

I-374 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL E SUA REUTILIZAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS NO MUNICÍPIO DE BELÉM (PA)

Victor Kenji Kawakami Nagano⁽¹⁾

Graduando 10º Semestre de Engenharia Ambiental, pela Faculdade Estácio de Belém.

Angely Baltazar de Moraes Coutinho⁽²⁾

Graduando 10º Semestre de Engenharia Ambiental, pela Faculdade Estácio de Belém.

Helenice Quadros de Menezes⁽³⁾

Graduação em Engenharia Sanitária, pela Universidade Federal do Pará (UFPA); Mestre em Geologia e Geoquímica, pelo Instituto de Geociências da UFPA; Professora da Faculdade Estácio de Belém

Endereço⁽¹⁾: Av. Gov. José Malcher, 1148 - Nazaré - Belém - PA - CEP: 66055-260 - Brasil - Tel: +55 (91) 4005-5406 - e-mail: kenji.nagano@hotmail.com.

RESUMO

Apontando dados acerca da disponibilidade hídrica que evidenciam o aumento da demanda de água nos últimos anos e problematizando a teoria dessa demanda que continua aumentando os usos consuntivos pelo crescimento populacional no mundo, no Brasil e em Belém. Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis. A metodologia utilizada constitui-se de: estudo pluviométrico do local a fim de se observar a viabilidade do sistema; pesquisa de responsabilidades legais e técnicas para orientação de qualidade, estrutura e dimensionamento; construção do sistema de captação com filtro e descarte inicial automático; análise da qualidade da água adquirida através dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (coliformes totais e termotolerantes, cor, turbidez, pH); armazenamento e tratamento da água captada. Os resultados obtidos foram satisfatórios, o estudo da pluviometria demonstrou a viabilidade do sistema e seguiu-se para a construção do mesmo. Orientando-se pelas normas para a construção do sistema foi possível observar seu funcionamento em condição real.

PALAVRAS-CHAVE: Água, Sistema de Captação, Pluvial, Reuso, Fins Não Potáveis.

1. INTRODUÇÃO

A demanda crescente e a complexidade da gestão da água têm envolvido distintos setores da sociedade, incluindo acadêmicos, políticos, articuladores das classes sociais, organizações e demais usuários potenciais dos recursos naturais. A integração desse e outros atores são de fundamental importância na busca de tecnologias, métodos e políticas a serem implementadas no processo de uso sustentável da água, com menores riscos de comprometimentos futuros (GHEYI *et al.*, 2012). Alternativa viável que possa suprir ou amenizar a demanda da população para fins não potáveis é o aproveitamento da água pluvial, sendo um recurso natural, podendo atender todas as regiões. A água possui, normalmente, uma variedade muito grande de impurezas. São estas, por sua qualidade e quantidade, que estabelecem as características físicas, químicas e biológicas da água. (SILVA, [20—?]).

A água coletada, proveniente da chuva, pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, sistema de irrigação, lavagens (de roupas, de pisos, de máquinas, de automóveis, etc.) e até para consumo como água potável, desde que o tratamento para o devido fim seja adequado (TOMAZ, 2010).

Através de um sistema de captação da água pluvial, abre-se a possibilidade a redução do consumo de água potável, mitigando a questão dos racionamentos de água quando a distribuição for interrompida, do desconforto de receber água encanada com coloração duvidosa, entre outras (CARVALHO, 2010).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta para elaboração de um sistema de captação da água pluvial no município de Belém, no estado do Pará. Constituído por um sistema de descarte automático, utilizando a água armazenada para fins não potáveis, promovendo a conscientização e a racionalização do uso da água fornecida pela rede pública e a diminuição dos gastos e consumos de água potável.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a elaboração de um sistema de coleta de água pluvial para reuso não potável.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O projeto em questão tem como intuito atingir os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a qualidade da água adquirida;
- Suprir necessidades quando houver interrupção no fornecimento de água;
- Reduzir o consumo e desperdício da água potável;
- Economia nas contas de fornecimento de água.
- Analisar e compreender o comportamento do regime pluviométrico anual e mensal na região.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Belém, localizado no estado do Pará, com área territorial de 1.059 km², está localizado a 01°23'6 latitude sul e 048°29'5 longitude oeste. Considerada a segunda cidade mais populosa da região norte, com 1.446.042 habitantes (IBGE, 2016).

