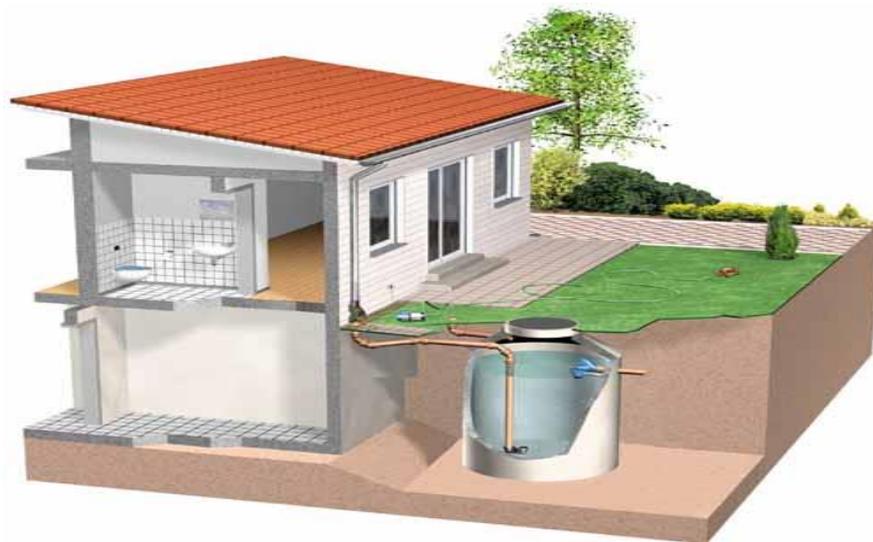
Os reservatórios podem ser pré-fabricados ou construídos no local, sendo os principais materiais: concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster (TOMAZ, 2010).

O volume do reservatório é calculado seguindo as diretrizes da “NBR 15527/2007 Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, e para o cálculo é necessário um bom conhecimento do projetista, pois existem vários métodos de cálculo, e os resultados apresentam muita diferença para o mesmo local de estudo.

De acordo com Baptista (2014) o reservatório também pode estar disposto de diferentes formas no terreno como:

- Enterrados: A vantagem dos reservatórios enterrados, é que são protegidos de temperaturas externas e luminosidade, o que pode diminuir os riscos de proliferação de bactérias, as desvantagens é que precisa de escavação e de bombeamento da água, podendo encarecer o sistema. A figura 3 mostra um exemplo de reservatório enterrado.

Figura 03: Exemplo de reservatório enterrado.



Fonte: Portal Metálica Construção Civil (2017).

- Superficiais: Possui a vantagem de instalação e manutenção mais fáceis, visto que não precisa de escavação, logo são mais baratos, e em alguns pontos de utilização não necessita de bombas elevatórias, pois consegue manter uma pressão para a utilização,

eles não podem ser transparentes, para evitar a entrada de luz e proliferação de bactérias. A figura 4 mostra um exemplo de reservatório superficial.

Figura 04: Exemplo de reservatório superficial.



Fonte: Ecycle (2017).

- No interior do edifício: O reservatório geralmente fica localizado em um ponto abaixo dos coletores, onde possa receber as águas da chuva apenas por ação da gravidade, possui a vantagem de não precisar de bombas, o que diminui o custo, a desvantagem é que nem sempre é possível instalar o reservatório devido as restrições no espaço e na estrutura da edificação.

### 3.4.3 Outros componentes

- Calhas e condutores: Para captação da água de chuva são necessárias calhas e coletores de águas pluviais, que podem ser de PVC ou metálicos. As calhas tem a função de conduzir a água captada para o reservatório.
- By Pass: De acordo com Tomaz (2010), a primeira chuva que contém muita sujeira dos telhados pode ser removida manualmente com uso de tubulações que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação.
- Peneira: Segundo Tomaz (2010), para se remover materiais em suspensão usam-se peneiras com tela de 0,2 mm a 1 mm.

- Extravasor. Ainda segundo Tomaz (2010) deverá ser instalado no reservatório um extravasor (ladrão). O extravasor deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais.

### 3.5 Captação no Brasil

Em regiões semiáridas brasileiras a prática de aproveitamento das águas pluviais é considerada popular, mas devido à grande escassez que elas passam ao longo do ano, o principal objetivo da captação é suprir a demanda pela água potável, mesmo não sendo recomendado pela NBR:15527/20017 (MAY, 2009).

Para auxiliar estas regiões semiáridas, o Governo Federal criou em 2003, o programa um milhão de cisternas, que tem o objetivo de construir uma cisterna para cada casa, para atender a demanda de água nos meses de estiagem. As cisternas conseguem suprir a necessidade de uma casa com até 5 pessoas por 8 meses, onde já foram construídos em cerca 1,2 milhões de residências (PORTAL BRASIL, 2016).

Segundo Sampaio (2013) também existem em algumas cidades e estados do Brasil, leis e programas específicos que estabelecem a coleta de águas pluviais para minimizar problemas como inundações em áreas altamente impermeáveis e para a conservação da água, fornecendo diretrizes gerais para os sistemas de água não potável, dentre as quais pode-se citar:

- Lei nº 7.863/2010 de Salvador/BA;
- Lei nº 10.785/2003 de Ponta Grossa/PR;
- Lei nº 8.718/2006 de Curitiba/PR;
- Lei nº 10.506/2008 de Porto Alegre/RS;
- Lei nº 13.276/2002 de São Paulo/SP.

Em 2015, foi feito um projeto de lei no Senado (PLS) 15/2015, que estabelece que os empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida, terão a obrigatoriedade da implantação de sistemas de coleta, armazenagem e uso de águas pluviais. A lei ainda não foi aprovada, mas está em processo de andamento (SENADO FEDERAL, 2015).

Há também o projeto de lei PL 377/2015, que dispõe sobre a isenção do IPI (Imposto Sobre Produtos Industrializados), e do II (Imposto sobre Importação), para todos os componentes de um sistema de captação de água de chuva (filtros, painéis, bombas, entre

outros), este projeto visa estimular a população a instalar os sistemas. A lei também não foi aprovada, mas está em andamento (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015).

Pode-se perceber que a cultura de aproveitamento de água está mudando, o governo está cada vez mais empenhado em estimular a instalação dos sistemas, através de leis e programas, e que a tendência à médio prazo é que nas novas edificações que forem construídas seja obrigatória a instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

### 3.6 Normas e métodos

No Brasil a NBR 15527/2007 dá as diretrizes gerais e os métodos de cálculo do volume do reservatório para os sistemas de captação de água de chuva, onde existem seis métodos distintos, sendo eles:

#### 3.6.1 Método de Rippl.

Neste método, pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (01)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ .

$V = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo que :  $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

#### 3.6.2 Método da simulação

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (02)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ .

Sendo que:  $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S(t-1)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

Nota considerada pela Norma: para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

### 3.6.3 Método prático Azevedo Neto

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (03)$$

Onde:

$P$  é a precipitação média anual, em milímetros;

$T$  é o número de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  é a área de coleta, em metros quadrados;

$V$  é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

### 3.6.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V \text{ adotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (04)$$

Sendo:

$V$  é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

$D$  é a demanda anual da água não potável, em litros;

$V$  adotado é o volume de água do reservatório, em litros.

