

DIMENSIONAMENTO DE UM RESERVATÓRIO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM UM GINÁSIO POLIESPORTIVO NA CIDADE DE NATAL-RN.

Alice da Silveira¹
Elaine Gurgel Andrade²
Tamara Ferreira Araújo³

RESUMO: A escassez da água em decorrência do crescimento demográfico e do mau uso tornou-se um problema a nível mundial. Diferentes alternativas têm sido usadas para amenizar essa situação, dentre elas, pode se citar o reuso de águas servidas e o aproveitamento de águas pluviais. Esta pesquisa tem como objetivo dimensionar um reservatório de água pluvial, para a utilização em um ginásio poliesportivo, do Centro Universitário Facex, no município de Natal. O dimensionamento foi baseado na NBR 15527/2007 - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Para tal, foram realizados levantamentos de dados sobre os índices pluviométricos, a área de captação e a demanda requerida para a água armazenada. Os resultados mostraram que é possível captar anualmente cerca de 1.915,22 m³ de água da chuva do telhado. A previsão de consumo de água não potável foi de 368,52 m³/ano. E a dimensão do reservatório de água pluvial foi de 600 m³, tornando-se viável o aproveitamento desse recurso hídrico.

Palavras – chave: Água da chuva. Reuso. Reservatório. Desenho.

ABSTRACT: Water shortage due to demographic growth and misuse has become a global-wide issue. Different solutions have been used to alleviate this situation, among them, the reuse of wastewater and the catchment of rainwater. This research has the goal of designing a rainwater reservoir for usage in a multi - sport gymnasium of a University in the municipality of Natal. The design was based on the norm NBR 15527/2007 - Use of rooftops in urban areas for non-potable purposes. For this end, data was collected on the rainfall indexes, the catchment area and the required demand for stored water. The results showed that it is possible to collect approximately 1,915.22 m³ of rainwater from the rooftop annually. The forecast of consumption of non-potable water was 368.52 m³ / year. And the size of the rainwater reservoir was 600 m³, making the use of this hydric resource viable.

Palavras - chave: Rainwater. Reuse. Reservoir. Design.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a manutenção da vida no planeta Terra, pois dispõe de um amplo valor econômico, ambiental e social. É essencial na sobrevivência dos animais racionais e irracionais e de todos os ecossistemas do planeta.

¹ Graduanda do 10º período do curso de Engenharia Civil. E-mail: alicedasilveira@hotmail.com.

² Engenharia civil, especialista em Engenharia de Recursos Hídricos e mestre em Engenharia Sanitária, professora do Centro Universitário UNIFACEX. E-mail: elainenatal@hotmail.com.

³ Graduanda do 10º período do curso de Engenharia Civil. E-mail: tamarafdesouza@hotmail.com.

Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

Ao observar as coisas simples do dia-a-dia, mesmo que seja a descrição de atividades diárias, nota-se a presença constante do uso da água.

Segundo Jaques (2005), a generosidade da natureza fazia crer em inesgotáveis mananciais, abundantes e renováveis. Hoje, o uso irresponsável, aliado à crescente demanda pelo recurso, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta.

O planeta é composto de 97,5% de água salgada e apenas 2,5% de água doce, mas dentre água doce, 69% estão nas calotas polares e em subsolo congelados, 29,5% são os aquíferos e 1,5% são de lagos, rios, plantas, animais, umidade do ar e solo. Com a baixa quantidade de água potável disponível, as populações de todo o planeta sofrem com a escassez, além disso, a irregular distribuição de água no planeta, o que leva a muitas regiões sofrerem com longas secas (MARINOSKI, 2007).

Segundo Marengo et al. (2015), no Brasil a crise hídrica teve destaque em 2014, quando o Sudeste do Brasil foi atingido pela realidade da seca, vivenciada até os dias de hoje pelo Nordeste, mas que tem atingido inclusive outras regiões do país, como Amazonas e o Pantanal que têm sofrido com estiagens duradouras. Sendo assim, o país vem apresentando níveis baixos em seus reservatórios em períodos do ano que costumam estar cheios. Além das causas meteorológicas, especialistas indicam que há outros responsáveis da falta de água, como políticas públicas inadequadas ao controle dos recursos hídricos e também a falta de educação ambiental da população, no qual a junção dessas causas espelha em alta poluição e desperdício de água.

Devido à degradação dos recursos hídricos e à escassez de água em, praticamente, todo o planeta, torna-se necessário o gerenciamento eficiente e a economia destes recursos. Sendo assim, inicia-se a procura por alternativas de abastecimento de água, podendo ser aproveitamento de águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água onde estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, em que propõe o uso dos recursos naturais de modo equilibrado e sem causar prejuízos para as futuras gerações (AGENDA 21, 2001).

A escassez e a má utilização dos recursos hídricos conduziram a ONU a considerar a água o principal tema do Século XXI, e a declarar o ano de 2003 o Ano Internacional da Água Doce.

A água da chuva pode ser utilizada de diferentes formas, uma delas é a captação de águas pluviais, um processo antigo e muito utilizado em regiões áridas e semiáridas como o Nordeste Brasileiro, em que a captação de água da chuva é realizada de modo artesanal, cuja

Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

finalidade pode ser para o consumo humano, por causa da falta de água tratada (GIACCINI, 2006).

