



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Hugo Candido Belfort Queiroz

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA RESIDÊNCIAS POPULARES EM MIRANORTE - TO

**Palmas - TO
2016**

Hugo Candido Belfort Queiroz

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA RESIDENCIAS POPULARES EM MIRANORTE - TO**

Monografia apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, orientado pelo professor *M.Sc Carlos Spartacus*.

**Palmas - TO
2016**

HUGO CANDIDO BELFORT QUEIROZ

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA RESIDENCIAS POPULARES EM MIRANORTE - TO**

Monografia apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, orientado pelo professor *M.Sc Carlos Spartacus*.

Aprovado em ____ de _____ de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador *M.Sc. Carlos Spartacus*
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Examinador Esp.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Examinador Esp.
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas - TO
2016**

Dedicatória

À minha família, por todo incentivo e compreensão pelas horas ausentes, aos meus amigos, e a todos que me ajudaram nessa nova conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente À Deus, pela proteção e oportunidade, à minha família por proporcionar, pela presença e auxílio em todos os momentos desta jornada.

Aos amigos por me encorajarem a seguir em frente.

A minha namorada, pelo incentivo.

Aos Professores do CEULP/ULBRA, pelo meu **Orientador Prof. MSc. Carlos Spartacus**,

RESUMO

QUEIROZ, Hugo Candido Belfort. Trabalho de conclusão de curso. 2016. **Análise da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para residências populares em Miranorte – TO.** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO. Orientador Prof. M.Sc. Carlos Spartacus.

O estudo aqui apresentado teve como escopo apresentar um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, a ser instalado em residências populares na de Miranorte – Tocantins, visando demonstrar a viabilidade financeira e socioambiental do aparato empregado, através da economia de água potável e conseqüentemente da redução na geração de efluentes. O modelo estudado é o mais comum atualmente empregado no mercado, que se enquadra no conceito de casa de pequeno porte, que se tem como base para a moradia de uma família com 4 membros, sendo dois adultos e duas crianças. A busca por meios preservacionistas e formas de economia no orçamento doméstico tornou a adoção dessa medida um elemento essencial e eficaz na busca por estes objetivos. Em partes, o poder público pode ter influência na conscientização e aplicação de atividades junto a população, com o objetivo da preservação do meio ambiente em conjunto com o desenvolvimento econômico. A pesquisa demonstrou que ao se implantar o sistema nas residências o modelo de de aproveitamento das águas pluviais para emprego não potável da mesma se mostrou garantidor de economia no orçamento doméstico familiar, bem como na redução do consumo de água de fornecimento público, que conseqüentemente diminuirá os impactos causados nos mananciais de captação da água ofertada ao público.

Palavras Chave: Captação. Armazenagem. Águas Pluviais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de cisterna implementada na zona rural.....	25
Figura 2 – Sistema de captação de água de chuva.....	31
Figura 3 – Reservatórios superiores	36
Figura 4 – Vista de um modelo de reservatório inferior	37
Figura 5 - Planta baixa da edificação com destaque da localização dos reservatórios inferiores (para água pluvial).....	43
Figura 6 - Planta de cobertura da edificação estudada.	44
Figura 7 - Detalhe da captação de água pluvial do telhado, passando pela calha e tubulação com destino ao reservatório inferior.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – parâmetros de consumo de água e quantitativos	20
Tabela 2 - Distribuição da Água do Globo Terrestre.	23
Tabela 3 – Classes de água e aplicação.....	26
Tabela 4 - Parâmetros de dimensionamento.....	40
Tabela 5 - Média de precipitação mensal referente a um período de 20 anos para Miracema do Tocantins.....	41
Tabela 6 - Cálculo de volume (m ³) a ser armazenado por mês de acordo com a precipitação mensal e a área de coleta de água.	41
Tabela 7 - Cálculo da média do volume diário captado e sua relação com a economia (%) de água da rede de abastecimento água.	42
Tabela 8 – Custo tarifário da água fornecida em m ³	42
Tabela 9 - Orçamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição média do consumo de água nos usos residenciais.20

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

γ = Peso Especifico
% = Percentual
A = Área
Abr = Abril
Ago = Agosto
C = Coeficiente Escoamento
cm = Centímetros
cv = Cavalo
Dez = Dezembro
Fev = Fevereiro
H = Hora
Hm = Altura Manométrica
I = Intensidade Pluviométrica
Jan = Janeiro
Jun = Junho
Jul = Julho
Kgf = Quilograma Força
L = litro
M = Metro
Mai = maio
Mar = Marco
mm = Milímetros
m² = Metro Quadrado
m³ = Metro Cúbico
n = Rendimento da Bomba
Nov = Novembro
ONU = Organização das Nações Unidas
Out = Outubro
P = Potencia
p = precipitação
Q = Vazão
Set = Setembro
TO = Tocantins
V= Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Importância dos recursos hídricos na história humana	18
2.2 O uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis	18
2.3 Necessidade de racionamento de Água	21
2.4 Contexto geral da captação e aproveitamento das águas pluviais no Brasil ...	24
2.5 Benefícios imediatos do aproveitamento de água da chuva	25
2.6 Características necessárias para o aproveitamento de água da chuva.....	26
2.6.1 Informações sobre a atividade Pluviométrica regional.....	26
2.6.2 Padrão de qualidade da água	26
2.6.3 Projeção populacional futura.....	27
2.7 Avaliação de população futura para o Estado do Tocantins.....	28
2.8 Projeto de captação, armazenagem e emprego da água da chuva	29
2.8.1 Parâmetros de dimensionamento.....	29
2.8.2 Tratamento da água coletada	32
2.8.3 Quantificação do volume precipitado segundo o balanço hídrico	32
3 METODOLOGIA	34
3.1 Dados e informações necessários ao projeto	34
3.2 Área de Estudo.....	35
3.3 Índice pluviométrico	35
3.4 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada	35
3.5 Locação dos reservatórios.....	36
3.6 Formas de emprego da água.....	37
3.7 Calhas de condução	37
3.8 Área de captação.....	38
3.9 Cálculo do volume de água captado.....	38
3.10 Cálculo da economia na taxa de água	38
3.11 Cálculo da economia na taxa de esgoto	39

