

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Augusto Campos Nolli

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE  
RESERVATÓRIO ÓTIMO EM APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Belo Horizonte  
2017

Augusto Campos Nolli

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE  
RESERVATÓRIO ÓTIMO EM APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora Prof.<sup>a</sup>. Maria Luiza Castro

Coorientador Prof. José Rubens Gonçalves de Souza

Belo Horizonte

2017

### FICHA CATALOGRÁFICA

N796e

Nolli, Augusto Campos.

Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento de reservatório ótimo em aproveitamento de águas pluviais [manuscrito] : do trabalho / Augusto Campos Nolli. – 2017.

91f. : il.

Orientadora: Maria Luiza Almeida Cunha Castro.

Monografia (especialização)– Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Reservatórios – Normas. 2. Águas pluviais. 3. Água – Uso. 4. Água – Reutilização. 5. Abastecimento de água 6. Desenvolvimento sustentável. I. Castro, Maria Luiza Almeida Cunha. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 628.1

Ficha catalográfica: campo preenchido pela biblioteca.

Augusto Campos Noll

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE  
RESERVATÓRIO ÓTIMO EM APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Arquitetura e Urbanismo.

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Luiza Castro (Orientadora)

---

Prof. José Rubens Gonçalves de Souza (Coorientador)

---

Prof. Cezar Silvino Figueiredo (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 03 de julho de 2017.

## RESUMO

Escassez de chuvas, crise no abastecimento de água, racionamento obrigatório e a redução na vazão dos rios motivaram a Câmara Municipal de Belo Horizonte a apresentar o Projeto de Lei nº 1.381/2014 que estabelece a Política Municipal de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção. Na mesma perspectiva, o Projeto de Lei nº 1.165/2014 propõe que novas construções que tenham consumo superior a 20.000m<sup>3</sup> por dia fiquem obrigadas a adotar medidas para a reutilização de água. O objetivo destas políticas é promover a conservação e uso racional da água, qualidade ambiental, manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas, além de estimular o reuso direto planejado destas águas. Porém, ela não regulamenta ou estabelece normas para cálculo do dimensionamento dos reservatórios. A crise hídrica que o país enfrenta demanda medidas objetivas que promovam a preservação das águas, mas, além disso, precisa de propostas que evitem desperdícios e custos onerosos para os usuários, estimulando a população a adequar suas casas para esta nova realidade. O objetivo deste trabalho é fazer uma análise dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial apresentados na ABNT NBR 15.527 e, a partir desta reflexão, elaborar um estudo de custo/benefício que leve a um projeto de Reservatório Ótimo.

Palavras-chave: dimensionamento de reservatório; aproveitamento de águas pluviais; sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

Rain scarcity, crisis in water supply, mandatory rationing and a flow reduction of the rivers led the Belo Horizonte City Council to present the Bill nº 1.381/2014, which establishes the Municipal Policy for the Collection, Storage and Utilization of Rainwater and determine general rules for its promotion. In the same perspective, Bill nº 1.165/2014 proposes that new buildings with a consumption over 20.000m<sup>3</sup> per day be are required to adopt measures to reuse water. The goal of these policies is to promote the conservation and rational use of water, environmental quality, suitable and increasing management of the Rainwater volume, besides stimulating the direct and planned reuse of these waters. However, it does not regulate or establish norms for calculating the size of the reservoirs. The water crisis that the country faces demands objective measures that promote the preservation of water, but in addition, it needs proposals that avoid wasteful and expensive costs for users, encouraging the population to adapt their homes to this new reality. The purpose of this work is to do an analysis of the sizing methods for reservoirs used in the rainwater use presented in the ABNT NBR 15.527 and, from this reflection, to elaborate a cost/benefit study that leads to an Optimum Reservoir project.

Keywords: reservoir design; use of rainwater; sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Água na posição central do sistema global e sustentável.....	12
Figura 2 - Comparação sistemática dos métodos de certificação .....	26
Figura 3 - Análise comparativa de semelhança entre os processos .....	27
Figura 4 - Gráfico Custo x Ciclo de Vida .....	28
Figura 5 - Exemplo de Abanbar.....	30
Figura 6 - Exemplo de Abanbar.....	30
Figura 7 - Exemplo de Chultuns .....	31
Figura 8 - Exemplo da utilização de Chultuns .....	32
Figura 9 - Ciclo Hidrológico .....	40
Figura 10 - Ciclo Urbano da Água .....	41
Figura 11 - Esquema de captação de águas pluviais.....	50
Figura 12 - Esquema de filtro .....	51
Figura 13 - Esquema de first-flush .....	51
Figura 14 - Esquema de reservatório .....	52
Figura 15 - Esquema da área de projeção da cobertura .....	57
Figura 16 - Localização do estudo de caso em Belo Horizonte.....	68
Figura 17 - Planta de situação do estudo de caso .....	69
Figura 18 - Planta de situação do estudo de caso .....	69
Figura 19 - Croqui da Área de projeção da cobertura do estudo de caso .....	70
Figura 20 - Croqui do Corte transversal do estudo de caso .....	70
Figura 21 - Croqui do modelo do reservatório de concreto. ....	78
Figura 22 - Reservatório de PRFV .....	80
Figura 23 - Tabela Tarifária COPASA 2016-2017 .....	81
Figura 24 - Resultado dos métodos .....	84

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índices pluviométricos médios mensais do município de Belo Horizonte	55
Gráfico 2 - Índices pluviométricos médios mensais do município de Belo Horizonte .....	71
Gráfico 3 - Índices pluviométricos anuais do município de Belo Horizonte .....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl.....	75
Tabela 2 - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação .....	76
Tabela 3 - Tabela de Confiança e Eficiência dos volumes testados .....	76
Tabela 4 - Dimensionamento do reservatório para o Método Prático Australiano.....	77
Tabela 5 - Tabela de Confiança e Eficiência dos volumes testados .....	78

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>SITUAÇÃO ATUAL DA COLETA DE ÁGUA E SUAS CAUSAS NO BRASIL E NO MUNDO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>HISTÓRIA DA ÁGUA DESDE A ANTIGUIDADE E A DISPUTA ENTRE PAÍSES E GOVERNOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS E SEUS BENEFÍCIOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>COLETA E APROVEITAMENTO, LEIS E POLÍTICAS PÚBLICAS .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>ATUALIDADE: IMPORTÂNCIA DAS QUESTÕES RELATIVAS À ÁGUA NO BRASIL .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CICLO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>AS LEIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM BELO HORIZONTE .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>MÉTODOS E CÁLCULOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....</b>	<b>50</b>
8.1	<b>Metodologia .....</b>	<b>54</b>
8.2	<b>Dados pluviométricos .....</b>	<b>54</b>
8.3	<b>Consumo estimado de água potável .....</b>	<b>55</b>
8.4	<b>Consumo estimado de água pluvial .....</b>	<b>56</b>
8.5	<b>Área de captação no telhado da edificação .....</b>	<b>56</b>
8.6	<b>Métodos de Cálculo do Reservatório .....</b>	<b>57</b>
8.6.1	<i>Volume possível de captação – Método Analítico .....</i>	<i>57</i>
8.6.2	<i>Método de Rippl.....</i>	<i>58</i>
8.6.3	<i>Método da Simulação .....</i>	<i>59</i>
8.6.4	<i>Método Azevedo Neto .....</i>	<i>60</i>
8.6.5	<i>Método Prático Alemão .....</i>	<i>61</i>
8.6.6	<i>Método Prático Inglês .....</i>	<i>62</i>
8.6.7	<i>Método Prático Australiano.....</i>	<i>62</i>
8.7	<b>Estudo comparativo dos dimensionamentos dos reservatórios .....</b>	<b>63</b>
8.8	<b>Objetivo .....</b>	<b>66</b>
<b>9</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>68</b>
9.1	<b>Objeto de estudo .....</b>	<b>68</b>
9.2	<b>Consumo Estimado.....</b>	<b>70</b>
9.3	<b>Dados Pluviométricos.....</b>	<b>71</b>
9.4	<b>Métodos e Resultados .....</b>	<b>72</b>
9.5	<b>Cálculo do Reservatório .....</b>	<b>72</b>
9.5.1	<i>Métodos Utilizados .....</i>	<i>72</i>

9.5.2	<i>Método Analítico</i> .....	73
9.5.3	<i>Método de Azevedo Neto</i> .....	73
9.5.4	<i>Método Prático Alemão</i> .....	73
9.5.5	<i>Método Prático Inglês</i> .....	74
9.5.6	<i>Método de Rippl</i> .....	74
9.5.7	<i>Método da Simulação</i> .....	75
9.5.8	<i>Método Prático Australiano</i> .....	77
<b>9.6</b>	<b>Custo do reservatório</b> .....	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>

## **1 SITUAÇÃO ATUAL DA COLETA DE ÁGUA E SUAS CAUSAS NO BRASIL E NO MUNDO**

O presente capítulo pretende mostrar o contexto da água no Brasil e no mundo, bem como as possíveis causas da sua escassez atual, ressaltando sua importância em todos os cenários de desenvolvimento e sustentabilidade.

Mais do que nunca é preciso falar sobre água. Não só pela sua importância vital para todos os seres e sistemas da Terra, mas principalmente pelo que se espera do seu uso no futuro e seus impactos imediatos e a médio/longo prazo. Torna-se cada vez mais imprescindível um planejamento para gestão da água, com consciência e políticas que possam apontar diretrizes e abrir um caminho sustentável.

Desde a Conferência de Estocolmo em 1972 o meio ambiente é o foco da preocupação dos líderes de diversos países, tendo ocorrido diversos encontros para assinaturas de cartas de intenções e/ou tratados sobre a necessidade de inserir o meio ambiente na pauta de prioridades econômicas, sociais e políticas das nações (SCARE, 2003) e a água é um dos importantes temas em pauta. Os tratados e declarações de intenção dos países foram firmados em eventos internacionais, entre os quais se destacam: a Declaração de Mar del Plata na Argentina em 1977; a declaração de Dublin, na Irlanda em 1992; a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, popularmente conhecida como ECO-92 ou AGENDA 21, na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1992; a Declaração de San José, na Costa Rica em 1996; a Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável em Março de 1998 em Paris e a Declaração de Haia na Holanda em 2000 (PIO, 2000).

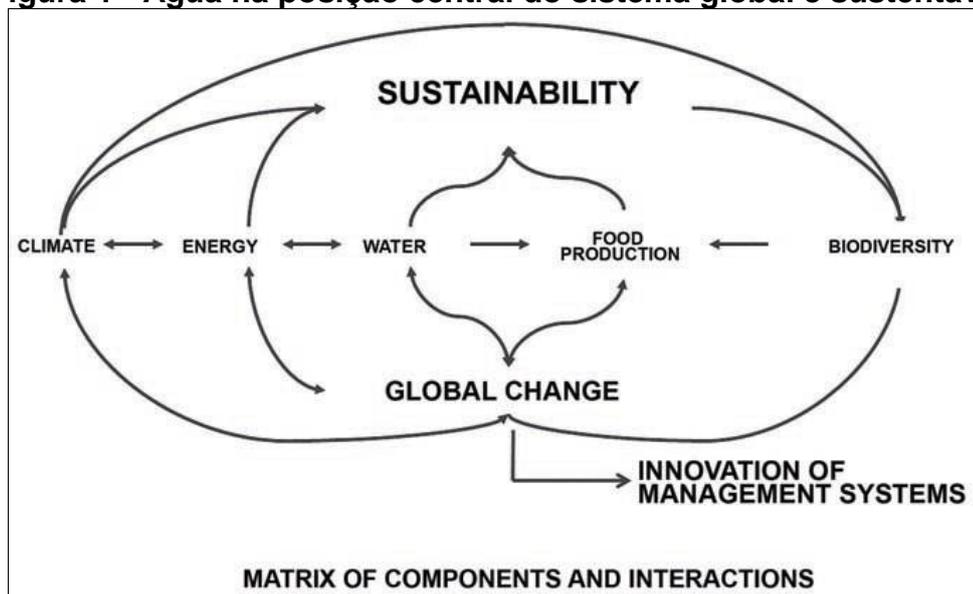
Assim, a situação da água já é preocupante há anos, mas, dentro das preocupações ambientais ficou em evidência a partir do debate ocorrido na Conferência Eco 92. Nela, os líderes mundiais deixaram claro a escassez dos recursos hídricos e a necessidade de medidas de abrangência global. A conferência teve seu ponto alto com a aprovação da Agenda 21, onde foram apresentados os princípios básicos para obtenção do desenvolvimento sustentável, destacando a importância de uma

oferta confiável de água e também do saneamento ambiental (Ministério do Meio Ambiente, 2004).

Quando se fala de água, é preciso considerar tanto a qualidade como a quantidade, pois ambos são fatores que interferem no sistema global. A sua má qualidade e escassez geram a deterioração da economia e do desenvolvimento social, fato que reforça sua importância como instrumento centralizador da sustentabilidade como um todo, mas principalmente no que se refere à produção de alimentos, saúde humana, geração de energia e biodiversidade (TUNDISI, 2008).

A Figura 1 mostra essas inter-relações, passando pela interferência das condições climáticas e mostrando como qualquer iniciativa de mudança global necessariamente passa pela água.

**Figura 1 - Água na posição central do sistema global e sustentável**



Fonte: Tundisi, 2008.

Dentro desse contexto da água no sistema global, o conceito de segurança hídrica é relevante, sendo definida pelo Programa Hidrológico Internacional da Unesco, como apresentado abaixo:

[...] capacidade de assegurar a uma população o acesso a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável com a finalidade de sustentar a saúde humana e a saúde dos ecossistemas, em uma bacia hidrográfica, e também assegurar proteção eficiente da vida e da propriedade contra

desastres relacionados a recursos hídricos – secas, enchentes, deslizamentos, afundamento de solos (CISNEROS, 2013).

Essa definição inclui, portanto, não só a segurança coletiva para as populações humanas, mas a água necessária para o funcionamento dos ecossistemas, para a manutenção dos ciclos e para a sustentabilidade (TUNDISI, 2015).

A água é essencial para o crescimento da economia e para o combate à pobreza, mas por outro lado sua escassez está diretamente relacionada com o desenvolvimento econômico. A solução, portanto, está no equilíbrio entre o suprimento e a demanda da água.

De acordo com o relatório UNESCO (2015), apesar do avanço na gestão das águas com diversas iniciativas, esse equilíbrio desejável está longe de ser alcançado, visto que 748 milhões de pessoas ainda não têm acesso a fontes de água potável de qualidade, sendo a população de baixa renda e as mulheres as mais afetadas.

Foi publicado em 2015 o relatório do Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos (*World Water Assessment Programme*), um documento elaborado pela UNESCO por meio da organização ONU-Água. Os dados revelados não são otimistas e enfatizam a necessidade urgente de mudanças na utilização e gerenciamento do recurso. De acordo com a organização, o consumo de água cresceu duas vezes mais do que a população nas últimas décadas e a estimativa é que a demanda aumente ainda mais, cerca de 55% até 2050. Mas o dado mais alarmante é previsto para 2030, quando o mundo enfrentará um déficit de 40% no abastecimento de água se medidas drásticas não forem adotadas levando-se em conta o crescimento da população<sup>1</sup>.

Os recursos hídricos são um elemento-chave nas políticas de combate à pobreza, mas por vezes são ameaçados pelo próprio desenvolvimento. A água influencia diretamente o nosso futuro, logo, precisamos mudar a forma como avaliamos, gerenciamos e usamos esse recurso, em face da sempre crescente demanda e da super exploração de nossas reservas subterrâneas. (UNESCO, WWAP, 2015).

---

<sup>1</sup> Estimativa da ONU (2015) de crescimento da população em 80 milhões de pessoas por ano, podendo chegar a 9,1 bilhões em 2050.

Para responder às necessidades de uma população em constante crescimento, as demandas por alimento e energia crescem na mesma proporção, e são justamente esses setores que consomem a maior quantidade de água mundial. Ainda de acordo com o relatório, o setor da agricultura, por exemplo, precisará produzir 60% a mais de alimentos até 2050. Com um aumento expressivo como esse já se imagina a demanda de água para atender a produção. Os bens manufaturados também não ficam muito atrás, sendo que nos próximos 40 anos, a demanda da indústria por água crescerá até 400%.

Na prática, tais números representam um alto custo ambiental. E o preço já está sendo pago quando se fala de danos, muitas vezes irreversíveis, aos ecossistemas ao redor do mundo, sem falar que grandes demandas geram, naturalmente, grandes desperdícios.

Outro fator que coloca pressão sobre os recursos hídricos é a mudança climática, com variações na precipitação e na temperatura, alterando os ciclos de evaporação e transpiração da vegetação. Além disso, vale ressaltar que a elevação do nível do mar ameaça os lençóis freáticos nas áreas costeiras, e que as reservas de água subterrânea em muitas cidades são apenas de água salgada, impróprias para consumo e produção (SCARE, 2003).

Portanto, é imprescindível repensar como utilizar e administrar um recurso tão valioso, que atualmente, é levado em conta para alcançar objetivos a curto prazo, sem considerar um contexto ambiental e hídrico maior. A mudança nesse panorama exige a atuação de diversos atores, a começar pela participação do poder público, que pode, por exemplo, incentivar através de subsídios, o avanço das energias renováveis (eólica e solar), que possuem um grande potencial energético em um país continental como o Brasil (LANNA, 2008).

Ainda de acordo com o relatório UNESCO (2015) a implantação de um modelo sustentável significa um custo alto, mas que acaba gerando um ciclo de retorno favorável. Estudos mostraram que a cada dólar investido na proteção de uma área de captação, uma economia de até 200 dólares no tratamento de água é feita. Em outro caso, enquanto são necessários 235 mil dólares anuais para aperfeiçoar o

tratamento de esgoto de determinada cidade, esse ecossistema fornece um serviço de purificação de água, cujo valor é estimado em 2 milhões de dólares por ano, ou seja, é muito mais barato proteger uma área de captação e aperfeiçoar o tratamento de esgoto do que realizar o tratamento da água depois de suja. Na cidade de Nova York, por exemplo, a gestão das áreas de captação faz a cidade economizar um valor estimado em 300 milhões de dólares por ano.

## 2 HISTÓRIA DA ÁGUA DESDE A ANTIGUIDADE E A DISPUTA ENTRE PAÍSES E GOVERNOS

A partir da segunda metade do século XX, acompanhando o crescimento global da população, os desenvolvimentos industriais e tecnológicos têm ordenado modificações significativas nos padrões de vida da sociedade moderna, implicando no aumento do consumo de água. Verifica-se que o homem alterou de modo significativo o ciclo hidrológico em uma escala global, com alterações climáticas traduzidas no aquecimento global e alterações na hidrologia dos rios, o que implica na necessidade de processos de planejamento para o século XXI (VIEIRA, 2003).

Existe também uma preocupação com a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos e, em países como os Estados Unidos e os países da União Europeia, há um conceito de perímetro de proteção destes poços, o qual é resguardado por leis e amplamente difundido, com critérios de demarcação diferentes de acordo com as particularidades socioeconômicas e políticas de cada país (TOSCANO, 2008).

Há também leis e políticas públicas que tratam da água quando imprópria para o consumo, ou potencial transmissora de doenças, como os surtos de cólera, leptospirose e hepatite (PATO, 2011).

Essa preocupação, entretanto, não é nova e vem desde 2.000 a.C., quando os egípcios utilizaram sulfato de alumínio na clarificação da água. Datam desse ano os escritos em sânscrito<sup>2</sup> mais antigos sobre cuidados para manter água de destinação potável, armazenamento em vasos de cobre, filtro através de carvão, exposição ao Sol, purificação através da fervura ao fogo, introdução de barras de ferro aquecida no líquido, aquecimento ao Sol, filtração através de areia e cascalho grosso (PITERMAN, 2005). Ainda segundo este autor, no Vale dos Hindus na Índia, em 3.200 a.C. já existia galeria de esgotos e sistemas de água e drenagem. Ele também relata que a poluição dos recursos hídricos era punida em 2.000 a.C. entre os

---

<sup>2</sup> Nome dado à antiga língua dos brâmanes.

Persas, mostrando a importância de cuidados com a higiene e a saúde desde as civilizações mais antigas.

Segundo Maldonado (2009) o *Acto Inglês* promulgado em 1388 foi a lei britânica mais antiga sobre a poluição do ar e das águas, proibindo o despejo de excrementos, detritos e lixo em rios, fossas e outras águas. Em Augsburg, no ano de 1453 foram promulgadas leis rígidas de proteção dos mananciais a fim de ter sob seu domínio a contaminação dos rios que serviam de fontes de abastecimento público (MALDONADO, 2009).

Teixeira (2003) relata que em 1854 John Snow comprovou em sua pesquisa científica a relação entre água contaminada por esgotos sanitários utilizada pela população de Londres e a incidência de cólera. Ainda segundo este autor, estas descobertas levaram ao processo de implantação de sistemas coletivos de saneamento iniciado no final do século XIX e início do século XX buscando uma melhoria constante da condição de saúde das populações favorecidas, mesmo sem haver relação ou evidências científicas, no início do século XX, que comprovassem a associação da melhoria da saúde pública à implantação do sistema de coletivos de saneamento.