O clima da região é caracterizado como quente e úmido (clima equatorial) e sofre influência direta da floresta Amazônica, fazendo com que as chuvas sejam frequentes, com alto índice pluviométrico.

Belém se caracteriza ainda por apresentar temperaturas sempre altas, forte convecção, ar instável e alta umidade do ar. As temperaturas altas estão associadas ao elevado potencial de radiação solar incidente, embora grande parte da energia seja convertida em calor latente de evaporação e outra parte convertida em calor sensível que é destinado ao aquecimento do ar. A forte convecção, a instabilidade e a alta umidade do ar favorecem a formação de nuvens convectivas, dando origem a uma grande incidência de precipitação na forma de pancadas, principalmente à tarde, situação característica de regime de chuva do tipo continental (BATISTA apud. MEIDEIROS, 2015).



Figura 1: Mapa da cidade de Belém.

3.4.1. Área de Contribuição

A área de contribuição é a superfície que fará a interceptação da água precipitada. É aqui que se inicia a primeira etapa do sistema de captação. Essa água interceptada escorrerá até a calha. A área de contribuição do projeto foi encontrada multiplicando o comprimento e largura do telhado:

$$\text{Área de contribuição} = 6,50\text{m} \times 2,50\text{m} = 16,25\text{m}^2 \quad \text{Equação (1)}$$

3.4.2. Calha

A calha é utilizada para conduzir a água interceptada até o tubo condutor.

3.4.3. Tubo Condutor

O tubo condutor terá funções importantes no projeto, pois é onde haverá a filtração da água e levará a água para dois destinos: sistema de descarte ou reservatório. Esses destinos estão separados por um tê 90°.

Foi optado por diminuir o diâmetro nominal (DN) do tubo de DN 100 para DN 50 utilizando uma peça de redução concêntrica DN 100x50. Desse modo, todo o sistema foi feito com peças de DN 50 bem como o tipo de material escolhido foi o PVC. A escolha do DN é opcional, podendo depender das condições do ambiente e do tamanho da área de captação.

3.4.4. Filtro

O sistema de filtro serve para impedir a passagem de materiais grosseiros como folhas, penas, insetos, entre outros, que possam acabar indo para o reservatório, comprometendo a água armazenada.

Por não existir peça própria, foi necessário realizar a montagem desse filtro. Sendo assim, este consiste em encaixar um pedaço de tubo dentro de outro de mesmo DN com uma tela de filtro entre eles. O encaixe foi feito esquentando uma das pontas do pedaço de tubo a uma certa distância do fogo (a queima do PVC libera substâncias poluentes e tóxicas), pois a temperatura faz com que o material fique maleável, permitindo o encaixe do outro tubo. Também é feito esse mesmo processo na outra ponta para poder conectar-se ao sistema. Após isso, é feito uma abertura neste pedaço para a saída do material filtrado. No outro pedaço de tubo foi feito um corte diagonal para que o material grosseiro saia com a força da água, evitando o acúmulo e entupimento do sistema. E então, pega-se a tela, colocando-a na ponta do tubo cortado diagonalmente e encaixando-o no outro.

3.4.5. Tê 90°

A água passando pelo filtro segue até este conector, através do tubo condutor ou tubo de queda, onde se encontra o sistema de descarte na posição vertical e o caminho para o reservatório na posição horizontal.

3.4.6. Sistema de Descarte

O sistema de descarte é uma extensão do tubo condutor de aproximadamente 1m de comprimento (variando de acordo com as dimensões do projeto) fechado por uma tampa de PVC. Nesta tampa há um pequeno orifício que fará a vazão da água inicial. Esta vazão não pode ser grande pois a passagem de água para o reservatório começará quando este sistema de descarte encher, assim como a vazão não pode ser pequena pois pode ocorrer a mistura das primeiras águas com a que será armazenada. A saída de água sofrerá as ações das pressões atmosféricas e de coluna d'água, automatizando o processo.

A finalidade deste sistema é descartar as primeiras águas de chuvas fortes que carregam resíduos e sujeira do ambiente e também descartar águas de chuvas fracas pois estas não limpam bem o ambiente. A ABNT NBR 15.527 recomenda o descarte de 2mm da precipitação inicial. Como a vazão de saída deste sistema é menor que a vazão de entrada de água, propositalmente ele irá começar a encher, deixando a água mais suja na parte inferior sendo descartada e a mais limpa na parte superior que irá transbordar para o reservatório.