3.12 Cálculo de retorno do valor investido	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Dimensionamento de Sistemas de Captação de Água da Chuva	40
4.1.1 Volume de água de chuva.....	40
4.1.2 Cálculo do Volume	41
4.2 Dimensionamentos de calhas	44
4.3 Dimensionamento de Tubos de Queda.....	45
4.4 Dimensionamento das Bombas	45
4.5 Dimensionamento do Reservatório Superior.....	46
4.6 Orçamento.....	47
4.7 Cálculo do retorno do investimento.....	48
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

No mundo em que vivemos, buscamos a economia em tudo que fazemos, a população mundial cresce cada vez mais, e os recursos são limitados. Por esses motivos temos que buscar novas técnicas para o melhoramento da sobrevivência da humanidade. Observamos que cada vez mais é comum o uso da palavra desenvolvimento sustentável.

Com isso devemos levar para dentro da construção civil essa visão. É preocupação e dever de todos contribuir para redução de desperdício de água potável.

A pesquisa visa o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis. A água pode ser coletada para uso, como descarga de vaso sanitário, torneira de jardins, lavagens de calçadas, de roupas e automóveis. Por meio de sistemas de captação da água de chuva, com a implantação desse sistema é possível reduzir em grande quantidade o consumo da água, gerando uma economia financeira e ao mesmo tempo preservando nossos mananciais.

As modificações feitas pelo homem na natureza, principalmente nos grandes centros urbanos com as pavimentações de ruas, construção de calçadas, telhados ocasionam uma mudança regional no ciclo hidrológico (ZAIZEN, et al 1999). Dessa forma a água que cai no solo em forma de precipitação tem sua taxa de infiltração exageradamente reduzida, pela ausência ou redução dos vazios do solo, aumentando a vazão, o escoamento superficial e contribuindo para o efeito de inundações que podem trazer efeitos catastróficos nas estruturas urbanas (GOONETILLEKE, 2005).

Segundo Tomaz (2005), vários países do mundo (Japão, Alemanha, Estados Unidos, Austrália, Singapura) já estão comprometidos com o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis.

Villareal; Dixon (2004), afirmam que uma importante porcentagem das áreas impermeáveis urbanas é representada por telhados. O desenvolvimento de pesquisas que propiciem estudar e construir sistemas alternativos, como o aproveitamento da água da chuva é dividido em três etapas: coletas, armazenagem e utilização dessa água. Haja vista que, o usuário passa a adquirir maior consciência do uso da água. Logo, a economia de água decorre quase que diretamente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem por objetivo estudar e analisar implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências populares, com o intuito de prover a racionalização do uso da água fornecida pela rede pública.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os usos finais de água de chuva, com base em levantamentos de dados históricos e de concessionárias, realizadas em residências populares;
- Estimar o volume ideal do reservatório para aproveitamento de água de chuva em residência popular;
- Incentivar esse tipo de prática com uso de edificações sustentáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância dos recursos hídricos na história humana

Segundo descreve Gnadlinger (2000), a relevância dos recursos hídricos para o pleno desenvolvimento humano em todos os segmentos, surge historicamente nos primórdios da civilização, onde pesquisas demonstraram que já na civilização romana a preocupação com o uso racional da água fazia parte do cotidiano. Os romanos desenvolveram dispositivos para a medição do consumo da mesma, para controlar os desperdícios e na Idade Média, a tendência era substituir o serviço braçal por máquinas acionadas pela água.

Tomaz (2003) explica que entre os séculos X e XI sentiu-se a expansão do uso da roda hidráulica, o que veio a ampliar seu emprego nos trabalhos de esmagamento de azeitonas, fibras, tecidos e minérios e peças metálicas, com isso a preocupação do uso controlado da água aumentava conforme a demanda se expandia. Existem relatos de que os Maias no século X, já faziam o aproveitamento da água da chuva para a irrigação de suas lavouras, a captação da água pluvial era armazenada em cisternas chamadas de Chultuns. O aproveitamento da água da chuva foi perdendo força conforme a evolução das tecnologias de abastecimento, como sistemas de abastecimento, barragens, irrigações.

Para Cohim; Garcia; Kiperstok (2007), o uso com finalidades diversas das águas pluviais passou a ser uma realidade nos países europeus no período medieval por se tratar de um método bastante simples e eficiente no controle dos problemas de escassez da água, pois em diversos países do continente já era comum o aproveitamento da água das chuvas em residências e manufaturas pois a população sabia da dificuldade de captação em mananciais ou poços escavados.

2.2 O uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis

Mengotti (2005), explica que os enfrentamentos ambientais, seja no Brasil ou em qualquer outro lugar do mundo, são heranças provenientes dos maus exemplos

deixados pelas populações passadas quando se trata do uso dos recursos naturais em geral. Com o passar dos anos os efeitos da degradação ambiental passaram a ser sentidos de forma mais acentuada e por isso, fez surgir a necessidade de se substituir o modelo de práticas convencionais pela cultura de aproveitamento racional dos recursos naturais disponíveis bem como do seu reuso em novos ciclos.

