



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA.
ENGENHARIA CIVIL**

KARYNE KELLY ALVES FERREIRA

**ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS**

PORTO NACIONAL - TO

2017

KARYNE KELLY ALVES FERREIRA

**ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS**

Projeto de pesquisa submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial para obtenção do título do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Diogo Pedreira Lima

PORTO NACIONAL - TO

2017

KARYNE KELLY ALVES FERREIRA

**ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO

Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Professor Me. Diogo Pedreira Lima

Professor (a): Silvia Barroso Gomes Souto

Professor (a): Me. Ângelo Balduino

RESUMO

A água é um recurso essencial para a sobrevivência humana, entretanto é perceptível um grande desperdício de água potável desencadeado pela falta do uso consciente. Faz-se necessário o uso de novas técnicas como o aproveitamento de água da chuva que consiste na captação e reservação dessas águas as quais possuem desempenho em atividades que não requer potabilidade, como por exemplo, lavagem de automóveis e pisos, irrigação de jardins, entre outros. Adotando tal perspectiva, tem-se como objetivo analisar o sistema de captação de área da chuva para fins não potáveis em edificações urbanas. O vigente trabalho é categorizado por um levantamento bibliográfico, percorrendo inicialmente sobre água e recursos hídricos, seguido das fontes de abastecimentos de água e seus sistemas com enfoque no sistema de captação de águas pluviais. Fez-se necessário descrever os métodos de captação de água da chuva, abordando os mecanismos de cálculos necessários para dimensionamento de área de captação e reservatórios. Por fim, foi tida como parâmetro base, a captação de água da chuva para lavagem de automóveis, pisos e irrigação de jardins. Espera-se que essa técnica seja implantada como meio de redução do desperdício de água potável, bem como o uso preponderante da mesma, assegurando assim o futuro das novas gerações.

Palavras-chave: Captação. Água. Chuva. Abastecimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do ciclo hidrológico	10
Figura 2 – Água Superficial.	13
Figura 3 – Água Subterrânea.	14
Figura 4 - Cálculo de área para superfície inclinada	21
Figura 5 - Traçado para calcular a área da seção da calha	23
Figura 8 - Modelo de sistema de captação da água da chuva	33

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Vazão de projeto	21
Equação 2 - Dimensionamento de Calhas	22
Equação 3 - Volume de água no reservatório (Método de Rippl).....	25
Equação 4 - Volume de chuva aproveitável (Método de Rippl).....	25
Equação 5 - Volume do reservatório (Método de Rippl).....	25
Equação 6 - Volume de água no reservatório (Método da simulação).....	25
Equação 7 - Volume de chuva (Método da simulação).	25
Equação 8 - Volume de água (Método Azevedo Neto).	26
Equação 9 - Volume de água no reservatório (Método Prático Alemão).....	26
Equação 10 - Volume de água (Método Prático Inglês).	27
Equação 11 - Volume de água (Método prático australiano).	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Necessidades do uso de água em uma comunidade.....	15
Quadro 2 - Consumo diário percapita	16
Quadro 3 - Qualidade da de acordo com o local de coleta	20
Quadro 4 - Coeficientes de rugosidade.....	22
Quadro 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular	23
Quadro 6 - Dimensões da calha em função do comprimento do telhado	24
Quadro 7 - Parâmetros de qualidade de água de chuva.....	29
Quadro 8 - Tipos de Aproveitamento de água em residências e seus respectivos cuidados.....	30
Quadro 9 - Gasto com Recursos Materiais	34
Quadro 10 - Cronograma de elaboração de projeto.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	10
2.2 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	11
2.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	12
2.3.1 Histórico	12
2.3.2 Fontes de abastecimento de água	12
2.3.3 Água de superfície.....	13
2.3.4 Água subterrânea	14
2.4 USO DA ÁGUA	14
2.4.1 Consumo doméstico	16
2.5 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA	17
2.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	18
2.6.1 Áreas de captação de água.....	20
2.6.2 Transporte de água.....	21
2.6.3 Dimensionamento dos reservatórios.....	24
2.7 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA DA CHUVA.....	28
2.8 TIPOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	30
3 OBJETIVOS.....	31
3.1 OBJETIVO GERAL	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
4 METODOLOGIA.....	32
5 ORÇAMENTO.....	34
6 CRONOGRAMA	35
7 RESULTADOS ESPERADOS	36
REFERÊNCIAS.....	37
ANEXOS	40

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, tem sido crescente a preocupação com os recursos naturais existentes, visto que a água é um dos principais focos, pois é indispensável à sobrevivência humana.

Apesar de sua importância, avalia-se que somente 2,5% do volume total de água no planeta seja de água potável, água doce. Deste percentual apenas 0,266% está em lagos, rios e reservatórios, estando o restante distribuído na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. Assim sendo, é estimado que somente 0,007% de toda a água doce do planeta está em locais de simples acesso para o consumo humano (Uniágua 2006).

Esses locais de simples acesso compreendem as águas subterrâneas, que abrangem 29,9% do volume de água doce no planeta enquanto que sua maior parte, 68,9% está congelada nas calotas polares do Antártico, Ártico e nas regiões montanhosas (TOMAZ, 2009).