### 3.6.5 Método prático inglês

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

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

### 3.6.6 Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (06)$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal, em milímetros;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

Q é o volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (07)$$

Onde:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos;

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;

$D_t$  é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então o  $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

### 3.6.7 Análise dos métodos de dimensionamento

Segundo Tomaz 2010, ainda não existe um método de cálculo perfeito para o volume do reservatório, os métodos descritos na NBR 15527/2007 apresentam grande variação nos resultados encontrados, deste modo cabe ao projetista escolher qual utilizar, de acordo com as características individuais de cada projeto, como a demanda por água não potável, a intensidade pluviométrica, a região de estudo, entre outros.

Os métodos práticos são mais indicados para pequenos estabelecimentos e residências, deste modo quando for utilizado, é recomendado que o usuário não tenha total dependência da água, pois o reservatório é menor e pode ter maiores chances de se esvaziar, enquanto os métodos mais complexos, como o de Rippl são mais indicados para maiores estabelecimentos, como indústrias, mas cabe ao projetista escolher, não havendo nenhuma restrição para qualquer tipo de método (AMORIM; PEREIRA, 2008 apud COUTO, 2012).

Também de acordo com Tomaz 2010, o método de Rippl é o mais utilizado no mundo, em alguns casos este método superdimensiona o reservatório, mas é bom calcular por este método, para se saber o limite superior do reservatório, pois ele prevê o atendimento de 100% da demanda, e pelo fato do reservatório ser maior, é mais difícil de falhar.

No método da simulação, é escolhido um volume de reservatório, e os cálculos são realizados para se avaliar a eficiência do mesmo, e verifica-se se a água vai faltar ou sobrar, deste modo é possível simular um reservatório, e saber se haverá necessidade de outra fonte de abastecimento (TOMAZ, 2010).

Pode-se perceber que ainda não existe consenso de qual método de cálculo é o melhor, pois até na mesma região, onde se tem os mesmos índices pluviométricos, se for calculado o reservatório para prédios com características diferentes, pode-se utilizar um método para cada prédio. Deve ser analisado o espaço que o reservatório vai ocupar, e o seu custo de implantação, e como o reservatório vai estar disposto no espaço, para desta forma escolher qual volume utilizar, respeitando os cálculos apresentados pela NBR: 15527/2007.

#### 3.6.8 Aquisição de dados

Os dados de precipitações utilizadas para se calcular os volumes de reservatório, devem ser recolhidos da estação meteorológica mais próxima do local em estudo (BAPTISTA, 2014). Estes dados podem ser encontradas no hidroweb, que é um site da Agência Nacional de Águas, onde são fornecidas informações hidrológicas de várias regiões do Brasil, ou em outras

entidades, como por exemplo, a Fundação Procafé, que fornece os dados de Varginha, e algumas outras cidades de Minas Gerais.

### 3.6.9 Qualidade da água

A NBR 15527/2007, também estabelece que os padrões de qualidade da água captada, e a frequência de análise devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos devem ser utilizados os parâmetros apresentados no quadro 03.

Quadro 03: Padrões de qualidade da água.

<b>Parâmetro</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT.
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização).	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	PH de 6,0 a 8,0, no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
<p>NOTA</p> <p>Podem ser usados outros processos de desinfecção, além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.</p>		
<p>a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção. uT é a unidade de turbidez. uH é a unidade Hazen.</p>		

Fonte: NBR 15527/2007.

A água captada não deve ser utilizada de forma alguma para fins potáveis, e para o uso de lavagem de roupas, também não é recomendada, devido á presença do protozoário *Crypstosporidium* (TOMAZ, 2010).

## 3.7 Consumo de água

O consumo de água depende de vários fatores, referentes ao próprio lugar a ser abastecido, tem uma grande variação por região e classe econômica, podendo ser utilizado no setor doméstico, comercial, especial (ex: combate a incêndio), industrial e público (NETTO, 1998).

Existem estimativas do consumo médio de água para cada tipo de edificação, como mostra o quadro 04.

Quadro 04: Estimativa do consumo de água em diferentes setores.

<b>Prédio</b>	<b>Consumo (Litros/ dia)</b>
Alojamentos provisórios	80
Apartamentos	200
Casas populares ou rurais	120
Residências	150
Residências de luxo	300
Cavalariças	100
Edifícios públicos ou comerciais	50
Escolas - com período integral	100
Escolas – internatos	150
Escolas - por período (até 3)	50
Escritórios	50
Garagens	50
Hotéis c/ cozinha e lavanderias	300
Hotéis s/ cozinha e lavanderias	120
Lava-rápidos automáticos de veículos	250
Lavanderias	30
Matadouros - Animais de grande porte	300
Matadouros - Animais de pequeno porte	150
Oficinas de costura	50
Oficinas de reparo de automóveis	300
Orfanatos - Asilos -Berçários	150
Creches	50
Postos de abastecimento	150

Fonte: (Adaptado, TOMAZ, 2000 apud SABESP, 2012, p.13).

Para uma grande parte do abastecimento, dependendo do setor, a água utilizada não precisa ser necessariamente potável, como no uso doméstico, onde as águas da descarga sanitária e a de lavagem de áreas e carro, podem ser provenientes do sistema de captação de chuva (TOMAZ, 2010). O quadro 05 apresenta o consumo médio de cada atividade em uma residência:

Quadro 05: Consumo de água em uma residência no Brasil.

<b>Tipos de uso de água</b>	<b>Porcentagem</b>
Descarga na bacia sanitária	29%
Chuveiros	28%
Lavatório	6%
Pia de cozinha	17%
Tanque	6%
Máquina de lavar roupas	5%
Máquina de lavar louças	9%
Total	100%

Fonte: (USP 1999, apud Tomaz, 2010, cap.3, p.3).

Pode-se observar que o maior consumo de água é proveniente da descarga da bacia sanitária, este valor pode chegar até a 29% do consumo doméstico, onde se for utilizada a água da chuva pode gerar uma grande economia de água potável, há também nas residências os usos externos, e se os moradores gastam muito com lavagem de carro, e rega de jardim, o valor para demanda não potável pode ser ainda maior.

### **3.8 Aplicativos**

Um aplicativo móvel, que genericamente é chamado de app, é um software, que pode carregar diversas funções para facilitar alguma operação para o usuário, como aplicativos de jogos, educacionais, de engenharia, entre outros (NASCIMENTO; MARTINS; VICTER, 2013).

A vantagem dos aplicativos móveis, é que podem ser acessados de qualquer local pelo smartphone, e são facilmente encontrados pelo público, pois uma vez que é o app é disponibilizado em uma plataforma de download, qualquer pessoa pode baixar e instalar em seu dispositivo móvel.