De Brito Dias (2011) descreve como a disponibilidade de água é um fator determinante para a sua percepção social. Ele cita como exemplo algumas comunidades da Ásia e África onde há abundância de água, fazendo com que a ideia de pagar para utilizar esse recurso natural seja vista com espanto pelos moradores, diferentemente dos grandes centros urbanos onde esta cobrança não é contestada. Este exemplo demonstra a complexidade dos problemas decorrentes da escassez e da própria abundância de água, tanto nos países subdesenvolvidos quanto naqueles sem desenvolvimento, no âmbito das estratégias de tecnologias sociais.

A utilização da água para consumo humano pode, portanto, gerar conflitos. Em toda sociedade, por mais organizada que seja, há desentendimentos e conflitos entre os cidadãos. Leis e tratados são feitos para que haja organização na sociedade e visam à equidade, ou seja, impedir que indivíduos ou grupos favorecidos tirem vantagem

das posições que ocupam para abusar dos menos favorecidos (DINIZ,1999). Assim, a escassez de água é tema de muitos problemas e negociações enfrentadas pelas Organizações das Nações Unidas (ONU) e o Banco Mundial.

Uma situação de desentendimento bastante comum entre países vizinhos diz respeito ao uso e qualidade da água a montante<sup>3</sup> e a jusante<sup>4</sup> de sua divisa. A maior parte dos conflitos ocorre quando o país que está à jusante tem um exército mais forte do que o país que está à montante e tem sob seu domínio o fluxo da água, no qual ocorrem problemas de redução da vazão do fluxo fluvial, poluição agroquímica ou industrial, assoreamentos, salinização e inundações (SELBORNE, 2001).

Alguns confrontos alcançaram notoriedade internacional pela amplitude sendo que alguns casos latino-americanos receberam grande destaque na literatura. Entre eles, estão a Guerra da Água em Cochabamba (1999-2000), em La Paz-El Alto (2005-2006) na Bolívia, o caso chileno que propiciou a propriedade privada de corpos hídricos (aquíferos, lagos, rios etc.), protestos populares no Uruguai contra a privatização e defesa do caráter público dos serviços de água e esgoto (CASTRO & HELLER, 2015).

Selborne (2001) afirma que a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO) já reconheceu a identidade de mais de 3.600 tratados entre 805 e 1984, e a partir de 1945 foram firmados entre Governos cerca de 300 tratados relativos à distribuição ou administração da água em bacias internacionais. O reconhecimento destas identidades é uma forma das potências emergentes se integrar, evitando novos conflitos e gerando benefícios estratégicos e econômicos para ambos os Governos.

A preocupação da comunidade europeia sobre a gestão de águas é crescente, o que levou cinco universidades e centros de pesquisa (o *ECOLOGIC Centre for International and European Environmental Research* de Berlim - Alemanha; o *Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés* (LATTS) da *Ecole Nationale des Ponts* em Chaussees - França; o *River Basin Administration Centre* (RBA) da *Technical*

---

<sup>3</sup> Lado de cima ou da nascente de um curso de água.

<sup>4</sup> Lado para onde se dirige a água corrente de um curso de água ou local situado depois de um determinado fato.

*University* de Delft - Holanda; o Instituto Superior Técnico de Lisboa - Portugal (IST); e o *Water Research Centre* (WRC) de Londres - Reino Unido), a desenvolver o Projeto Eurowaterem em cinco países diferentes (Alemanha, França, Holanda, Portugal e Reino Unido) a fim de ter uma avaliação das práticas dos países em estudo, verificar como eles apontam para o desenvolvimento sustentável e analisar qual deles tem a melhor compreensão do modelo institucional de gestão da água na Europa (SCARE, 2003).

Vieira (2003) e Toscano (2008) citam ainda a Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, ou simplesmente referenciada como Directiva Quadro da Água (DQA), um instrumento que estabelece medidas específicas para a gestão das águas, assim como para sua proteção, considerando-a não como um produto comercial, mas como um patrimônio de toda comunidade europeia que deve ser defendido e tratado como tal.

A partir do início do século XXI houve um enorme avanço no campo das políticas públicas determinadas a promover e assegurar o direito à água. Este movimento teve como ápice a incorporação do direito à água nas constituições dos países Equador em 2008 e da Bolívia em 2009, e seguidamente conduziu à aprovação do “direito humano à água” pela Assembleia Geral das Nações Unidas, segundo a Resolução nº A/RES/64/292 em 28 de julho de 2010 com os votos de 122 Estados (BULTO, 2015).

Dantas (2014) relata a adoção da *Green tax*, *pigouvian taxes*, *ecotaxation* e *environmental taxes* (“taxas verdes, taxas pigouvianas, ecotaxação e taxas ambientais”) que são alguns mecanismos tributários na condução da política ambiental. Essas taxas seguem a lógica universal de conservação do meio ambiente (eco-impostos) e cada país decreta seu tributo. Na Bélgica foi criado um imposto para pilhas, lâminas de barbear etc. (produtos descartáveis em geral), já na Dinamarca há tributação sobre os clorofluorcarbonos, em Portugal há incentivos fiscais a doações para organizações ambientais, e na Suíça existe uma taxa sobre ruído gerado pelas aeronaves.

Ainda segundo este autor, estas eco-taxas são incentivos específicos para que os agentes poluidores reduzam suas emissões e busquem alternativas limpas, de medida que se incide um custo direto sobre os danos ambientais, reduzindo assim a poluição com ao menor preço para a sociedade, ou seja, quanto maior for o imposto, maior é o incentivo para a inovação tecnológica, a exemplo dos impostos sobre as emissões de CO<sub>2</sub> dos motores de veículos automotivos na Europa e Estados Unidos.

Essas eco-taxas poderiam ser aplicadas por leis ou serem utilizadas como incentivos para evitar a poluição das águas, evitando assim danos que podem ser irreversíveis ao meio ambiente e trazerem estragos à fauna silvestre ou até mesmo à saúde pública.

### 3 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS E SEUS BENEFÍCIOS

Os processos de construção civil e manutenção predial têm um consumo estimado de 40% da energia mundial, que responde por um exagerado consumo de insumos, energia, água, além da emissão de gases de efeito estufa (como o carbono sob forma de CO<sub>2</sub>), tanto nas etapas de uso e operação quanto à extração e ao processamento de matérias primas e à etapa da construção e demolição (CTE, 2017).

Nesse contexto, os sistemas de certificação trazem algumas medidas e práticas para assegurar maior sustentabilidade ao setor. Os exageros e o desperdício no que tange à quantidade de materiais, pessoas e serviços utilizados por empresas, financiadores, investidores e consumidores e a preocupação com o impacto ambiental e social causado pela atividade civil determinam a importância da implementação e valorização das certificações prediais neste setor (LEITE, 2011).

Além das leis e políticas públicas, alguns países estão criando selos de certificação e incentivos para edificações que sejam projetadas com eficiência energética, acústica e luminosa e que adotem práticas sustentáveis. Os edifícios são avaliados por órgãos e profissionais credenciados e obtêm uma certificação, que tem incentivos governamentais como prêmios para edifícios que atendam às regulamentações (LAMBERTS, 2008). Podemos citar como exemplos de sistemas de certificação:

- **BREEAM** e **ECOHOMES** – BRE *Environmental Assessment Method* desenvolvido no Reino Unido – 1990
- **BEPAC** – *Building Environmental Performance Assessment Criteria* – desenvolvido no Canadá - 1993
- **HQE** – *Haute Qualité Environnementale des Batiments* – desenvolvido na França - 1996
- **HK-BEAM** – *Hong Kong Building Environmental Assesment Method* - 1996
- **LEED** (*Leadership in Energy and Environmental Design*) desenvolvida nos Estados Unidos – 1998
- **CASBEE** – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* – desenvolvido no Japão – 2001

- **GREEN STAR** – desenvolvido na Austrália– 2002
- **GBTOOL** – *Green Building Challenge Framework* - método desenvolvido em uma planilha do Microsoft Excel em 2002
- **PROCEL EDIFICA** – Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - 2003
- **NABERS** – *National Australian Buildings Environmental Rating System* – desenvolvido na Austrália– 2000-2006
- **MSDG** - *Minnesota Sustainable Design Guide* - 2006
- **AQUA** (Alta Qualidade Ambiental) certificação brasileira feita pela Fundação Vanzolini com parceria da Escola Politécnica da USP baseada na certificação francesa HQE (*Haute Qualité Environnementale*) - 2007
- **SELO CASA AZUL** – Caixa Econômica Federal - 2010
- **Método IPT**– Instituto de Pesquisas Tecnológicas – desenvolvido em São Paulo – 20??
- **Certificação em Sustentabilidade Ambiental** – Prefeitura de Belo Horizonte – 2012

Da Silva (2003) diferencia os métodos de avaliação em duas linhas: os sistemas de avaliação ambiental voltados para o mercado, que explicam facilmente ao projetista a execução e gerenciamento de todo o processo, e a segunda linha, que são os sistemas de avaliação voltados para pesquisa.

Segundo Nakazato (2014), o *Building Research Establishment's Environmental Assessment Method* (BREEAM) foi o método de avaliação precursor que serviu de modelo para outros métodos orientados para o mercado imobiliário como o AQUA que se derivou do HQE (França) e o LEED (Estados Unidos). É o primeiro sistema de avaliação de desempenho ambiental e também o mais conhecido, constituído de um *checklist* que atribui pontuações para o atendimento de critérios pré-determinados (DA SILVA, 2003).

O *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC) é um sistema de avaliação voltado para pesquisa, assim como o seu sucessor, o *Green Building Challenge Framework* (GBTOOL) (DA SILVA, 2003). Este método foi projetado com

inspirações do BREEAM e é utilizado tanto para edifícios comerciais novos ou já construídos (VITALI, 2013).

Segundo Silva (2007), o *Haute Qualité Environnementale des Batiments* (HQE) é um método baseado em *benchmarks* e critérios, e sua pontuação é fundamentada no perfil de desempenho definido para cada projeto específico.

Vitali (2013) afirma que o *Hong Kong Building Environmental Assessment Method* (HK-BEAM) é uma adaptação do BREEAM 93 para Hong Kong, com versões para edifícios residenciais ou comerciais, tanto para edifícios novos ou construídos que visa promover iniciativas voluntárias para melhorar o desempenho ambiental e sustentável dos edifícios.

O *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um sistema de avaliação inspirado no BREEAM desenvolvido pelo U.S. Green Building Council (USGBC) em 1998, e fornece um conjunto de padrões para uma construção ambientalmente sustentável (NGUYEN, 2011). A particularidade desse sistema origina de ser um documento aprovado consensualmente pelas 13 categorias da indústria de construção civil que representam o conselho gestor da organização, além de ter uma estrutura simples, a ponto de ser criticada e é um sistema que recebe atualizações a em intervalos de 3 a 5 anos (DA SILVA, 2003).

O *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) é um sistema de avaliação japonês com ponderações fixas em todos os níveis baseado em critérios e *benchmarks* inspirado no GBTool (SILVA, 2007).

O GREEN STAR é um sistema voluntário de classificação ambiental para várias tipologias de edifícios na Austrália como centros comerciais, edifícios universitários, escolas, escritórios, instalações industriais e hospitalares. O sistema lançado em 2003 considera uma ampla gama de critérios, *benchmarks* e questões sustentáveis, levando em consideração a saúde, bem-estar e produtividade dos usuários das edificações e a redução de custos, combinando aspectos do BREEAM e LEED (NGUYEN, 2011).

O GBTOOL, sucessor do BEPAC, é um software que foi utilizado na primeira fase da pesquisa de estudo exploratório que envolveu 15 países, desenvolvido pelo *Green Building Challenge* (GBC), porém caiu em desuso devido à grande dificuldade e complexidade de utilização e atualização reportada pelos usuários, sendo substituído na segunda etapa de desenvolvimento do estudo por planilhas programadas no Excel® (DA SILVA, 2003).

A Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) criou o PROCEL EDIFICA (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações) em 2003 para incentivar o uso racional e eficiente da energia elétrica em edificações, promovendo a conservação e o uso dos recursos naturais (luz solar, ventilação, água etc.), reduzir o impacto sobre o meio ambiente e os desperdícios, melhoria na qualidade dos sistemas de iluminação, refrigeração e forças-motrizes. (PROCEL, 2016).

O *National Australian Building Environment Rating Scheme* (NABERS), assim como o Green Star, é um sistema de avaliação desenvolvido na Austrália que utiliza *benchmarks* e critérios para pontuar o desempenho da edificação, porém atribui uma única classificação a partir de diferentes critérios para usuários e proprietários, tendo os níveis de classificação anualmente atualizados (VITALI, 2013).

O *Minnesota Sustainable Design Guide* (MSDG) é uma ferramenta de auxílio ao projeto que emprega estratégias ambientalmente sustentáveis com base em seus próprios critérios (SILVA, 2007).

O Centro Tecnológico do Ambiente Construído (CETAC) do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) tem a metodologia similar ao BREEAM e LEED, com itens de caráter classificatório ou de atendimento obrigatório, mas com pautas específicas adaptadas para os grandes centros urbanos brasileiros (BRITO, 2008). Dentre os métodos de certificação comparados, ele é o que dá maior ênfase na gestão do uso racional da água, tendo 20% da ponderação estabelecida no seu mecanismo voltado à este tópico conforme mostra a figura 2.

O processo Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é um sistema de certificação nacional feita pela Fundação Vanzolini com parceria da Escola Politécnica da USP baseada

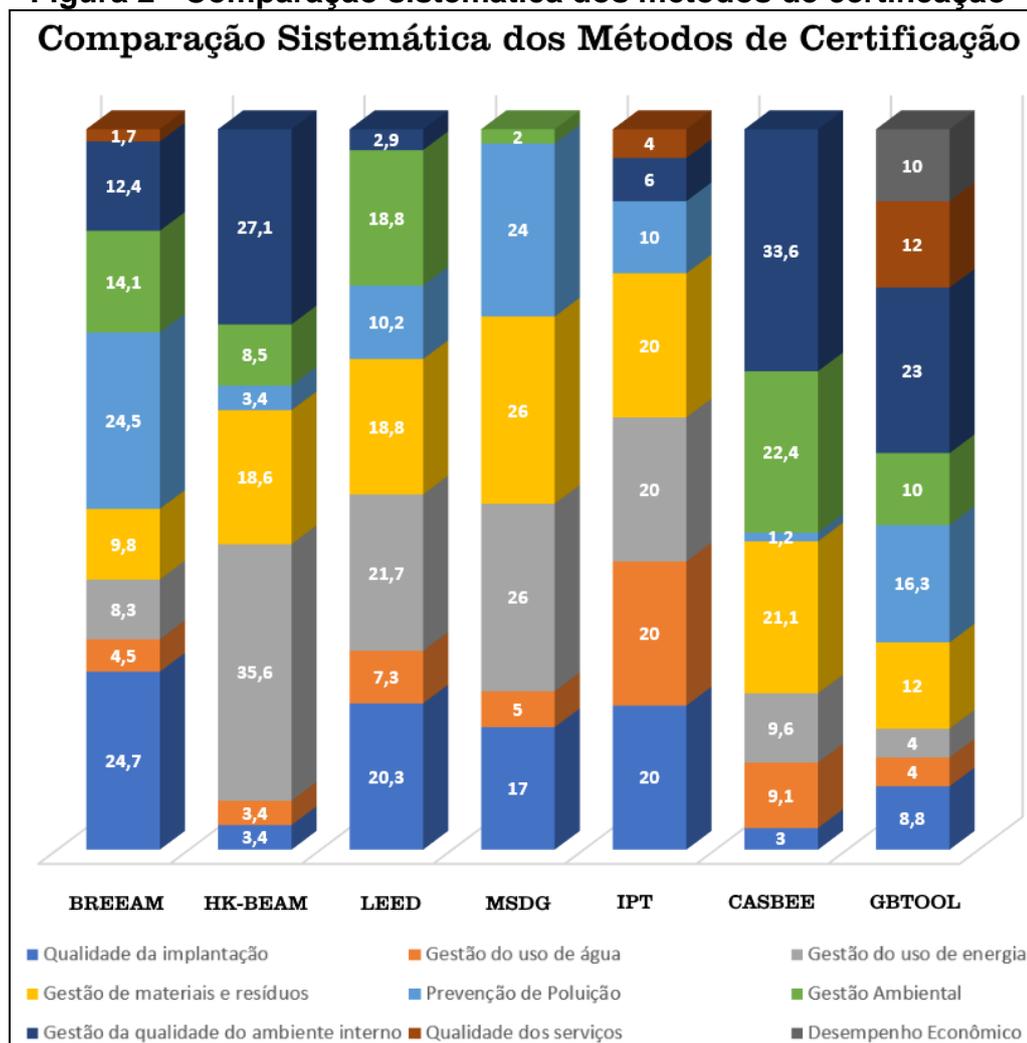
na certificação francesa HQE (Haute Qualité Environnementale) adaptado às necessidades brasileiras (VITALI, 2013).

O Selo Casa Azul é um sistema de classificação de sustentabilidade desenvolvido pela Caixa Econômica Federal em parceria com um grupo de professores da Universidade Federal de Santa Catarina, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Universidade Estadual de Campinas que visa distinguir os edifícios que provem sustentabilidade reduzindo os impactos ambientais por meio da eficiência energética, gestão da água, qualidade urbana e conforto, práticas sociais, redução da manutenção dos edifícios e as despesas mensais de seus usuários e promover a conservação de recursos naturais e a conscientização dos moradores e empreendedores em relação às vantagens das construções sustentáveis (FEDERAL, 2010).

A Certificação em Sustentabilidade Ambiental é um programa de certificação criado pela Prefeitura de Belo Horizonte no qual a adesão é voluntária e consensual, que visa promover os empreendimentos que contribuam com a redução do consumo de energia, água, resíduos sólidos e emissão direta de gases de efeito estufa, além de realizarem a reciclagem destes resíduos. A ferramenta de certificação é constituída de um manual e um Programa de Simulação que é disponibilizado via WEB no qual orienta os projetistas sobre os procedimentos para as certificações na modalidade Ouro, Prata e Bronze de acordo com os resultados alcançados pela gestão e medidas adotadas. A singularidade desta certificação é que mesmo o projetista não tendo alcançado os índices mínimos estabelecidos para receber os selos nas três modalidades, será disponibilizado um Certificado de Boas Práticas Ambientais desde que o empreendimento adote medidas de sustentabilidade (PBH, 2012).

Os métodos de certificação, mesmo sendo de instituições distintas, possuem muitos aspectos de avaliação em comum, diferenciando-se apenas por pesos pré-definidos em cada sistema de avaliação, sendo alguns de caráter obrigatório e outros classificatórios.

**Figura 2 - Comparação sistemática dos métodos de certificação<sup>5</sup>**



Fonte: Modificado pelo autor, adaptado de SILVA,2003.

A comparação sistemática dos métodos de certificação relata a semelhança entre todos os métodos apresentados, assim como a diferença das ponderações de cada método.

Silva (2014) em uma análise comparativa do Indicador de Sustentabilidade do processo AQUA em relação aos métodos BREEAM, LEED, SBTOOL e CASBEE chegou à uma porcentagem de similaridade entre os processos de até 71,43%.

<sup>5</sup> Método CASBEE e GBTOOL ponderados.

**Figura 3 - Análise comparativa de semelhança entre os processos**

Categories principais AQUA	BREEAM	LEED	SBTOOL	CASBEE
Relação do edifício com o seu entorno	X	X	X	X
Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	X	X	-	X
Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	-	-	-	-
Gestão de energia	X	X	X	X
Gestão de água	X	X	X	X
Resíduos de uso e operação do edifício	X	X	X	-
Conservação e manutenção	-	-	X	X
Conforto higrotérmico	X	X	X	X
Conforto acústico	X	-	X	X
Conforto visual	X	X	X	X
Conforto olfativo	-	-	-	-
Qualidade sanitária dos ambientes	-	-	-	-
Qualidade sanitária do ar	X	X	X	X
Qualidade sanitária da água	X	-	-	-
Total	10	08	09	09
Porcentagem de similaridade com o processo AQUA	71,43%	57,14%	64,29%	64,29%

X = Categorias do processo AQUA presente nos demais sistemas

**Fonte: adaptado de Silva, 2014.**

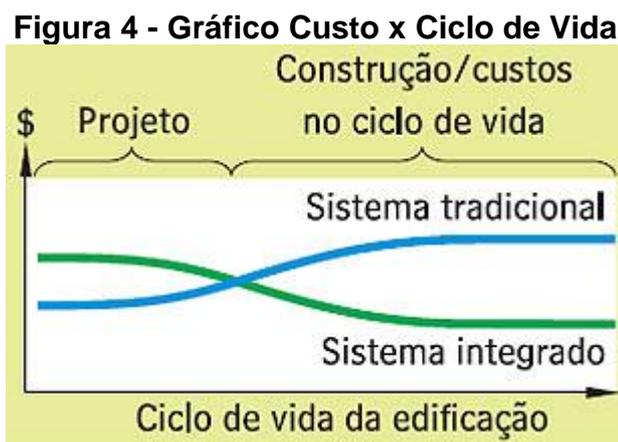
Revela-se também a grande preocupação com a gestão da água em todos os métodos, sendo de coleta de águas pluviais, consumo da água, a destinação correta dos resíduos, uso racional visando economia de água potável, uso de equipamentos economizadores e a destinação do esgoto (BRITO, 2008).