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade, percebe-se um aumento populacional exacerbado. Em 1830 a população Mundial era composta por cerca de um bilhão de habitantes. O segundo bilhão foi atingido em 1927, o terceiro em 1960 e o quarto em 1974 chegando aos atuais 6,1 bilhões de habitantes. O crescimento populacional acabaria por superar o ritmo de ampliação da oferta tanto de alimentos quanto de água (SOECO /MG, 2004).

Surge a necessidade de novas políticas e técnicas de aproveitamento de água, visando economia. Para fins não potáveis podem ser utilizados sistemas associados à captação de água da chuva. Tal sistema pode ser empregado em torneiras que alimentam jardins, lavagens de automóveis, descargas sanitárias, calçadas, entre outros.

O presente trabalho tem o objetivo de elaborar os sistemas de captação e abastecimento da água da chuva como meio de viabilidade econômica em meios urbanos para fins não potáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Partindo do latim *aqua*, água é uma substância líquida, inodora, incolor e insípida, composta por 2 (duas) moléculas de hidrogênio e 1 (uma) molécula de oxigênio, resultando no composto químico H_2O . Pode ser encontrada em outros 2 (dois) estados físicos, sendo sólida (em forma de gelo) ou gasosa (em estado de vapor) (CLAVICO; GOMES, 2005).

De acordo com Barth e Barbosa (1999), a água é um recurso que com a ação do sol e da gravidade se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico. É parte integrante dos seres vivos e essencial à vida. E passou a ser reconhecida como recurso hídrico pela sua utilização econômica.

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o movimento da água na natureza por parte da evaporação das águas dos oceanos, rios, lagos e pela transpiração dos seres vivos na atmosfera. Tal processo ocorre em virtude do sol fornecer energia para elevar a água da superfície da Terra à atmosfera (evaporação) e à gravidade que faz com que a água compacta caia (precipitação), e circule através das linhas de água que se reúnem em rios, até atingir os oceanos (escoamento superficial), ou se inrile nas rochas e solos, através dos seus poros, fraturas e fissuras (escoamento subterrâneo) (CARVALHO; SILVA, 2006). A Figura 1 ilustra o processo do ciclo hidrológico.

Figura 1 - Componentes do ciclo hidrológico



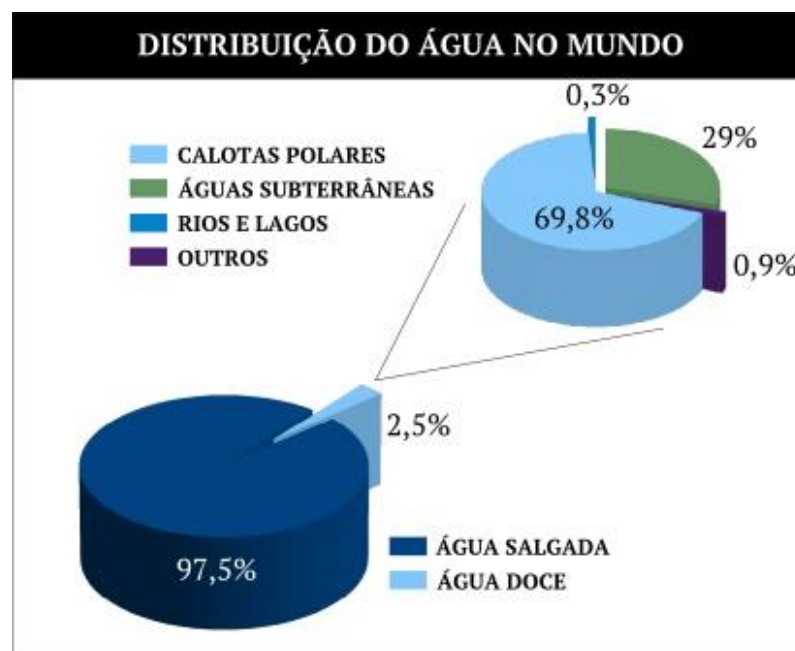
Fonte: USGS - United States Geological Survey, (2006)

Após ter conhecimento do ciclo hidrológico, torna – se importante entender como sucede a distribuição de água na Terra.

2.2 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O Gráfico 1 apresenta a distribuição dos recursos hídricos na Terra sendo que a água salgada representa 97,5% e apenas 2,5% de água doce. Dos 2,5%, 0,3% se concentra em rios e lagos, 29% em águas subterrâneas, 69,8% em calotas polares e 0,9% outros.

Gráfico 1- Distribuição hídrica no mundo



Fonte: AECWEB, (2017)

Com os dados do gráfico, é possível perceber a porcentagem de água no mundo bem como sua distribuição. No entanto, é necessário entender como essas águas chegam até as casas para o consumo, que acontece por meio dos sistemas de abastecimento de água.

2.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água é de suma importância, pois é a partir dele que a água é distribuída para utilização da sociedade. Pode-se perceber sua utilidade desde os tempos antigos.