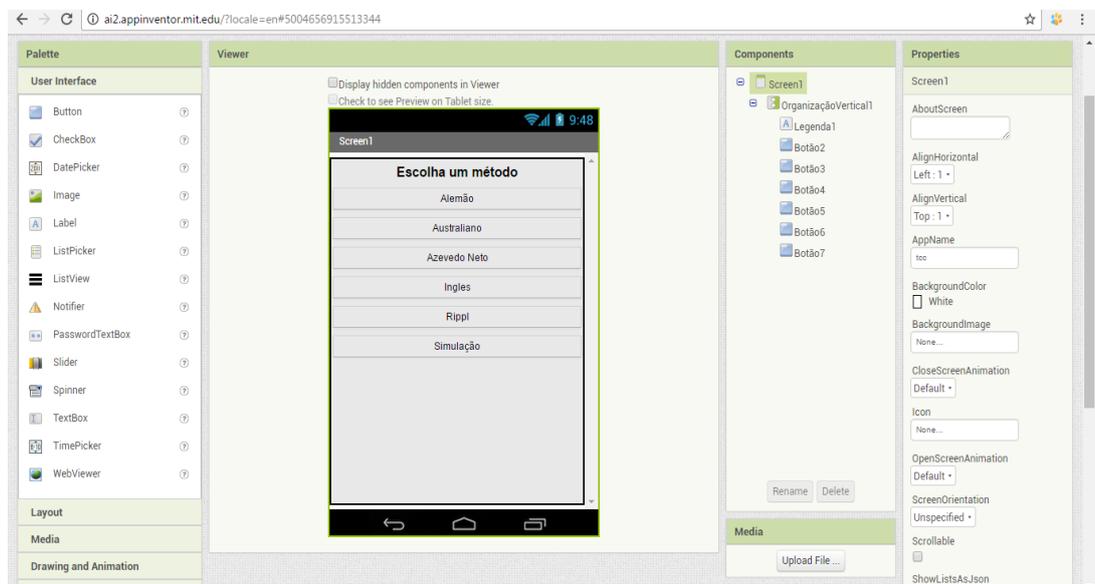
Para a construção de um aplicativo é necessário uma plataforma de desenvolvimento, onde a partir de uma linguagem de programação, o programador cria um algoritmo, e se constrói o software. Existem várias plataformas e linguagens de programação, cada uma possui vantagens e desvantagens, e cabe ao programador escolher a que melhor vai atender ao seu objetivo.

O MIT App Inventor é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos, inicialmente criada pelo Google e, atualmente, mantida pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), onde é possível a criação de aplicativos para smartphones a partir de uma linguagem de programação em blocos que rodam no sistema operacional Android (MIT APP INVENTOR, 2015).

A construção do aplicativo se divide em duas etapas principais, que são a criação da interface, e a construção do algoritmo, que representa a parte lógica e matemática do aplicativo.

Para a construção da interface, o usuário escolhe os componentes que vão fazer parte do aplicativo, onde é possível organizar todos os elementos e verificar como eles vão estar dispostos na tela de um celular. A figura 05 mostra a interface da plataforma inicial de desenvolvimento.

Figura 05: Plataforma de desenvolvimento MIT App Inventor.

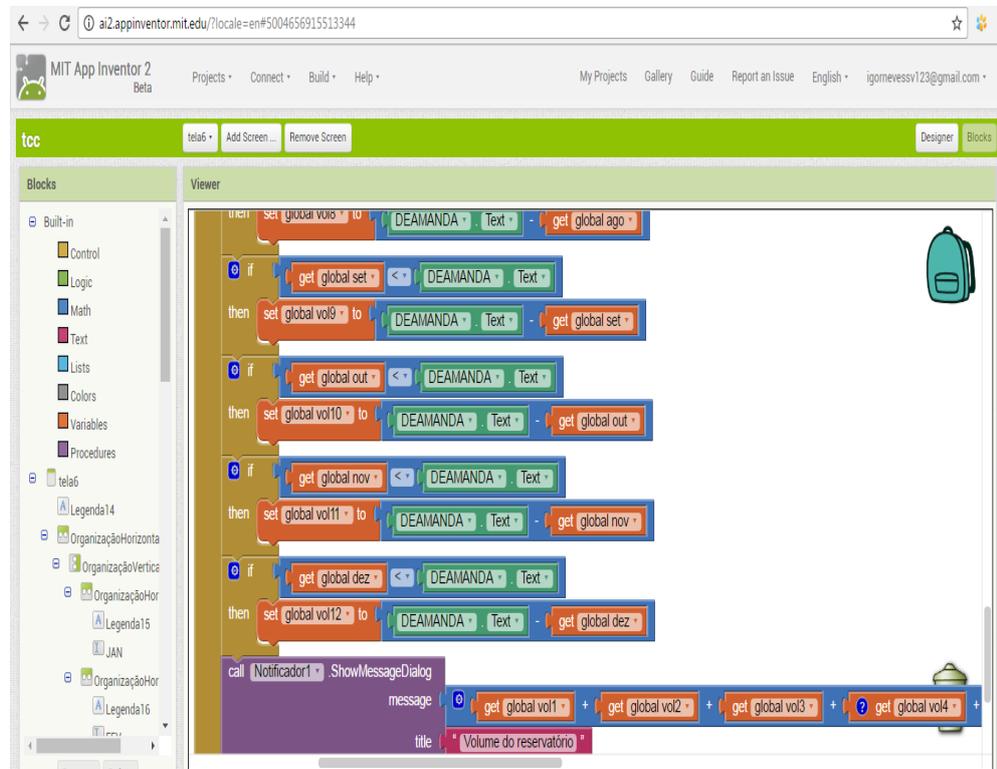


Fonte: MIT App Inventor (2017).

Na etapa da criação do algoritmo, o programador trabalha toda a parte lógica do aplicativo, onde são inseridas todas as equações e funções matemáticas. Para a criação da parte lógica são utilizados blocos, onde cada bloco representa uma função, e o programador encaixa

os blocos e forma uma rede que define o algoritmo do programa. A figura 6 mostra como são os blocos de programação.

Figura 06: Blocos de programação MIT app inventor.



Fonte: MIT App Inventor (2017).

Depois de feito a interface do usuário e o algoritmo, o aplicativo é passado para o celular, onde devem ser realizados testes para conferir se o aplicativo está trabalhando do modo desejado, e se for constatado que existe algum erro, o processo de criação se repete, até se chegar ao resultado esperado.

### 3.8.1 Aplicativos relacionados

No Brasil existem softwares para se calcular o volume do reservatório de um sistema de captação de águas pluviais, como o REZZ, e o NETUNO, ambos desenvolvidos por engenheiros e pesquisadores brasileiros.

O REZZ utiliza os métodos de cálculo previstos na NBR:15527/2007, e disponibiliza diferentes resultados do volume calculado de acordo com o método selecionado pelo usuário (NASCIMENTO e MORUZZI). Para a utilização deste software o usuário deve ter pleno conhecimento dos métodos de cálculo, e da grande variação do valor encontrado no volume

que cada método apresenta, para saber qual utilizar, de acordo com as condições específicas do projeto.

O NETUNO é um programa mais completo, desenvolvido no LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC, e trabalha com simulação de sistemas de captação de água de chuva. O usuário deve entrar com os dados pluviométricos diários e a partir destes dados, o NETUNO faz simulações computacionais, do comportamento do reservatório, verificando o potencial de economia de água em função da capacidade do reservatório. (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009).