O aproveitamento de águas das chuvas é uma opção atrativa, pois além de ser uma alternativa sustentável, diminui a utilização de água potável e dos custos de seu fornecimento, através de sua utilização para fins não potáveis, minimizando, dessa forma, a escassez desse recurso tão indispensável para a vida no planeta.

Com base nas considerações apresentadas, visando a importância vital que a água exerce para a sobrevivência, aliada à preocupação com o desenvolvimento sustentável, essa pesquisa visa propor a coleta, o armazenamento e o aproveitamento de água de chuva em um ginásio poliesportivo, localizado no Centro Universitário Facex, Campus Capim Macio, na cidade de Natal/RN. O aproveitamento da água de chuva captada pode ser utilizado para descargas nos banheiros, limpeza de pátio, jardins e calçadas do ginásio. O objetivo específico é dimensionar um reservatório para captação de águas da chuva, em função dos índices pluviométricos locais e da área de telhado disponível versus demanda requerida para as finalidades elencadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ÁGUA NA NATUREZA

A água é um recurso natural que exerce notável influência sobre todas as formas de vida existentes no planeta. Sem ela, seria impossível estabelecer as condições necessárias para a existência das espécies, bem como garantir as condições essenciais à manutenção da vida humana. É inquestionável a utilidade da água para o homem. Sua presença é um fator determinante para a melhoria de seu bem-estar e o desenvolvimento de suas atividades.

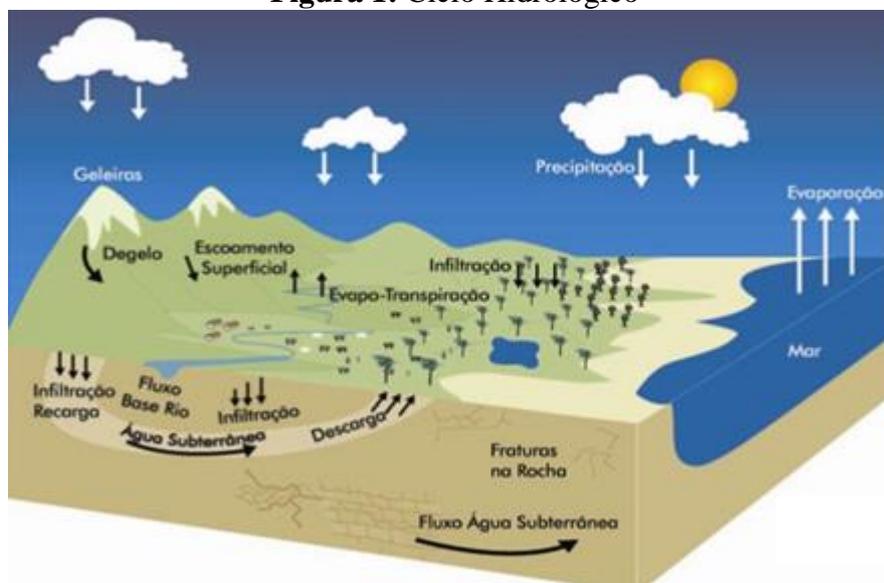
De acordo com Von Sperling (2005), os principais usos da água são: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos.

Desta forma, sabe-se o quanto este recurso natural é essencial à sobrevivência do homem, como também à manutenção dos ecossistemas do planeta Terra.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2017), a água é suprida a partir do ciclo hidrológico, por meio da precipitação que é resultante da evaporação, onde é transferido os volumes de água do estado líquido - oceanos, rios, mares e lagos - para a atmosfera, no qual a água se condensa até precipitar novamente para a Terra, na forma de chuva, neve, *Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

granizo e orvalho. A água regressa aos oceanos através dos fluxos subterrâneos de água ou escoia pelos leitos dos rios, logo, toda água evaporada dos oceanos é devolvida, isso se caracteriza como ciclo hidrológico, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA

O conceito de aproveitamento de água aparentemente é algo novo, porém a utilização das águas das chuvas pelo homem é algo milenário, pois desde a época dos nômades a água é utilizada para produção de alimentos, criação de animais e também para o consumo humano.

Sendo assim, durante o governo de César Justinian (A.C. 527-565) em Istambul na Turquia, foi construído um dos maiores reservatórios do mundo denominado de Yerebatan Sarayi, no qual possuía dimensões de 140 m por 70 m totalizando um volume de 80.000 m³ com o intuito de armazenar água da chuva (GROUP RAINDROPS, 1995). Assim como na ilha de Creta e nas vilas Romana na Europa, entre os períodos de 3000 e 2000 a.C., respectivamente, também se encontram inúmeros reservatórios pressupondo o aproveitamento da água da chuva para o consumo humano e doméstico (GROUP RAINDROPS, 1995).

Segundo Silva et al. (1988), encontram-se verdadeiras obras de arte referente à captação de águas da chuva nas regiões semiáridas do mundo como na Ásia e no Norte da África. Onde estas instalações coletavam e até então estão em atividade, captando água da chuva de telhados ou da superfície da terra e são conduzidas para cisternas.