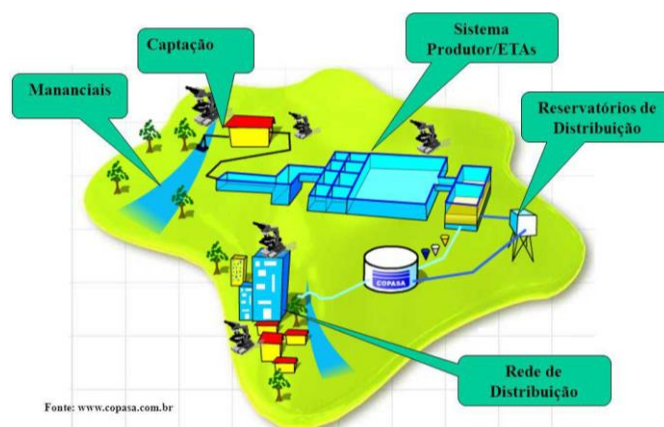
2.3.1 Histórico

A utilização de água é imprescindível na história da humanidade. Tal diligência foi determinante para localização de comunidades em tempos antigos, em que o homem passou a adotar a agricultura como meio de sobrevivência. A vida sedentária tornou mais complexa o equacionamento das demandas de água, foi então que surgiu o abastecimento de populações, tanto para atender as necessidades fisiológicas das pessoas, preparar alimentos e promover a limpeza, quanto para manter a agricultura, irrigando as culturas (HELLER; PÁDUA, 2010).

2.3.2 Fontes de abastecimento de água

A Fig. 2 ilustra as partes de um sistema de abastecimento de água que inclui coleta, tratamento, transporte e distribuição.

Figura 2-Partes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: AECWEB, (2017)

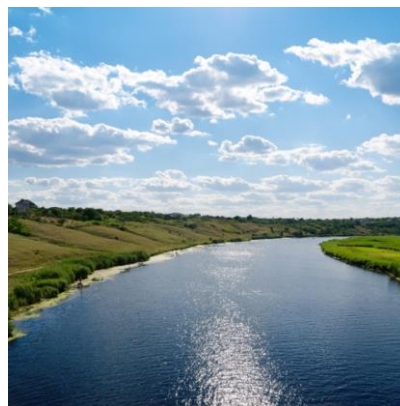
Shammas e Wang (2013), afirmam que para determinar as estruturas dos sistemas, é necessário analisar as fontes de água e o seu desenvolvimento, que podem partir de:

- (a) Precipitação – água proveniente das chuvas.
- (b) Água de superfície – proveniente de córregos, rios, lagos, açudes, barragens, etc.
- (c) Água subterrânea – proveniente de poços escavados, cacimbas e cacimbões.

2.3.3 Água de superfície

A maior parte do volume de suprimento de água urbana é coletada de fontes de superfície. As águas superficiais são as águas que circulam sobre a superfície do solo, uma vez que é gerada pelo escoamento dado a partir das precipitações ou pelo afloramento de águas subterrâneas. Quando produzida, a água superficial segue o caminho que oferece menor resistência, podendo se apresentar em forma de corrente, como no caso de rios e arroios, ou quietas, se tratando de lagos ou represas (TUCCI, 2008). A Fig. 3 mostra um exemplo de água de superfície.

Figura 2 – Água Superficial.

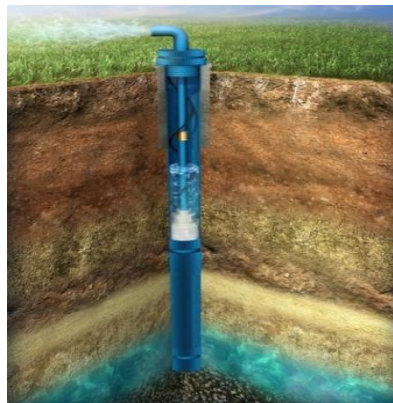


Fonte: AECWEB, (2017).

2.3.4 Água subterrânea

De acordo com Shamma e Wang (2013), os suprimentos urbanos e privados de água subterrânea são menores no fornecimento diário, porém muitas vezes podem ser mais numerosos do que os de água superficiais. São extraídas de formações geológicas diferentes, podendo ser dos (a) poros de depósitos aluviais, glaciais ou eólicos de materiais granulares e não consolidados como areia e o cascalho e de materiais consolidados como arenito; (b) de passagens, cavernas e planos de clivagem de rochas sedimentares como o calcário, a ardósia e o xisto; (c) de fraturas, fissuras de rochas ígneas; e (d) de combinações de formações geológicas não consolidadas e consolidadas, ilustrados na Fig. 4.

Figura 3 – Água Subterrânea.

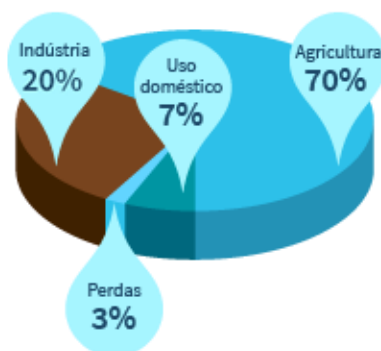


Fonte: AECWEB, (2017).