## **4 METODOLOGIA**

Para a criação do aplicativo para dimensionamento de reservatórios de sistemas de captação de água de chuva, foi desenvolvida uma metodologia que tem como etapas: Local de estudo, levantamento dos índices pluviométricos, descrição do funcionamento do aplicativo, exemplo de cálculo, criação do aplicativo e validação do aplicativo.

### **4.1 Local de estudo**

O estudo foi feito na cidade de Varginha-MG, devido ser a cidade onde o trabalho foi realizado, no qual os índices pluviométricos da cidade estão registrados no aplicativo.

### **4.2 Índices pluviométricos**

Os índices pluviométricos foram recolhidos no site da Fundação Procafé, onde estão disponíveis os índices dos últimos 10 anos.

### **4.3 Descrição de funcionamento**

O aplicativo calcula o volume do reservatório, e pode ser usado por alguém que não tenha conhecimentos sobre os métodos de cálculo previstos pela NBR:15527/2007. Deste modo o usuário precisa apenas entrar com os dados iniciais do local que será realizado o projeto.

Os dados são o consumo médio diário por habitante, o número de habitantes, a área do telhado e o tipo de telha. Com estes dados o aplicativo calcula a demanda não potável e a seguir, com os índices pluviométricos que estão registrados no aplicativo, calcula o volume do reservatório.

Primeiramente o aplicativo calcula o reservatório pelo método de Rippl, que foi escolhido por se tratar de um método mais convencional, e que calcula o reservatório para atender toda a demanda não potável, este volume é o limite superior do reservatório. Logo após também é calculado o reservatório pelo método Alemão que foi escolhido, por ser indicado para pequenos reservatórios, por geralmente trabalhar com valores mais baixos, sendo este volume o limite inferior do reservatório.

Quando são calculados os volumes, o aplicativo fornece uma faixa entre o volume mínimo e máximo a ser utilizado e o usuário pode escolher qual volume utilizar, de acordo com o espaço disponível e custo de implantação. Quando o usuário informar este valor ao aplicativo, é realizado um novo cálculo, pelo método da simulação, que informa ao usuário o volume de água que o reservatório consegue suprir ao longo do ano.

Deste modo, o usuário pode testar vários volumes de reservatório, até encontrar algum que seja apropriado para a sua aplicação.

Também está disponível uma opção para quem tenha conhecimento dos métodos de cálculo, sendo possível que a pessoa escolha qualquer um dos seis métodos descritos pela NBR15527/2007. Nesta opção o usuário deve entrar com os dados de índices pluviométricos e todos os outros parâmetros necessário para se calcular o reservatório.

#### 4.4 Exemplo de cálculo

Será realizado um exemplo de cálculo, para exemplificar como o aplicativo vai trabalhar. No exemplo será calculado o volume pelo método prático alemão, conforme a equação 04.

$$V \text{ adotado} = \text{mín} (V; D) \times 0,06 \quad (04)$$

Sendo:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

D é a demanda anual da água não potável, em litros;

V adotado é o volume de água do reservatório, em litros.

Depois será calculado o volume pelo Método de Rippl, de acordo com a equação 01.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (01)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ .

$V = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo que:  $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

S(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q(t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D(t) é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

E por último será calculado pelo método da simulação conforme a equação 02.

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (02)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ .

Sendo que:  $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S(t-1)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

#### **4.5 Criação do aplicativo**

Para se criar o aplicativo, foi utilizada a plataforma de desenvolvimento MIT App Inventor, de criação de aplicativos para dispositivos android. O processo de criação se baseou em criar um aplicativo que possa ser trabalhado por alguém que não tenha conhecimento dos métodos de cálculo, sendo pensado na interface mais simples possível. Também foi pensado na opção para quem tenha conhecimento, no qual foram disponibilizadas as seis opções de cálculo previstos pela NBR:15527/2007, sendo esta opção útil para engenheiros e estudantes que queiram fazer um projeto utilizando índices pluviométricos que não estejam registrados no aplicativo.

#### **4.6 Validação do aplicativo**

Para a validação do aplicativo, foram resolvidos exemplos teóricos, retirados do livro Tomaz, (2010). Foi resolvido um exemplo para cada opção disponível no aplicativo, onde os exemplos comprovam a eficiência do software.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Índices pluviométricos de Varginha

Inicialmente foram coletados os índices pluviométricos de Varginha, pelo site da Fundação Procafé, obtidos do período de 2007 a 2016. Os valores médios, que são necessários para realizar os cálculos, estão apresentados no quadro 06. Em anexo encontra-se o quadro completo.

Quadro 06: Índices pluviométricos médios de Varginha.

Mês	Média (mm)
JAN	276,22
FEV	140,48
MAR	178,77
ABR	74,01
MAI	36,18
JUN	33,77
JUL	14,74
AGO	16,28
SET	55,49
OUT	95,84
NOV	186,09
DEZ	207,44
Total	1315,31

Fonte: Fundação Procafé 2017.

Estes dados servem de base para o dimensionamento e simulação do reservatório.

### 5.2 Exemplo de cálculo

Para mostrar como o aplicativo trabalha, foi feito um exemplo de uma residência em Varginha, os dados da residência são os seguintes:

Área de telhado = 150 m<sup>2</sup>.

Telhas cerâmicas.

Consumo médio por habitantes = 150 litros/dia.

Número de moradores = 5 pessoas.

Consumo extra = 1000 litros por mês, com lavagem de carros e jardinagem.

Primeiramente se calcula a demanda não potável:

$D = (5 \text{ pessoas} \times 150 \text{ litros} \times 30\% \times 30 \text{ dias}) + 1000 \text{ litros para lavagem de carros.}$

$D = 7750 \text{ litros/ mês ou } 7,75 \text{ m}^3/\text{mês.}$

A demanda anual é de  $7,75 \times 12 = 93 \text{ m}^3$ .

Depois parte-se para os cálculos do volume do reservatório. Utilizando-se os índices recolhidos, o valor da precipitação média anual é de 1315,31 mm, o coeficiente de runoff será de 0,85.

Pelo método alemão o volume calculado é de:

$V1 = 7,75 \times 12 \times 0,06$

$V1 = 5,58 \text{ m}^3$

$V \text{ aproveitável} = 1315,31 \times 150 \times 0,85 = 167702 \text{ litros ou } 167,702 \text{ m}^3$

$V2 = 167,702 \times 0,06 = 10,06 \text{ m}^3$

São calculados dois volumes diferentes, e o valor a ser utilizado é o menor deles, então no caso seria de  $5,58 \text{ m}^3$ .

Pelo método de Rippl, são utilizadas as precipitações médias mensais, o cálculo do volume do reservatório é apresentado no quadro 07.

Quadro 07: Dimensionamento pelo método de Rippl.