Vários fatores têm contribuído para o aumento da necessidade de se promover políticas conservacionistas para o meio ambiente, tendo destaque os altos índices de poluição, aumento significativo da população nas últimas décadas e consequente elevação na demanda por bens de consumo o que gera uma diminuição bastante significativa na disponibilidade de água potável nas regiões habitáveis do planeta, decorrente do uso intensivo dos recursos hídricos nas atividades agrícolas e industriais além da contaminação de corpos hídricos pela mineração no mundo (MANO, 2006).

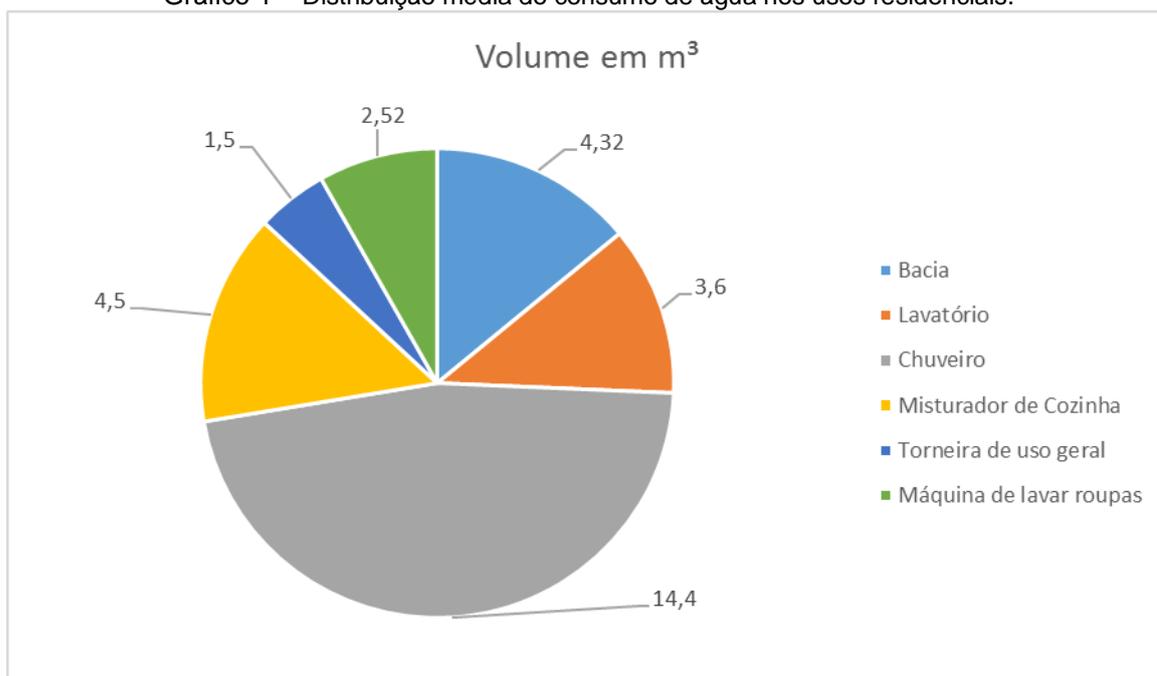
Segundo estimativa da ONU (Organização das Nações Unidas) nos próximos 25 anos aproximadamente 2,7 bilhões de pessoas estarão vivendo em regiões em que os fatores climáticos causarão alterações drásticas nos regimes pluviais causando seca crônica, ou seja, grandes porções de áreas atualmente habitadas passaram a sentir clima desértico. O Banco Mundial em estudo recente confirmou a existência de cerca de 1 bilhão de pessoas vivendo no mundo sem acesso à água potável e aproximadamente 1,7 bilhões de seres humanos convivendo com estruturas de saneamento básico inadequadas (MMA, 2012).

Conforme os levantamentos do MMA (2012), o Brasil detém a maior reserva hídrica do planeta em volume e disponibilidade de água potável, chegando ao montante de cerca de 13% de todo o recursos hídricos existentes no planeta, o que em números seria algo em torno de 5.732,4 km³/ano.

O consumo residencial é atualmente um dos principais motivos de preocupação, devido ao constante aumento populacional e a necessidade de se estabelecer métodos que possibilitem a entrega de água de qualidade para o consumo humano através de planos de saneamento básico. Quanto à utilização de água potável em residências, esta já foi bastante estudada em relação aos seus aspectos quantitativos de consumo por processo utilizado.

No gráfico 1, está uma representação esquemática da distribuição média de água em usos residenciais.

Gráfico 1 - Distribuição média do consumo de água nos usos residenciais.



Fonte: MMA (2003).

Tabela 1 – parâmetros de consumo de água e quantitativos

Descrição	Quantitativo
Consumo unitário diário	257 litros
Consumo unitário mensal	7,71 m³
Valor unitário (residencial)	R\$ 18,95

Fonte: Adapto de MMA (2012).

Conforme visto nos números apresentados no gráfico 1 e na tabela 1, fica evidente a necessidade de atenção com o aumento no consumo de água em virtude do conjunto das atividades humanas, que se mostra cada vez mais diversificado com o passar dos tempos, em face das novas tecnologias e do crescimento demográfico, exigindo uma maior cautela em relação às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades.