Atualmente, o aproveitamento da água está além de sua utilização para usos não potáveis, pois podem reduzir os problemas de enchentes nas cidades e ameaças de conflitos sociais, decorrentes da escassez da água em períodos de grandes secas.

No Brasil, o Governo Federal realizou investimentos no Programa Cisternas para o combate à seca, no qual foram construídas cisternas para as famílias de 15 (quinze) estados do Semiárido, da Amazônia e de áreas atingidas pela seca. Assim, cada cisterna para consumo armazena 16 (dezesesseis) mil litros de água, onde esse volume atende uma família de cinco pessoas num período de estiagem de até oito meses. (GOVERNO FEDERAL - INFRAESTRUTURA, PORTAL BRASIL, 2017).

Além disso, construções com conceitos ambientais, de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais foram instalados no estádio João Havelange, conhecido como Engenhão, construído para os jogos Pan-americanos do Rio de Janeiro, em 2007, e o aeroporto Santos Dumont, também localizado no Rio de Janeiro. E demais construções com conceitos ambientais espalhados pelo mundo, estão visando cuidar deste recurso tão precioso.

2.3 LEGISLAÇÃO

Atualmente, a legislação brasileira que está em vigor é a Lei nº 9.433/1997, também conhecida como “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

De acordo com Agência Nacional de Águas (2017), a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Além disso, o instrumento legal prevê que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Inclusive, a lei presume que em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e para a dessedentação de animais.

A respeito das águas pluviais, de acordo com o Capítulo V, artigo 103 do Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, determina que “As Águas Pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”.

Da mesma forma, temos a Associação Brasileira de Normas Técnicas, onde possui um projeto de norma para aproveitamento de água de chuva no Brasil. Assim temos a NBR

15.527/2007, que determina os requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, no qual é estabelecido:

- Calhas e condutores: NBR 10844/1989;
- Devem ser instalados dispositivos de remoção de detritos;
- O dispositivo de descarte, quando existir, deve ser projetado. Na ausência de critérios suficientes, recomenda-se descartar os 2 mm iniciais de chuva;
- Os reservatórios devem conter extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança;
- A retirada de água deve ser realizada próxima à superfície;
- Ao menos uma vez ao ano os reservatórios devem ser limpos com uma solução de hipoclorito de sódio (NBR 5626);
- O sistema de distribuição da água de chuva aproveitada deve ser independente do sistema de água potável.

2.4 COMPORTAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Rio Grande do Norte está inserido na região Nordeste do Brasil, um local onde ocorre pouca incidência de chuvas, decorrente do clima. Os climas áridos e semiáridos são predominantes no Estado e caracterizados por índices pluviométricos baixos (NUNES, 2000). De acordo com BRISTOT et al. (2000), o índice pluviométrico médio anual no Estado é de aproximadamente 823,6 mm, variando nas diferentes localidades do Rio Grande do Norte. Além disso, observa-se que no leste do Estado atingiu-se a maior média anual de precipitação, com 1.246,3 mm, e na região central do Estado a menor média anual de precipitação, com 630,4 mm. No agreste e na região oeste as médias são em torno de 639,1mm e 778,4 mm, respectivamente.

A zona de Convergência Intertropical é o sistema meteorológico causador de chuvas e, além disso, o principal mecanismo para a determinação de onde ocorrem correntes de ar e frentes frias no Nordeste brasileiro (ROUCOU et al., 1996). Enquanto no litoral do Nordeste o clima é quente e úmido, a região semiárida é quente e seca (SILVA, 2004). A região semiárida, por sua vez, é reconhecida pelo baixo regime pluvial e também por longos períodos de estiagem e secas severas (RAO, 1993). Nesta região, a seca causa implicações de inúmeros aspectos, seja na pobreza, na fome, no desemprego rural e nos movimentos migratórios (MARENCO et al., 2015). Conforme BATES et al. (2008), as modificações que

ocorrem nos regimes hidrológicos causam prejuízos em diversas comunidades da região, como salinização da água subterrânea, que pode aumentar com o processo da evapotranspiração. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), declara que o Rio Grande do Norte está entre os três Estados (Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte) que decretaram situação de emergência devido à seca no primeiro semestre de 2016.

No Rio Grande do Norte, a capital, cidade de Natal, situada na região leste do Estado. Nessa região e também no agreste, o período chuvoso é mais extenso, acumulando-se entre os meses de fevereiro a julho (BRISTOT et al., 2000). A capital apresenta um clima tropical, chuvoso e quente, com verões secos (IDEMA, 2017). Além disto, a umidade do mar junto aos Sistemas de Brisas e às Ondas de Leste, garantem significativos volumes de precipitações nessa região. A massa Equatorial Atlântica assegura a pluviosidade da região, principalmente no período de inverno (NUNES, 2000).

Conforme Azevedo (1991), o aproveitamento da água pluvial para o abastecimento público possui precipitações anuais da seguinte forma: baixa (menor que 1.000 mm); razoável (entre 1.000 e 1.500mm) e; excelente (acima de 2.000 mm). Os maiores índices de precipitações, na cidade de Natal, ocorrem no período entre fevereiro a julho (BRISTOT et al., 2000). Sendo assim, as precipitações não são distribuídas ao longo do ano.