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de Chuva (m <sup>3</sup> )	Demanda - Volume
JAN	276,22	7,75	150	35,22	-27,47
FEV	140,48	7,75	150	17,91	-10,16
MAR	178,77	7,75	150	22,79	-15,04
ABR	74,01	7,75	150	9,44	-1,69
MAI	36,18	7,75	150	4,61	3,14
JUN	33,77	7,75	150	4,31	3,44
JUL	14,74	7,75	150	1,88	5,87
AGO	16,28	7,75	150	2,08	5,67
SET	55,49	7,75	150	7,07	0,68
OUT	95,84	7,75	150	12,22	-4,47
NOV	186,09	7,75	150	23,73	-15,98
DEZ	207,44	7,75	150	26,45	-18,70

Fonte: O autor.

O volume do reservatório pode ser obtido somando os valores positivos da última coluna:

$$V = 3,14 + 3,44 + 5,87 + 5,67 + 0,68 = 18,8 \text{ m}^3.$$

Deste modo os dados apresentados seriam:

$$\text{Volume mínimo} = 5,58 \text{ m}^3.$$

$$\text{Volume máximo} = 18,8 \text{ m}^3.$$

O usuário pode escolher qualquer valor que esteja entre os dois, e novamente será realizado um cálculo para se saber a demanda de água de outra fonte. O valor escolhido foi de 8 m<sup>3</sup>. O quadro 11 com o cálculo da simulação se encontra no Apêndice.

Com a simulação pode-se perceber que nos meses de Julho, Agosto e Setembro, o reservatório iria faltar água, e que no total a demanda de água de outra fonte no ano seria de 10,8 m<sup>3</sup>. Deste modo, pode-se calcular o volume de água que o reservatório iria suprir ao longo do ano, que é realizado pela demanda total menos a quantidade de outra fonte:

$$V = 93 - 10,8 = 82,2 \text{ m}^3.$$

Ou seja, um reservatório de 8 m<sup>3</sup>, pode suprir 82,2 m<sup>3</sup> de água em todo o ano.

Fazendo-se outra simulação para um reservatório de 16 m<sup>3</sup>, faltaria água nos meses de Agosto e Setembro, sendo que o volume de água de outra fonte seria de 2,8 m<sup>3</sup>. O quadro 12 com a simulação do volume de 16 m<sup>3</sup> também pode ser visualizado no Apêndice. Também foi calculado o volume de água que o reservatório vai suprir ao longo do ano:

$$V = 93 - 2,8 = 90,2 \text{ m}^3.$$

Ou seja, um reservatório de 16 m<sup>3</sup>, iria suprir 90,2 m<sup>3</sup> de água ao longo do ano.

Deste modo, quem estiver projetando pode escolher qual volume utilizar, sabendo-se o quanto de água será necessária de outra fonte. Esta análise é feita, pois nem sempre é possível utilizar volumes de reservatório muito altos, e como foi visto nos exemplos, a utilização de um reservatório de 8 m<sup>3</sup> poderia ser interessante, visto que ao longo do ano o fornecimento de água não é muito menor que o reservatório de 16 m<sup>3</sup> e o custo de implantação seria menor, além de gastar menos espaço.

### 5.3 Validação do aplicativo

O mesmo exemplo foi resolvido utilizando o aplicativo para mostrar exatamente como o mesmo funciona. Para a resolução com o aplicativo, primeiramente são inseridos os dados iniciais e o aplicativo calcula a demanda não potável. A demanda não potável foi fixada em 30% do consumo interno da residência, sendo assim é possível que o usuário preencha o campo

da demanda não potável diretamente, no caso da demanda ser diferente da calculada pelo aplicativo. A figura 07 mostra esta etapa.

Figura 07: Interface de dados iniciais.

Os dados iniciais são para calcular a demanda não potável em residências. se você já conhece este valor, pode colocá-lo no campo da demanda mensal e deixar o restante em branco.

**DADOS INICIAIS**

NÚMERO DE HABITANTES  
5

CONSUMO MÉDIO DIÁRIO POR HABITANTE (L/dia)  
150

CONSUMO EXTRA (L/mês).  
1000

Calcular a demanda

Demanda mensal (m<sup>3</sup>)  
7.75

Fonte: O autor.

Depois da demanda não potável, o usuário informa o material do telhado e a área de captação e o aplicativo calcula o valor mínimo e máximo do reservatório. A figura 08 apresenta esta etapa:

Figura 08: Interface do cálculo do reservatório.

CONSUMO EXTRA (L/mês).  
1000

Calcular a demanda

Demanda mensal (m<sup>3</sup>)  
7.75

MATERIAL DO TELHADO  
Cerâmica

ÁREA DE CAPTAÇÃO (m<sup>2</sup>)  
150

Calcular o reservatório

Volume mínimo (m<sup>3</sup>) 5.6

Volume máximo (m<sup>3</sup>) 18.8

Simular o reservatório

Fonte: O autor.

Logo após o usuário pressiona o botão “Simular o reservatório” e é realizada a simulação.

Primeiramente se fez a simulação de um reservatório de 16 m<sup>3</sup>, mostrada na figura 09.

Figura 09: Simulação do reservatório de 16 m<sup>3</sup>.

Volume mínimo (m<sup>3</sup>)  
5.6

Volume máximo (m<sup>3</sup>)  
18.8

**Volume do reservatório escolhido (m<sup>3</sup>).**  
16

Calcular

Demanda anual total (m<sup>3</sup>)  
93.0

Volume fornecido pelo reservatório (m<sup>3</sup>)  
90.2

Fonte: O autor.

Depois foi feita a simulação de um reservatório de 8 m<sup>3</sup>, apresentado na figura 10:

Figura 10: Simulação do reservatório de 8 m<sup>3</sup>.

Volume mínimo (m<sup>3</sup>)  
5.6

Volume máximo (m<sup>3</sup>)  
18.8

**Volume do reservatório escolhido (m<sup>3</sup>).**  
8

Calcular

Demanda anual total (m<sup>3</sup>)  
93.0

Volume fornecido pelo reservatório (m<sup>3</sup>)  
82.2

Fonte: O autor.

Os resultados apresentados foram idênticos ao exemplo feito à mão comprovando assim a eficiência do aplicativo. O exemplo realizado mostra a opção para quem não tem conhecimento dos métodos de cálculo, e pode-se perceber que a interface é muito simples de ser trabalhada, e quem estiver utilizando o aplicativo pode simular vários volumes diferentes de reservatório.

Também foi feita uma opção para quem já tenha conhecimento dos métodos de cálculo. Para acessar esta opção o usuário deve pressionar o botão “OPÇÕES”, e logo abre a tela com todos os métodos de cálculo previstos pela NBR:15527/2007, demonstrada na figura 11.

Figura 11: Interface de opções.



Fonte: O autor.

É possível que o usuário escolha qualquer um dos seis métodos descritos pela norma para calcular o reservatório. Esta opção é útil para quem queira utilizar outro método, ou comparar os valores que cada método apresenta.

Foi realizado um exemplo de cada método para comprovar o funcionamento do aplicativo. Todos os exemplos resolvidos foram retirados do livro Tomaz (2010), e todos foram resolvidos pelo aplicativo para mostrar a eficiência do mesmo. Abaixo segue a resolução por cada método:

### 5.3.1 Exemplo do Método prático alemão

Calcular um reservatório para aproveitamento de água de chuva utilizando o método prático Alemão, para uma precipitação anual de 1500 mm e área de telhado de 100 m<sup>2</sup>, sendo o consumo médio mensal de 8m<sup>3</sup>.