Em face das limitações hídricas de boa qualidade para o ser humano como rios, lagos, mananciais, lençóis freáticos e etc., torna-se essencial fazer o uso racional, evitar desperdícios e desenvolver maneiras que minimizem a degradação dos recursos hídricos. Surge como uma das alternativas para o enfrentamento do problema, o aproveitamento das águas pluviais, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água.

Estudos técnicos hidrológicos e demográficos apontaram que a cada 25 anos o consumo de água doce é duplicado. A OMS (Organização Mundial de Saúde), responsável pelo estudo de monitoramento, afirma que o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais que o dobro das taxas de crescimento da população, e continua a crescer. Em algumas partes do mundo e em regiões específicas do Brasil o racionamento de água potável já é uma realidade, ainda que existam alguns lugares onde a população mantém a ilusão deslumbrada de que a água doce nunca vai faltar (UNIAGUA, 2014).

Nesse sentido Sautchúk *et al* (2007), afirma que as práticas do uso eficiente e do aproveitamento das águas pluviais, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos em ampliações ou a instalação de novos sistemas de abastecimento e conseqüentemente o aumento da degradação do meio ambiente e da sobrecarga nos mananciais de captação da água.

Mancuso *et al* (2007), descreve que a aceitação pública é o fator preponderante na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de aproveitamento de água. A experiência internacional tem mostrado que projetos dessa natureza podem ser tecnicamente viáveis, a água produzida comprovadamente segura, atestada pelos melhores procedimentos científicos disponíveis, podem ser aceitos pelas agências oficiais de meio ambiente e de saúde pública e, ainda assim, não ser aceitos pelo público.

2.3 Necessidade de racionamento de Água

A constante diminuição do volume de água doce no mundo vem sendo ressaltada como um problema generalizado para as nações de todos os continentes,

apresentando um risco iminente para as gerações futuras, que poderão ser comprometidas seriamente com a falta de água para consumo. Estudos já realizados apontam que do total da água existente na Terra, aproximadamente 97,5% encontra-se nos mares, sendo então impróprias para o consumo humano, e somente 2,5% dessa água encontra-se em condição de disponibilidade para tratamento e posterior consumo por parte da população do planeta (REBOUÇAS, 2009).

O território brasileiro apresenta uma particularidade devido a um problema crônico de distribuição desequilibrada da água nos aglomerados urbanos, onde alguns têm água de sobra e outros apresentam níveis de escassez da água semelhantes aos de áreas desérticas. O país detém cerca de 53% da produção de água doce entre todos da América do Sul e 12% do total de água doce do mundo.

Desse total, 80% encontra-se em três bacias hidrográficas em território brasileiro, que são as bacias do Paraná, São Francisco e Amazonas, sendo que 72% do volume total ocorre na Bacia Amazônica, localizada na região Norte do Brasil, em contraponto com a realidade demográfica do país, haja vista que a maioria dos centros urbanos estão localizados nas regiões Sul e Sudeste e já não conseguem mais atender sua própria demanda, sendo então implantados modelos ineficazes de atendimento da população dessas áreas mais populosas (SOARES, 2014).

Para a população mundial, conservar a água existente e fazer seu uso de forma racional, significa proporcionar a equalização entre o que é ofertado pela natureza e o que é consumido pelos indivíduos, buscando assim, dar vida ao processo de preservação necessário, ao invés de se aumentar o processo depredatório e dessa forma, garantir para as futuras gerações, os elementos necessários para o sustento e sobrevivência de todos. Neste contexto, cada vez mais a busca por alternativas visando a otimização do consumo de água, bem como para a minimização da geração dos efluentes, com o intuito de redução do impacto ambiental vem sendo temas recorrentes entre estudiosos e conservacionistas atuantes.

Segundo a AGENDA 21 PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (2000), o Desenvolvimento Sustentável é definido como o “desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades”. Através dos conflitos mundiais causados

pelo poder de uso da água, nota-se um grande descompasso mundial de muitos países no que diz respeito ao adequado uso deste recurso natural.

O relatório da UNESCO – THE UN WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT – WATER FOR PEOPLE, WATER FOR LIFE (2003) traz o detalhamento das formas de distribuição de água no planeta. A tabela 1 abaixo apresenta a referida distribuição:

Tabela 2 - Distribuição da Água do Globo Terrestre.

Localização	Volume (10³ Km³)	% do volume Total na hidrosfera	% de Água doce	Volume reciclado anualmente (Km³)	Período em Anos para renovação
Oceano	1.338.000	96,5	-	505.000	2.500
Subsolo (gravidade e Capilaridade)	23.400	1,7		16.700	1400
Predominância de água doce subterrânea	10.530	0,76	30,1		
Umidade do solo	16,5	0,001	0,05	16.500	1
Calotas	24.64	1.74	68.7		
Antártica	21.600	1.56	61.7		
Groelândia	2.340	0.17	6.68	2.477	9.700
Ártico	83.5	0.006	0.24		
Regiões montanhosas	40.6	0.003	0.12	25	1.600
Solos gelados	300	0.022	0.86	30	10.000
Água em lagos	176.4	0.013		10376	17
Doce	91	0.007	0.26		
Salgada	85.4	0.006			
Pântanos	11.5	0.0008	0.03	2.294	5
Água os rios	2.12	0.0002	0.006	43.000	16 dias
Biomassa	1.12	0.0001	0.003		
Água na atmosfera	12.9	0.001	0.04	600.000	8 dias
Volume total na hidrosfera	1.386.000	100	-		
Total de água doce	35.029.2	2.53	100		

Fonte: Sickermann (2003).