De acordo com os dados coletados do EMPARN (2017), os índices de precipitações no período de 2007 a 2016, na cidade de Natal, tiveram média anual de 1.734,8 mm. Essa média aponta que o município possui índice de precipitação anual razoável, ou seja, favorecendo o aproveitamento da água de chuva. Segundo GROUP RAINDROPS (2002), é recomendada a coleta de dados de precipitações em um período de 10 (dez) anos, pois na maior parte das regiões brasileiras, os dados pluviométricos não haviam sido coletados com frequência, ou seja, por mais que haja essa medição, a duração era normalmente baixa.

A determinação da precipitação média de uma superfície faz-se necessário o monitoramento pluviométrico, onde há postos na cidade que realizam a coleta e analisam a precipitação acumulada quatis (quantidade) em milímetros.

O levantamento de quantidade de precipitações será um dos objetivos de avaliação no trabalho.

2.5 CONSUMO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS

O consumo da água, segundo Tomaz (1999), divide-se em uso interno e uso externo. O uso externo destina-se à rega de jardins, espaços verdes e passeios, enquanto o uso interno refere-se a consumos domésticos e outros tipos de consumo. Esse consumo varia com o

Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

tempo e de cidade para cidade. Quando há uma maior incidência de calor aumenta-se a utilização e reduz em dias chuvosos (AZEVEDO et al., 1998).

As Tabelas 1 e 2 apresentam os parâmetros de previsão de consumo de água para fins não potáveis e frequência das peças de utilização.

Tabela 1 – Previsão de Consumo de Água

Discriminação	Unidade	Valores	Fonte
Bacia Sanitária	Litros/descarga	9,0	
Jardins (rega)	Litros/dia/m ²	2,0	Tomaz, 2009
Lavagem de pátios e calçadas	Litros/dia/m ²	2,0	
Mictório	Litros/descarga	2,5	NBR 5626/1998

Fonte: TOMAZ, 2009.

Tabela 2 – Frequências de Utilização

Discriminação	Frequência	Fonte
Bacia Sanitária	2 vezes/dia/pessoa	
Jardins (rega)	2 vezes/semana	Tomaz, 2009
	1 vez/semana	
	1 vez cada 15 dias	
	2 vezes/semana	
Lavagem de pátios e calçadas	1 vez/semana	
	1 vez cada 15 dias	
	2 vezes/dia/pessoa	
Mictório	2 vezes/dia/pessoa	

Fonte: TOMAZ, 2009.

2. 6 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS

A viabilidade do uso da água de chuva é caracterizada pela diminuição na demanda desse recurso fornecido pelas companhias de saneamento, tendo como consequência à diminuição dos custos com água potável. No processo de coleta são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. A primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o desprezo desta primeira água. A água armazenada deverá ser utilizada somente para consumo não potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos, etc.

A possibilidade de implantar um sistema de captação está associada às possíveis situações: alta precipitação anual; problemas no abastecimento de água potável; custo da água potável; restrições impostas pelo poder público devido à impermeabilização (IWANAMI 1985).

Para o projeto de coleta da água da chuva a Agência Nacional de Águas (ANA), estabelece as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);

- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Projeto do reservatório de descarte;
- Projeto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água (demanda);
- Projetos dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.)

De acordo com os critérios da NBR 10844/1989 - Instalações Prediais de Águas Pluviais, para o projeto e a construção das instalações, deve-se atender as mínimas exigências: segurança, higiene, funcionalidade, durabilidade, economia e conforto do usuário.

Sendo assim, para um projeto de águas pluviais os principais elementos de captação da água de chuva são: superfícies coletoras, que podem ser telhados, paredes, coberturas, ou sistemas que interceptem as precipitações; calhas, as quais irão recolher a água que vem das coberturas e telhados; rufos, elementos encaixado na argamassa de paredes ou platibandas os quais dirigem a água para as calhas, evitando-se infiltrações; saídas, são orifícios que permitem a descarga da água contidas nas calhas para os condutores, esses por sua vez são tubulações verticais e horizontais, que conduzem a água ao ponto de armazenagem. Todos os componentes devem ser diferenciados das demais tubulações ou elementos de água potável, como também deve haver dois reservatórios, um para água potável e outro para águas pluviais (NBR 15527/2007).

2.7 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Segundo Andrade (2017), o reservatório caracteriza-se o item mais caro do sistema de captação, logo deve ser dimensionado de maneira ponderada. Esse item afeta diretamente a viabilidade financeira do sistema (TOMAZ, 2001). Para seu dimensionamento são considerados alguns fatores como: o regime de chuva local, área de captação, demanda e o nível de risco aceitável. Desta forma, o nível aceitável de esvaziamento do reservatório ocorre quando se sabe para que a água seja destinada e se há outras fontes de abastecimento na região (COHIM et al., 2008).