3.4.7. Reservatório

O reservatório é onde será armazenado a água mais limpa da chuva. O dimensionamento foi feito a partir do método empírico inglês, presente, entre outros métodos de dimensionamento do reservatório, na ABNT NBR 15.527 pela seguinte fórmula:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

- V representa o volume de água aproveitável e de água da cisterna, em litros (L);
- P representa a precipitação média anual, em milímetros (mm);
- A representa a área de contribuição do sistema, em metros quadrados (m²).

Sendo assim, utilizando a precipitação média anual de 2015 fornecida pelo INMET, sendo esta a mais recente, e a área de contribuição do projeto, temos:

$$V = 0,05 \times 274,67\text{mm} \times 16,25\text{m}^2 = 223,1\text{L} \quad \text{Equação (3)}$$

Feito o cálculo, estimou-se que o volume aproveitável para o sistema em questão é em torno de 223,1L. Deste modo, foi escolhido como reservatório uma bombona que suporta 200L. No caso do reservatório se encontrar cheio, há um mecanismo na parte lateral superior para extravasar o excesso. Este extravasador contém uma tela (a mesma utilizada no filtro) para impedir a entrada de insetos ou de qualquer animal que possa adentrar pelo orifício.

3.4.8. Parâmetros analisados

Segundo a norma ABNT NBR 15.527, os parâmetros analisados foram coliformes totais e termotolerantes, turbidez, cor aparente, pH e cloro residual (este último para o processo de desinfecção no reservatório). Foram realizadas análises de três amostras distintas de água, sendo as duas primeiras da mesma chuva, porém uma foi coletada no início da chuva e outra coletada pouco tempo após o início, a fim de comprovar a eficiência do descarte inicial e a terceira feita para observar a qualidade da água armazenada no reservatório com adição de cloro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as médias pluviométricas anuais (Figura 3) é possível perceber um comportamento estável sem muitas variações, apresentando mínima em 2010 e máxima em 2013 neste período. As médias pluviométricas mensais de 2016 (Figura 4) apresentaram algumas variações nos meses 2, 3, 6 e 12 (que choveram mais) e 9 (que choveu menos), quando comparados com a normais climatológicas 61-90. Dessa forma, é possível identificar que durante o primeiro semestre é o período em que há maior ocorrência de chuvas e no segundo semestre é o período em que há menor ocorrência de chuvas.

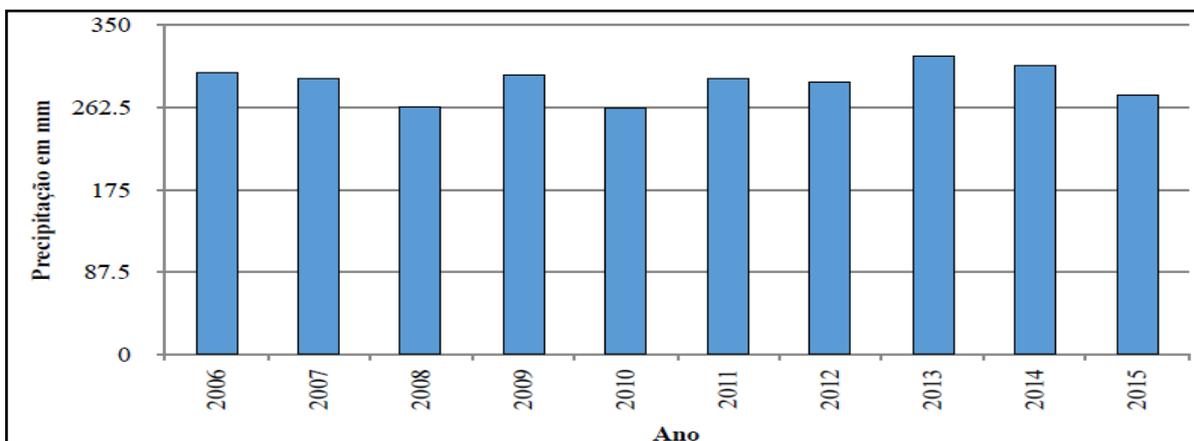


Figura 3: Média pluviométrica de 2006 a 2015.