2.4 Contexto geral da captação e aproveitamento das águas pluviais no Brasil

A história relata que o primeiro sistema de aproveitamento de águas pluviais a funcionar em território brasileiro foi implantado no território ultramarino de Fernando de Noronha, instalado no ano de 1943 pelo exército dos Estados Unidos, que captava a água da chuva e direcionava para reservatórios que era posteriormente empregada no consumo humano e demais atividades. O sistema continua sendo utilizado para o abastecimento da população da ilha (GHANAYEM, 2001).

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Programas foram criados pelo governo visando melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro, dentre eles a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo, dentre outros.

Em regiões como o Nordeste brasileiro, devido à dificuldade de conseguir água, seja para o uso doméstico ou para o consumo humano, a população acaba consumindo água de qualidade duvidosa, o que vem associado a uma série de doenças.

Segundo Soares (2014), uma alternativa para esse conflito é a captação de água de chuva, algo relativamente fácil de se fazer e que com um tratamento adequado pode ser utilizada inclusive para o consumo humano. Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando a redução das enchentes.

Existem também empresas especializadas que fabricam e fornecem soluções para o aproveitamento da água da chuva. Além de residências, já existem estabelecimentos comerciais em São Paulo que há 30 anos captam, filtram e aproveitam a água da chuva em seu processo de lavagem (SICKERMANN, 2003).

A figura 1, demonstra um modelo de sistema de captação por calha e reservatório.

Figura 1 - Esquema de cisterna implementada na zona rural



Fonte: Ministério da Integração Nacional

2.5 Benefícios imediatos do aproveitamento de água da chuva

O aproveitamento das águas pluviais é o processo pelo qual a mesma é utilizada após captação e direcionamento para reservatórios, e pode ocorrer de forma direta ou indiretamente por meio de ações planejadas ou não. O aproveitamento de águas pluviais a demanda sobre os mananciais de água substituindo a utilização da água potável em atividades que não necessitem de tal, por uma de qualidade inferior. Pode-se citar algumas vantagens tais como:

- Diminuição do consumo de água da rede pública, reduzindo o custo tarifário da água fornecida pela concessionária;
- Minimização da utilização de água potável onde esta não é necessária;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo;
- É um projeto sustentável, ecológico e financeiramente viável, não desperdiça um recurso natural escasso em todo o país, e disponível em abundância nos telhados durante o período chuvoso;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e destinada aos rios.

2.6 Características necessárias para o aproveitamento de água da chuva

2.6.1 Informações sobre a atividade Pluviométrica regional

A chuva é considerada o tipo de precipitação mais importante para hidrologia, devido a sua capacidade de produzir escoamento em suas diversas condições. Nos projetos de aproveitamento de água pluvial essa informação se faz necessária para o dimensionamento do sistema com base na quantidade de água precipitada e do volume a ser armazenado

A água precipitada sobre a superfície da terra, em estado líquido, vapor ou sólido, como chuva, neve, granizo, nevoeiro, sereno ou geada, origina-se do vapor atmosférico proveniente do ciclo hidrológico. Sendo assim podemos classificar a formação dessas precipitações em ciclônico, orográfico e conectivo (VILLELA; MATTOS, 1975).

2.6.2 Padrão de qualidade da água

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), por meio da resolução Nº. 357/2005 estabeleceu critérios padronizados para a classificação das águas doces, salobras e salinas, essa resolução estabelece por meio de vários artigos, uma serie de limites e condições físicas, químicas e bioquímicas, para assim manter a qualidade das mesmas.

Tabela 3 – Classes de água e aplicação

Classes	Utilização
Classe Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou com desinfecção; Preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas; À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe I	Ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

	<p>À proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>Recreação de contato primário conforme Resolução CONAMA N° 274 de 2000;</p> <p>Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas sem remoção de película;</p> <p>Proteção das comunidades aquáticas em Terras indígenas.</p>
Classe II	<p>Ao abastecimento doméstico após tratamento convencional;</p> <p>À proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>Recreação de contato primário conforme Resolução CONAMA N° 274 de 2000;</p> <p>Irrigação de hortaliças e frutíferas, parques, jardins, campos de esporte, etc.;</p> <p>Aquicultura e à atividade de pesca.</p>
Classe III	<p>Ao abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>Irrigação de cultura arbórea, cerealífera e forrageira;</p> <p>Pesca amadora;</p> <p>Recreação de contato secundário;</p>
Classe IV	<p>Navegação;</p> <p>Harmonia paisagística;</p> <p>Usos menos exigentes</p>

Fonte: CONAMA 2005

A classificação da água pelo CONAMA é necessária para a correta aplicação do recurso conforme a disponibilidade deste em proporção e finalidade, podendo então ser dada a devida prioridade nos casos específicos em que a demanda seja em regime de necessidade ou pela indisponibilidade.

2.6.3 Projeção populacional futura

Projetar uma população é estimar a sua evolução futura, o que constituía base de avaliação da capacidade produtiva e das necessidades de uma região.

Conforme CODEPLAN (1997), o conhecimento das características demográficas de uma sociedade e a previsão de seu comportamento futuro são, portanto, fundamentais para a definição de políticas públicas e para o planejamento econômico e social de uma região na medida em que o tamanho e a estrutura da

população têm papel essencial na determinação da mão de obra e na definição do mercado consumidor de bens e serviços.