Valente (2009) e Coracini (2011) afirmam que o uso dos sistemas de avaliação predial pode reduzir de 30% à 50% o consumo de água potável por torneiras e artigos sanitários através da substituição das fontes disponíveis por coleta de águas pluviais e tratamento de água cinza, utilizando estas águas tanto para irrigação, quanto para a lavagem de bacia sanitária reaproveitando-as na edificação e tratando os efluentes.

Hafner (2007) define águas cinzas como sendo o produto do uso de chuveiros, pias, bidês, máquinas de lavar roupas e tanques, não incluindo os esgotos da cozinha e as águas negras, que são o produto do uso das descargas dos vasos sanitários.

Figuerola (2008) ressalta que o uso de certificações prediais de Sistema Integrado, no qual o projeto é desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, tem um custo

inicial no projeto mais elevado que o Sistema Tradicional, onde o projeto é entregue à projetistas complementares para que seja desenvolvido o projeto de compatibilização, porém este custo é justificado futuramente nos custos de manutenção durante o ciclo de vida da edificação, conforme mostra o gráfico da figura 4.



Fonte: Figuerola, 2008.

Vanzolini (2015) afirma que além da economia direta no consumo de água e energia elétrica, há redução nas despesas condominiais, na conservação e manutenção predial, além de agregar um valor patrimonial a um edifício com certificação. De maneira análoga, há benefícios ao meio ambiente, uma vez que haverá menor demanda sobre as infraestruturas urbanas e de recursos hídricos, redução dos Gases de Efeito Estufa e da poluição, além da melhor gestão de riscos e resíduos sólidos, gerando uma melhor qualidade de vida.

#### 4 COLETA E APROVEITAMENTO, LEIS E POLÍTICAS PÚBLICAS

A gestão sustentável dos recursos hídricos, a infraestrutura hídrica, e o acesso ao abastecimento seguro, confiável e regular de água, bem como serviços adequados de saneamento, melhoram os padrões de vida, expandem as economias locais e levam à criação de empregos mais dignos e à maior inclusão social. A gestão sustentável dos recursos hídricos também é uma força motriz essencial para o crescimento verde e o desenvolvimento sustentável. (ONU, 2016)

Uma das maneiras de promover a sustentabilidade no que diz respeito à água é fazer a captação das águas pluviais para fins não potáveis.

O sistema de captação e coleta de água de chuva é utilizado há milhares de anos por várias civilizações ao redor do mundo, principalmente em regiões onde as chuvas ocorrem em raros meses do ano e com bastante variação anual. Esse sistema tem sido utilizado para uso na agricultura, no uso doméstico ou para tirar a sede de animais.

Gnadlinger (2006) descreve como o “*homo sapiens*” coletava água de chuva em cascas de ovos de avestruz no Sul da África, os enterrava e posteriormente, no período de seca, desenterrava para matar a sede há aproximadamente 200.000 anos atrás. Ainda segundo este autor, na Província de Ganzu, no Planalto de Loess na China, há 2.000 anos atrás existiam tanques e cacimbas para coleta de água de chuva.

May (2004) e Gnadlinger (2006) mencionam o deserto de Negev, hoje território da Jordânia e de Israel, onde há 2000 anos existiu um sistema de manejo de águas pluviais e agricultura de escoamento.

Tomaz (2009) e May (2004) relatam que nas inscrições antigas na pedra Mohabita, encontrada perto de Israel, na região de Moab, datada de 830 a.C., há registros de uso de água de chuva por meio de cisternas individuais nas casas na cidade de Qarhoh por determinações do rei Mesha.

May (2004) e Gnadlinger (2006) descrevem sistemas de coleta e armazenamento de água de chuvas sofisticados construídos na Roma antiga, famosa também por

abastecerem cidades através de aquedutos, e por ser pioneira na construção do sistema de esgoto, a *Cloaca Maxima*.

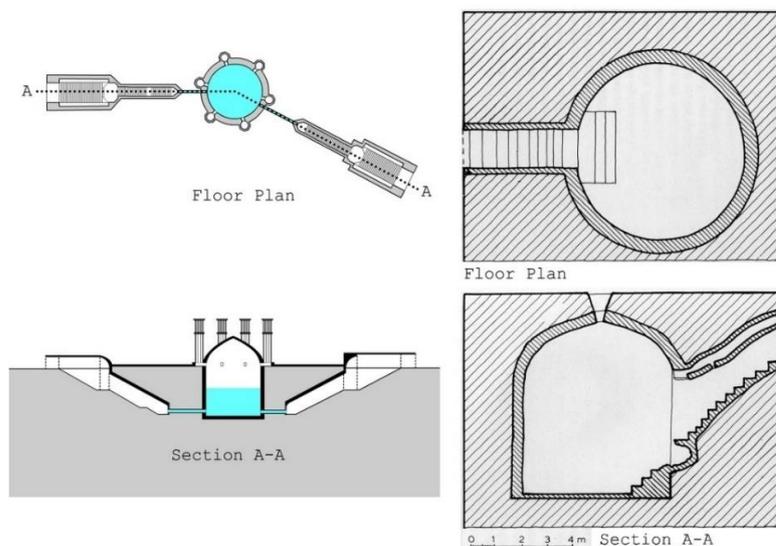
Gnadlinger (2006) cita os tanques comunitários de pedra e massa de cal com torres para resfriamento de água de chuva encontrados no Irã, denominados āb-anbārs, ou “*abanbars*”.

**Figura 5 - Exemplo de Abanbar**



Fonte: FLICKR (2016)

**Figura 6 - Exemplo de Abanbar**

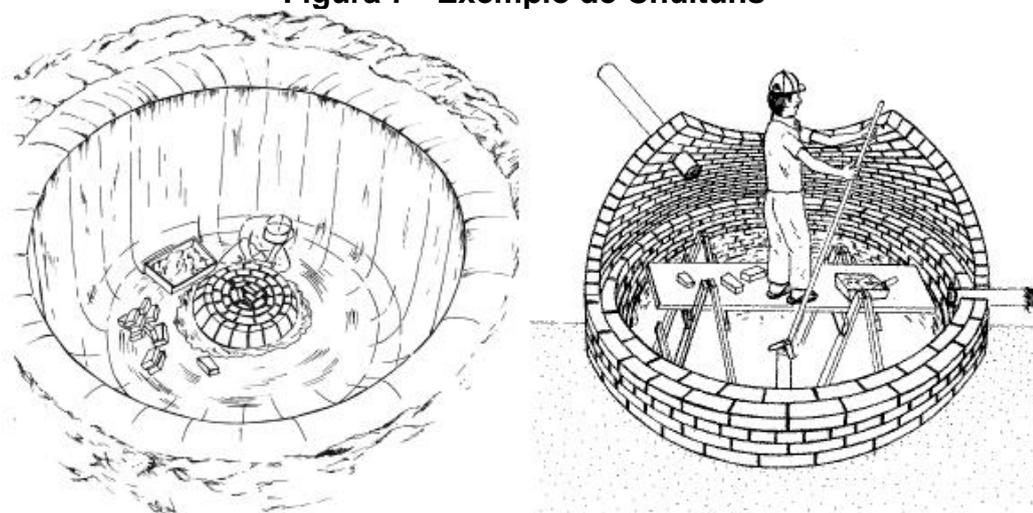


Fonte: ENCYCLOPAEDIA IRANICA (2016), adaptado pelo autor.

Cardoso (2013) relata que no Parque Nacional da Mesa Verde nos Estados Unidos há reservatórios com mais de 2000 anos, construídos pelos Anasazis entre 750 a 1100 a.C.

May (2004) e Gnadlinger (2006) fazem a descrição de coleta de água de chuva no século X pelos Mayas e Aztecas no México, mais precisamente na península de Yucatã, próximo à cidade de Oxkutzcab no pé do Monte Puuc. As pessoas que ali viviam tinham uma agricultura baseada no manejo das águas pluviais, que eram fornecidas por cisternas com capacidades de 20.000 a 45.000 litros chamadas de “Chultuns”.

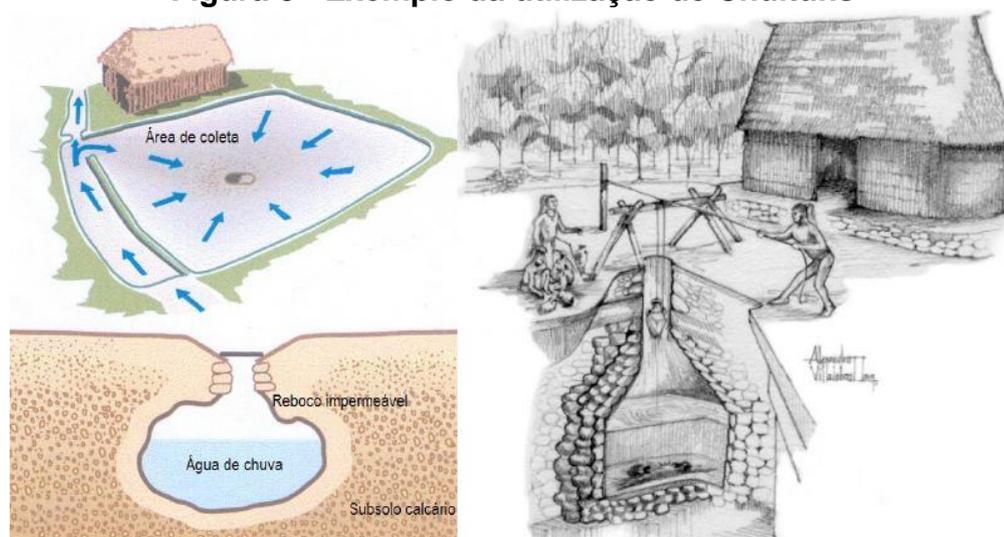
**Figura 7 - Exemplo de Chultuns**



Fonte: GNADLINGER (2000), modificado pelo autor

As *chultuns* eram escavadas *in loco* no subsolo calcário, com um diâmetro aproximado de 5 metros e revestidas com um reboco impermeável, e ficavam abaixo de uma área de captação de 100 a 200m<sup>2</sup> próximas às encostas. Havia outros tipos de reservatórios que eram utilizados nos vales para irrigar plantio de verduras, milho, bosques e árvores frutíferas, chamados de ‘*aguadas*’ (com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e ‘*aquaditas*’ (de 1.000 a 50.000 litros), onde eram armazenadas grandes quantidades de águas para os períodos de seca incertos (GNADLINGER, 2006).

**Figura 8 - Exemplo da utilização de Chultuns**



**Fonte: LATIN AMERICAN STUDIES (2003), modificado pelo autor**

Os portugueses e espanhóis herdaram as tecnologias dos árabes, que por sua vez usaram de exemplos as tecnologias dos romanos, podendo verificar em suas línguas a palavra 'cisterna' de origem latina, e o termo 'algibe' de origem árabe para reservatórios de águas pluviais (GNADLINGER, 2006). Um exemplo é a grande Fortaleza dos Templários, cuja construção teve início em 1160 d.C. na cidade de Tomar em Portugal, sendo abastecida por dois reservatórios de águas pluviais, um de 145m<sup>3</sup> e outro de 215m<sup>3</sup> (TOMAZ, 2009).

Gnadlinger (2006) ainda menciona a implantação de captação de águas pluviais pelos portugueses em vários lugares do mundo, como as Ilhas Madeira e Porto Santo - com exceção do Brasil, uma vez que o país era bastante abundante em água.

Kleindienst (2015) também relata outra fortaleza, porém esta fica no alto de uma elevação montanhosa no território de Israel, conhecida por Cerco de Massada, onde ocorreu um dos últimos eventos da Primeira Guerra romano-judaica. Existem aí dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros.

O desaparecimento do uso de coleta de águas pluviais aconteceu por vários motivos e em diferentes épocas. Na península de Yucatã deve-se à luta entre os povos indígenas e à invasão espanhola no século XVI. Nos séculos XIX e XX ocorreu primeiramente em países desenvolvidos, por estarem localizados em zonas climáticas moderadas e úmidas, com ausência de estação seca prolongada, não

havendo necessidade de captação pluvial. Deve-se destacar também o exagero de megaprojetos tecnológicos como o aproveitamento de águas subterrâneas, projetos de irrigação e construção de grandes barragens (GNADLINGER, 2006).

Segundo este mesmo autor no século XXI, o crescimento populacional e as mudanças de hábitos no uso da água e de alimentação exerceram influência na orientação do abastecimento de água para consumo humano, para a agricultura, criação de animais e para diversos fins. Da mesma maneira, a introdução de materiais e/ou tecnologias inovadoras deu lugar a uma nova discussão sobre a construção de reservatórios de captação de águas pluviais, principalmente em regiões com determinadas características como estiagem maior que 5 meses, disponibilidade hídrica menor que  $1.200\text{m}^3/\text{habitante} \times \text{ano}$ , concessionárias públicas com tarifas elevadas, instabilidade no fornecimento de água, possibilidade de payback rápido (TOMAZ, 2009)

Alguns países concedem atenção especial à questão. A Holanda em grande parte está situada abaixo do nível do mar e a captação de águas pluviais é fundamental para evitar que os canais que rodeiam o país transbordem e é utilizada para o abastecimento de fontes ornamentais e na irrigação de lavouras (MAY, 2004).

A União Europeia e alguns países desenvolvidos, como Japão e Estados Unidos, incentivam a construção de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis com financiamentos concedidos pelos seus governos. Pêgo (2012) apresenta a Alemanha como o primeiro país a conceder um incentivo para quem adotar o sistema de captação de águas pluviais (na cidade de Hamburgo), por meio de gratificação de US\$ 1.500,00 à US\$ 2.000,00, o que contribui para a solução dos problemas da má qualidade da água e também ajuda a contenção de enchentes. Segundo Schmidt (2001), na Alemanha até o ano de 2000 Berlin cobrava uma taxa de DM\$  $3,85/\text{m}^3$  de água potável, porém ela foi ramificada em DM\$ 3,15 para tratamento de esgoto e DM\$  $2,50/\text{m}^2$  de área impermeável, ou seja, é um incentivo para que proprietários implantem o sistema de coleta de águas pluviais para economizar esta taxa.

May (2004) e Pêgo (2012) mencionam que nos Estados Unidos a água captada pelo sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis é

reservada para lavagem de veículos, resfriamento evaporativo, lavagem de bacias sanitárias, irrigação de hortas e jardins.

Cardoso (2013) relata que no Japão o governo oferece incentivos financeiros em 16 cidades para quem construir um sistema de captação de águas pluviais ou sistemas de valas para infiltração de águas de chuvas. May (2004) ainda afirma que esse incentivo se deve ao fato dos reservatórios estarem localizados a longas distâncias das cidades abastecidas, e é devido à grande área de superfície pavimentada nas cidades que impede a infiltração das águas pluviais diretamente no solo.

Gnadlinger (2006) menciona a Província de Gansu, no Planalto de Loess do norte e noroeste da China, onde a agricultura depende basicamente da água pluvial como fonte de água. No projeto denominado "121", o governo ajuda cada família com uma área de captação de água, dois tanques para depositar as águas e um terreno para cultivo de culturas comercializáveis. Este projeto é utilizado atualmente para atender 15 milhões de pessoas em 17 províncias e irriga uma área de 1,2 milhões de hectares num total de 5,5 milhões de cisternas.

Na Austrália, o sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis faz com que se economize 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura, ao passo que no Reino Unido 30% do consumo de água potável é utilizado na limpeza da bacia sanitária em uma residência (MAY, 2004).

Esta diferença mostra como a utilização da água é menos preciosa não só nos países considerados de mercados emergentes, mas também em países desenvolvidos, onde a água que acaba de chegar de uma concessionária, 100% própria para o consumo, é utilizada para descarga de dejetos humanos, sendo que poderia ser utilizada água pluviais destinadas para este fim. Lopes (2015) também relata que o Japão reduziu o consumo de 30% de água potável com o uso de água reciclada de acordo com pesquisas locais. A utilização da água reciclada também seria outra maneira de evitar o desperdício de água potável em bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de passeios e carros.

## 5 ATUALIDADE: IMPORTÂNCIA DAS QUESTÕES RELATIVAS À ÁGUA NO BRASIL

No Brasil, as questões ambientais têm ganhado ênfase e cada vez mais, obrigando a sociedade a rever suas atitudes cotidianas sobre os recursos naturais. Em 10 de julho de 1934, foi feita a regulamentação do Decreto Federal nº 24.643 que determina o direito de captação das águas pluviais para fins não potáveis nas edificações como prédios, evitando desperdícios (PÊGO, 2012).

Scare (2003) relata que um marco legal importante para o País foi a criação da Lei Federal 9.433, em 08 de janeiro de 1997 que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), além de criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), sistema que é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERH) dentre outros órgãos dos poderes públicos federal, estadual e municipal.

Em 31 de agosto de 1981, foi criada a Lei Federal nº 6.938 que estabelecia a Política Nacional do Meio Ambiente, que deu princípio ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que tem como objetivo estabelecer padrões e critérios que dão preferência ao desenvolvimento sustentável (PÊGO, 2012).

Outro passo importante foi a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) em 22 de fevereiro de 1989 pela Lei Federal nº 7.735 vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), cujos objetivos principais são a recuperação, preservação e melhoria da qualidade ambiental, que incentivou a interpretação de novas leis, decretos e resoluções para regulamentar o uso sustentável dos recursos naturais além de assegurar o desenvolvimento econômico (GHISI, 2004).

Uma medida eficiente foi a criação do Programa Nacional do Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), cujo objetivo é incentivar o uso racional de água potável, sendo em domínio público ou nas residências, de modo a promover uma melhoria na saúde pública e no saneamento ambiental (PÊGO, 2012).

Scare (2003) cita a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) pela Lei 9.894 de 07 de junho de 2000, órgão que regulamenta o uso de água em todo território

brasileiro. Ghisi (2004) enfatiza que o Brasil é privilegiado em comparação aos outros países ao redor do mundo, uma vez que tem um órgão específico para gerenciamento dos recursos hídricos, a ANA, que poderá ser um grande diferencial nos próximos anos e garantir este posto de destaque.

A Lei 9.433/97, juntamente com avanços no ambiente institucional no Brasil e com a necessidade de crescimento sustentável, instituiu não somente a Política Nacional de Recursos Hídricos, mas também o Programa PROÁGUA do Ministério do Meio Ambiente, e principalmente a regulamentação da Agência Nacional de Águas pela Lei 9.984 em 17 de julho de 2000 para discutir como as mudanças vem acontecendo e os impactos que elas irão provocar no ambiente (SCARE, 2003).

Após a grande crise energética de 2001, foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 a Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001, que ordena sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Ela estabelece os níveis máximos de consumo de energia, ou em outras palavras, o mínimo de eficiência energética de aparelhos e máquinas que consomem energia elétrica comercializados ou fabricados no país, serão determinados com base em indicadores técnicos e regulamentação específica organizados pelo Ministério de Minas e Energia (LAMBERTS, 2008).

Esta foi apenas uma das medidas adotadas pelo governo para que o país não fique sem energia, uma vez que as usinas hidrelétricas respondem por maior parte de geração de energia, ou seja, sem água o país também fica sem energia, além das tarifas de energia elétrica ficarem mais elevadas, uma vez que é preciso utilizar usinas termelétricas e há um acréscimo para cada kWh consumido (CEMIG, 2016). As contas de energia chegam aos consumidores mais elevadas de acordo com a bandeira tarifária, cadeia de encargos, margens de lucro na transmissão, comercialização, impostos e na própria distribuição.

Lima (2011) relata que o embora o Brasil possua 11% da água no mundo, e um grande potencial hídrico, ele não dispõe de um programa governamental que promova o aproveitamento de águas pluviais em residências, tanto para fins

potáveis quanto não potáveis, talvez pela abundância do recurso e pela sua diminuta valoração econômica, o que incentiva a cultura do desperdício.