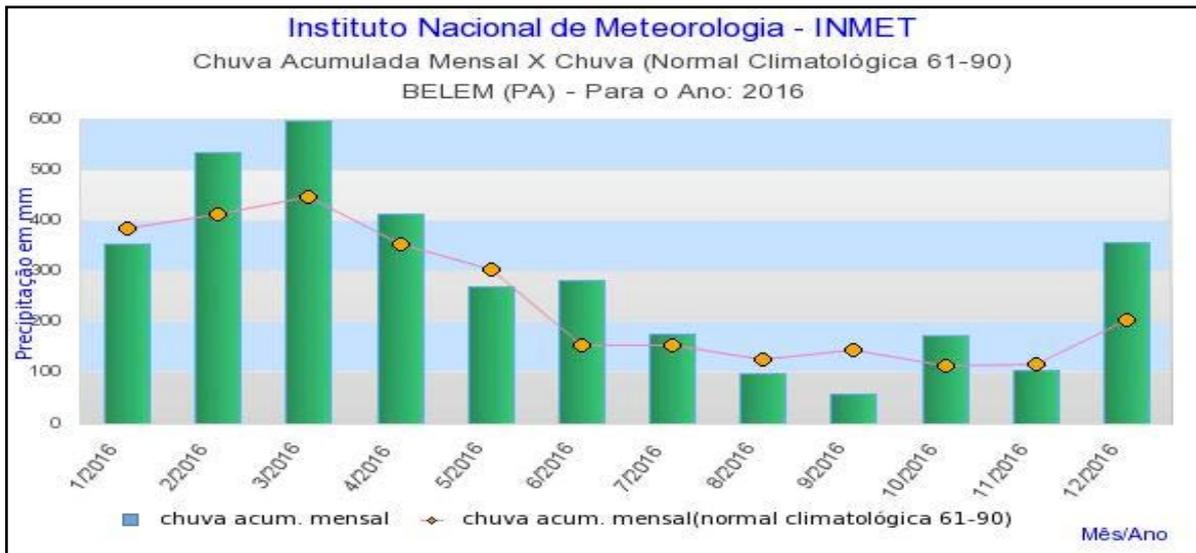


Figura 4: Média mensal do ano de 2016.

Feito as análises dos gráficos, é possível afirmar que o local apresenta grande ocorrência de chuvas de alto nível pluviométrico, viabilizando o projeto.



Figura 5: Sistema de captação.



Figura 6: Filtro.



Figura 7: Sistema de descarte.



Figura 8: Reservatório

Com os resultados (Figura 9) das duas primeiras análises é possível afirmar a importância do descarte inicial, observando uma diminuição significativa nos parâmetros como cor e turbidez de quase 30% e 20% respectivamente. Quanto aos outros parâmetros, em coliformes o resultado "ausente" é um bom indicador e o pH indica que a água é levemente ácida, característica comum às águas pluviais, e, por se encontrar muito próximo do padrão, foi optado por não realizar a sua correção. Na terceira análise não foi realizada a análise de coliformes por não constarem nas análises anteriores, considerando que nesta também haveria ausência. Esta análise indicou valores anômalos para cor e turbidez, levantando a hipótese de que haveriam resíduos no reservatório que interferissem no resultado. Nesta é possível observar o aumento do pH até um valor levemente básico decorrente da adição de água sanitária, de pH 12,17 a 21,6°C, para o processo de desinfecção, pois a água sanitária contém cloro, e que agora se encontra dentro do padrão da ABNT NBR 15.527, bem como a quantidade de cloro.

Parâmetros	Análise sem descarte	Análise com descarte	Análise clorada	Padrões ABNT NBR 15.527
Col. totais (NMP)	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL	—	Ausência em 100 mL
Col. termotolerantes (NMP)	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL	—	Ausência em 100 mL
Cloro residual (mg/L)	—	—	0,7 mg/L	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez (uT)	2,36 uT	1,95 uT	13,66 uT	<2,0 uT a <5,0 uT
Cor aparente (uH)	39 uH	28 uH	126 uH	<15 uH
pH	5,65 a 13,6°	5,63 a 13,4°C	7,90 a 24,1°C	6,0 ~ 8,0

Figura 9: Resultados das análises realizadas.

Ao que se refere a questão econômica, ela é variável, pois depende da quantidade a ser armazenada e utilizada. Neste estudo, como foi escolhido um reservatório de 200L, pode-se ter a noção de economia multiplicando-se o volume do reservatório e a taxa cobrada pela companhia de saneamento, no caso, a COSANPA (Figura 10).