A associação dos resultados das projeções demográficas com outras informações, tais como: renda, escolaridade, qualificação de mão de obra, etc.; permitirão ao planejador, público ou privado, simulações prospectivas que indicarão formulação de objetivos mais coerentes com as reais necessidades da sociedade (CODEPLAN, 1997).

Deve-se ter em conta, entretanto, que nenhuma projeção é definitiva, pois ela é baseada em hipóteses de comportamento futuro que poderão ou não se concretizar na medida em que dependem de um conjunto complexo de fatores sociais, econômicos e culturais da população em estudo.

É importante, portanto, que se adotem mecanismos de ajuste sempre que novos levantamentos amplos e profundos da área estudada indiquem alterações nas tendências de conduta dos componentes demográficos.

2.7 Avaliação de população futura para o Estado do Tocantins

No estado do Tocantins assim como em outras unidades federativas brasileiras, a dinâmica populacional vem passando por significativas transformações, especialmente as relacionadas com as contínuas quedas de fecundidade e da mortalidade, o que tem causado alterações expressivas na composição etária da população. Os fluxos migratórios também contribuem de modo relevante na variação quantitativa e qualitativa da população mantendo elevadas as taxas de crescimento mesmo com fecundidade em declínio (CODEPLAN, 2015).

A transição demográfica que ora vem se processando no Tocantins, estado de formação recente e volume populacional reduzido, norteou a elaboração de hipóteses do comportamento futuro das variáveis demográficas as quais, interferindo no volume e ritmo de crescimento da população, poderão orientar a definição de públicas e a oferta de infraestrutura econômica e social no sentido de melhor atender as reais necessidade da sociedade.

2.8 Projeto de captação, armazenagem e emprego da água da chuva

2.8.1 Parâmetros de dimensionamento

Hansen (1996), explica que para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência, são necessários alguns dados específicos do local como:

- Precipitação diária,
- Dados de consumo diário de água por habitante,
- Número de habitantes na residência;

Para que a água captada e armazenada esteja em condições plenas de uso o sistema de aproveitamento de água da chuva implantado deve seguir os critérios de dimensionamento para cada uma das etapas, sendo elas a determinação da área de contribuição do telhado, dimensionamento dos reservatórios, sistema de filtração (HANSEN, 1996).

Segundo Tomaz (2003), os componentes principais deste sistema são: a superfície de coleta, calhas e condutores, peneira, reservatório e extravasor. Os telhados da edificação são as áreas mais comumente utilizadas como superfície de captação das águas pluviais.

As calhas e condutores têm como objetivo a condução da água captada até o reservatório de limpeza. A peneira serve para reter os materiais em suspensão. O reservatório pode ser de vários tipos de materiais, sendo ele apoiado ou enterrado. Além disso, nele deve conter um extravasor com dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais. Devido à água do reservatório estar em constante processo de sedimentação, sugere-se que sempre use água da parte superior do reservatório (MENEZES, 2006).

A capacidade do sistema e a demanda necessária definirão o uso da água pluvial coletada. O limitador do sistema será o volume fornecido de água, a superfície de captação e o índice pluviométrico da região.

Deve-se salientar que a utilização deste sistema para descarga de vasos sanitários, irrigação do jardim e lavagem de áreas da casa e veículos, segundo Menezes (2006), geralmente é mais rentável em residências unifamiliares. E dependendo da região da edificação, como por exemplo onde não há problemas de poluição e/ou chuva ácida, a água pluvial captada poderá ser utilizada em todos os pontos de consumo de água da edificação.

Diante de tais informações, Mano (2006), destaca que algumas vantagens da utilização da água das chuvas:

- Não necessita de maiores esforços para se obter a qualidade exigida da água;
- Sistema de captação independente;
- Construção e manutenção simples.

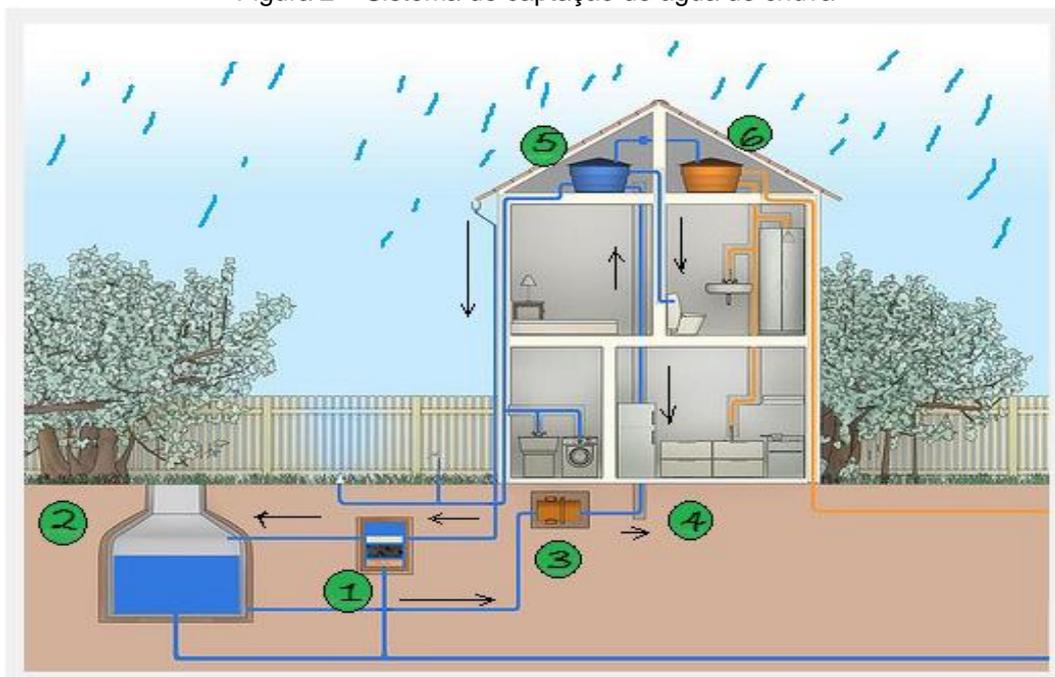
O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, com objetivo de conservar os recursos hídricos, e com isso reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

As técnicas mais comuns para a coleta de águas pluviais são através da superfície dos telhados, sendo considerado o mais simples e o melhor na qualidade da coleta da água, comparando-o com outros sistemas como os que coletam águas pluviais nas superfícies do solo.