2.4 USO DA ÁGUA

Baseando-se nos recursos hídricos existentes no planeta, há diversos usos demandados pela população, no que tange ao ponto econômico e ao consumo em geral. Alguns usos são consuntivos, que resultam em perdas entre o volume captado e o volume que retorna ao curso de água. Entretanto, ainda existem os que são do tipo não consuntivos em que perdas não são verificadas. O Gráfico 2 demonstra a divisão do uso da água em geral (TUNDISI, 2008).

Gráfico 2 - Uso da água



Fonte: AECWEB, (2017).

Destacam-se alguns dos usos consuntivos: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, aquicultura. Os não consuntivos podem ser: geração de energia hidroelétrica, navegação, recreação e harmonia paisagística, pesca, diluição, assimilação e afastamento de efluentes. Considerando o abastecimento por meio de canalizações, o uso doméstico de água deve ser utilizado para atender as necessidades conforme descreve o Quadro 1 (HELLER; PÁDUA, 2003).

Quadro 1 - Necessidades do uso de água em uma comunidade

Agrupamento de Consumo	Necessidades
Consumo Doméstico	Ingestão Preparo de Alimentos Higiene da moradia Higiene Corporal Limpeza dos utensílios Lavagem de roupa Descarga de vasos sanitários Lavagem de veículos Insumo para as atividades econômicas Irrigação de jardins, hortas, pomares Criação de animais de estimação
Uso Comercial	Suprimento a estabelecimentos diversos
Uso Industrial	Suprimento localizados no interior da área urbana
Uso público	Irrigação de jardins, canteiros e praças Lavagens de ruas e espaços públicos em geral Banheiros e lavanderias públicas Alimentação de fontes Limpeza de bocas de lobo, galerias de águas pluviais Abastecimento de edifícios públicos Combate à incêndio

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua, (2003).

De acordo com Heller e Pádua (2003), é possível notar que os usos são diversos e atendem diferentes interesses. As necessidades podem ser divididas nas seguintes categorias:

- (a) Usos essenciais, relacionados à saúde humana e sua proteção. Incluem usos para fins de higiene e ingestão, e também descarga de vasos sanitários;
- (b) Preparo de alimentos em si: irrigação de hortas e pomares nos domicílios, bem como a limpeza de utensílios de cozinha;
- (c) Usos ligados às atividades econômicas;
- (d) Usos designados a elevar o nível de conforto, à satisfação estética e cultural das pessoas, como também à manutenção dos espaços públicos urbanos e rurais.

No Brasil, dos 2.178 m³/s que representavam a demanda total de água do país em 2003, 56% da água eram utilizados para irrigação na agricultura, 21% para fins em áreas urbanas, 12% para a indústria, 6% no consumo rural e 6% para saciar os animais (ANA, 2008). As principais áreas de consumo de água são:

2.4.1 Consumo doméstico

Este uso é considerado o que consome mais da metade de água urbana da comunidade. O índice mais comum relativo ao uso da água em áreas urbanas é o “consumo diário per capita”, definido em litros por habitante por dia (L/hab.dia). A Agenda 21 sugeriu como meta de fornecimento de água tratada para 2005 o consumo diário per capita de 40 litros (ONU, 2008). O Quadro 2 indica os consumos mínimos para usos diferentes em residências.

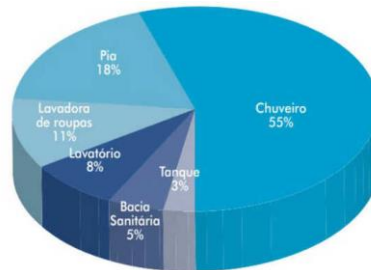
Quadro 2 - Consumo diário percapita

Consumo	Quantidade mínima L/pessoa.dia
Água potável	5
Serviços sanitários	20
Banho	15
Preparo de Alimentos	10

Fonte: Gleick, (1999).

O Gráfico 3 indica a porcentagem de uso de água em variados setores de uma residência.

Gráfico 3 - Porcentagem de uso de água em residências



Fonte: AECWEB, (2017).

A partir de seus usos, as águas possuem diversas classificações.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA

A Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, fazendo as seguintes definições:

- Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta portaria e que não ofereça riscos à saúde;
- Água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando a atender ao padrão de potabilidade.

Azevedo Netto (2005) faz as seguintes definições:

- Águas servidas: são efluentes que resultam das operações de limpeza e de lavagem;
- Águas pluviais: parcela das águas da chuva que escoam superficialmente.

Cordeiro (2009), diz que as águas servidas são aquelas que já foram utilizadas nas atividades humanas, podendo ser classificadas em águas cinza e águas negras. As águas cinza são aquelas provenientes de chuveiro, banheira, lavatório de banheiro e máquina de lavar roupas, muito ricas em sabões, sólidos em suspensão e matéria orgânica, podendo possuir até bactérias em pequenas quantidades. Já as águas negras são aquelas provenientes da bacia sanitária e da pia da cozinha, são ricas em matéria orgânica e bactérias com potencial patogênico.