Categoria	Faixa de consumo (m³)	Valor da água (P/m³)	Valor do esgoto (P/m³)	Economia da água (P/200L)	Economia do esgoto (P/m³)
Residencial	0-10	1,68	1,01	0,34	0,20
	11-20	2,40	1,44	0,48	0,29
	21-30	3,22	1,93	0,64	0,39
	31-40	3,62	2,17	0,72	0,43
	41-50	5,02	3,01	1,00	0,60
	> 50	6,52	3,91	1,30	0,78
Comercial	0-10	5,02	3,01	1,00	0,60
	> 10	6,26	3,76	1,25	0,75
Industrial	0-10	6,26	3,76	1,25	0,75
	> 10	8,02	4,81	1,60	0,96
Pública	0-10	5,02	3,01	1,00	0,60
	> 10	6,26	3,76	1,25	0,75

Figura 10: Tabela tarifária COSANPA, 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência do sistema é clara, uma vez que se começa a utilizar um recurso abundante porém mal aproveitado. O tratamento da água pode ser feita de várias outras maneiras, outros processos de desinfecção, outros tipos ou inclusão de filtros no sistema, sendo essas variáveis de acordo com o que se quer atingir, a quantidade a ser armazenada, a qualidade da água captada, por exemplo.

A redução no consumo e gastos dependerá da quantidade que será armazenada e do custo que a companhia de água cobra por água e esgoto. O projeto em questão consegue alcançar uma redução de aproximadamente 20% por m³ no consumo e gastos de água potável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas — ANA. **BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO**. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/aceso-tematico/balanco-hidrico>>. Acesso em: 25 out. 2016.
2. Agência Nacional de Águas — ANA. **CADERNOS DE RECURSOS HÍDRICOS: DISPONIBILIDADE E DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.
3. Agência Nacional de Águas — ANA. **CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: INFORME 2015**. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **ABNT-NBR 10844: INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS**. Rio de Janeiro, dez. 1989.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **ABNT NBR 15527: ÁGUA DE CHUVA - APROVEITAMENTO DE COBERTURAS EM ÁREAS URBANAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS - REQUISITOS**. Rio de Janeiro, set. 2007.
6. Companhia de Saneamento do Pará — COSANPA. **TARIFAS – COSANPA**. Disponível em: <<http://www.cosanpa.pa.gov.br/index.php/aceso-a-informacao/2013-06-20-08-52-12>>. Acesso em: 25 out. 2016.
7. CARVALHO, R. S. **POTENCIAL ECONÔMICO DO PROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A REGIÃO URBANA DE LONDRINA**. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34378/CARVALHO,%20RAQUEL%20SARAVY%20ODE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 9 nov. 2016.
8. GHEYI, H. R. *et al.* **RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: ESTUDOS E APLICAÇÕES**. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/recursos-hidricos-II.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2016.
9. LORENZETE, H. H. de O.; BRUNO, R. L. **ESTUDO DE VANTAGENS DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USO DOMÉSTICO**. Disponível em: <<http://www.ecoharmonia.com/2013/01/estudo-de-vantagens-da-captacao-de-agua.html>>. Acesso em: 17 mai. 2016.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE. **PARÁ » BELÉM**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140>>. Acesso em: 25 out. 2016.
11. MEIDEIROS, P. P. da S. **CURIOSIDADES — PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE TEMAS DIVERSOS**. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=Wjy4CgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 16 nov. 2016.
12. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura — UNESCO. **RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS 2016. ÁGUA E EMPREGO: FATOS E NÚMEROS**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.
13. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura — UNESCO. **RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS 2016. ÁGUA E EMPREGO: RESUMO EXECUTIVO**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

14. Secretaria do Estado do Meio Ambiente — SEMA. **COTAÇÃO DE PREÇOS N. 027/2010**. Disponível em:
<<http://sema.pa.gov.br/download/cotacao%20eletronica%20n%20032%202010%20dragagem%20do%20bolonha.doc>>. Acesso em: 17 mai. 2016.
15. SILVA, J. M. G. P. **NOTAS DE AULA: SANEAMENTO 1, CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICA DA ÁGUA**. Disponível em: <<http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ct/arquivos/files/pasta/Jacob/scap03.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.
16. TOMAZ, P. **VOLUME I — APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2016