Toscano (2008) afirma que foram encontradas legislações sobre programas permanentes de conservação e proteção de aquíferos em quinze estados: Alagoas (Lei Nº 5.965, 1997); Amazonas (Lei Nº 2.712, 2001); Bahia (Lei Nº 6.855, 1995); Goiás (Lei Nº 13.583, 2000 e Lei Nº 13.123, 1997); Mato Grosso (Lei Nº 8.97, 2004); Minas Gerais (Lei 13.771, 2000); Pará (Lei 6.105, 1998); Paraná (Lei 12.726, 1999); Pernambuco (Lei 11.427, 1997 e Lei 20.423, 1998); Rio Grande do Norte (Lei 6.908, 1996); Rio Grande do Sul (Decreto Nº 42.047, 2002); Rondônia (Lei Nº 255, 2002); São Paulo (Decreto Nº 32.955, 1991); Santa Catarina (Lei Nº 9.748, 1994); Tocantins (Lei 1.307, 2002), porém apenas as legislações de Minas Gerais (Lei 13.199, 1999) e de Pernambuco (Lei 11.427, 1997 e Decreto 20.423, 1998) preveem meios financeiros para tal.

Alguns estados começaram a criar leis e medidas específicas mais rígidas que as leis federais. Ghisi (2004) e Cardoso (2013) mencionam a Lei Municipal 14.018 de 28 de junho de 2005 de São Paulo, que instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional de Água em Edificações, onde estabelece a obrigatoriedade das construções com mais de 500m<sup>2</sup> de área de solo impermeável sejam obrigadas a captar águas pluviais, e após o período de chuva, esta água seja dispersada na rede pluvial de maneira controlada para prevenir enchentes. Esta não é a melhor solução, pois a água captada poderia ser utilizada para fins não potáveis ao invés de ser simplesmente descartada sem nenhum outro uso.

O Decreto Municipal nº 23.940/04 da cidade do Rio de Janeiro já faz algumas ressalvas quanto à captação e utilização das águas pluviais, como por exemplo que ela seja utilizada somente para fins não potáveis, e que seja sinalizada com fácil identificação sobre a origem desta água para evitar o consumo indevido, além de processos e tratamentos necessários para a manutenção e qualidade desta água, evitando fluxo cruzado e conseqüentemente contaminação do sistema predial (PÊGO, 2012).

Em Curitiba foi criado o PURAE (Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações) pela Lei Municipal nº 10.785, de 18 de setembro de 2003 que institui o conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações, como a conservação e uso racional da água, desperdício quantitativo de água e utilização de fontes alternativas para a captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento (CARDOSO, 2013).

Toscano (2008) relata que alguns estados brasileiros regulamentaram leis e decretos à respeito especificamente da administração, proteção e conservação das águas subterrâneas, como: Distrito Federal (Decreto Nº 22.358, 2001); Goiás (Lei Nº 13.583, 2000), Mato Grosso (Lei Nº 8.97, 2004), Mato Grosso do Sul (Lei Nº 3.183, 2006), Minas Gerais (Lei 13.771, 2000), Pará (Lei 6.105, 1998), Pernambuco (Lei 11.427, 1997), Rio Grande do Sul (Decreto Nº 42.047, 2002) e São Paulo (Decreto Nº 32.955, 1991).

No início dos anos 2000 o governo brasileiro lançou o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), onde são feitas cisternas de placas de concreto com armação feita com tela de arame liso, com uma camada de reboco por dentro e por fora, para atender a população que vive no campo, mais precisamente na Região Semiárida do Brasil. Através da captação das águas pluviais, essas cisternas abastecem uma família de até seis pessoas por um período de estiagem que pode durar até oito meses (GNADLINGER, 2006).

Cunha (2013) cita um outro incentivo fiscal verde com foco no Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana – IPTU. Concessões semelhantes são encontradas em vários municípios, entre eles Curitiba no Paraná, Araraquara e São Carlos em São Paulo, destacando-se Vila Velha no Espírito Santo, onde se pode citar a Lei Municipal nº 1.991 de 08 de dezembro de 1981, o decreto nº 378 de 03 de dezembro de 2002, a Lei Municipal nº 4.864 de 30 de dezembro de 2009, Lei Municipal 4.940 de 10 de maio de 2010 e a Lei Municipal 5.012 de 12 de novembro de 2010. Todas estas leis geram concessão de estímulos em forma de financiamento ou redução e até isenção da alíquota do IPTU em alguns casos.

De Oliveira (2015) menciona que o Município de Pelotas prevê na legislação municipal redução de 50% até 100% em tributos para alguns imóveis com árvores ou vegetação relevante ou em terrenos integrantes de Áreas Verdes Especiais. Este mesmo autor também relata que tributaristas renomados se opõem a estas isenções, porém não consideram os benefícios que elas trazem tanto para o proprietário quanto para a coletividade, e sobretudo para o meio ambiente.

Há também no Brasil os Projetos de Lei, que são um conjunto de normas e definições que devem se submeter à tramitação no legislativo com o objetivo de se efetivar através de uma lei (JUSBRASIL, 2016). Em sua grande maioria, ao se elaborar um Projeto de Lei, os representantes do legislativo não convocam para a banca um profissional capacitado para sua elaboração, o que faz com que a Lei nem sempre seja uma boa solução ou sequer vá ajudar o cidadão ou a população.

Nesse sentido existem vários conjuntos de normas em vários estados no Brasil, podendo citar como exemplo o Projeto de Lei nº 1.969 de 2014 do Distrito Federal que trata do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em habitações populares. O Projeto de Lei nº 1.969/2014 ordena que os programas de financiamento da casa própria subsidiados com recursos da União sejam dotados de caixa de armazenamento, coletor, distribuidor para água pluvial e dispositivos que dão lugar a utilização e reaproveitamento desta água para fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, irrigação, lavagem de carros etc., e as empresas construtoras que não adaptarem os projetos à norma terão que pagar multas a serem estabelecidas pelo Poder Executivo.

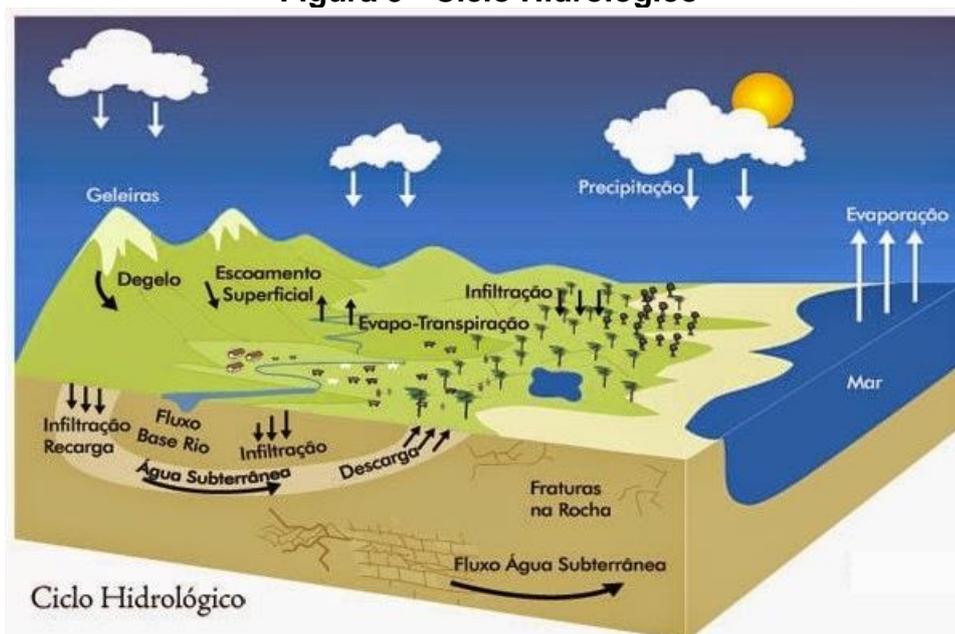
No Distrito Federal existe o Projeto de Lei nº 730/2012 relacionado ao IPTU Verde, que concede um desconto de até 30% para construções que adotarem duas ou mais medidas sustentáveis como: energia e aquecimento solar, áreas permeáveis com gramados ou jardins que permitam a absorção das águas pluviais diretamente ao solo natural, uso de luz difusa (energia passiva) de modo que não se utilize energia elétrica para iluminação, uso de material sustentável na construção, arborização (árvores no terreno), sistema de captação e reuso de águas pluviais, utilize a coleta seletiva ou separação de resíduos sólidos para reciclagem, utilização de LED ao invés de lâmpadas incandescentes e utilização de telhado verde.

## 6 CICLO HIDROLÓGICO

A questão da oferta confiável passa necessariamente pelo conhecimento do ciclo hidrológico. Nosso planeta possui aproximadamente 70% de sua superfície coberta por água, sendo a maior parte, 97% água salgada e apenas 3% é água doce. A quantidade de água existente no planeta é limitada, porém o ciclo da água se sucede continuamente.

O suprimento de água no planeta é obtido através da precipitação resultante da evaporação por efeito solar da água dos oceanos e de toda superfície úmida ou de água existente no restante da Terra em presença da atmosfera. Ocorre uma grande transferência de água do mar para a Terra e o retorno desta ao mar, caracterizando assim, o ciclo hidrológico, representado pela Figura 9. Esse ciclo hidrológico envolve fatores climáticos, geográficos e biológicos. As águas se evaporam dos oceanos e demais superfícies do planeta para atmosfera, onde se condensam – ou até se solidificam – e se precipitam novamente sobre a superfície da Terra. São processos complexos de evaporação, precipitação, transpiração, interceptação, infiltração, percolação, armazenagem e escoamento (GIACCHINI, 2010).

**Figura 9 - Ciclo Hidrológico**

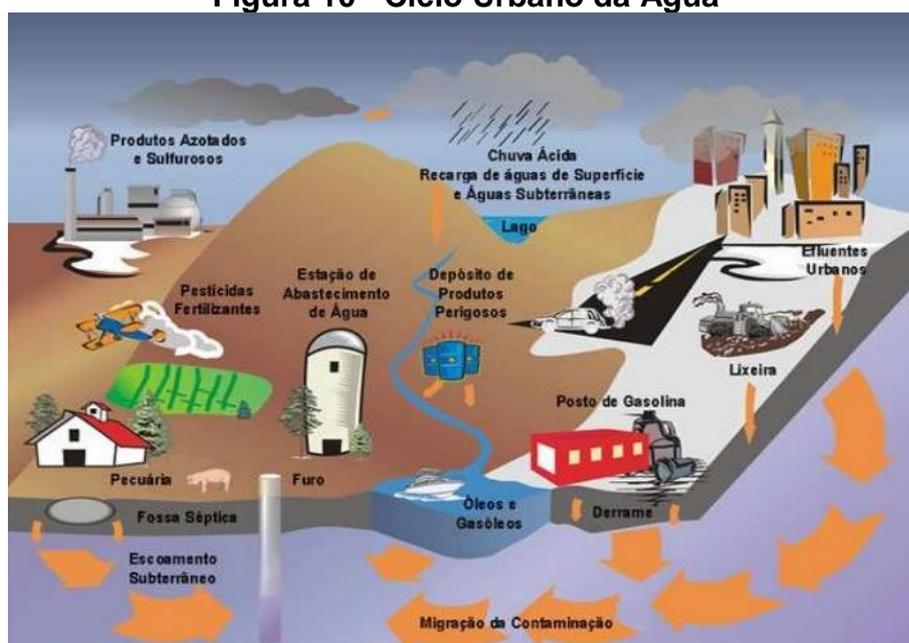


Fonte: Aquafluxus, 2015.

O ciclo hidrológico sofre a interferência de diversos fatores, desde variações climáticas até ações do homem na superfície da terra, como processos de urbanização e a presença do homem nas cidades e sua atuação nos processos agropecuários, florestais, mineralógicos. A água possui múltiplos usos, dentre eles o uso doméstico, a irrigação, o uso industrial, a produção de energia, além das atividades relacionadas à pesca e aquicultura, bem como a diluição de esgotos, a navegação e o lazer (GIACCHINI, 2010).

Através dos usos múltiplos da água, forma-se um subsistema denominado ciclo urbano da água. Tal ciclo começa com a extração de água dos rios e aquíferos, que é então distribuída à população após seu tratamento. Esta água é utilizada para transporte de resíduos através da rede de esgoto sanitário e conduzida às estações de tratamento de esgoto, as quais fazem o lançamento do efluente nas águas receptoras, tais como rios, lagos e oceanos. Complementando o ciclo ocorre a captação das águas pluviais urbanas, as quais são recolhidas pelo sistema de drenagem e conduzidas para o escoamento em corpos d'água receptores. Na Figura 10 estão representadas algumas interferências humanas presentes nesse ciclo urbano (GIACCHINI, 2015).

**Figura 10 - Ciclo Urbano da Água**



Fonte: Giacchini, 2015.

Neste contexto, é importante ressaltar a necessidade de se desenvolver técnicas e melhorias na captação da água, promovendo a melhor relação de consumo possível, que também englobe as fases de tratamento e distribuição. No Brasil, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o abastecimento por água potável atende 96% da população urbana (SNIS, 2010).

Tanto no ciclo hidrológico como no ciclo urbano, a precipitação atmosférica possui um papel essencial, uma vez que ela se caracteriza pelo conjunto de águas originadas do vapor de água atmosférico que precipita, em estado líquido ou sólido, sobre a superfície terrestre. A formação das precipitações atmosféricas ocorre através do ar quente e úmido que, elevando-se por expansão, se resfria até obter seu ponto de saturação. Uma parte deste vapor se condensa em gotículas de água formando as nuvens, que são mantidas em suspensão pelo efeito da turbulência ou de correntes de ar ascendentes. Quando as gotículas atingem o tamanho necessário (gota) para vencer a resistência do ar, deslocam-se em direção do solo formando as precipitações (ZOLET, 2005).

Ainda segundo este autor, o movimento vertical das massas de ar é requisito fundamental para a formação dessas precipitações, que são classificadas entre ciclônica, orográfica e convectiva descritas da seguinte forma: a precipitação ciclônica está associada ao movimento de massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão e são causadas por um aquecimento desigual da superfície terrestre, podendo ser classificadas como frontal ou não frontal; a precipitação orográfica é resultante dos ventos quentes e úmidos, que geralmente vêm da direção do oceano para o continente, onde se encontram com barreiras naturais, o que ocasiona a elevação e resfriamento, e conseqüentemente a condensação de vapores e a precipitação, sendo consideradas chuvas de pequena intensidade e grande duração; e por fim, a precipitação convectiva é uma precipitação de grande intensidade e curta duração, devido ao aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que ocasiona a estratificação térmica da atmosférica, pelo aquecimento desigual da superfície terrestre. Esse tipo de precipitação é comum ocorrer em regiões tropicais.

Tais precipitações sofrem diversas influências, sendo uma delas as mudanças globais climáticas, que possuem impacto direto quanto à disponibilidade de recursos hídricos nas diferentes regiões do planeta. Os fenômenos *El Niño* e *La Niña*, por exemplo, alteram a precipitação pluvial principalmente na primavera, atingindo as regiões do sul do Brasil (BERLATO, 2005).

Além das mudanças globais, o abastecimento inadequado contribui para a escassez da água, sem contar com sua degradação pela poluição e a exploração das reservas de águas subterrâneas. As medidas voltadas para essa situação devem priorizar a quantidade e qualidade, tendo em vista a oferta e demanda. Dentro desse contexto, as Nações Unidas possuem as chamadas Atividades do Sistema, que visam ao desenvolvimento sustentável dos recursos finitos e frágeis de água doce, que estão sob pressão crescente com o crescimento populacional, a poluição e as demandas de usos agrícolas e industriais (THÉRY, 2016).

Segundo a ONU, o Brasil está entre os países que mais registraram impacto ambiental relacionada à água. As mudanças nos fluxos naturais dos rios, realizadas entre 1981 e 2014, para a construção de represas ou usinas hidrelétricas causaram maior degradação dos ecossistemas, com aumento do número de espécies invasoras, além do risco de assoreamento. Apesar do país já enfrentar problemas de abastecimento no Nordeste, a preocupação com a falta de água ganhou destaque com a crise hídrica no Sudeste. A ausência de chuvas em 2013 baixou o nível de reservatórios importantes de cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, que tiveram que implantar políticas restritivas de acesso à água (MARENGO, 2014).

E essa questão atinge todas as grandes cidades ao redor do mundo, não só no Brasil, devido ao crescimento populacional e falta de planejamento adequado nos centros urbanos, gerando o aumento da demanda por água potável (MAY, 2004). Sobre isso, de acordo com os dados do IBGE, a população do Brasil, em 1991, era de 146.825.475 e, em 2010, era de 190.755.799, ou seja, houve um crescimento de aproximadamente 30% da população. E como já mencionado, a demanda por água cresce o dobro se comparada à população.

O Brasil é um dos países com maior reserva de água doce, com 13,8% da reserva mundial e uma disponibilidade hídrica per capita variando de 1.835 m<sup>3</sup>/ hab/ano a 628.938 m<sup>3</sup>/hab/ano. Contudo, a disponibilidade de água é extremamente desigual: 68,5% da água disponível no Brasil estão na Amazônia e 15,7% no Centro-Oeste, as regiões menos povoadas, enquanto as três regiões mais povoadas têm apenas 6,5% (Sul), 6% (Sudeste) e 3,3% (Nordeste) dos recursos hídricos. A crise que hoje atinge o estado de São Paulo não é apenas conjuntural, mas estruturalmente relacionada ao fato de o estado ser muito populoso e ainda ao de ter uma das maiores cidades do mundo e dispor de recursos hídricos muito reduzidos (THÉRY, 2016).

Uma seca dessa magnitude como a vista na cidade de São Paulo, que afeta os níveis dos mananciais, acaba se transformando em um grave problema social (MERENGO, 2014), e é precisamente um tipo de fenômeno climático extremo projetado entre diversos impactos das mudanças climáticas já indicados nos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014). Muitas são as especulações sobre as causas desta seca histórica: algumas sugerem uma redução do fluxo da umidade da Amazônia associada a variações na circulação da atmosfera regional ou global; outras atribuem a seca ao desmatamento da Amazônia e da mata atlântica; e outras ainda às mudanças climáticas globais. Em geral, pode-se dizer que a crise hídrica foi gerada por uma conjunção de fatores, entre eles, a falta de gerenciamento dos recursos hídricos, agravada pela escassez de chuva, como vem sendo observado desde 2001.

A Agenda 2030, um documento que prevê 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que devem ser cumpridos até 2030, resultado de um consenso alcançado pelos delegados dos Estados-Membros da ONU, sendo um desses objetivos especificamente voltado para o recurso hídrico, que seria assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Para isso, é necessário melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente. Além disso, é preciso aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores

e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água (MUNDO, 2016).

Tanto no mundo quanto no Brasil, os recursos hídricos são regidos por um sistema excludente, com grande crescimento das atividades econômicas no país, fortes impactos ambientais e aumento dos índices de desigualdade. A crescente demanda de energia conduz à instalação de várias usinas hidrelétricas em ritmo que não permite as necessárias compensações e cuidados ambientais, e um planejamento adequado ao múltiplo uso da água (REBOUÇAS, 2003).

Apesar da demanda, os serviços de saneamento básico não atendem às expectativas em razão dos pequenos e seletivos investimentos. A degradação dos recursos hídricos se torna evidente, resultante dessas atividades e da má gestão que se implementa, com planos inoperantes, participação social formal e pouca regulamentação e fiscalização no uso das águas. Somado a tudo isso, os investimentos em proteção de recursos hídricos são pequenos e corretivos, não prevendo um planejamento a médio e longo prazo (REBOUÇAS, 2003).

Assim, os conflitos e problemas em torno da oferta e qualidade dos recursos hídricos crescem, particularmente nas regiões hidrográficas já deficientes e problemáticas no país. A deterioração das águas subterrâneas, em alguns sistemas e aquíferos, agrava-se, assim como as águas superficiais, sobretudo, em razão do precário investimento em saneamento básico (THERY, 2016).

A economia informal prolifera aumentando o quadro de empresas com não conformidades na gestão ambiental e de recursos hídricos. Nesse contexto, aumenta a pressão sobre a ocupação descontrolada da Região Amazônica que, sem uma política adequada de desenvolvimento, se transforma em um cenário de atividade predatória, bem como para a exploração ilegal e sem manejo da floresta. (LANNA, 2008).

Da mesma forma, aumentam os índices de doenças endêmicas ligadas à água e agravam-se as desigualdades regionais, crescendo a pressão sobre as bacias hidrográficas das regiões Sul-Sudeste, já densamente ocupadas. Há também o fato

da poluição indiscriminada, que faz com que aumente a deterioração da qualidade das águas, seja por despejo de esgoto sem nenhum tipo de tratamento, tanto doméstico quanto industrial, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, que contribui para a introdução de compostos na água, afetando direta ou indiretamente sua qualidade (VON SPERLING, 1996).

Nesse cenário, é importante lembrar que existem ações para minimizar o quadro pessimista, como por exemplo, o Decreto nº 7.535 de 26 de julho de 2011 do programa Água para Todos, do Ministério da Integração Nacional, que visa universalizar o acesso e uso de água para populações carentes, residentes em comunidades rurais não atendidas por este serviço público essencial, atendidas por sistemas de abastecimento deficitários ou, ainda, que recebam abastecimento difuso. O programa tem como objetivo garantir o amplo acesso à água para as populações rurais dispersas e em situação de extrema pobreza, seja para o consumo próprio ou para a produção de alimentos e a criação de animais, possibilitando a geração de excedentes comercializáveis para a ampliação da renda familiar dos produtores rurais (MDI, 2011).