Sendo assim, de acordo com Cohim et al. (2008), em regiões urbanas a utilização da água de chuva deve funcionar como uma fonte complementar para o abastecimento, onde será utilizada em período de chuvas. No entanto, permite o abastecimento pela concessionária de água durante o período de menor precipitação. Outro fator que também deve-se levar em

conta são os coeficientes de perdas que contemplam o desperdício no descarte para limpeza, filtragem e captação. Para obtenção desses coeficientes, são levados em conta: evaporação ou absorção no momento em que a água é captada, a intensidade pluviométrica de acordo com cada região e o tipo de material que é utilizado na cobertura, como também o descarte da primeira água, onde é retirada a matéria orgânica ou outros resíduos que se encontram na superfície de captação e são carregados pela chuva. Logo para o cálculo do volume de água aproveitável foi usada a Equação 1 (ABNT, 2007):

$$V_{ap} = P \times A \times C \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V_{ap} = volume aproveitável de água pluvial no intervalo de tempo considerado (litros);

P = precipitação pluviométrica da localidade no intervalo de tempo considerado (mm = litros/m²);

A = área de captação (m²);

C_p = coeficiente de aproveitamento de água pluvial ou coeficiente de *Runoff* (adimensional).

O coeficiente de *Runoff* é calculado de acordo com o material da área de captação e da eficiência do sistema de captação, como aponta a Equação 2 (ABNT, 2007).

$$C_p = C \times \eta f_c \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

C_p = coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

ηf_c = eficiência do sistema de captação, levando-se em conta o descarte dos dispositivos instalados no sistema e o desvio de escoamento inicial (adimensional).

Além disso, para o cálculo do volume aproveitável de chuva, deve-se adotar um valor para o coeficiente de *Runoff* (c), com base na superfície de captação, que para telhados considera-se o coeficiente de 0,7 a 0,95 ou o tipo de telhado utilizado na área de captação (Tabela 3) (TOMAZ, 2003).

Tabela 3 – Coeficientes de *Runoff* médios (C), de acordo com o material.

Material	C
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas metálicas	0,7 a 0,8

Fonte: TOMAZ, 2003.

A norma NBR 15527/2007 observa que a água não aproveitável deve ser lançada nas redes de galeria de águas pluviais, tendo que ser infiltrada total ou parcialmente, ou veiculada

Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

para as vias públicas. Então para calcular o volume do reservatório devem ser utilizados critérios técnicos ambientais e econômicos, podendo ser utilizado à escolha do projetista, considerando a boa prática da engenharia, os métodos contidos na NBR 15527/2007, desde que a escolha seja justificada.

Além disso, a norma apresenta seis diferentes métodos para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, porém para o presente trabalho será tratado apenas do Método Azevedo Netto, pois nesse estudo, leva-se em consideração os períodos de chuva e de seca, logo, tratando-se de uma região onde não ocorre chuvas regulares. Por isso, Schervier *et. al.* (2009), diz respeito que nessas regiões devem-se adotar métodos para superdimensionamento do reservatório, uma vez que a água coletada nos períodos de chuva deve suprir a demanda nos períodos secos.

No método de Azevedo Netto ou também conhecido como *Método Prático Brasileiro*, o volume do reservatório é calculado pela expressão apresentada na Equação 3:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

V = volume de água no reservatório, ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P = precipitação média anual (mm);

A = área de captação em projeção no terreno (m²) e

T = número de meses de pouca chuva ou seca.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho de pesquisa ocorreu no município de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, em um ginásio poliesportivo do Centro Universitário Unifacex, localizado no bairro de Capim Macio.

Para os dados de quantidade de precipitações foram usados dados empíricos, que são as médias mensais de água precipitada do ano de 2007 até 2016. Esses dados foram coletados através da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2017), por meio do posto Natal – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (NATAL-UFRN), o qual é o posto mais próximo do local da pesquisa. Além disso, com os dados coletados montou-se uma planilha com o uso do Microsoft Office Excel.

Posteriormente, para a obtenção dos dados de consumo *per capita* em um ginásio poliesportivo, foram realizadas pesquisas bibliográficas, avaliação da planta baixa preliminar

da edificação, e visitas ao local, para verificação de quantidade de peças de utilização. Na visita observaram-se as peças de utilização apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise quantitativa das peças de utilização do ginásio.

Banheiros	Vaso Sanitário	Mictório
Masculino	1	1
Feminino	2	-
Colaboradores	1	-

Fonte: Autoria própria, 2018.

Vale ressaltar que só foi realizado o levantamento dos aparelhos sanitários, e será proposto a instalação de uma torneira na área externa, para uso de irrigação, pois o objetivo do trabalho é de utilizar a água de chuva para fins não potáveis.

Além disso, foi executado o levantamento da rotatividade de alunos por dia, com o intuito de estimar a quantidade de água consumida por aluno/dia apenas nos aparelhos sanitários, com a proposta de economizar água potável para esse fim. Portanto, serão adotados por segurança o maior consumo de água para as peças de utilização, que será de 9 litros/descarga, e para frequência de utilização será usado 1 descarga/pessoa.