Volume aproveitável anualmente de água de chuva:

$$V = 1500 \text{ mm} \times 100 \text{ m}^2 \times 0,8 = 120.000 \text{ litros} = 120 \text{ m}^3.$$

$$\text{Consumo mensal} = 8 \text{ m}^3.$$

$$\text{Consumo anual} = 8 \text{ m}^3 \times 12 = 96 \text{ m}^3.$$

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

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín}(120; 96) \times 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = 96 \times 0,06 = 5,76 \text{ m}^3.$$

A figura 12 mostra a resolução pelo aplicativo:

Figura 12: Método prático Alemão.

The screenshot shows a mobile application interface with the following fields and values:

- Precipitação média anual (mm): 1500
- Área de captação (m<sup>2</sup>): 100
- Demanda mensal (m<sup>3</sup>): 8
- Runoff: 0.8
- Button: CALCULAR
- Volume do reservatório (m<sup>3</sup>): 5.8

Fonte: O autor.

### 5.3.2 Exemplo do Método Azevedo Neto

Dada a precipitação média anual  $P=1500$  mm e área de telhado de  $A=100$  m<sup>2</sup>, em uma região que fica sem chuva 2 meses, calcular o reservatório.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 1500 \text{ mm} \times 100 \text{ m}^2 \times 2 = 12.600 \text{ litros} = 12,6 \text{ m}^3.$$

A figura 13 mostra a resolução pelo aplicativo:

Figura 13: Método prático Azevedo Neto.

Screen7

**MÉTODO PRÁTICO AZEVEDO NETO**

Precipitação média anual (mm)

1500

Área de captação (m<sup>2</sup>)

100

Meses de estiagem

2

**CALCULAR**

Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)

12.6

Fonte: O autor.

### 5.3.3 Exemplo do Método prático australiano

Calcular o volume do reservatório para aproveitamento de água de chuva em um local com os seguintes dados:

$$A=100 \text{ m}^2$$

Coefficiente de *runoff*  $C = 0,80$ .

Interceptação  $I = 2 \text{ mm}$ .

Demanda constante mensal  $D = 8 \text{ m}^3$ .

No quadro 08 estão os cálculos efetuados.

Quadro 08: Dimensionamento pelo método Australiano.

Mês	Precipitação (mm)	Área de captação	Runoff	Interceptação (mm)	Volume de chuva	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )
JAN	272	100	0,8	2	22	8	14
FEV	243	100	0,8	2	19	8	25
MAR	223	100	0,8	2	18	8	35
ABR	89	100	0,8	2	7	8	34
MAI	92	100	0,8	2	7	8	33
JUN	47	100	0,8	2	4	8	28
JUL	40	100	0,8	2	3	8	23
AGO	30	100	0,8	2	2	8	18
SET	82	100	0,8	2	6	8	16
OUT	121	100	0,8	2	10	8	18
NOV	114	100	0,8	2	9	8	18
DEZ	216	100	0,8	2	17	8	28

Fonte: (TOMAZ, 2010).

O volume do reservatório será o maior valor da última coluna, no caso 35 m<sup>3</sup>.

As figuras 14 e 15 mostram a resolução pelo aplicativo:

Figura 14: Método Australiano, parte 01.

Screen6

**MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO**

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS (mm)

JAN	272
FEV	243
MAR	223
ABR	86
MAI	92
JUN	47
JUL	40
AGO	30
SET	82
OUT	121

Fonte: O autor.

Figura 15: Método Australiano, parte 02.

Screen6

SET	82
OUT	121
NOV	114
DEZ	216
Área de captação	100
Interceptação	2
Runoff	0.8
Demanda (m³)	8

**CALCULAR**

Volume do reservatório (m³)

34.56

Fonte: O autor.

#### 5.3.4 Exemplo do Método prático inglês

Dada a precipitação média anual  $P = 1500$  mm e área de telhado de  $A = 100$  m<sup>2</sup>, calcular o reservatório:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

$$V = 0,05 \times 1500 \times 100 = 7500 \text{ litros} = 7,5 \text{ m}^3.$$

A figura 16 mostra a resolução pelo aplicativo:

Figura 16: Método prático inglês.

Screen8

**MÉTODO PRÁTICO INGLÊS**

Precipitação média anual (mm)

1500

Área de captação (m<sup>2</sup>)

100

**CALCULAR**

Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)

7.5

Fonte: O autor.

### 5.3.5 Exemplo do Método de Rippl

Dimensionar o volume de um reservatório para aproveitamento de água de chuva dados as precipitações médias mensais de 38 anos da cidade de Mairiporã (Estado de São Paulo), a área do telhado de 3000 m<sup>2</sup> e o consumo médio mensal de 224 m<sup>3</sup>/mês conforme o quadro 09:

Quadro 09: Dimensionamento pelo método de Rippl.

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre demanda e volume	Diferença acumulada
JAN	233,6	224	3000	561	-337	
FEV	208,5	224	3000	500	-276	
MAR	159,3	224	3000	382	-158	
ABR	86	224	3000	206	18	18
MAI	75,4	224	3000	181	43	61
JUN	55,9	224	3000	134	90	150
JUL	43,9	224	3000	105	119	269
AGO	41,1	224	3000	99	125	394
SET	81,3	224	3000	195	29	423
OUT	142,5	224	3000	342	-118	305
NOV	153,8	224	3000	369	-145	160
DEZ	227,6	224	3000	546	-322	-162

Fonte: (TOMAZ, 2010).

O volume do reservatório é o maior valor da última coluna, no caso 423 m<sup>3</sup>.

As figuras 17 e 18 mostram a resolução pelo aplicativo:

Figura 17: Método de Rippl, parte 01.

Screen9

**MÉTODO DE RIPPL**

Precipitações médias (mm)

JAN	233.6
FEV	208.5
MAR	159.3
ABR	86
MAI	75.4
JUN	55.9
JUL	43.9
AGO	41.1
SET	81.3
OUT	142.5

Fonte: O autor.

Figura 18: Método de Rippl, parte 02.

Screen9

AGO	41.1
SET	81.3
OUT	142.5
NOV	153.8
DEZ	227.6
Área de captação	3000
Runoff	0.8
Demanda (m³)	224

**CALCULAR**

Volume do reservatório (m³)

423.4

Fonte: O autor.

### 5.3.6 Exemplo do Método da simulação

No exemplo realizado foi simulado um reservatório de 400 m³, e verificado o volume de água aproveitável no ano, com as mesmas precipitações do exemplo anterior. O quadro 10 apresenta o dimensionamento pelo método da simulação.

Quadro 10: Dimensionamento pelo Método da simulação.