Em suma, a água é um elemento primordial à vida no planeta, porém o homem utiliza-se dela como um bem inesgotável e de maneira irracional. Com o aumento da escassez de água, a deterioração dos cursos d'água e o uso não racional levou o ser humano a procurar outras fontes de abastecimento para suprir sua demanda. O aproveitamento das águas pluviais é uma das soluções para aumentar a oferta de água para as edificações. Essa tecnologia é uma excelente alternativa, pois além de reduzir o consumo de água potável, e das despesas com este, é uma medida preventiva contra enchentes, inundações e alagamentos em pontos dispersos (MAY, 2004).

## 7 AS LEIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM BELO HORIZONTE

Atualmente na Câmara Municipal de Belo Horizonte existem vários projetos de Lei que tratam das águas pluviais. Para este trabalho serão descritos apenas os Projetos de Lei nº 571 de 01/04/2013, o nº 1.165 de 05/04/2014, o nº 1.381 de 13/11/2014 e o nº 1.489 de 06/03/2015.

O Projeto de Lei nº 571/2013 estabelece critérios específicos para a captação, armazenamento e reutilização de águas pluviais para fins não potáveis nas edificações no município de Belo Horizonte. Este projeto de lei pretende estabelecer normas que induzem a conservação e utilização de águas pluviais nas construções e métodos para a sua captação, assim como a conscientização dos usuários sobre a importância de sua aplicação racional. Dentre as ações de conservação e uso racional, são indicados aparelhos e dispositivos que economizam água, como:

- Vasos sanitários com volume e pressão reduzidos na descarga;
- Chuveiros, duchas e lavatórios de volumes de descarga limitados e fixos;
- Torneiras com arejadores.

Além destas medidas estabelecidas nos dispositivos, também é prevista a instalação de hidrômetros separados para cada unidade habitacional e a captação, armazenamento e utilização de águas pluviais para fins não potáveis, como por exemplo a lavagem de veículos, janelas, vidros, pisos, calçadas, rega de jardim e hortas e até mesmo lavagem de roupas e tecidos. O descumprimento do previsto nesta proposta de lei implicaria na negativa de concessão do “Habite-se” para edificações do Município.

Na mesma perspectiva o Projeto de Lei 1.165/2014 de 05 de abril de 2014 institui mecanismos para a instalação de sistema de coleta e reutilização de águas pluviais em edificações prediais, residenciais, comerciais e industriais, públicas e privadas que tenham consumo de volume igual ou superior a vinte metros cúbicos de água por dia (20m<sup>3</sup>/dia). Estas edificações serão obrigadas a reutilizar a água através da reciclagem dos componentes dos efluentes das águas cinzas servidas nas construções, com a intenção de induzir a conservação, economia, combate ao desperdício e uso racional da água. A norma ainda se refere à utilização de fontes

alternativas ou conjunto de ações que possibilitem o uso de fontes para a captação de água fora do sistema público de abastecimento.

No Projeto de Lei 1.165/2014 descreve-se águas servidas (ou águas cinzas) como águas utilizadas em máquinas de lavar, nas pias, tanques, lavatórios, banheiras e chuveiros, dando especial atenção ao Item 6 da Norma 13.969/97 da ABNT que exige que por serem fontes alternativas de águas (de chuveiros, lavatórios, banheiras, máquinas de lavar e/ou tanques) estas águas poderão apresentar características de potabilidade, porém não serão úteis ou prestáveis para o consumo humano. Ela ainda estabelece que todas estas águas servidas deverão ser direcionadas através de sistema próprio de tubulações, conexões, bombas e reservatórios específicos, assinalados com cores também específicas, e distintos do sistema de águas potáveis. As águas servidas podem ser usadas para irrigar jardins, lavar pisos, janelas, escadarias e pátios e também na utilização de descargas das bacias sanitárias no qual deverão ser despejadas na rede pública de esgoto.

Atuando no mesmo sentido, o Projeto de Lei nº 1.381/2014, cria a Política Municipal de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção, como fomentar a conservação e o uso racional da água, promover a qualidade ambiental e o manejo adequado e crescente do volume de águas pluviais servidas, e estimular o reuso direto planejado destas águas.

Este Projeto descreve que águas pluviais servidas são todas as águas provenientes das chuvas e que ainda não tiveram destinação de uso, e o reuso direto planejado seria: a captação, armazenamento e a utilização das águas pluviais, que, depois de armazenadas (podendo ser tratadas ou não), sejam encaminhadas diretamente de seu ponto de descarga até o local de reuso, não sendo despejados no meio ambiente. O projeto de lei ainda rege que a liberação do alvará de construção e habite-se estarão sujeitos à implantação do sistema de captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais em novos projetos de construção, sejam públicos ou privados, destinados ao uso comercial, habitacional, industrial ou de serviços, mesmo quando for edificações com especial interesse social com área construída superior a 300m<sup>2</sup>.

O Projeto de Lei 1.381/2014 ainda discrimina que as águas resultantes do reuso direto planejado das águas pluviais servidas deverão ser destinadas à irrigação de hortas e jardins, lavagem de veículos, roupas, pisos de áreas construídas, nas descargas de vasos sanitários, rega paisagística, usos industriais, usos urbanos para fins não potáveis como combate a incêndios, sistemas de refrigeração de ar condicionado ou manejo ambiental.

O Projeto de Lei 1.489/2015, coloca a obrigação de reutilização da água para empresas que prestem serviços de “Lava-Jato”, tanto em via pública ou áreas internas a empreendimentos privados como shoppings, estacionamentos, postos de gasolina, dentre outros, os quais deverão manter reservatórios para captação e armazenamento de águas pluviais e serão sujeitas a reciclar um mínimo de sessenta por cento (60%) da vazão média utilizada.

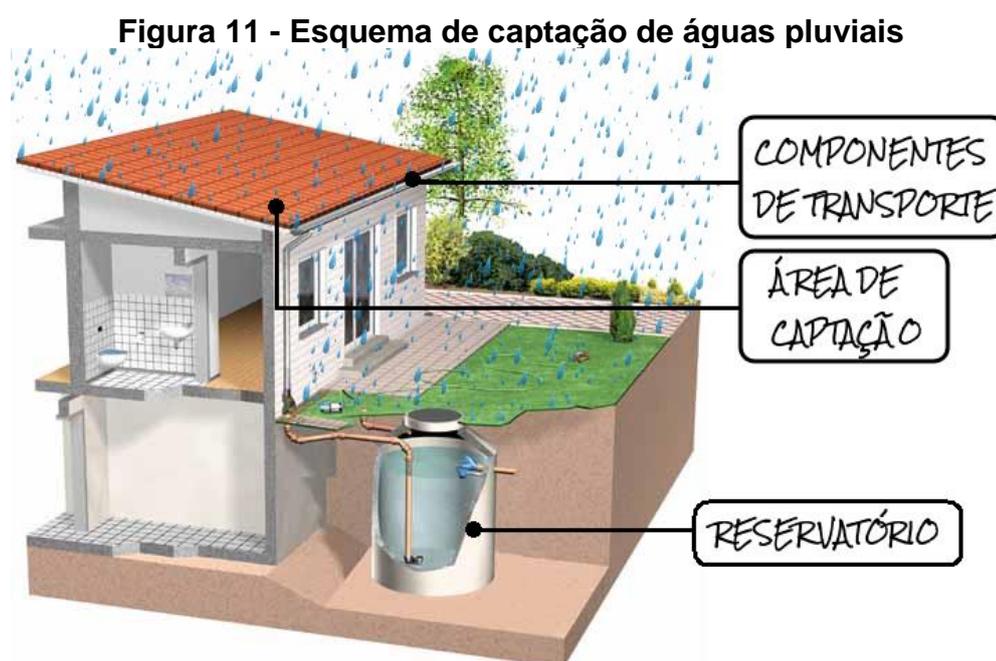
Embora todos estes Projetos de Lei obriguem os novos projetos arquitetônicos a implantar sistemas de captação e construir reservatórios de armazenamento das águas pluviais para fins não potáveis, nenhum deles descreve ou discrimina métodos e/ou sistemas para cálculos do tamanho destes reservatórios ou o volume mínimo ou máximo que eles deverão conter. Cabe então ao projetista a procurar em normas como as da ABNT, ordenamentos que disciplinem e regulamentem matérias que deverão atender o que preconiza todos estes Projetos de Lei, tema que será desenvolvido nos próximos capítulos.

Tomaz (2012) afirma que o Decreto 24.643/1934, no artigo 103 do Código de Águas dá posse das águas pluviais ao dono do imóvel onde estas caírem diretamente, podendo o proprietário dispor delas à vontade, exceto existindo direito em contrário, uma vez que a Lei 9.433/1997 não modificou o decreto acima. Cabe a todos usuários, principalmente os entes públicos, o uso racional e consciente das águas, tanto por iniciativa voluntária ou por força de lei, e uma sensibilização para que todos economizem parte do que consomem nas residências ou no trabalho, independente da ausência de planejamento dos recursos hídricos, ou de haver mudanças climáticas ou simplesmente seca sazonal.

## 8 MÉTODOS E CÁLCULOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O objetivo deste capítulo é de apresentar os métodos de cálculos e funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluviais para fins não potáveis que levaram a um estudo de caso de uma residência unifamiliar localizada na Pampulha, região Norte da cidade de Belo Horizonte/MG, levantando a quantidade de precipitação atmosférica na região e o potencial de aproveitamento das águas pluviais.

O sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis é formado resumidamente pela área de captação – área em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada (ABNT, 2007), os componentes de transporte (calhas e condutores verticais e horizontais) e o próprio reservatório (AMORIM, 2008).



Fonte: Metalica, 2016, adaptado pelo autor.

O funcionamento do sistema resume-se na captação da água de chuva de cai na superfície de coleta (lajes ou telhados), onde é direcionada até o ponto de armazenagem através de calhas e condutores verticais e horizontais, passando pelos dispositivos de filtragem e descarte das impurezas. Após passar pelo filtro e o primeiro descarte, a água cai por gravidade no reservatório enterrado onde será bombeada para um segundo reservatório para fins não potáveis (PÊGO, 2012).

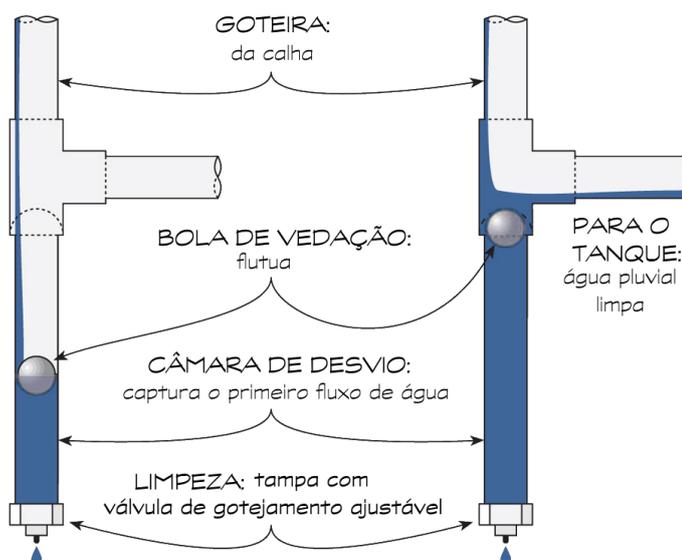
**Figura 12 - Esquema de filtro**



Fonte: Ecocasa, 2016, adaptado pelo autor.

Ghisi (2004) descreve que as superfícies coletoras (normalmente o telhado das edificações) devem ser fabricadas de materiais não tóxicos a fim de não comprometer a qualidade da água conduzida e estima que cinco minutos seja necessário para a limpeza da superfície pela própria chuva. Conforme Tomaz (2009), após três dias sem precipitação acumula-se poeiras, folhas, detritos, pó de asfalto, fezes e até restos de animais, e é aconselhável que a primeira água de chuva coletada seja descartada, o chamado *first flush*.

**Figura 13 - Esquema de first-flush**



Fonte: Home Power Magazine, 2016, modificado pelo autor.

Ghisi (2004) também recomenda o *first flush*, pois além de limpar o telhado, esta primeira chuva limpa a atmosfera poluída. É recomendável que instale um dispositivo para tal descarte, e que seja preferencialmente automático. Quando utilizado, este dispositivo de descarte deve ser dimensionado pelo projetista, ou na falta de dados, recomenda-se descarte de 2mm da precipitação inicial, de acordo com ABNT NBR 15.527 (2007). Devem ser instalados também, dispositivos para a remoção de detritos, como por exemplo grades e telas.

A citada norma estabelece exigências e recomendações de que a água resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais se aplica apenas a usos não potáveis, e que, após tratamento adequado, podem ser utilizadas em descargas de bacias sanitárias, mictórios, combate a incêndios, irrigação de jardins, gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água, usos industriais e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.

**Figura 14 - Esquema de reservatório**



Fonte: Tubolar, 2016, modificado pelo autor.

Ainda segundo a mesma norma, a concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às normas ABNT NBR 5626 e NBR 10844, não sendo utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção. A norma estabelece que a

instalação de água pluvial deve ser totalmente independente daquela destinada ao uso de água potável, evitando assim, qualquer tipo de conexão cruzada.

Segundo a NBR15.527, o reservatório deve ser um recipiente estanque que possua tampa ou porta de acesso opaca, devidamente fixada, com vedação que impeça entrada de partículas sólidas ou líquidas, poeiras, insetos ou animais em seu interior, e deve ser construído ou instalado de tal modo que seu interior possa ser facilmente inspecionado e limpo. Ainda segundo esta norma, o material do reservatório deve ser resistente à corrosão ou ser provido internamente de revestimento anticorrosivo, não podendo transmitir cor, odor ou toxicidade à água nem promover ou estimular o crescimento de microrganismos.

Um adequado projeto de dimensionamento do reservatório de armazenamento é de extrema importância para a viabilidade técnico-econômica de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais (CARVALHO, 2007). Amorim (2008) e Fasola (2011) salientam que o item reservatório é o mais caro de todo o sistema na grande maioria dos casos, já demonstrado em várias pesquisas. O reuso das águas pluviais demanda um alto investimento nas edificações, tanto na fase de projeto quanto nas que necessitam de reforma para implantação, tornando um dos maiores empecilhos para a disseminação do sistema, pois representa uma relação custo/benefício alto (FASOLA, 2011).

Rupp (2011) reforça que o dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas pluviais é um dos pontos críticos da implantação do sistema, pois é o principal fator a influenciar na confiabilidade do sistema, uma vez que seu papel é evitar ocorrências em que a quantidade de água no reservatório seja insuficiente para atender à demanda, e por ser um dos itens mais caros na implantação do sistema, impacta significativamente o tempo de retorno do investimento.

No dimensionamento dos reservatórios deve-se estipular a demanda de modo que o sistema não fique por um longo período ocioso, assim como não provoque desperdício de água pluvial em detrimento ao seu funcionamento. O volume obtido no dimensionamento pode variar de acordo com os objetivos finais de implantação do sistema, de região para região, em função da variação dos dados pluviométricos,

a demanda local em dias, meses ou durante todo o ano. Este cálculo deve ser executado de modo a atender a demanda no maior período possível e com o menor custo de implantação (AMORIM, 2008).

Segundo Ghisi (2004) e Amorim (2008), para o dimensionamento do reservatório são necessários os dados da área de captação, da pluviometria local, o coeficiente de aproveitamento da água pluvial, do volume de água potável a ser substituída por água pluvial, a demanda diária, número de ocupantes e o volume do reservatório superior.

## **8.1 Metodologia**

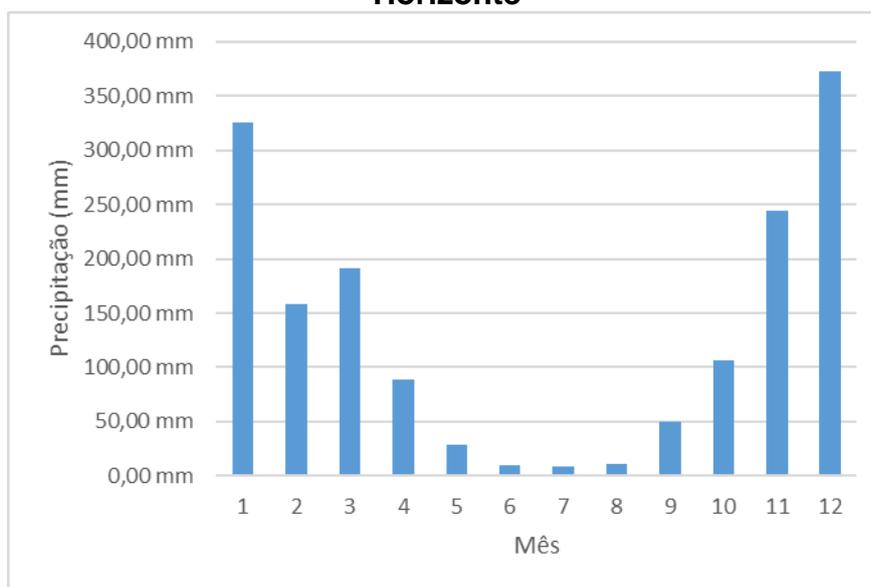
O sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis vem sendo utilizado há décadas no Brasil, porém a grande maioria dos projetos de reservatórios vem sendo produzidos baseados apenas em critérios empíricos (CARVALHO, 2007). Segundo May (2004), não eram conhecidas normas técnicas apropriadas para implantação de sistemas de coleta antes da NBR 15.527/2007, devido à falta de dados tais como a qualidade da água de chuva e o coeficiente de *Runoff* - coeficiente de escoamento superficial, quociente entre a água que escoia superficialmente e o total de água precipitada (RUPP,2011).

A predominância dos critérios empíricos sobre os critérios técnicos resulta em variedade e complexidade dos métodos de dimensionamentos encontrados nas Normas, o que dificulta suas aplicações nos projetos (CARVALHO, 2007).

## **8.2 Dados pluviométricos**

Para o dimensionamento do reservatório no presente trabalho, foram utilizados dados pluviométricos da cidade de Belo Horizonte (MG), no período de 2000 a 2015 coletados na estação meteorológica operante do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os quais foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) – gráfico 1.

**Gráfico 1 - Índices pluviométricos médios mensais do município de Belo Horizonte**



Fonte: INMET, 2016, modificado pelo autor.

Segundo a ANA (2010) e Tomaz (2009) deverá ser utilizado no mínimo dez anos de dados para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação, pretendendo à homogeneização do período de informações. Esse volume de informações é para corrigir diferenças geradas devido a problemas com os aparelhos de registro ou com o operador de posto, com períodos sem informações ou com falhas na observação. Valores diários podem sofrer grande mudança devido à variação temporal e espacial da precipitação, e também por este motivo reforçam a necessidade de uma coleta de dados de um espaço de tempo maior.

### 8.3 Consumo estimado de água potável

De acordo com Neto (2004), o consumo *per capita* é o volume de água que cada habitante utiliza, expresso em litros/hab x dia, sendo esse valor adotado para calcular os sistemas de abastecimentos para uso doméstico. As utilizações comercial e industrial e o consumo público exigem dados das demandas dos processos específicos. Em todos processos deve-se pesquisar as perdas do sistema. Ainda segundo este autor, vários parâmetros podem influenciar no consumo *per capita*, dentre os quais destaca-se:

#### **I. O nível socioeconômico**

Quanto maior o poder aquisitivo e mais elevado o padrão econômico-social da população atendida, maior será o consumo doméstico de água para as atividades diárias que proporcionem lazer e conforto, como duchas, piscinas, lavagem de carros, uso de máquinas de lavar, rega de jardins etc.

#### **II. Clima**

Regiões mais quentes e secas apresentam um consumo de água mais elevado quando comparado com regiões úmidas e frias, sendo influenciadas por fatores como a disponibilidade hídrica na região.

#### **III. Industrialização**

Quanto maior o número de indústrias e atividades comerciais, maior será o consumo global de água na região.

#### **IV. Rede coletora de esgoto**

Regiões que não contavam com rede coletoras de esgoto, apresentam um maior consumo após a implantação da rede quando comparadas com a situação anterior.