O Art. 2º da Resolução nº 54, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (2005), que estabelece critérios gerais para reuso de água potável, adota as seguintes definições:

- Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não;
- Água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

2.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O emprego da água da chuva vem sendo considerado como uma fonte alternativa de água, para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e da qualidade desta. A utilização, por depender de condições locais e visando seu aproveitamento no próprio local de captação, se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua logística é compartilhada com o usuário (PROSAB, 2006).

De acordo com a NBR 15527/07 o aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis requer a elaboração de um projeto de sistema de captação de água da chuva que deve atender às ABNT NBR 5626 referente à instalação predial de água fria e ABNT NBR 10844 referente às instalações prediais de águas pluviais (sendo utilizada caixa de inspeção ao invés de caixa de areia).

O termo “aproveitamento da água da chuva” não pode ser substituído por reuso ou reaproveitamento da água da chuva, pois estes representam algo que já foi utilizado. Faz-se necessário destacar que a água da chuva será utilizada para

fins não potáveis, não substituindo a água tratada e desinfetada usada em banhos, alimentos ou ingerida.

Consoante Tomaz (2011), os principais componentes para captação de água da chuva são os seguintes descritos abaixo.

- Área de captação – normalmente são telhados de casas ou indústrias.
- Calhas, condutores – são necessários calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos.
- ByPass – remoção da primeira chuva que contém sujeiras dos telhados, pode ser removida manualmente com usos de tubulações que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza que não precisa de operação do homem.
- Peneira – usa – se peneiras com tela de 6mm a 13mm para materiais em suspensão, conforme *American Rainwater Association* de 2009
- Reservatório–pode estar apoiado, enterrado ou elevado. Pode ser em concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc.
- Extravasor – deverá ser instalado no reservatório um extravasor (ladrão). Este deve possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais.

O Quadro 3 mostra o grau de qualidade da água de acordo com o local em que foi coletada, bem como o uso mais recomendado.

Quadro 3 - Qualidade da de acordo com o local de coleta

Grau de coleta	Local de coleta da chuva	Observador
A	Telhados (Locais não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar plantas, a água pode se dar para o consumo humano (se purificada)
B	Telhados (Locais não ocupados por pessoas ou animais)	Somente para usos não potáveis (Lavar banheiros, regar plantas), após pequenos tratamentos não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados; Área de estacionamento	É necessário tratamento mesmo que para usos não potáveis
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para usos não potáveis exige tratamento

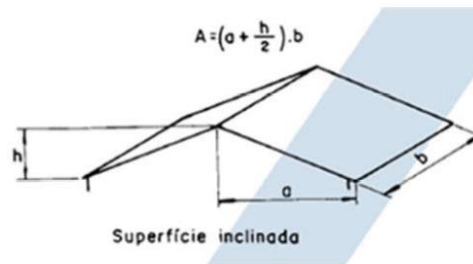
Fonte: GROUP RAINDROPS, (2002).

2.6.1 Áreas de captação de água

As áreas de captação da água da chuva são geralmente telhados ou áreas permeáveis sobre a superfície do solo como estacionamentos, calçadas e pátios, entretanto o mais comum é a captação da água dos telhados, por proporcionar melhor qualidade e possibilitar em grande parte dos casos que a água atinja o reservatório simplesmente por gravidade (HAGEMANN, 2009).

Para o calculo de áreas, a NBR 10844 (1989), disponibiliza a seguinte fórmula, ilustrada na Fig. 5 para o determinado tipo de telhado:

Figura 4 - Cálculo de área para superfície inclinada



Fonte: NBR 10844 (1989).

Conforme a NBR 10844 (1989), para construção até 100 m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar a intensidade pluviométrica igual a 150 mm/h. A vazão de projeto pode ser calculada pela Equação 1.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Equação 1 - Vazão de projeto

Onde:

Q – Vazão de projeto, em L/min;

I – Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A – Área de contribuição, em m².

2.6.2 Transporte de água

Segundo Tomaz (2009), a condução de água da chuva é realizada por meio de calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos.

Segundo a NBR 10844/89, referente às instalações prediais de águas pluviais, a inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, e com valor mínimo de 0,5%, sendo esta uma inclinação mínima também adotada para os condutores horizontais. Os condutores verticais devem possuir no mínimo o diâmetro interno de seção circular de 70 mm. O dimensionamento das calhas deve ser realizado utilizando a fórmula de Manning-Strickler descrita na Equação 2.

$$Q = K * \frac{S}{n} * RH^{\frac{2}{3}} i^{1/2}$$

Equação 2 - Dimensionamento de Calhas

Onde:

Q - vazão de projeto, em L/min;

S - área da seção molhada, em m²;

n- coeficiente de rugosidade (Ver Quadro 4);

R - raio hidráulico, em m;

P- perímetro molhado, em m;

i- declividade da calha, em m/m;

K- 60.000.

As calhas podem ser elaboradas em diversos materiais, contudo o coeficiente de rugosidade entre eles altera conforme a superfície, sendo assim a NBR 10844/89, indica os seguintes coeficientes de rugosidade.

Quadro 4 - Coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844, (1989).

A NBR 10844/89 faz a adoção de ábacos para o dimensionamento dos condutores verticais. O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. O Quadro 5 indica as vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais.