Para as tarefas de irrigação do jardim e lavagem do pátio e calçadas, serão adotados os parâmetros de consumo de água de 2 litros/dia/m², com frequência de 1 vez/semana para ambos serviços. Esses dados adotados de parâmetros de consumo de água e frequência foram obtidos por meio da NBR 5626/1998 – Instalações Prediais de água fria, e o livro do autor Plínio Tomaz (2009) - Aproveitamento de Água de Chuva Em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, apresentam-se os resultados do dimensionamento do reservatório de água pluvial, calculado através do método de Azevedo Neto. Por meio dos dados apresentados nas tabelas abaixo. A Tabela 5 expressa os resultados da quantidade mensal de precipitações acumulada, dentro de um período de 10 anos.

Tabela 5 – Análise Precipitação Acumulada por mês (Quantis), 2007 – 2016.

Mês	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	μ mensal
Janeiro	86,3	69,4	162,1	71,3	326,1	76,5	20,2	79	30,2	151,6	107,27
Fevereiro	65,9	22,4	245,7	81,4	76,5	110,7	59,8	52,1	77,7	71,9	86,41
Março	245,4	270,9	220,6	69,9	146,7	148,2	35,1	262,1	324	152,5	189,03
Abril	260,3	409,2	364,3	191	368,3	60,7	177,6	81,9	156,1	166,4	222,09
Mai	120,9	212	372,3	262,7	413	18,3	254,9	191	60,9	207,9	227,09
Junho	560,4	538	304,5	153,9	445,4	302,1	399,1	538,5	301,2	156,3	369,94
Julho	191,8	473,1	347,9	150,5	170,4	234,9	430,6	231,1	316,5	38,6	258,54

Agosto	95,8	401,1	229,2	95,3	118	63,4	242	89,7	43,1	68,6	144,62
Setembro	46,2	37,8	76,7	40,3	33,3	40,7	200	149	24,4	42,2	69,06
Outubro	20,2	31,8	1	8,2	20,8	18,4	11,1	30,7	6,6	22,7	17,15
Novembro	45,2	9,5	6,7	13,2	44	0,7	6,5	24,8	0,4	19	17
Dezembro	16	0,4	9,5	54,7	0	1,4	9,8	23,9	67,2	74,1	25,7
μ Anual (mm)	1754,4	2475,6	2340,5	1192,4	2162,5	1242,0	1846,7	1753,8	1408,3	1171,8	1734,8

Fonte: EMPARN, (2007 – 2016).

Nota-se que dentro do período estudado, os meses de junho e julho, apresentaram a maior média de chuvas. Em compensação, nos meses de outubro, novembro e dezembro apresentaram as menores médias sem precipitações. Pela análise dos dados observou-se que há uma má distribuição de chuva ao longo do ano. No estudo foi considerado mês com poucas chuvas, aquele que possui valores igual ou inferior a 80% do valor da média anual de precipitação pois não foi encontrado parâmetros normativos para definir os meses com pouca chuva ou seca. Na equação 4, obtemos o valor de precipitação mensal média, através da divisão da somatória das precipitações médias anuais pelo número de meses equivalente a um ano.

$$\text{Precipitação mensal média} = \frac{\Sigma_{\text{média anual}}}{\text{número de meses}} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\text{Precipitação mensal média} = \frac{1734,8}{12} = 144,57 \text{ mm}$$

Desta forma, 80% do valor das precipitações mensais médias, resultam em uma precipitação de 115,66 mm, logo nota-se que o município possui os meses de janeiro, fevereiro e setembro a dezembro com pouca ocorrência de chuvas.

5.1 VOLUME PLUVIOMÉTRICO APROVEITÁVEL

Para o cálculo do volume aproveitável de chuva, foi considerado o coeficiente de *Runoff* (c) de 0,8 de acordo com a Tabela 3, pois as telhas do ginásio são metálicas, em seguida calculou-se o volume de água aproveitável utilizando a Equação 1, e os dados das médias mensais (Tabela 5).

Dados:

P = média mensal

A = 1380 m²

C_p = 0,80

Resolução:

$$V_{\text{ap}} = P \times A \times C_p \quad (\text{Equação 1})$$

Desta forma, de acordo com a Tabela 6, verificou-se que o volume total de precipitações possibilita que o telhado do ginásio possa captar um volume de água maior que 1.900 m³ por ano.

Tabela 6 - Volumes de chuva aproveitáveis do ginásio poliesportivo.

Meses	P (mm/mês)	V _{ap} (m ³ /mês)
Janeiro	107,27	118,43
Fevereiro	86,41	95,4
Março	189,03	208,69
Abril	222,09	245,19
Mai	227,99	251,7
Junho	369,94	408,41
Julho	258,54	285,43
Agosto	144,62	159,66
Setembro	69,06	76,24
Outubro	17,15	18,93
Novembro	17	18,77
Dezembro	25,7	28,37
Volume total (m³/ano)		1.915,22

Fonte: Autoria própria, 2018.

5.2 PREVISÃO DO CONSUMO NÃO POTÁVEL DE ÁGUA

A Tabela 7 apresenta os valores aproximados da rotatividade de pessoas semanalmente no ginásio, dados obtidos junto com a secretaria do Ginásio.

Tabela 7 – Número de pessoas que semanalmente utilizam o ginásio poliesportivo.

	Discriminação	Nº de pessoas
Colégio	Alunos	117
	Equipe de esportes	227
	Pais	60
Faculdade	Vôlei	13
	Futsal	14
Alunos do curso de educação física		150
Total Semanal		581

Fonte: Secretaria do Ginásio Poliesportivo Unifacex, 2018.