### **8.4 Consumo estimado de água pluvial**

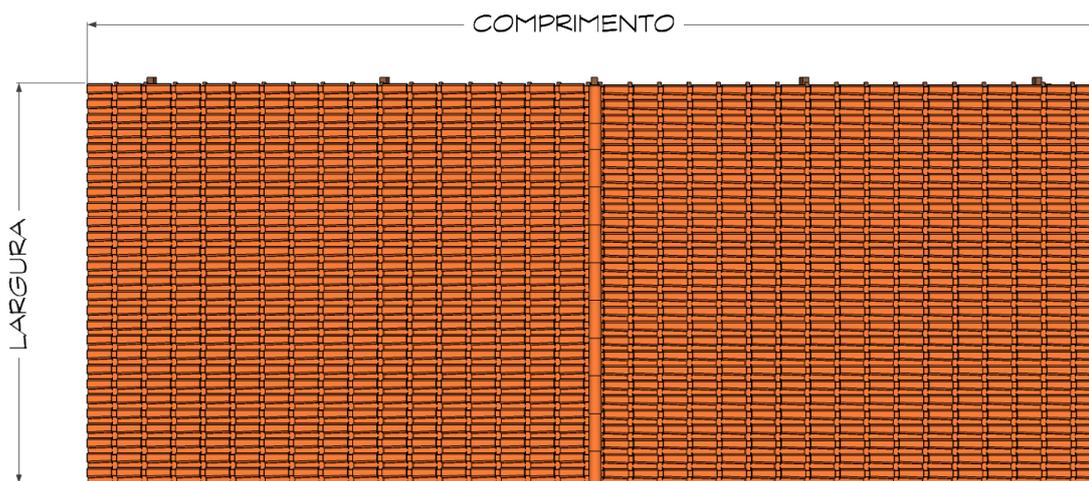
O consumo de água pluvial para fins não potáveis de uma edificação pode ser estimado em função do consumo mensal de água nos aparelhos sanitários que irão utilizar a água cinza após a implantação do sistema (AMORIM, 2008). O resultado da função é obtido a partir das médias de frequência e tempo de uso das águas e das vazões em cada uso. A multiplicação do número de usuários e pela média da vazão resulta no consumo de água em cada aparelho sanitário. No presente trabalho o consumo de água pluvial foi estabelecido como 40% do consumo médio anual total da residência dividido pelos 12 meses da última conta da concessionária, a Copasa.

### **8.5 Área de captação no telhado da edificação**

A área de captação é variável de edificação para edificação, e por este motivo, a área de captação de águas pluviais considerada será a mesma da NBR 15.527/07 –

área de projeção horizontal - já citado anteriormente. No presente trabalho a captação de água pluvial se situou no telhado da residência que tem 240m<sup>2</sup> de área de projeção horizontal. Há disponibilidade de todo o telhado para a captação, entretanto, a área a ser utilizada será definida pela demanda.

**Figura 15 - Esquema da área de projeção da cobertura**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 8.6 Métodos de Cálculo do Reservatório

Os métodos de cálculo utilizados para dimensionamento preliminar de um reservatório ótimo para águas pluviais são os mesmos relacionados na NBR 15.257/07. Segundo Tomaz (2012) no apêndice da norma são apresentados alguns modelos de dimensionamento de reservatórios, porém estes modelos de cálculo não fazem parte da norma e funcionam como um exemplo que deve ou não ser seguido de acordo com critério do projetista.

### 8.6.1 Volume possível de captação – Método Analítico

A NBR 15.257/07 esclarece que o volume de água pluvial que pode ser aproveitado depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, assim como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela equação 1:

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

**Eq.1**

Onde:

$\eta$  é o fator de captação que indica a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado

V é volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (m<sup>3</sup>)

P é precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A é área de coleta (m<sup>2</sup>);

C é coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

A norma apresenta os seguintes modelos de cálculo: Método de Rippl, Método da Simulação, de Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

### 8.6.2 Método de Rippl

O Método de Rippl geralmente superdimensiona os reservatórios, segundo Tomaz (2012) e Amorim (2008). Este método foi desenvolvido originalmente no final do século XIX para grandes reservatórios e é também conhecido como Método de Diagrama de Massas, e devido a sua fácil aplicação é o mais utilizado (AMORIM, 2008). Sobre o uso desse método há uma série de críticas, pois alguns especialistas consideram que ele superestima o volume do reservatório, ao passo que outros acham de grande valia para verificar o limite superior do reservatório de acumulação de águas de chuvas (TOMAZ, 2012).

De acordo com RUPP (2011), inicia-se o dimensionamento do reservatório de água pluvial por esse método pelos cálculos do volume de água pluvial no reservatório no tempo t e do volume de água pluvial no tempo t, demonstrado abaixo pelas equações 1 e 2 respectivamente:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{Eq.2}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{Eq.3}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \text{Eq.4}$$

Sendo que  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$ , ou seja, o somatório da demanda tem que ser menor que o somatório de volume de água de chuva aproveitável.

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  (L);

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no intervalo de tempo  $t$  (L);

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no intervalo de tempo  $t$  (L);

$C$  = coeficiente de escoamento superficial (adotado 0,8 segundo recomendações da norma;

$P_{(t)}$  é a precipitação média no intervalo de tempo  $t$  (mm);

$A$  é a área de captação em projeção horizontal no terreno (m<sup>2</sup>) - conforme a figura 6

$V$  o volume do reservatório (L)

### 8.6.3 Método da Simulação

De acordo com Amorim (2008) este método estabelece um volume para o reservatório e faz uma conferência para validar o percentual de consumo que será atendido. Esta simulação pode ser feita apenas um ano, porém como há chances de ocorrer casos anormais, por exemplo, estiagens prolongadas, o recomendado é adotar dados de uma década de registro.

A ABNT (2007) sugere para este método, duas hipóteses a serem feitas: considera que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e os dados históricos serem representativos para as condições futuras. Rupp (2011) afirma que este método permite determinar a eficiência do sistema para cada volume de reservatório.

O dimensionamento por esse método inicia-se calculando um volume arbitrário de água pluvial no reservatório no tempo  $t$ , através das Equações 5 e 6 separadamente e de acordo com a ordem indicada, que devem ser aplicadas para cada mês do ano (RUPP,2011). Na realidade cada mês corresponde a um tempo  $t$ , ou melhor, a um intervalo no tempo  $t$ .

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A$$

**Eq.5**

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Eq.6}$$

Onde:

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo  $t$  (L);

$C$  é coeficiente de escoamento superficial (0,8);

$P$  é a precipitação média no tempo  $t$  (mm);

$A$  é a área de captação em projeção horizontal do telhado ( $m^2$ );

$S_{(t)}$  é volume de água pluvial no reservatório no tempo  $t$  (L);

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t-1$  (L);

$D_{(t)}$  é a demanda ou o consumo de água pluvial no intervalo de tempo  $t$  (L);

$V$  = volume pré-fixado para o reservatório;

Em seguida, se estabelece um volume de reservatório  $V$  que atenda, para o primeiro mês, à condição  $0 \leq S_{(t)} \leq V$ . Caso essa condição seja verdadeira ao longo dos próximos 11 meses do ano, esse volume  $V$  é o volume satisfatório do reservatório.

#### 8.6.4 Método Azevedo Neto

Este é o método prático do Professor Azevedo Neto, também conhecido como Método Prático Brasileiro apresentado na NBR 15.527 (ABNT, 2007). É um método simples segundo o qual se multiplica a precipitação média anual, a área de coleta em projeção e o número de meses de pouca chuva ou seca.

$$V = 0.042 \times P \times A \times T \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

$P$  é a precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

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

$A$  é a área de captação em projeção horizontal do telhado ( $m^2$ );

$V$  = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) não determina critérios para especificar o número de meses com pouca chuva, portanto, neste trabalho, os meses que possuem uma precipitação inferior ou igual à 35% da precipitação média mensal foram considerados meses de pouca chuva, ou seca caso fosse igual à zero.

### 8.6.5 Método Prático Alemão

O método prático alemão é um método empírico, onde se utiliza o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de precipitação ou 6% do volume anual de consumo.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo} \begin{cases} V \times 0,06 \\ D \times 0,06 \end{cases} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

V é o volume de água anual precipitado aproveitável (L);

D é a demanda anual de água não potável (L);

V<sub>adotado</sub> é o volume do reservatório (L);

Considerando uma área de captação suficiente para atender o consumo médio anual, tem-se:

$$D = P \times A \times C$$

ou

$$A = \frac{D}{P \times C}$$

O consumo pode ser utilizado para definir a área de captação necessária.

Novamente a NBR 15.527 (ABNT, 2007) não demonstra como se calcula o volume de água pluvial anual pelo método Prático Alemão, deixando à critério do responsável técnico esta obrigação. Neste caso, ele foi determinado multiplicando-se a área de captação pelo volume de água pluvial anual. A demanda anual de água foi obtida através dos valores de demanda de água pluvial para fins não potáveis diários estabelecidos por Vianna (2008), multiplicados pelo número de usuários da residência e multiplicados por 365 dias.

### 8.6.6 Método Prático Inglês

Da mesma forma do método prático alemão, o método prático inglês é um método empírico apresentado na NBR 15.527 (ABNT, 2007), onde o volume do reservatório é de 5% do volume anual de precipitação na área A, não considerando o consumo.

$$V = 0.05 \times P \times A \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção horizontal, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>)

V é o valor numérico do volume de água aproveitável expresso em litros (L/ano).

### 8.6.7 Método Prático Australiano

O método prático Australiano é um método empírico apresentado na NBR 15.527 onde o volume de água pluvial é obtido pela seguinte Equação 10.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Eq. 10}$$

Onde:

Q é o volume mensal utilizável produzido pela chuva (L)

A é a área de captação em projeção horizontal no terreno (m<sup>2</sup>);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P é a precipitação média mensal (mm);

I é a interceptação<sup>6</sup> da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (segundo a NBR 15527, estipula-se 2mm).

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

---

<sup>6</sup> Este método descarta 2mm a título de perda por evaporação e por descarte do *first flush*.

primeiro mês vazio e recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99% (ABNT, 2007).

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Eq. 11}$$

$V_t$  é o volume de água pluvial que está no tanque no fim do mês  $t$  (L);

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$  (L);

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

$D_t$  é a demanda mensal de água não potável (L);

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

O volume do tanque escolhido será  $T$ .

Confiança:

$$P_r = \frac{N(r)}{N} \quad \text{Eq. 12}$$

Onde:

$P_r$  é a falha;

$N_r$  é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$N$  é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança =  $(1 - P_r)$

## 8.7 Estudo comparativo dos dimensionamentos dos reservatórios

No Brasil foram feitos diversos estudos sobre os métodos. Rupp (2011) cita alguns estudos que tratam de métodos para dimensionamento de reservatório de águas pluviais apresentados por Villarreal e Dixon (2005), Rahman (2010), Eroksuz e Rahman (2010), Appan (1999) e Fewkes (1999). Outros autores preocuparam-se em encontrar volumes ótimos de reservatórios de água pluvial, como Ghisi (2010).

Amorim e Pereira (2008) fizeram um estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento utilizados na NBR 15.527 (ABNT, 2007), testando os métodos de cálculos para o edifício de Medicina e Enfermagem do Campus da Universidade Federal de São Carlos, na cidade de São Carlos/SP. Os métodos de dimensionamento utilizados foram o de Rippl (analítico e gráfico), o método de simulação, e os métodos Azevedo Neto, o alemão, o inglês e o australiano. Os autores determinaram que os volumes calculados variaram bastante, sendo que os métodos Inglês e de Azevedo Neto forneceram volumes de reservatórios superdimensionados, ao passo que os métodos Prático Australiano e Prático Alemão resultaram em reservatórios mais modestos.

É válido ressaltar que Amorim e Pereira (2008) utilizaram médias diárias no método de Rippl, o que não é o mais adequado segundo a ANA (2010) e Tomaz (2009) que sugere a utilização de no mínimo dez anos de dados para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação, pretendendo à homogeneização do período de informações, pois valores diários podem sofrer grande mudança devido à variação temporal e espacial da precipitação. Os autores concluíram que existe grande dispersões entre os valores obtidos para o reservatório de armazenamento de água pluvial e não conseguiram apresentar a análise econômica do estudo de caso.

Bezerra (2010) recentemente comparou os métodos de dimensionamento aqui relacionados com o Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba ao testar a aplicação dos cálculos para cinco edifícios localizados nesta cidade, sendo três edifícios residenciais, uma edificação comercial e uma habitação unifamiliar. Os resultados dos volumes dos reservatórios obtidos através dos diferentes métodos da foram discrepantes, e a autora chegou na mesma conclusão que Amorim e Pereira (2008), não conseguindo determinar qual é o melhor método entre os avaliados e o resultado mais adequado.

Bezerra (2010) faz comentários sobre este mesmo tópico indicando diferenças nas mesmas variáveis, o que pode provocar equívoco e comprometer o entendimento das fórmulas apresentadas, citando o exemplo da variável “V”, que aparece como “volume de água aproveitável”, “volume do reservatório” ou “volume de água da cisterna”.

Rupp (2011) comparou o programa computacional Netuno® (GHISI, 2017), um software utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais desenvolvido pelo professor Eneidir Ghisi no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), com os métodos da NBR 15.527 calculando volumes de reservatórios para residências em três cidades com características distintas de precipitação: Santos (SP), Palhoça (SC) e Santana do Ipanema (AL). Na aplicação dos métodos a área de captação, a demanda de água pluvial e a demanda de água potável foram variadas a fim de resultar em diversos casos para análise.

A comparação entre os volumes de reservatório obtido pelos diferentes métodos com o programa Netuno permitiu analisar se os métodos subdimensionam ou superdimensionam os reservatórios. Rupp (2011) concluiu que os métodos apresentados nesta norma são insuficientes e inadequados, tanto no cálculo do potencial de economia de água potável quanto na aplicabilidade do método aos casos avaliados e no dimensionamento do reservatório. O autor ainda ressalta que nenhum dos métodos fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório.

De maneira análoga à Rupp (2011), Lopes (2015) comparou os métodos de dimensionamento da norma com o programa Netuno para três residências em cidades com características pluviométricas distintas e em estados diferentes: Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). A autora também concluiu que os métodos de dimensionamento apresentam grande flutuação nos resultados e o estudo não foi esclarecedor quanto ao melhor método, resumindo que cabe ao projetista escolher a melhor opção para cada caso frente às suas peculiaridades.

Diferentemente de Rupp (2011) e Lopes (2015), Salla (2013) utilizou somente o programa Netuno para a análise de viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma edificação com salas de aula e anfiteatros na Universidade Federal de Uberlândia e propositalmente desconsiderou os métodos de cálculos citados na NBR 15.527 justificando que os trabalhos consultados por ele evidenciam que os métodos da norma apresentam problemas de superdimensionamento ou subdimensionamento dos reservatórios.

O objetivo inicial deste trabalho era fazer um estudo do potencial da economia de água potável para todo setor residencial na cidade de Belo Horizonte, uma vez que houve um aumento da demanda por água nos grandes centros urbanos nos últimos anos, tendo imposto a adoção de programas para conservar a água conforme salienta Lima (LIMA,2011).

Para o cálculo do potencial de aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, seria necessário utilizar a metodologia apresentada por Guisi *et al.* (2006), sendo necessários dados de precipitação, população amostral atendida pelo serviço de abastecimento de água, população, número de pessoas por domicílio, número amostral de domicílios abastecidos pelo serviço de água, área total de telhado da amostra considerada da cidade, porcentagem de casas e apartamento da cidade e o volume de chuva conforme (LIMA, 2011). Como não havia informações oficiais sobre a porcentagem de casas e apartamentos, assim como a área total de telhado da cidade, a ideia inicial por este método foi descartada.

A Câmara Municipal de Belo Horizonte apresentou vários projetos de leis que estabelecem a Política Municipal de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e determina a utilização de fontes alternativas de água, por meio de armazenamento e do aproveitamento de água das chuvas para atividades que não exijam água tratada. Porém, ela não regulamenta ou estabelece normas para cálculo do dimensionamento dos reservatórios, o que obriga o projetista a consultar as normas brasileiras e os métodos de cálculo disponíveis para esta situação. Em primeiro momento, a tendência é consultar o acervo nacional, na ABNT e em instituições de pesquisa.

## **8.8 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é analisar os novos Projetos de Leis visto que os métodos apresentados na NBR 15.527 (ABNT, 2007) resultam em valores discrepantes e que as conclusões a respeito do desempenho dos reservatórios são inconclusivas.

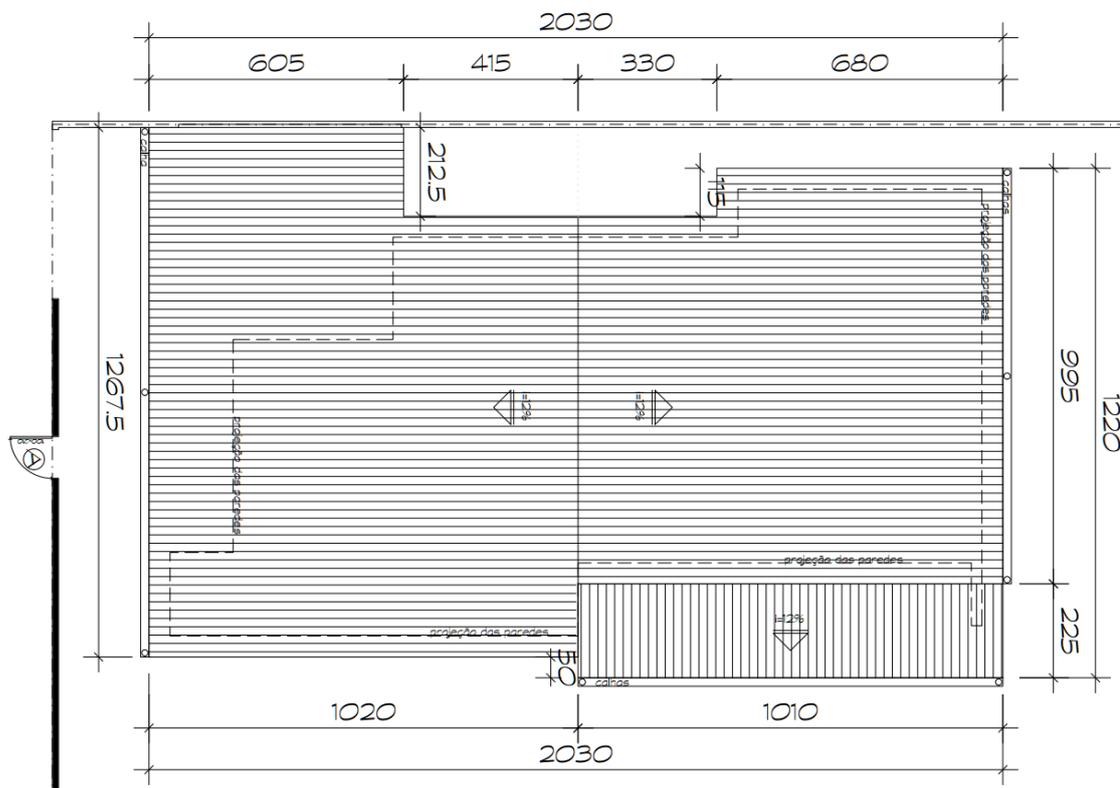
Como é impossível fazer um estudo utilizando todas edificações do setor residencial de Belo Horizonte devido ao grande volume de amostras, como cada residência tem

um tamanho de área de captação, consumo, área disponível para implantação do reservatório, tipo de terreno variado, padrão econômico e tipologia diferente, optou-se por utilizar um estudo de caso.