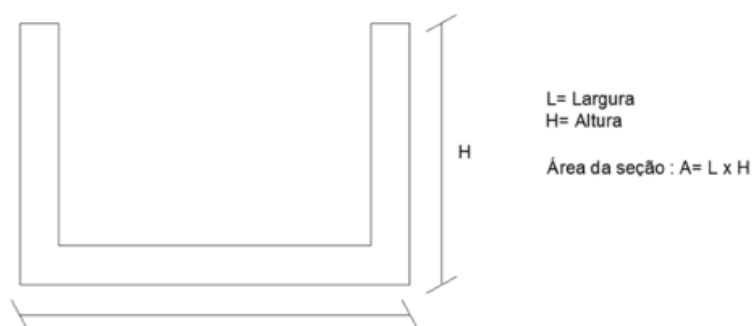
Quadro 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	Diâmetro interno (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844, (1989).

Melo e Azevedo Netto (2009), mencionam que as calhas não são destinadas a condução água, mas sim receptáculos das águas da superfície dos telhados direcionando imediatamente para os tubos de queda, portanto, o cuidado necessário é apenas com as dimensões do comprimento do telhado e com a declividade das calhas, sendo esta a mínima possível para que não haja empoçamento após a chuva. A Fig. 5 ilustra o traçado para calcular a área da seção da calha.

Figura 5 - Traçado para calcular a área da seção da calha



Fonte: Melo e Azevedo Netto (2009).

O Quadro 6 enumera as dimensões da calha em função do comprimento do telhado, ambas em metros (m).

Quadro 6 - Dimensões da calha em função do comprimento do telhado

Comprimento do telhado (m)	Largura da calha (m)
Até 5,0	0,15
5,0 à 10,0	0,20
10,0 à 15,0	0,30
15,0 à 20,0	0,40
20,0 à 25,0	0,50
25,0 à 30,0	0,60

Fonte: Melo e Azevedo Netto, (2009).

2.6.3 Dimensionamento dos reservatórios

O reservatório de acumulação de águas pluviais merece uma atenção, quer pelo seu posicionamento e solução construtiva, quer pelo fato de ser, geralmente, o órgão mais oneroso do sistema (NEVES; BERTOLO; ROSSA, 2006).

Conforme Amorin e Pereira (2008), o dimensionamento de um reservatório pode variar de região para região, em função dos objetivos de implantação do sistema e, sobretudo em função da variação dos dados pluviométricos.

A NBR 15527/2007 em seu Anexo A, dispõem seis métodos de cálculos para o dimensionamento de reservatórios, sendo eles o método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Netto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano.

2.6.3.1 Método de Rippl

Segundo Amorim e Pereira (2008), este é um dos métodos mais utilizados, devido a sua fácil aplicação, pois consiste na determinação do volume com base em sua área de captação e na precipitação registrada, considerando-se

que nem toda a água precipitada seja armazenada e correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. Entretanto, existem algumas críticas sobre sua utilização, fundamentadas principalmente no fato deste ter sido, a princípio, desenvolvido para grandes reservatórios, o que acarretaria uma super estimativa do volume a ser reservado.

Neste método podem ser aplicadas as séries históricas mensais ou diárias. O modelo de cálculo é representado pela Equação 3, Equação 4 e Equação 5.

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

Equação 3 - Volume de água no reservatório (Método de Rippl).

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

Equação 4 - Volume de chuva aproveitável (Método de Rippl).

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

Equação 5 - Volume do reservatório (Método de Rippl).

Onde:

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

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

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

V- é o volume do reservatório;

C- é o coeficiente de escoamento superficial.

2.6.3.2 Método da simulação

Neste método, a evaporação da água deve ser desconsiderada. Para um determinado mês, aplica-se a Equação 6, do volume de água no reservatório e a Equação 7, do volume de chuva, que dão continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t)$$

Equação 6 - Volume de água no reservatório (Método da simulação).

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

Equação 7 - Volume de chuva (Método da simulação).

Onde:

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

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

Q(I)- é o volume de chuva no tempo t;

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

V - é o volume do reservatório fixado;

C- é o coeficiente de escoamento superficial.

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

2.6.3.3 Método Azevedo Neto

Neste método, a equação do volume relaciona precipitação anual, número de meses de chuva, área e volume, descritos na Equação 8.

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

Equação 8 - Volume de água (Método Azevedo Neto).

Onde:

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

T - é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seco;

A- é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

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

2.6.3.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. A Equação 9 representa o método de cálculo.

$$Vadotado = \min(V; D) \times 0,06$$

Equação 9 - Volume de água no reservatório (Método Prático Alemão).

Onde:

V- é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D- é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

Vadotado - é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.6.3.5 Método prático inglês

No método prático inglês, o volume de chuva é obtido pela Equação 10.

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

Equação 10 - Volume de água (Método Prático Inglês).

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, expresso em metros quadrados (m²);

V- é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

2.6.3.6 Método prático australiano

Para este método o volume de chuva é obtido utilizando o coeficiente de escoamento superficial, precipitação média mensal e interceptação da água, de acordo com a Equação 11.