Através dos valores obtidos da Tabela 7, foi calculado o consumo anual das descargas sanitárias, os valores de irrigação do jardim e as lavagens do pátio e calçadas foram calculados em função da área, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Consumo específico de água em jardins, lavagem de pátios e calçadas

Consumo em função da área			
Local	Área (m²)	Consumo (m³/mês)	Consumo (m³/ano)
Jardins (rega)	109,35	0,87	10,44
Lavagem do pátio	938,2	7,51	90,12
Lavagem de calçadas	175,95	1,41	16,92
TOTAL		9,79	117,48

Fonte: Autoria própria, 2018.

A Tabela 9 apresenta o número de pessoas que utilizam o ginásio poliesportivo mensalmente, considerando uma descarga por pessoa e uma rotatividade de 581 pessoas por semana, obtendo um valor mensal de 2.324 pessoas por mês, sendo assim o valor de descargas utilizadas mensalmente é de 20,92 m³/mês, totalizando em 251 m³/ano de descargas utilizadas no prédio no período de um ano.

Tabela 9 – Consumo não potável para descargas.

Consumo em função do número de pessoas		
Pessoas	m³/mês	m³/ano
2.324	20,92	251

Fonte: Autoria própria, 2018.

5.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Conforme a Equação 3, foi realizado o cálculo do dimensionamento do reservatório de acordo com o método Azevedo Neto.

Dados:

$$P = 1.734,8 \text{ mm}$$

$$A = 1380 \text{ m}^2$$

$$T = 6 \text{ meses}$$

Resolução:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Equação 3})$$

$$V = 0,042 \times 1.734,8 \times 1380 \times 6$$

$$V = 603.294,048 \text{ L ou } V = 603,29 \text{ m}^3$$

De acordo com os dados apresentados anteriormente, nota-se que o dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Neto de $603,29\text{m}^3$, é suficiente para assegurar a demanda de água não potável que o ginásio necessita.

A Tabela 10 fornece os dados de volume acumulado de água precipitada ao longo de um ano. Na segunda coluna são apresentados os dados obtidos na Tabela 6, a terceira coluna é o consumo total, onde foi somado o consumo em função do número de pessoa de $20,92\text{ m}^3/\text{mês}$ (Tabela 9) com o consumo função da área de $9,79\text{ m}^3/\text{mês}$ (Tabela 8) totalizando em $30,71\text{ m}^3/\text{mês}$. Na quarta coluna, foi realizada a diferença entre o volume de chuva aproveitável (coluna 2) e o volume consumido (coluna 3), o resultado, corresponde a sobra. Verificou-se que havia sobras de água pluvial, exceto nos meses de outubro, novembro e dezembro onde o V_{ap} não supre a demanda de consumo mensal. A última coluna demonstra o volume acumulado ao longo dos meses, onde as sobras de V_{ap} - consumo estão sendo somadas, acumulando volume.

Tabela 10 – Volume acumulado mensal acumulado em m^3

Mês	Volume de chuva aproveitável (V_{ap}) ($\text{m}^3/\text{mês}$)	Consumo ($\text{m}^3/\text{mês}$)	V_{ap} - consumo	Volume acumulado (m^3)
Janeiro	118,43	30,71	87,72	87,72
Fevereiro	95,4	30,71	64,69	152,41
Março	208,69	30,71	177,98	330,39
Abril	245,19	30,71	214,48	544,87
Maio	251,7	30,71	220,99	765,86
Junho	408,41	30,71	377,7	1.143,56
Julho	285,43	30,71	254,72	1,398,28
Agosto	159,66	30,71	128,95	1,527,23
Setembro	76,24	30,71	45,53	1,572,76
Outubro	18,93	30,71	-11,78	1.560,98
Novembro	18,77	30,71	-11,94	1.549,04
Dezembro	28,37	30,71	-2,34	1.546,7
Total	1.915,22	368,52	1.546,7	1.546,7

Fonte: Autoria própria, 2018.

Inicialmente, considerou o reservatório vazio no mês de janeiro. Pode-se observar que os meses de outubro, novembro e dezembro, a quantidade de volume de chuva aproveitável não é o suficiente para suprir a demanda de consumo mensal, mas em decorrência do acúmulo de água dos meses anteriores, consegue satisfazer a demanda destes meses, conseqüentemente não sendo necessário o consumo de água da concessionária.

Por questões de reduzir custos e falta de disponibilidade de área para a localização do reservatório, a construção de um reservatório de 600 m³ é o suficiente para suprir a demanda de água não potável que o ginásio exige.

Desta forma, o aproveitamento de água da chuva no ginásio poliesportivo, em termos de disponibilidade de água para aproveitamento, torna-se viável. Posteriormente, pode-se fazer uma pesquisa sobre a viabilidade econômica da implementação do reservatório, além disso, pode-se fazer uma pesquisa sobre a qualidade da água precipitada.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social – IPARDES, 2001, 260p.