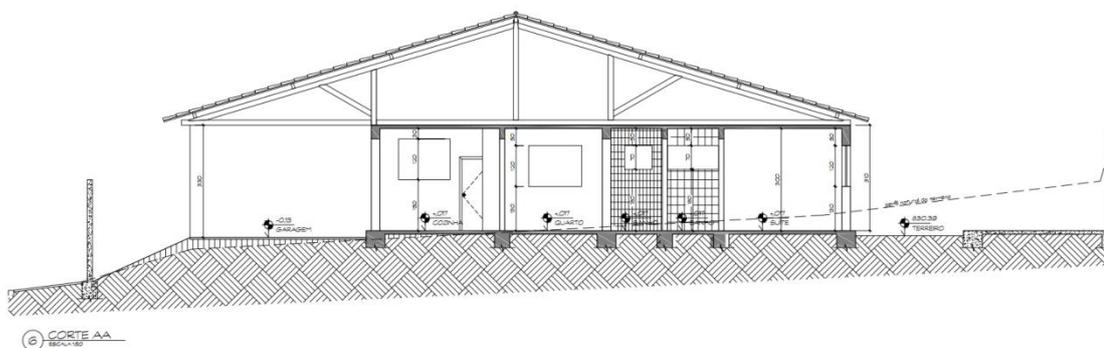


**Figura 19 - Croqui da Área de projeção da cobertura do estudo de caso**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 20 - Croqui do Corte transversal do estudo de caso**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 9.2 Consumo Estimado

Rebouças (2003), Fasola (2011) e Bezerra (2010) avaliaram o consumo de águas pluviais para fins não potáveis em seus estudos estimando o consumo de bacias sanitárias com válvula de descargas. Eles fizeram levantamentos de dados com a frequência média de utilização (vezes/dia), o tempo médio de cada utilização

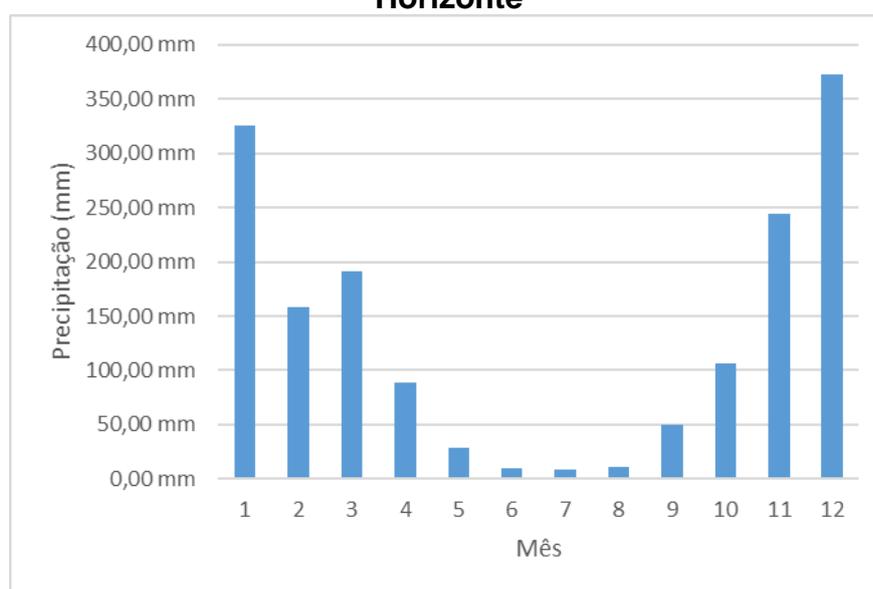
(segundos/vez) e a vazão média do dispositivo (litros/segundo). Como primeira aproximação de dados, para o cálculo de consumo de águas pluviais para fins não potáveis para este estudo de caso, foi considerado o uso estimado segundo Vianna (2008) de 200l/(hab.dia), sendo utilizadas de 4 à 6 vezes por dia para instalações sanitárias e 2 litros/dia/m<sup>2</sup> na irrigação de gramados ou na limpeza de pisos.

No presente trabalho, o consumo estimado será o consumo médio anual da residência considerada igual à 446m<sup>3</sup>/ano, conforme histórico de consumo da COPASA.

### 9.3 Dados Pluviométricos

Os dados utilizados, apresentados no Gráfico 1, foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Estado de Minas Gerais e estão disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizaram-se, entre os postos da cidade de Belo Horizonte, os dados do posto BELO HORIZONTE, com prefixo 83587, altitude de 915 metros, latitude -19.93° e longitude - 43.93°. Foram utilizados valores de pluviometria referente a 16 anos, do ano de 2000 ao ano de 2015.

**Gráfico 2 - Índices pluviométricos médios mensais do município de Belo Horizonte**



Fonte: INMET, 2016, modificado pelo autor.

## 9.4 Métodos e Resultados

Este trabalho analisou os seis métodos propostos na NBR 15.527, inclusive o Método Analítico apresentado no apêndice. A norma indica que os volumes de reservatórios podem ser calculados pela precipitação de chuva diária, mensal ou anual, com a base de dados dos últimos 15 anos, conforme orientação de Ana (2010) e Tomaz (2009).

## 9.5 Cálculo do Reservatório

### 9.5.1 Métodos Utilizados

Os métodos de cálculo que consideram a demanda são o Alemão, o Rippl, Simulação e Australiano. Porém, estes métodos precisam de sucessivas tentativas até atender a confiança do sistema e à eficiência do sistema.

De uma maneira simplificada, para calcular a área de captação a ser utilizada, foi utilizado 40% da demanda anual como água não potável demonstrada na conta da concessionária de água, e então substituído o dado do volume na fórmula do Método Analítico:

Volume Anual Consumido: 446m<sup>3</sup> ou 446.000l.

40% de 446.000 = 178.400l

Ou 178,4 m<sup>3</sup>/ano.

Este volume foi substituído na fórmula do Método Analítico:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad \text{obs: } C \times \eta = 0,8$$

$$178.400L = 1595,90\text{mm} \times \text{Área} \times 0,8$$

$$178.400L/0,8 = 1595,90L/m^2 \times \text{Área}$$

$$223.000,00L = 1595,90 L/m^2 \times \text{Área}$$

$$223.00,00L/1595,90 L/m^2 = \text{Área}$$

Área = 139,73m<sup>2</sup>ou 140m<sup>2</sup>.

### 9.5.2 Método Analítico

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

Conforme indicado por Tomaz (2009), o coeficiente de *Runoff* (C) normalmente é 0,95, e o fator de captação  $\eta$  varia de 0,5 a 0,9, e cita que um valor prático a se adotar quando não há esses dados é utilizar  $C \times \eta = 0,8$ .

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

$$V = 1595,89\text{mm} \times 140\text{m}^2 \times 0,8$$

$$V = 178.740,10 \text{ litros ou } 178,7\text{m}^3$$

### 9.5.3 Método de Azevedo Neto

Para este método o número de meses com pouca chuva ou seca (T), utilizou-se como critério os meses que possuem uma precipitação inferior ou igual à 35% da precipitação média mensal (46,546mm).

$$V = 0.042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 1595,89\text{mm} \times 140\text{m}^2 \times 4$$

$$V = 37.565,42 \text{ litros ou } 37,5\text{m}^3$$

### 9.5.4 Método Prático Alemão

Para o método alemão, a NBR 15527 (ABNT,2007) estabelece que deve ser utilizado o volume de reservatório o menor resultado entre:

1. o volume anual de água pluvial captada
2. a demanda anual de consumo

A demanda mensal utilizada foi 40% da média do consumo anual demonstrada na conta da concessionária de água.

O volume foi determinado pela área de captação ( $A_c$ ) x volume de precipitação anual ( $V_P$ ).

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo} \begin{cases} V \times 0,06 \\ D \times 0,06 \end{cases}$$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo} \begin{cases} 1595,89\text{mm} \times 140\text{m}^2 \times 0,06 \times 0,8 \\ 178.400 \times 0,06 \end{cases}$$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo} \begin{cases} 10.724,41 \text{ litros} \\ 10.704 \text{ litros} \end{cases}$$

$$V = \mathbf{10.704,00 \text{ litros}} \text{ ou } \mathbf{10,7\text{m}^3}$$

#### 9.5.5 Método Prático Inglês

Este método é bastante prático, sendo equacionado pela precipitação média anual e a área de captação em projeção:

$$V = 0.05 \times P \times A$$

$$V = 0.05 \times 1595,89\text{mm} \times 140\text{m}^2$$

$$V = \mathbf{11.171,26 \text{ litros}} \text{ ou } \mathbf{11,2\text{m}^3}$$

#### 9.5.6 Método de Rippl

Para este método, a demanda considerada foi a mesma utilizada nos outros métodos, que é a 40% da média da demanda anual, ou seja, 14.867l ou 14,87m<sup>3</sup>.

**Tabela 1 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl**

Meses	Precipitação da chuva no tempo t	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m <sup>3</sup> ) (Eq. 3)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (Eq. 2)
	P <sub>t</sub> (mm)	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> ) = C <sub>AP</sub> x P <sub>t</sub> x A / 1.000	*S <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> ) = D - Q <sub>t</sub>
JANEIRO	325,74 mm	36,48 m <sup>3</sup>	-21,62 m <sup>3</sup>
FEVEREIRO	158,11 mm	17,71 m <sup>3</sup>	-2,84 m <sup>3</sup>
MARÇO	191,40 mm	21,44 m <sup>3</sup>	-6,57 m <sup>3</sup>
ABRIL	89,03 mm	9,97 m <sup>3</sup>	4,90 m <sup>3</sup>
MAIO	29,18 mm	3,27 m <sup>3</sup>	11,60 m <sup>3</sup>
JUNHO	10,07 mm	1,13 m <sup>3</sup>	13,74 m <sup>3</sup>
JULHO	8,44 mm	0,95 m <sup>3</sup>	13,92 m <sup>3</sup>
AGOSTO	10,84 mm	1,21 m <sup>3</sup>	13,65 m <sup>3</sup>
SETEMBRO	49,54 mm	5,55 m <sup>3</sup>	9,32 m <sup>3</sup>
OUTUBRO	106,31 mm	11,91 m <sup>3</sup>	2,96 m <sup>3</sup>
NOVEMBRO	244,66 mm	27,40 m <sup>3</sup>	-12,54 m <sup>3</sup>
DEZEMBRO	372,58 mm	41,73 m <sup>3</sup>	-26,86 m <sup>3</sup>
<b>Volume do reservatório (Eq. 4) V<sub>R</sub> (m<sup>3</sup>)</b>			<b>70,09 m<sup>3</sup></b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o método de Rippl:

$$V_R = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0.$$

Assim sendo, o volume para este reservatório de água de chuva é **V = 70,1 m<sup>3</sup>**.

### 9.5.7 Método da Simulação

Segundo a NBR 15527 para este método devem ser feitas duas hipóteses:

1. o reservatório está cheio no início da contagem no tempo t;
2. os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Para este método, a demanda considerada foi a mesma utilizada nos outros métodos, que é a 40% da média da demanda anual, ou seja, 14.867l ou 14,87m<sup>3</sup>.

**Tabela 2 - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação**

Meses	Precipitação da chuva no tempo t	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m <sup>3</sup> ) (Eq. 3)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t-1	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (Eq. 5)
	P <sub>t</sub> (mm)	Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> ) = C <sub>AP</sub> x P <sub>t</sub> x A / 1.000	*S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	*S <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> ) = Q <sub>t</sub> + S <sub>t-1</sub> - D <sub>t</sub>
JANEIRO	325,74 mm	36,48 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
FEVEREIRO	158,11 mm	17,71 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
MARÇO	191,40 mm	21,44 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
ABRIL	89,03 mm	9,97 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	95,10 m <sup>3</sup>
MAIO	29,18 mm	3,27 m <sup>3</sup>	95,10 m <sup>3</sup>	83,51 m <sup>3</sup>
JUNHO	10,07 mm	1,13 m <sup>3</sup>	83,51 m <sup>3</sup>	69,77 m <sup>3</sup>
JULHO	8,44 mm	0,95 m <sup>3</sup>	69,77 m <sup>3</sup>	55,85 m <sup>3</sup>
AGOSTO	10,84 mm	1,21 m <sup>3</sup>	55,85 m <sup>3</sup>	42,19 m <sup>3</sup>
SETEMBRO	49,54 mm	5,55 m <sup>3</sup>	42,19 m <sup>3</sup>	32,88 m <sup>3</sup>
OUTUBRO	106,31 mm	11,91 m <sup>3</sup>	32,88 m <sup>3</sup>	29,91 m <sup>3</sup>
NOVEMBRO	244,66 mm	27,40 m <sup>3</sup>	29,91 m <sup>3</sup>	42,45 m <sup>3</sup>
DEZEMBRO	372,58 mm	41,73 m <sup>3</sup>	42,45 m <sup>3</sup>	69,31 m <sup>3</sup>
<b>Volume do reservatório V<sub>R</sub> (m<sup>3</sup>)</b>				<b>100,00 m<sup>3</sup></b>

Obs.: \*S<sub>t-1</sub> é considerado zero quando o reservatório está vazio ou quando S<sub>t</sub> é negativo no mês anterior.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O volume deste reservatório é obtido por tentativas e deve atender à condição estabelecida na norma  $0 \leq S(t) \leq V$ . Caso esta condição seja verdadeira ao longo dos próximos 11 meses do ano, esse satisfaz a condição de volume do reservatório.

A confiança é a relação entre o período que o sistema não precisa ser abastecido com outra fonte de água e o período total analisado. A eficiência do sistema é a relação do volume de chuva captada com a relação do volume utilizado (demanda), em resumo, o volume de chuva que não transbordou o reservatório.

**Tabela 3 - Tabela de Confiança e Eficiência dos volumes testados no Método da Simulação**

Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )	Confiança do sistema (%)	Eficiência do sistema (%)
25,00 m <sup>3</sup>	58,33%	66,67%
50,00 m <sup>3</sup>	75,00%	75,00%
100,00 m <sup>3</sup>	0,00%	0,00%
150,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
200,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
250,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
300,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
350,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
400,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através desta metodologia, com a confiança do sistema em 100% e considerando que a eficiência não alterou (o reservatório não transbordou), o volume dimensionado para este reservatório ficou  $V = 100 \text{ m}^3$ .

#### 9.5.8 Método Prático Australiano

De maneira análoga ao Método da Simulação, o volume do reservatório no Método Prático Australiano é determinado por tentativas até atender à demanda, conforme recomendação da NBR 15527, com a confiança no sistema entre 90% e 99%, e 99%, e considerando a pequena variação na eficiência do sistema, o volume para este reservatório de água é  $V = 100 \text{ m}^3$ .

**Tabela 4 - Dimensionamento do reservatório para o Método Prático Australiano**

Meses	Precipitação da chuva no tempo t	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m <sup>3</sup> ) (Eq. 13)	Volume de chuva armazenada no reservatório no início do mês	Volume de chuva armazenada no reservatório no fim do mês (Eq. 12)
	$P_t$ (mm)	$Q_{qt} \text{ (m}^3\text{)} = C_{AP} \times A \times (P_t - I) / 1.000$	$V_{(t-1)} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_t \text{ (m}^3\text{)} = Q_{qt} + V_{t-1} - D$
JANEIRO	325,74 mm	36,26 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
FEVEREIRO	158,11 mm	17,48 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
MARÇO	191,40 mm	21,21 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>
ABRIL	89,03 mm	9,75 m <sup>3</sup>	100,00 m <sup>3</sup>	94,88 m <sup>3</sup>
MAIO	29,18 mm	3,04 m <sup>3</sup>	94,88 m <sup>3</sup>	83,06 m <sup>3</sup>
JUNHO	10,07 mm	0,90 m <sup>3</sup>	83,06 m <sup>3</sup>	69,10 m <sup>3</sup>
JULHO	8,44 mm	0,72 m <sup>3</sup>	69,10 m <sup>3</sup>	54,95 m <sup>3</sup>
AGOSTO	10,84 mm	0,99 m <sup>3</sup>	54,95 m <sup>3</sup>	41,07 m <sup>3</sup>
SETEMBRO	49,54 mm	5,32 m <sup>3</sup>	41,07 m <sup>3</sup>	31,53 m <sup>3</sup>
OUTUBRO	106,31 mm	11,68 m <sup>3</sup>	31,53 m <sup>3</sup>	28,35 m <sup>3</sup>
NOVEMBRO	244,66 mm	27,18 m <sup>3</sup>	28,35 m <sup>3</sup>	40,66 m <sup>3</sup>
DEZEMBRO	372,58 mm	41,50 m <sup>3</sup>	40,66 m <sup>3</sup>	67,30 m <sup>3</sup>
<b>Volume do reservatório <math>V_R</math> (m<sup>3</sup>)</b>				<b>100,00 m<sup>3</sup></b>

Obs.: \* $V_{t-1}$  é considerado zero quando o reservatório está vazio ou quando  $V_t$  é negativo no mês anterior.

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

**Tabela 5 - Tabela de Confiança e Eficiência dos volumes testados no Método Australiano**

Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )	Confiança do sistema (%)	Eficiência do sistema (%)
25,00 m <sup>3</sup>	58,33%	66,67%
50,00 m <sup>3</sup>	75,00%	75,00%
100,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
150,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
200,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
250,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
300,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
350,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%
400,00 m <sup>3</sup>	100,00%	75,00%

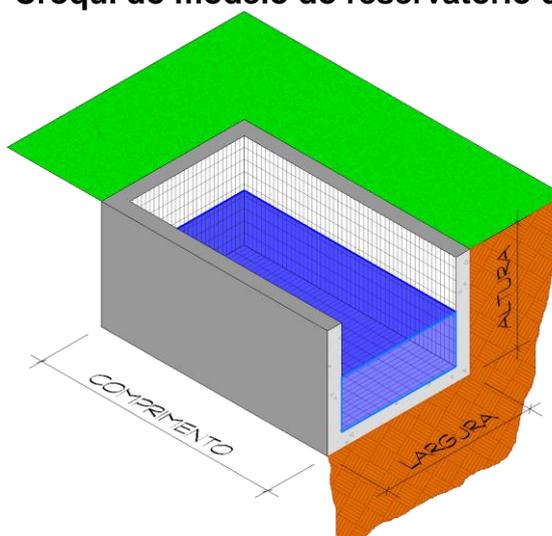
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 9.6 Custo do reservatório

O cálculo para o custo do reservatório de água pluvial para fins não potáveis foi feito utilizando dois tipos de reservatórios: de concreto armado, de poliéster reforçado com fibra de vidro.

a) Reservatório de concreto armado:

**Figura 21 - Croqui do modelo do reservatório de concreto.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi considerado um reservatório de concreto armado feito com concreto usinado, com armadura em barra de aço, impermeabilizado e finalizado com argamassa de

regularização, assentado em terreno escavado manualmente com as medidas de acordo com o volume dos reservatórios a serem estudados.

Para o cálculo do custo do reservatório de concreto armado, foi utilizado como referência o Processo de licitação nº 486/2010 do Serviço de Água, Esgoto e Meio Ambiente do Município de Araras (SAEMA), lançado no Edital de Tomada de Preço Nº. 002/2010 de menor preço global e o Processo nº 144/2013 da Prefeitura Municipal de Orândia, lançado no Edital de Tomada de Preços Nº 004/2013.

Foram utilizados como referência os serviços preliminares, como a escavação manual de solo, forma de madeira para fundação, concreto estrutural dosado em central  $F_{ck}$  25 Mpa, aplicação e adensamento com vibrador, armadura de aço CA-50, diâmetros 6.3mm, 8mm, 10mm e 12.5mm, regularização de superfície para impermeabilização, impermeabilização de reservatório em alvenaria e transporte de terra em caminhão basculante. Não foi considerado instalação de canteiro de obra, uma vez que a edificação é existente e não necessitava a aplicação do mesmo.

Os resultados, utilizando o programa COMPOR® para a composição de preços foi respectivamente:

Volume = **10.000 litros** (altura = 1,47m x largura 2,15m x comprimento 3,16m)  
→custo do reservatório é de **R\$ 7.605,72.**

Volume = **32.000 litros** (altura = 1,78m x largura 3,17m x comprimento 5,66m)  
→custo do reservatório é de **R\$ 15.103,20.**

Volume = **100.000 litros** (altura 1,08m x largura 9,28m x comprimento 10,00m) →  
custo do reservatório é de **R\$ 65.507,95.**

- b) Reservatório de PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro de construção super robusta)

**Figura 22 - Reservatório de PRFV**

Fonte: Vida Fibras, 2016.

Por se tratar de um reservatório pré-fabricado, o reservatório de PRFV tem suas medidas pré-fixadas assim como seu volume, sendo respectivamente:

Volume = **22.063 litros** (diâmetro = 2,45m x altura = 4,68m) → preço unitário = **R\$ 34.719,00.**

Volume = **31.928 litros** (diâmetro = 3,20m x altura = 3,97m) → preço unitário = **R\$ 22.816,00.**

Volume = **50.989 litros** (diâmetro = 3,20m x altura = 6,34m) → preço unitário = **R\$ 51.166,00.**

Para o custo do metro cúbico (m<sup>3</sup>) de água foi utilizado o último consumo de água do estudo de caso, onde é abastecido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG, referência da fatura número 001.17.07025116-0, emissão 21/06/2017.

Considerando o uso de 446.000l/ano, sendo 40% para fins não potáveis (178.400l), sendo 5 moradores, o consumo mensal da casa para a água pluvial para fins não potável é de 14.867 litros, ou 14,87m<sup>3</sup>. O consumo mensal de água para fins não potáveis da residência é de 14,87m<sup>3</sup>. Já o consumo mensal médio de água da residência é de 37.167l, ou 37,17m<sup>3</sup>.

**Figura 23 - Tabela Tarifária COPASA 2016-2017**

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA					
Categoria	Faixa	Maio/2016 a abril/2017			Unidade
		ÁGUA	EDC	EDT	
Residencial	Fixa	14,15	7,08	12,74	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,74	0,38	0,67	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	2,788	1,395	2,510	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	5,839	2,920	5,256	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	6,82	3,41	6,14	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	7,158	3,580	6,442	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	12,06	6,03	10,85	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: COPASA, 2017.

Sendo assim, a conta de consumo de 37,17m<sup>3</sup> totaliza em R\$ 414,21. Já a conta de consumo de 14,87m<sup>3</sup> totalizaria em R\$ 114,46, economizando 22,30m<sup>3</sup>/mês e R\$ 299,35/mês.

Sendo os custos de cada reservatório de concreto em:

Volume = 10.000 litros = R\$ 7.605,72.

Volume = 32.000 litros = R\$ 15.103,20.

Volume = 100.000 litros = R\$ \$ 65.507,95.