A figura 3 mostra o aproveitamento de águas pluviais através de telhados, com reservatório enterrado em uma residência. Cada dispositivo é representado da seguinte forma:

- 1 – Filtro bruto: retém as partículas maiores.
- 2 – Reservatório
- 3 – Bomba
- 4 – Filtro fino: retém as impurezas menores
- 5 – Caixa d'água para armazenamento de água pluvial
- 6 – Caixa d'água para armazenamento da água da concessionária.

Figura 2 – Sistema de captação de água de chuva



Fonte: Sempre sustentável

Herrmann e Schmida (2009), destacam três métodos mais usuais na construção de sistema de aproveitamento de água da chuva, sendo elas:

- Sistema de fluxo total – Onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem
- Sistema com derivação – Neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.
- Sistema com volume adicional de retenção – No qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de

água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem.

2.8.2 Tratamento da água coletada

Kammers (2004), afirma que mesmo que a água armazenada ter uma aparência limpa, ela pode conter impurezas absorvidas da poluição atmosférica, não sendo aconselhável a ingestão humana sem tratamento da mesma. Quando pensamos em aproveitamento de água da chuva, o tratamento a ser aplicado deve ser de acordo com seu uso. Não é preciso de tratamento avançado para aplicação da água em finalidades não potáveis.

Um procedimento simples de limpeza da água da chuva muito utilizado é a remoção dos primeiros milímetros de chuva, através de um componente importante do sistema de aproveitamento que é o reservatório de eliminação da primeira chuva.

Este procedimento é também denominado de auto-limpeza da água da chuva (TOMAZ, 2003).

Este reservatório tem a finalidade de receber a chuva inicial, retendo-a ou descartando-a de forma que a mesma não entre em contato com a chuva seguinte, menos poluída, que será direcionada ao reservatório de armazenamento final. A chuva direcionada ao reservatório final, que tenha passado apenas por este tratamento simplificado, deve ter seu uso voltado apenas para os fins não potáveis.

2.8.3 Quantificação do volume precipitado segundo o balanço hídrico

Para quantificar o volume de água da chuva usa -se um balanço hídrico, onde possui uma média de precipitação mensal durante 20 anos feito na região de Porto Nacional – TO, segundo ANA (2008).

O cálculo do volume foi feito através da seguinte fórmula:

$$[I] V = \rho \times A, \text{ onde } V =$$

$$\rho =$$

$$A =$$

O dimensionamento das calhas será feito segundo a norma NBR 5626/98, em relação ao seu comprimento, sua altura, largura e distâncias em relação ao telhado. Para os tubos de queda utiliza-se também a NBR 5626/98 para se determinar seus diâmetros, materiais a utilizar e especificações para instalação dos tubos.

Conforme Teixeira (2007) sugere, a equação II será utilizada para obtermos a potência das bombas de sucção do sistema de captação de água da chuva.

Cálculo da Vazão:

$$[II] \text{ Vazão} = \frac{0,75 \cdot 17 \times 10^{-3} \cdot 61,2}{3600}$$

Para o coeficiente de escoamento adotar 0,75 para telhas de barro que são apresentadas por Bernat *et al.* (1993) e 17mm/h para a precipitação média do Tocantins (ANA,2008).

Para a potência:

$$[III] P = \gamma \times Q \times HM \times n$$

Onde,

P = potência (cv)

γ = peso específico (1000 Kgf/m³)

Q = Vazão (m³)

Hm = altura manométrica (m)

n = rendimento da bomba (%)

3 METODOLOGIA

Para início foi apresentado o projeto da edificação em que se trabalhou neste estudo.

Em seguida, foi demonstrado o memorial de cálculo das instalações hidráulicas referentes aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, demonstrando assim: cálculo de demanda, tratamento dos dados pluviométricos, cálculo do volume dos reservatórios.

A partir de tais dados, foi então esquematizada a instalação deste tipo de sistemas hidráulicos, definindo as entradas e saídas do sistema, tipos e locais do reservatório. E assim, de acordo com o volume do reservatório, pôde-se calcular preliminarmente a viabilidade do sistema em relação a um projeto convencional.

A viabilidade econômica da implantação do sistema proposto foi estimada a partir da subtração da demanda de consumo total prevista pela demanda servida de água de chuva.

Finalmente, foram feitas as considerações finais a respeito da viabilidade estrutural e econômica dos sistemas alternativos aqui propostos para edificações residenciais, tomando como exemplo de aplicação a cidade de Miranorte – TO.