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

Equação 11 - Volume de água (Método prático australiano).

Onde:

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

P - é a precipitação média mensal;

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

2.7 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA DA CHUVA

Muitos são os fatores que podem influenciar na qualidade da água da chuva, como a localização geográfica (proximidade do oceano), a presença de vegetação, as condições meteorológicas (regime dos ventos), a estação do ano e a presença de carga poluidora (ANNECCHINI, 2005).

Conforme Hafner (2007), as águas pluviais possuem, na maioria dos casos, uma qualidade bastante satisfatória se comparada à qualidade das águas cinzas, não se fazendo necessária a utilização de um tratamento complementar para seu uso empregado às atividades como, rega de jardins ou lavagem de pisos e carros, exigindo apenas a remoção de impurezas pelo sistema de descarte.

Segundo Tomaz (2009), a qualidade da água de chuva pode ser dividida em quatro etapas, onde na primeira tem-se a água da chuva antes de atingir o solo, na segunda a água de chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado, na terceira é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no fundo da mesma e a água está pronta para utilização. E por fim, na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como por exemplo, a descarga na bacia sanitária. O Quadro 7 esclarece os parâmetros de qualidade de água da chuva.

Quadro 7 - Parâmetros de qualidade de água de chuva

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

Fonte: NBR 15527/07.

Para Hagemann (2009), a qualidade da água pode sofrer influência através da atmosfera, entretanto suas maiores alterações ocorrem quando a água de chuva tem sua passagem pela superfície de captação. Os parâmetros de qualidade da água são divididos em três, sendo eles:

- Parâmetros físicos: relacionados à presença de sólidos e gases na água, destacando: os sólidos suspensos ou dissolvidos, a temperatura, a condutividade, a cor aparente ou verdadeira, a turbidez.
- Parâmetro químico: são aqueles que indicam a presença de alguns elementos ou compostos químicos, os principais são: o pH, a dureza, os cloretos de ferro, manganês, fósforo, nitrogênio, sulfatos e matéria orgânica.
- Parâmetro biológico: indicam a presença de seres vivos na água. Os mais comuns são: os coliformes totais e os coliformes termotolerantes.

2.8 TIPOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A água da chuva pode ter diversas finalidades em uma residência. Para uso doméstico, pode ser utilizada para lavagem de carros, jardins, roupas, higiene de animais, entre outros, como descreve o Quadro 8:

Quadro 8 - Tipos de Aproveitamento de água em residências e seus respectivos cuidados

Uso da água da chuva	Tratamento da água
Irrigação de jardins	Não é necessário nenhum tratamento
Irigadores, combate à incêndio, condicionamento de ar	São necessários cuidados para manter os equipamentos em boas condições
Sistemas decorativos aquáticos como lagoas/fontes, chafarizes, espelhos e queda d'água, descarga sanitária em banheiros, lavagens de roupas e lavagens de carros.	Tratamento higiênico, devido o possível contato da água com as pessoas
Banho/Piscina, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: GROUP RAINDROPS, (2002).

A captação e uso de água da chuva, como alternativa para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável, é uma importante prática na busca pela sustentabilidade hídrica, podendo contribuir com ganhos ambientais pelo uso racional dos recursos hídricos. Além de garantir o suprimento de água às residências, instalações fabris e escritórios (PEREIRA; ANDRADE, 2013). Logo, optou-se pela análise de aproveitamento de água da chuva para irrigação de jardins, lavagem de pisos e carros em edificações urbanas, como iniciativa para contribuição ao meio ambiente e conseqüentemente redução do consumo de água potável.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis em edificações urbanas no município de Porto Nacional, estado do Tocantins.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um projeto de uma casa popular para captação de água de chuva;
- Verificar a funcionalidade e viabilidade econômica do sistema de captação de água da chuva;
- Analisar a viabilidade de utilização de água da chuva.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento dessa pesquisa se dará em uma obra residencial com 50 m², no município de Porto Nacional – TO. Será comparada a quantidade (em metros cúbicos) dos usos “não potáveis”, das águas servidas a fim de comutá-las pelas águas da chuva, para argumentar a viabilidade do sistema.

Para o alcance das variáveis, teremos o “volume residencial” (m³), consumido por uma residência típica brasileira constituída por 4 ou 5 pessoas. A outra variável será o “volume água da chuva” (m³) em estudo, à captação para uso domiciliar. A captação em estudo se dará pela coleta por meio de calhas no telhado da área estudada onde a água será direcionada para um reservatório.

A primeira água que cai vai lavar o telhado e não deve ser aproveitada, contudo o remanescente pode servir para diversas atividades domésticas. Todavia o presente estudo resume-se na utilização do uso não potável. Para a variável “volume água da chuva” serão utilizados dados, que são as médias mensais de água precipitada do ano de 2017 e 2018, coletados nos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), no período de chuva, que compreende os meses de setembro (de um ano) até abril (do outro ano) e assim sucessivamente.