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Volume da cisterna (m <sup>3</sup> )	Nível do reservatório antes (m <sup>3</sup> )	Nível do reservatório depois (m <sup>3</sup> )
JAN	233,6	224	3000	561	400	0	337
FEV	208,5	224	3000	500	400	337	400
MAR	159,3	224	3000	382	400	400	400
ABR	86	224	3000	206	400	400	382
MAI	75,4	224	3000	181	400	382	339
JUN	55,9	224	3000	134	400	339	250
JUL	43,9	224	3000	105	400	250	131
AGO	41,1	224	3000	99	400	131	6
SET	81,3	224	3000	195	400	6	-23
OUT	142,5	224	3000	342	400	0	118
NOV	153,8	224	3000	369	400	118	263
DEZ	227,6	224	3000	546	400	263	400

Fonte: (TOMAZ, 2010).

O volume aproveitável é dado pela demanda total anual menos os valores negativos da última coluna. No exemplo o valor é dado por:

$$\text{Suprimento} = (224 \times 12) - 23 = 2665 \text{ m}^3$$

Ou seja o reservatório de 400 m<sup>3</sup>, poderia fornecer 2665 m<sup>3</sup> de água no ano.

As figuras 19 e 20 mostram a resolução pelo aplicativo:

Figura 19: Método da simulação, parte 01.

The screenshot shows a mobile application interface with a title bar 'Screen10' and a status bar at the top displaying icons for mail, search, location, camera, and battery level at 64% with the time 15:14. The main content area is titled 'MÉTODO DA SIMULAÇÃO' and contains the text 'Precipitações médias mensais (mm)'. Below this, there is a list of months from JAN to OUT, each with a corresponding numerical value in a text input field.

Mês	Precipitação (mm)
JAN	233.6
FEV	208.5
MAR	159.3
ABR	86
MAI	75.4
JUN	55.9
JUL	43.9
AGO	41.1
SET	81.3
OUT	142.5

Fonte: O autor.

Figura 20: Método da simulação, parte 02.



The screenshot shows a mobile application interface with a status bar at the top displaying 64% battery and 15:14. The app title is 'Screen10'. The interface contains several input fields and a 'CALCULAR' button. Below the button, two output fields are displayed: 'Demanda anual (m³)' with the value 2688.0 and 'Volume de água fornecida pelo reservatório no ano (m³)' with the value 2664.6, which is highlighted with an orange border.

NOV	153.8
DEZ	227.6
Demanda mensal (m³)	224
Volume do reservatório (m³)	400
Área de captação (m²)	3000
Runoff	0.8
<b>CALCULAR</b>	
Demanda anual (m³)	2688.0
Volume de água fornecida pelo reservatório no ano (m³)	2664.6

Fonte: O autor.

Com a resolução pelo método da simulação, conclui-se a validação do aplicativo. Todos os métodos de cálculo foram testados resolvendo exercícios práticos de um livro, e pode-se perceber que todos os valores são iguais aos calculados nos exemplos. Deste modo a eficiência do aplicativo pode ser demonstrada.

## 6 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, pode-se perceber que a falta de água é um problema que está presente em várias regiões do mundo, e com a crescente degradação dos mananciais, são necessárias alternativas e ferramentas para a sustentabilidade e conservação da água, e uma destas alternativas são os sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Estes sistemas cada vez mais estão sendo utilizados, e nota-se que o governo está começando a se empenhar a democratizar os sistemas, com leis e programas específicos que estimulam a instalação e reduz o custo dos componentes.

Um dos maiores problemas para um sistema de captação de água é fazer o dimensionamento do reservatório de forma que a instalação seja viável, pois é o componente mais caro do sistema. Se ficar muito grande pode se tornar inviável, e se ficar muito pequeno pode não atender a expectativa de quem instalar o sistema. A NBR:15527/2007 prevê 6 métodos de cálculo distintos, e quem for projetar pode escolher qualquer um, não havendo nenhuma restrição de qual método utilizar. Os métodos apresentam resultados muito diferentes, sendo assim é necessário uma análise crítica do projetista para se fazer um dimensionamento que não fique inviável, e que atenda às necessidades de quem for instalar.

Com uma ferramenta computacional, o processo de dimensionamento fica fácil, pois é possível realizar vários cálculos com maior confiabilidade, sendo que o papel de quem estiver projetando é analisar os resultados e tomar decisões, deixando o processo repetitivo de cálculo para o software.

A ferramenta que foi criada facilita muito o processo de dimensionamento do reservatório, pois trabalha com uma interface simples e de fácil entendimento, sendo que pode ser utilizada por quem não tenha conhecimento dos métodos de cálculo. Deste modo pode ajudar muitas pessoas, pois muitas vezes as pessoas compram um reservatório pronto, ou constroem algum em casa sem nenhum critério técnico e sem ter ideia do quanto de água o reservatório vai poder fornecer, e com o aplicativo é fácil fazer este tipo de análise.

Como os índices pluviométricos de Varginha estão inseridos no aplicativo, facilita ainda mais a aplicação na cidade, e em algumas cidades próximas que utilizam os mesmos índices pluviométricos, pois não será necessário que o usuário tenha que ficar procurando os índices e calculando as médias mensais e anuais.

Todos os cálculos feitos pelo aplicativo seguem as diretrizes da NBR:15527/2007. Os métodos de cálculo escolhidos foram o de Rippl, o Alemão e o da Simulação. O método de

Rippl foi escolhido por suprir 100 % da demanda não potável, deste modo ele apresenta o limite superior do reservatório. O método Alemão foi escolhido por ser um método prático que apresenta valores mais baixos, sendo o limite inferior do reservatório. E por último o método da simulação, que foi escolhido justamente por saber que dificilmente será possível a implantação de um reservatório que atenda 100% da demanda, pois pode apresentar valores muito altos. Sendo assim o método da simulação permite a pessoa escolher um volume mais baixo e mostra o quanto de água a pessoa vai ter que utilizar de outra fonte ao longo do ano. Desta forma, pode-se simular vários valores, até que a pessoa encontre um valor condizente com o seu espaço físico e com o custo de implantação.

Como no exemplo que foi realizado, onde um reservatório que tem a metade do tamanho do outro apresentou bons resultados, se pensar que vai gastar metade espaço, o custo será menor e o fornecimento de água é de um valor próximo ao do maior reservatório. Este tipo de análise é importante de se fazer, ainda mais para sistemas residenciais, onde o espaço geralmente é limitado e as pessoas não podem gastar muito com o sistema.

Também está disponível a opção para quem possui conhecimento dos métodos de cálculo, o que é uma boa alternativa para profissionais que precisam projetar um reservatório, pois permite que o cálculo seja realizado utilizando qualquer um dos métodos descritos pela norma. Nesta opção o usuário deve entrar com os índices pluviométricos, sendo possível a sua utilização em qualquer local do Brasil, e a vantagem é que o profissional pode facilmente calcular e comparar valores entre os métodos, sendo assim uma ótima ferramenta para engenheiros e estudantes que queiram realizar cálculos de forma rápida e prática.