O *payback* de cada reservatório seria de:

Volume = 10.000 litros = R\$ 7.605,72/ R\$ 299,35/mês = 25,41 ou 26 meses (2 anos e 1 mês)

Volume = 32.000 litros = R\$ 15.103,20/ R\$ 299,35/mês = 50,45 ou 51 meses (4 anos e 3 meses)

Volume = 100.000 litros = R\$ 65.507,95/ R\$ 299,35/mês = 218,83 meses ou 219 meses (18 anos e 3 meses)

Para os reservatórios em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro de construção Super Robusta (PRFV), sendo os custos de:

Volume = 31.928 litros = R\$ 22.816,00, sendo utilizado 1 para o volume de 37.500 litros = R\$ 22.816,00

Volume = 50.989 litros = R\$ 51.166,00, sendo utilizado 2 para o volume de 100.000 litros = R\$ 102.322,00

O *payback* de cada reservatório seria de:

Volume de 37.500 litros = R\$ 22.816,00 / R\$ 299,35/mês = 76,22 meses ou 77 meses (6 anos e 5 meses)

Volume de 100.000 litros = R\$ 102.322,00 / R\$ 299,35/mês = 341,81 meses ou 342 meses (28 anos e 6 meses)

## 10 CONCLUSÃO

Considerando o consumo médio mensal de 14.867l de água para fins não potáveis neste estudo de caso, os métodos que resultaram em volumes acima deste foram descartados, uma vez que o volume utilizado será bem menor que o volume de armazenamento resultante dos métodos. Portanto, restaram o Método Prático Inglês e o Método Prático Alemão para serem avaliados no estudo de viabilidade, conforme mostra a figura 24.

Neste estudo de caso, os reservatórios ótimos foram os de 10.000 litros feitos de concreto, uma vez que o payback destes reservatórios é de 2 anos e o investimento é relativamente pequeno se comparado ao de Fibra de Vidro de Construção Super Robusta (PRFV). Além de um investimento maior, o volume mínimo que o fabricante entrega é de 22.000 litros para os reservatórios PRFV, sendo assim seria um volume armazenado bem maior que o volume consumido.

O reservatório de 37.500l ainda sim é viável financeiramente, visto que o payback é de 7 anos, porém é um volume quase 3 vezes maior do que o volume utilizado mensalmente. Já os reservatórios acima deste volume ficam inviáveis, visto o alto custo de construção combinado com o grande desperdício de água armazenada, sendo que este grande volume armazenado poderia apodrecer a água, o que geraria outros custos como o de purificação e limpeza com maior frequência do reservatório.

Os métodos descritos em fórmulas na NBR 15.527, inclusive no seu anexo, possuem ambiguidade na nomenclatura, como por exemplo a variável “V”, que em determinados métodos pode ser designado à “volume do reservatório”, ou “volume de água aproveitável” e até mesmo “volume de água da cisterna”.

Bezerra (2010) sugere a criação de outras variáveis específicas para cada parâmetro, como “V<sub>AP</sub>” para Volume de Água Aproveitável ao invés de simplesmente “V” para evitar confusão durante os dimensionamentos dos reservatórios. O autor também relata a dificuldade de entendimento da norma, e também promove os ajustes de nomenclatura e apresentação das equações para facilitar consideravelmente a comparação entre métodos apresentados na norma.

Os métodos descritos na norma apresentam valores bastante discrepantes, com uma diferença de 1.600% entre o menor volume para o maior volume, conforme mostra a figura 24, e os resultados não apontaram nenhum padrão constante.

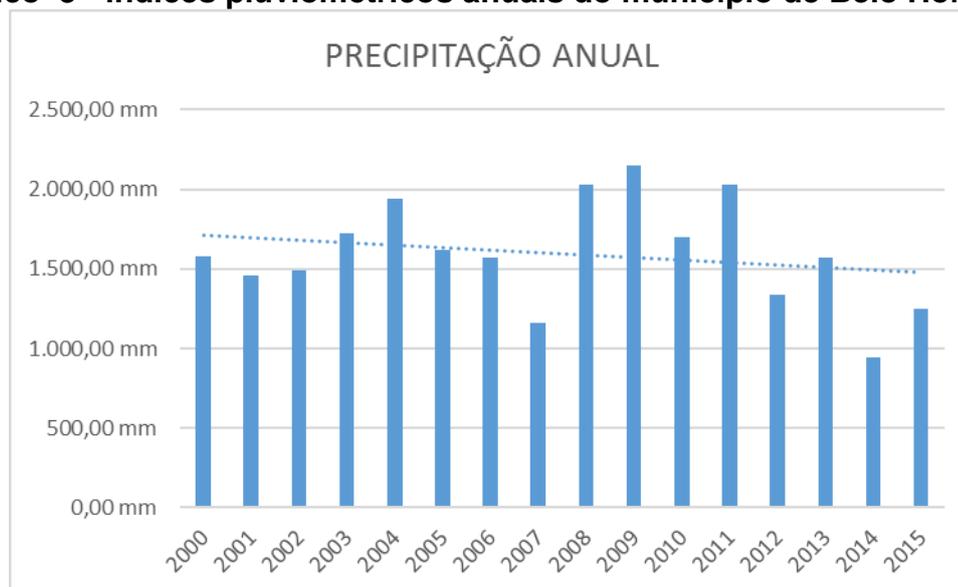
**Figura 24 - Resultado dos métodos**

RESULTADOS	
MÉTODOS	VOLUME (m <sup>3</sup> )
MÉTODO PRÁTICO INGLÊS	11,2 m <sup>3</sup>
MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO	10,7 m <sup>3</sup>
MÉTODO PROFESSOR AZEVEDO NETO	37,5 m <sup>3</sup>
MÉTODO DE RIPPL	70,1 m <sup>3</sup>
MÉTODO DA SIMULAÇÃO	100,0 m <sup>3</sup>
MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO	100,0 m <sup>3</sup>
MÉTODO ANALÍTICO	178,7 m <sup>3</sup>

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Alguns métodos subdimensionaram os resultados, como o Método Prático Inglês, Alemão e de Azevedo Neto, que apresentaram os menores resultados da norma, ao passo que os Métodos de Rippl, da Simulação e Prático Australiano superdimensionou os resultados, e com isto o índice de eficiência ficaram em 100% em sua grande maioria, uma vez que o reservatório nunca transborda. Além disso, é válido ressaltar que o método prático inglês, o método prático alemão e o do Azevedo Neto resultaram num volume muito inferior à demanda da residência.

Outro aspecto negativo da norma é não informar a utilização de uma quantidade maior de dados pluviométricos para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação, conforme sugerido em ANA (2010) e Tomaz (2009). Para os cálculos deste artigo, foi utilizada a média de uma série de dados entre os anos 2000 e 2015 (gráfico 3), porém, como a norma não estabelece nenhum critério quanto a estes dados, os valores poderiam ser ainda mais discrepantes, pois como mostra os dados do INMET (2016), a diferença entre o volume de água captado de 2009 e 2014 é de 228%.

**Gráfico 3 - Índices pluviométricos anuais do município de Belo Horizonte**

Fonte: INMET, 2016, modificado pelo autor.

Para a análise do custo/benefício dos reservatórios deste estudo de caso, foi utilizado os valores do Método Analítico, de 31.900 litros, o de Rippl, da Simulação e Prático Australiano, de 400.000 litros aproximadamente.

Levando em consideração que durante a época chuvosa não se rega o jardim, esse *payback* pode ser bem maior. Os reservatórios de concreto saíram mais baratos que os de fibra de vidro, porém o investimento só vale à pena se os reservatórios não forem muito grandes, pois desta maneira o custo/benefício à longo prazo não justifica o investimento ao cidadão.

Tendo em vista as diversas obras de contenção de enchentes na cidade, uma provável justificativa para a Prefeitura de Belo Horizonte implantar esses projetos de lei seria o repasse da prefeitura para os usuários sobre os gastos destas obras.

Desconsiderando o aspecto econômico, o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis resulta no aumento da qualidade de vida para os usuários da cidade, uma vez que diminui o desperdício de água potável para fins não nobres e tem um ganho ambiental, além de prevenir enchentes que resultam em grandes prejuízos para toda população.

## REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 15527. **Água de chuva–Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis–Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Orientações para consistência de dados fluviométricos**. Brasília: ANA/SGH, 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/inf hidrologicas/cadastro/OrientacoesParaConsistenciaDadosFluviometricos-VersaoJul12.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

ANAEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 02 de maio de 2016.

AQUAFLUXUS, Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/ciclo-hidrologico/>>. Acesso em 27 de julho de 2016.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZENA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.

BEZERRA, S. M. C. et al. **Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez 2010.

BRASIL, I. B. G. E. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**, 2016.

BRITO, A. C.; VITTORINO, F.; AKUTSU, M. **Avaliação ambiental de edifícios**. Revista Técnica, São Paulo, Edição 133, Abril de 2008.

BULTO, Takele Soboka. MUITO FAMILIAR PARA IGNORAR, MUITO NOVO PARA RECONHECER: A SITUAÇÃO DO DIREITO HUMANO À ÁGUA EM NÍVEL GLOBAL<sup>1</sup>. **O Direito à Água como Política Pública na América Latina**, p. 25.

CARDOSO, Carlos Eduardo Nascimento. **Aproveitamento de Água de Chuva Para Fins Não Potável**. 2013.

CARVALHO, Gabriela dos S.; OLIVEIRA, S. C.; MORUZZI, Rodrigo B. **Cálculo do Volume do Reservatório de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar**. Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, v. 10, 2007.

CASTRO, José Esteban; HELLER, Léo; MORAIS, Maria da Piedade Editora. **O Direito à água como política pública na América Latina: uma exploração teórica e empírica**. 2015.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/cemig-bandeiras-tarifarias-janeiro-2015.aspx>>. Acesso em 23 de outubro de 2016.

CISNEROS, Blanca Jimenez. **Capacity building and training for water security thorough cooperation, UNESCO-IHP 2013**. Disponível em: <[http://programme2013.worldwaterweek.org/sites/default/files/jimenez-water\\_security\\_cooperation\\_25slides.pdf](http://programme2013.worldwaterweek.org/sites/default/files/jimenez-water_security_cooperation_25slides.pdf)>. Acesso em 18 de outubro 2016.

CONNOR, Richard. **The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world**. UNESCO Publishing, 2015.

CORACINI, Maria Clara. **Green Building in the New Green Economy Building a Sustainable Future**. Apresentação GBCB, 2011.

CTE – CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **Emissões de Carbono e a Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.cte.com.br/imprensa/2011-02-27-emissoes-de-carbono-e-a-construcao-civ/>>. Acesso em 18 de Junho de 2017.

CUNHA, Deborah Sarah Almeida; MARTINEZ, Antonio Lopo; NOSSA, Valcemiro. **Incentivos Fiscais Verdes e Tributação Extrafiscal: Estudo Sobre o IPTU Verde no Município de Vila Velha (ES) Comparativamente a Outros Municípios**. Revista Razão Contábil & Finanças, v. 4, n. 1, 2013.

DA SILVA, Vanessa Gomes; DA SILVA, Maristela Gomes; AGOPYAN, Vahan. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade**. Ambiente Construído, v. 3, n. 3, p. 7-18, 2003.

DANTAS, Gisane Tourinho. **O IPTU verde como instrumento de efetividade da função socioambiental da propriedade privada urbana**. 2014.

DE AMORIM, Simar Vieira; DE ANDRADE PEREIRA, Daniel José. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

DE BRITO DIAS, Rafael. **Tecnologias sociais e políticas públicas: lições de experiências internacionais ligadas à água**. Inclusão Social, v. 4, n. 2, 2011.

DINIZ, Maria Helena. **Curso de direito civil brasileiro: responsabilidade civil**. Saraiva, 1999.

ECOCASA. Disponível em: <http://www.ecocasahome.com.br/filtro-vf1-ecocasa.html>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

ENCYCLOPAEDIA IRANICA, Livro eletrônico. Disponível em: <<http://www.iranicaonline.org/>>. Acesso em 07 de setembro de 2016.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em 26 de setembro de 2016.

FASOLA, Gabriel Balparda et al. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. CEP, v. 88113, p. 820, 2011.

FEDERAL, CAIXA Econômica. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas e Letras–Editora e Gráfica, 2010.

FERNANDES NETO, Maria de Lourdes et al. **Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para municípios de Minas Gerais**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 9, n. 2, p. 100-7, 2004.

FIGUEROLA, Valentina. Revista Técnica, São Paulo, Edição 133, abril de 2008.

FLICKR. Disponível em: <[https://www.flickr.com/photos/twiga\\_swala/6145518818/](https://www.flickr.com/photos/twiga_swala/6145518818/)>. Acesso 07 de setembro de 2016.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo Quali-Quantitativo Do Aproveitamento Da Água De Chuva No Contexto Da Sustentabilidade Dos Recursos Hídricos**. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2010.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. Netuno 4.0. **Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso 21 de Junho de 2017.

GHISI, EneDir; SIMIONI, Wagner Isidoro; GÓMEZ, Luis Alberto. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso**. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. 2004.

GHISI, E. Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses. **Water Resources Management**, v. 24, n. 10, p. 2381-2403, 2010.

GNADLINGER, Johann João. **Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas**. Tecnologias Apropriadas para Terras Secas, p. 103, 2006.

GNADLINGER, Johann João. Livro eletrônico publicado em 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/>>. Acesso 07 de setembro de 2016.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso 10 de setembro de 2016.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e reuso de água em edificações– experiências nacionais e internacionais**. 2007. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

HOME POWER MAGAZINE. Disponível em: <<https://www.homepower.com/articles/home-efficiency/equipment-products/catching-cloudburst>>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 2000-2015**. 2016.

IPCC. CHANGE, Intergovernmental Panel On Climate. Climate change, 2014.  
IPT, **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**. Disponível em: <[www.ipt.br/](http://www.ipt.br/)>. Acesso em 19 de fevereiro de 2016.

JUSBRASIL, Internet Jurídica Brasileira. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/26554390/projetos-de-lei>>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

KLEINDIENST, Thiago Urbano Silva Von Gusseck. **Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para residências uni familiares**. 2015.

LANNA, Antonio Eduardo. **A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. 2008. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

LAMBERTS, Roberto et al. **Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2008.

LATIN AMERICAN STUDIES. Livro eletrônico publicado em 2003. Disponível em <<http://www.latinamericanstudies.org/chultun.htm>>. Acesso 12 de setembro de 2016.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação Ambiental na Construção Civil: sistemas Leed e Aqua**. Belo Horizonte, 2011.

LOPES, Ana de Godoy; SILVA JUNIOR, Daniel Pinto da; MIRANDA, Daniel Augusto de. **Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)**. Revista Petra, v. 1, n. 2, 2015.

DE LIMA, Jeferson Alberto et al. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Eng Sanit Ambient, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

DE OLIVEIRA, Dolores Braga. **"IPTU VERDE": uma perspectiva legislativa no município de pelotas**. Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Pelotas, v. 1, n. 1, 2015.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MALDONADO, Carlos Alberto Baca. **Fertilidade do solo, nutrição e crescimento de plantas de eucalipto ao longo de 46 meses após aplicação de lodo de esgoto**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 485-494, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

METALICA, Construção Civil. Disponível em: <[http://www.metalica.com.br/images/stories/ld5448/dimensionamento\\_16.jpg](http://www.metalica.com.br/images/stories/ld5448/dimensionamento_16.jpg)>. Acesso em 12 de outubro de 2016.

MDI. Ministério da Integração Nacional. **Programa Água para todos**, 2011. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/guest/entenda-o-programa>>. Acesso em 12 de outubro de 2016.

MUNDO, ONU Transformando Nosso. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, item nº 6: água limpa e saneamento**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em 12 de setembro de 2016, v. 10, n. 02, 2016.

NAKAZATO, Nilson Zenhan; GRIGOLETTI, Giane de Campos. **Impactos das certificações LEED e AQUA no processo de etiquetagem de edifícios Procel Edifica**, 2014.

NGUYEN, Binh K.; ALTAN, Hasim. **Comparative review of five sustainable rating systems**. Procedia Engineering, v. 21, p. 376-386, 2011.

OLIVEIRA, Laryssa Abílio et al. **Estratégias de educação ambiental para promoção do manejo sustentável dos sistemas de captação de água de chuva em comunidades rurais do Cariri-PB**, 2009.

ONU, Organização das Nações Unidas e Água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Água e Emprego – Resumo executivo do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2016.

PATRÍCIO, Maria do Sameiro; GONÇALVES, Ana Cristina; DAVID, Jorge Soares. **Intercepção horizontal do nevoeiro pela vegetação**. Silva Lusitana, n. 6 (2), p. 247-256, 1998.

PATO, João Howell. **História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal**. ERSAR/ICS, 2011.

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte. **Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental – Manual de Procedimentos Versão 1.10**, 2012.

PÊGO, Carlos Sulzer; JUNIOR, Milton Erthal. **Dimensionamento e Viabilidade Econômica da Coleta e uso de Águas Pluviais no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.** Exatas & Engenharia, v. 2, n. 03, 2012.

PIO, A. **A água como fator crítico ao desenvolvimento sustentável.** In: THAME, A.C.M. et al. (Orgs.). *A cobrança pelo uso da água.* São Paulo: IQUAL, 2000. p.227-239.

PITERMAN, Ana; GRECO, Rosângela Maria. **A água seus caminhos e descaminhos entre os povos.** Revista APS, v. 8, n. 2, p. 151-164, 2005.

Prefeitura Municipal de Promissão. **Prejuízos na agricultura chegam aos R\$ 30 milhões com a seca histórica em Promissão.** Disponível em: <[http://www.promissao.sp.gov.br/portal/noticias/0/3/339/Preju%C3%ADzos-na-agricultura-chegam-aos-R\\$-30-milh%C3%B5es-com-a-seca-hist%C3%B3rica-em-Promiss%C3%A3o](http://www.promissao.sp.gov.br/portal/noticias/0/3/339/Preju%C3%ADzos-na-agricultura-chegam-aos-R$-30-milh%C3%B5es-com-a-seca-hist%C3%B3rica-em-Promiss%C3%A3o)>. Acesso em 25 de abril de 2016.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** Bahia análise & dados, v. 13, p. 341-345, 2003.

RUPP, Ricardo Forgiarini et al. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** CEP, v. 88040, p. 900, 2011.

SALLA, Marcio Ricardo et al. **Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade.** CEP, v. 38400, p. 902, 2013.

SCARE, Roberto Fava. **Escassez de água e mudança institucional: análise da regulação dos recursos hídricos no Brasil.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCHMIDT, M. **Captação de água da chuva na Alemanha: novos conceitos de substituição de água potável, controle de enchentes e melhora da qualidade da água superficial.** Simpósio sobre captação de água da chuva, v. 3, p. 21-23, 2001.

SELBORNE, Lord. **A ética do uso da água doce: um levantamento.** Unesco, 2001.

SILVA, Arthur de Queiroz E.; CALARGE, Felipe Araujo. **Análise das certificações de sustentabilidade na indústria da construção civil: um estudo comparativo,** 2014.

SILVA, Vanessa Gomes. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** São Paulo, 2003.

SILVA, Vanessa Gomes. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica.** Projeto Finep, v. 2386, n. 04, p. 1-60, 2007.

TEIXEIRA, Julio César; GUILHERMINO, Renata Lopes. **Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003–IDB 2003**. Eng Sanit Ambient, v. 11, n. 3, p. 277-82, 2006.

THÉRY, H.; MELLO-THÉRY, N. A. **O contexto da crise hídrica**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 495-500, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 2009.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. 2012.

TOSCANO, Germana Leite Gonzalez et al. **Uma análise sintética sobre a legislação de proteção das águas subterrâneas no Brasil**. Simpósio de recursos hídricos do nordeste, v. 9, 2008.

TUBOLAR MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.tubolarmeioambiente.com.br/aproveitamento-de-agua-da-chuva-poder-ser-incentivado/>>. Acesso: 26 de outubro de 2016.

TUNDISI, José Galizia. **Water Resources in the Future: Problems and Solutions**. Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos-SP. 2008

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **As múltiplas dimensões da crise hídrica**. Revista USP, São Paulo, n. 106, p. 21-30. Setembro 2015.

UNESCO, *World Water Assessment Programme*. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>. Acesso em 01 de julho de 2016.

VALENTE, Josie Pingret. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VANZOLINI, Fundação. **Benefícios do Processo AQUA, Construção Sustentável, 2015**. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2017.

VIANNA, Marcos Rocha. **Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais - Volume 2: Sistemas de produção, reservação e distribuição de água potável**. 2008.

VIDA FIBRAS. Disponível em: <<http://www.vidafibras.com.br/tanques-estacionarios-sp-ourinhos-preco.html>>. Acesso em 26 de outubro de 2016.

VITALI, Gustavo L.; DE ASSIS, Hugo V. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica da Certificação Processo Aqua para Edificações Habitacionais de Interesse Social**, 2013.

VIEIRA, J. M. **Gestão da água em Portugal: os desafios do plano nacional da água**. 2003.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

ZOLET, Marcelo. **Potencial De Aproveitamento De Água De Chuva Para Uso Residencial Na Região Urbana De Curitiba**. 2005. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).