Para isso, faz-se necessário a limpeza dos dados pelo método de Grubbs para que se obtenha uma média adotada confiável a fim de se correlacionar com a variável “volume residencial”. Depois de obtidos os dados das duas variáveis, serão comparados o uso da água residencial ao uso da água captada, em volume (m³), para termos noção em quanto podemos economizar, quais os setores que poderemos fazer o uso de água pluvial para verificarmos a viabilidade do sistema.

Para o trato dos dados, iremos fazer o uso do Microsoft Office Excel, ferramenta necessária para tabulação e análise dos dados matemáticos para que possamos correlacionar as variáveis, analisando a viabilidade da implantação do sistema de captação. O modelo do sistema de captação de água da chuva está ilustrado na Fig. 9.

Figura 9 - Modelo de sistema de captação da água da chuva



Fonte: AECWEB, (2017).

A água da chuva cai no telhado e é direcionada para a calha. A calha conduz a água até a cisterna, que irá armazená-la. A cisterna pode possuir uma tubulação que distribui esta água para o uso em jardins, áreas e lavagem de automóveis ou, simplesmente, conter uma torneira que serve de utilização.

5 ORÇAMENTO

Quadro 9 - Gasto com Recursos Materiais

Quadro com Recursos Materiais			
ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
FOLHA A4 500 FOLHAS	1	R\$ 19,90	R\$ 19,90
HD EXTERNO 1 TB	1	R\$ 380,00	R\$ 380,00
IMPRESSORA HP DESKJET	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
NOTEBOOK	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
CARTUCHO HP 662	2	R\$ 59,90	R\$ 119,80
SUBTOTAL			R\$ 3.769,70

Fonte: Elaborado pela autora

6 CRONOGRAMA

Quadro 10 - Cronograma de elaboração de projeto

	ANO 2017						ANO 2018					
Etapas	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Escolha do Tema												
Elaboração do Projeto												
Revisão Bibliográfica												
Apresentação do Projeto												
Coletas de Dados												
Análise e Discussão dos Dados												
Revisão da Monografia												
Submissão da Monografia												
Apresentação da Monografia												

 Etapas concluídas
 Etapas a serem realizadas

Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

7 RESULTADOS ESPERADOS

Com a finalização da pesquisa, espera – se que este projeto possa ser implantado em residências populares, com 50m², objetivando reduzir o consumo das águas potáveis, obtendo assim, um custo bem menor de uso de águas fornecidas pela companhia do município de Porto Nacional – To, e reduzindo escoamento superficial na área urbana.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS: **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2008.

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

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória**. Dissertação. UFES. Vitória – ES, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10884: instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

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

BARTH, F. T.; BARBOSA, W. E. S. **Água e Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.fundacaoofia.com.br/gdusm/definicoes.htm>. Acesso em 15 set. 2017.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **HIDROLOGIA**. Agosto de 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>. Acessado em 20 agosto 2017.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Resolução nº. 54, de 28 de novembro de 2005**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acessado em 05 de out. de 2017.

CORDEIRO, R. B., **Custos e benefícios com o reuso da água em condomínios residenciais: um desenvolvimento sustentável**. Dissertação. PUC. São Paulo – SP, 2009.

GOMES, A. S.; CLAVICO, E. **Propriedades físico-químicas da água**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002. Acessado em 06 de out. de 2017

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/20/TDE-2009-04-22T164624Z-1996/Publico/HAGEMANN,%20SABRINA%20ELICKER.pdf. Acessado em 04 de out. de 2017.

HAFNER, A. V. **Conservação E Reúso De Água Em Edificações – Experiências Nacionais E Internacionais**. Dissertação (Mestrado)- Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed. Minas Gerais, 2010.

MANCUSO, P. C. S. **Tecnologia de reuso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). *Reuso de água*. Barueri, SP: Manole, 2003. Cap. 9, p. 291-338.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br>>. Acesso em 05 de out. de 2017

NETO, J. M. de A. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed., 2005. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/18572713/manual-de-hidraulica-8ed-azevedo-netto>. Acessado em 02 out. 2017

NEVES, M.; BERTOLO, E.; ROSSA, S. **Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos**. In: 1ª Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Portugal, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água, um recurso cada vez ameaçado**. 2008. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf. Acessado em 13 set. 2017

PEREIRA, Q. L.; ANDRADE, P, R, G, S, de. “**Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins não Potáveis na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**”. In: XX Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, 2013.

PEREIRA, R. P.; PASQUALETTO, A.; MINAMI, M. Y. M. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura**. Goiânia, 2008.

SHAMMAS, Nazih; WANG, Lawrence. **Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos**. 3ª ed. 2013.

SILVA, V. N.; DOMINGOS, P. **Capacitação e manejo de água da chuva**. Saúde e Ambiente em Revista, Duque de Caxias, v. 2, n. 1, p. 68-76. 2007.

SOECO/MG. **Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva**, 2004. Disponível em: <http://soecomg.hpg.ig.com.br/agua.html>. Acesso em 28 de setembro de 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Oceania, v. 65, n. 4, p. 268, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007. Acessado em 17 set. 2017.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02>. Acessado em 18 set. 2017

UNIAGUA – Disponível em: Site da Universidade da Água <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.html>. Acessado em 17 set. 2017

ANEXOS