Em última análise percebe-se que os aplicativos cada vez mais estão presentes no dia-a-dia das pessoas. Existem diversos aplicativos nas áreas da educação e da engenharia, e a tendência é que o uso deles aumentem ainda mais com o passar dos anos. Deste modo é de grande importância para o profissional se aderir às novas tecnologias, para garantir agilidade e facilidade em seus trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Alexandre de Oliveira e et al (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 833 p.
- AMBIENTE GAIA. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2017. Disponível em: <<http://www.ambientegaia.com.br/engenhariasanitariaeambiental.php>>. Acesso em: 21 abr. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:2007** Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- BAPTISTA, Pedro Rui de Andrade Crespo. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Utilizações Domésticas – Caso de Estudo**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, 2014.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **PL 377/2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=946741>>. Acesso em: 27 mar. 2017.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 181: Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação..** 3 ed. São Paulo: Sabesp, 2012. 20 p.
- COUTO, Vanessa Bacca. **PROJETO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O GINÁSIO DE ESPORTES DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (UDESC) EM JOINVILLE**. 2012. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.
- ECYCLE. **Captação de água de chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna**. 2017. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/43-drops-agua/3301-o-que-e-cisterna-tecnologia-projeto-sistema-solucao-alternativa-aproveitamento-reaproveitamento-reuso-captacao-coleta-agua-chuva-pluviais-reservatorio-armazenamento-deposito-caixa-de-agua-casa-condominio-consumo-humano-como-onde-encontrar-comprar.html>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Boletim de Aviso do Sul de Minas**. 2017. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso/2007>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MIT APP INVENTOR. **Anyone Can Build Apps That Impact the World**. 2015. Disponível em: <<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

MOTA, Suetônio. **INTRODUÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL**. 5. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2012. 524 p.

NASCIMENTO, Hugo José; MARTINS, Herbert Gomes; VICTER, Eline Flores. **APLICATIVOS PARA DISPOSITIVO MÓVEL: ENTENDENDO O CONCEITO DE FUNÇÃO MATEMÁTICA**. Duque de Caxias: Universidade do Grande Rio, 2013. 10 p.

NASCIMENTO, Pedro Henrique Rodrigues; MORUZZI, Rodrigo Braga. **PROGRAMA COMPUTACIONAL DE SUPORTE À DECISÃO PARA CÁLCULO DE RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM ÁREAS URBANAS**. Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. 9 p.

NETTO Azevedo, J. M., *et alli*. - "Manual de Hidráulica", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

PORTAL BRASIL. **Programa Cisternas democratiza acesso à água no Semiárido**. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/05/programa-cisternas-democratiza-acesso-a-agua-no-semiarido>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL.. **Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico**. 2017. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/procedimentos-para-o-dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-pluvial>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

SAMPAIO, Felipe Eugenio de Oliveira Vaz. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO E PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CENTROS URBANOS**. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SENADO FEDERAL. **Sistema de captação de água da chuva pode se tornar obrigatório no Minha Casa, Minha Vida**. 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/02/09/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva-pode-ser-obrigatorio-no-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

SOARES, Doralice Ap. Favaro. **Sistema Prediais de Águas Pluviais**. 2013. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/Sergiooi/sistemas-prediais-de-aguas-pluviais>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos: Navegar, 2010. 486 p.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos Hidricos no século XXI**. São Carlos: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

## APÊNDICE

Quadro 11: Simulação do reservatório de 8m³.

Mês	Precipitação	Demanda	Área de captação	Volume de chuva	Volume do reservatório	Nível do reservatório antes	Nível do reservatório depois	Suprimento de água (m³)
JAN	276,22	7,75	150	35,22	8,00	0	8	0
FEV	140,48	7,75	150	17,91	8,00	8	8	0
MAR	178,77	7,75	150	22,79	8,00	8	8	0
ABR	74,01	7,75	150	9,44	8,00	8	8	0
MAI	36,18	7,75	150	4,61	8,00	8	4,86	0
JUN	33,77	7,75	150	4,31	8,00	4,86	1,42	0
JUL	14,74	7,75	150	1,88	8,00	1,42	-4,45	4,45
AGO	16,28	7,75	150	2,08	8,00	0,00	-5,67	5,67
SET	55,49	7,75	150	7,07	8,00	0,00	-0,68	0,68
OUT	95,84	7,75	150	12,22	8,00	0,00	4,47	0
NOV	186,09	7,75	150	23,73	8,00	4,47	8,00	0
DEZ	207,44	7,75	150	26,45	8,00	8,00	8,00	0
							Suprimento total	10,8

Fonte: O autor.

Quadro 12: Simulação do reservatório de 16m³.

Mês	Precipitação	Demanda	Área de captação	Volume de chuva	Volume do reservatório	Nível do reservatório antes	Nível do reservatório depois	Suprimento de água (m³)
JAN	276,22	7,75	150	35,22	16,00	0	16	0
FEV	140,48	7,75	150	17,91	16,00	16	16	0
MAR	178,77	7,75	150	22,79	16,00	16	16	0
ABR	74,01	7,75	150	9,44	16,00	16	16	0
MAI	36,18	7,75	150	4,61	16,00	16	12,86	0
JUN	33,77	7,75	150	4,31	16,00	12,86	9,42	0
JUL	14,74	7,75	150	1,88	16,00	9,42	3,55	0,00
AGO	16,28	7,75	150	2,08	16,00	3,55	-2,13	2,13
SET	55,49	7,75	150	7,07	16,00	0,00	-0,68	0,68
OUT	95,84	7,75	150	12,22	16,00	0,00	4,47	0
NOV	186,09	7,75	150	23,73	16,00	4,47	16,00	0
DEZ	207,44	7,75	150	26,45	16,00	16,00	16,00	0
							Suprimento total	2,8

Fonte: O autor

## ANEXO

Quadro 13: Índices pluviométricos de Varginha.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Média
JAN	436,8	262,6	262,6	198,4	338,2	334,8	419,2	47,6	117,0	345,0	276,22
FEV	69,6	342,0	207,0	141,0	90,4	49,2	221,6	12,8	106,8	164,4	140,48
MAR	46,0	290,2	233,0	116,6	261,0	185,0	161,0	117,8	202,0	175,1	178,77
ABR	37,4	200,0	68,2	18,0	93,2	85,2	61,0	82,4	73,3	21,4	74,01
MAI	67,0	35,2	42,0	14,4	5,4	33,8	71,8	15,4	46,0	30,8	36,18
JUN	5,0	35,6	44,3	16,4	19,8	110,6	36,0	6,4	9,4	54,2	33,77
JUL	23,2	0,6	20,8	10,8	0,6	22,6	29,4	33,0	6,4	0,0	14,74
AGO	0	34,6	37,2	0,0	11,6	0,8	1,0	14,4	18,0	45,2	16,28
SET	0	80,8	120,8	83,5	1,2	29,0	45,6	46,8	134,4	12,8	55,49
OUT	110,0	134,6	90,6	126,0	121,2	47,2	106,2	39,6	37,0	146,0	95,84
NOV	200,6	248,3	123,4	225,2	110,0	140,0	199,3	117,6	325,7	170,8	186,09
DEZ	190,0	251,8	342,8	176,2	225,8	224,6	165,4	164,6	172,6	160,6	207,44
Total	1185,6	1916,3	1592,7	1126,5	1278,4	1262,8	1517,5	698,4	1248,6	1326,3	1315,31

Fonte: Fundação Procafé (2017)