ANDRADE, Vanessa Helena de. **Ferramenta gráfica para o dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso na região norte de Rondônia**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2249>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

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

_____. **NBR 5626: Instalações Prediais de Água Fria**. Rio de Janeiro. 1998.

_____. **NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

AZEVEDO NETO, J.M., **Aproveitamento de Águas de chuva para Abastecimento**, BIO Ano III, No. 2, p 44-48, ABES, Rio de Janeiro, 1991

AZEVEDO NETO, J.M.de et al., **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo – Brasil: Edgard Blucher LTDA, 1998. 669 p.

BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S. & PALUTIKOF, J.P. **Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, IPCC Secretariat, Geneva. 2008. 210 p.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Dispõe sobre o Código de Águas**. Rio de Janeiro, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 16 jun. 2017.

_____. GOVERNO FEDERAL – INFRAESTRUTURA. PORTAL BRASIL. **Governo anuncia investimentos para combater a seca**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/12/governo-anuncia-investimentos-para-combater-a-seca>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Lei das Águas**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/legislacao.aspx>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Órgão Central. **Ciclo Hidrológico: Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BRISTOT, G.; JOSÉ, P.; SANTOS, M. F. **As condições da pluviometria no Estado do Rio Grande do Norte e as consequências da estiagem na produção de feijão neste Estado**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. A meteorologia Brasileira Além do Ano 2000, 2000. v. 1. p. 68-72. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-172d3d5cad24e65aae70fd7d2a0425e3.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017.

COHIM, E; Garcia, A. P. A; Kiperstok, A. **Captação e Aproveitamento de Água de Chuva: Dimensionamento de Reservatórios**. In: _____. **Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2008, Bahia.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. (EMPARN). (Rio Grande do Norte). **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <<http://187.61.173.26/monitoramento/monitoramento.php>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

GIACCHINI, MARGOLAINE. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 145 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Área de Concentração em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/tccs/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

GIACCHINI, Margolaine ; FILHO, Alceu Gomes de Andrade. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais**. 2006. 8 f. Artigo (II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/XUyMqj>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. MakotoMurase(Org.). Tradução: MassatoKobiama; Cláudio TsuyoshiUshiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo AmamizuRiyo. Curitiba: Organic Trading, 2002, 196p.

GROUP RAINDROPS. **Rainwater and you: 100 ways to use rainwater**. GroupRaindrops, Tóquio, 1995.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA. Governo do estado do Rio Grande do Norte. **Perfil do seu município Natal 2013**. 2013. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016677.PDF>>. Acesso em: 31 ago. 2017

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Órgão Específico Singular. **Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/trabalho_tecnico_02-2017.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2017.

IWANAMI, H. **Rainwater utilization systems in building**. 1985 CIB W62 Symposium water supply and drainage for building, Tokyo. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB18468.pdf>> Acesso em: 20 set. 2017.

JAQUES, Reginaldo Campolino. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102 p. Dissertação (Título de Mestre em Engenharia Ambiental.) - Universidade Federal de Santa

Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX. v. 16, n. 2, 2018. ISSN: 2237 – 8685. Paper avaliado pelo sistema *blind review*, recebido em 01 de Maio de 2018; aprovado em 11 de Junho de 2018.

- Catarina, Santa Catarina, 2005. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/04campolino.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.
- MARENGO, José A. et al. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, São Paulo, Julho. 2015. dossiê crise hídrica, p. 33. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101>>. Acesso em: 21 ago. 2017.
- MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis- SC**. 2007. 118 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil (Engenheiro Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/WQBZYt>>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- NUNES, Elias. **O meio ambiente da grande Natal**. 2000. ed. Natal/RN: Imagem Gráfica e Editora Ltda., 2000. 120 p.
- RAO. V. B.; LIMA, M.; FRANCHITO, S. H. **Seazonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil**. Journal of Climate, n. 6, p. 1754-1763, 1993.
- ROUCOU, P.; ARAGÃO, J. O. R.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. **Vertical Motion Changes Related To Northeast Brazil Rainfall Variability: A GCM Simulation**. International Journal of Climatology, v.16, p.879-891, 1996.
- SCHERVIER DE HEBERSO, Arthur; ARAÚJO MARCÓRIO, Isabela; ZANELATI RIBEIRO, Rafael. **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**. 2009. 48 p. Artigo (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/yJCL1k>>. Acesso em: 14 set. 2017.
- SILVA, A.S.; BRITO, L.T. L, ROCHA, H.M. **Captação de água da chuva no semiárido brasileiro: Cisternas rurais II Água para Consumo Humano**. Petrolina, PE, EMBRAPACPATSA/MINTER-SUDENE, 80 p, 1988.
- SPERLING, Marcos Von. **Consumo de água típico de alguns estabelecimentos institucionais**. In: VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. cap. 2, p. 53-75. v.1. Disponível em: <<https://goo.gl/NebGRG>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Navegar. São Paulo, 2003, 180 p.
- TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências**. Editora Navegar. São Paulo, 2001, 112 p.
- TOMAZ, Plínio. **Previsão de Consumo de Água: Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos**. Editora Navegar, São Paulo, 1999.
- _____. **Previsão de Consumo de Água Não Potável**. In: _____ Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. [S.l.: s.n.], 2009. cap. 3, p. 3-1-3-10. v. 1. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.