3.1 Dados e informações necessários ao projeto

Para realizar a análise da viabilidade técnica e financeira da utilização de um sistema para aproveitamento de águas pluviais na cidade de Miranorte - TO, foi necessário realizar um levantamento de dados e informações necessários ao estudo comparativo entre o valor tarifário pago com o fornecimento total de água por parte da companhia de abastecimento e com a perspectiva de fornecimento parcial e uso da água captada e armazenada nos reservatórios. Foram considerados o índice pluviométrico para a cidade de Miranorte, a área de captação do telhado das casas populares, custo de implantação do sistema e taxa de retorno.

3.2 Área de Estudo

O município de Miranorte na região central do Tocantins, encontra-se localizada próximo ao paralelo 9°32'20" sul e do meridiano 48°35'35" oeste, possui segundo dados estatísticos do censo 2010 do IBGE, 12.786 mil habitantes uma área territorial de 3.764,612 km² estando a 269 metros acima do nível do mar, considerada a maior produtora de abacaxi do Tocantins.

3.3 Índice pluviométrico

O índice pluviométrico refere-se a quantidade de chuva por metro quadrado em um determinado local. A medida é realizada em milímetros, durante um período de tempo.

Foi feito um levantamento dos dados da série histórica para a região de Miracema do Tocantins e entorno, compreendendo então a cidade de Miranorte, que fica a aproximadamente 25 km da primeira capital do Tocantins. Os dados utilizados são do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dos números fornecidos também pela Agência Nacional de Águas (ANA), relativos à precipitação média em cada mês dos últimos 10 anos, assim como a precipitação média total que foi utilizada no cálculo da viabilidade econômica do projeto a ser implantado na cidade de Miranorte – Tocantins.

3.4 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada

O sistema para captação e reaproveitamento de águas pluviais, compreende um dispositivo de coleta de água pluvial, que é capaz de coletar a água que chega em telhados de edificações, no estudo será captado por uma calha no telhado seguindo para uma filtração primária, onde serão removidas folhas, papéis e outros resíduos granulados maiores.

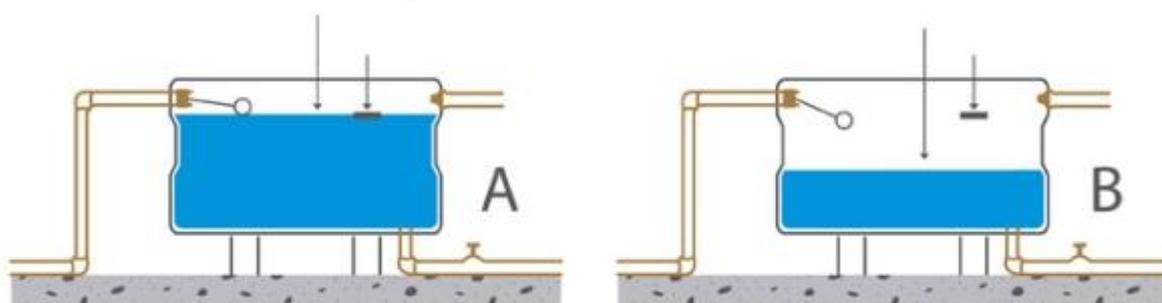
3.5 Locação dos reservatórios

Os reservatórios encontram-se distribuídos da seguinte forma:

02 reservatórios superiores com capacidade de armazenamento de até 1 m³, estando instalados no telhado das casas. São interligados entre si e ao sistema, com controle individual de entrada e saída de água por meio de registro manual de abertura e fechamento.

A figura 3 demonstra um modelo de reservatórios superiores e sua disposição

Figura 3 – Reservatórios superiores



Fonte: DAE – BAURU (2014).

O reservatório inferior deve ser implantado na parte frontal do lote, estando aterrado, com tampa de acesso e monitoramento na parte lateral. Uma bomba de 0.5 cv deve ser instalada visando o bombeamento para os reservatórios superiores e posterior aplicação nas atividades em que não seja necessário o uso de água potável. Na figura 5, abaixo tem-se a vista da tampa de acesso do reservatório inferior.

Figura 4 – Vista de um modelo de reservatório inferior



Fonte: Fendrich; Oliynik (2012).

3.6 Formas de emprego da água

O sistema de abastecimento com água captada da chuva deverá dispor de um ramal a ser implantado ao longo da residência, com a finalidade de facilitar o acesso a água para a aplicação no uso doméstico ou outras finalidades que se façam necessárias, devendo ser instaladas torneira interligadas ao sistema.

3.7 Calhas de condução

Para que haja eficiência no sistema de captação e transporte da água ao reservatório é necessário que as calhas sejam instaladas respeitando o ângulo de desnível necessário de forma que a água vinda do telhado tenha seu escoamento facilitado, além de praticidade no acesso com vistas à limpeza e manutenção da mesma.

3.8 Área de captação

Nas residências, a função de captação da água pluvial é realizada, preferencialmente, pela superfície dos telhados, por apresentar menor índice de impurezas, e cuja inclinação variável não influenciará na eficiência do sistema (TOMAZ, 2003).

Para fins de projeto os primeiros milímetros de água serão descartados, os mesmos servem para limpeza do telhado. Após essa limpeza a água precipitada captada pela superfície do telhado, que é direcionada para as calhas e conduzida aos reservatórios.

3.9 Cálculo do volume de água captado

Para o cálculo do volume de água captada, basta multiplicar a área do telhado pela precipitação pluviométrica média anual, sendo utilizada a seguinte equação:

- Volume captado = Área telhado x Precipitação média.

Em que: área do telhado em m²; precipitação média em mm.

3.10 Cálculo da economia na taxa de água

Para o cálculo da economia da taxa de água multiplica-se o valor cobrado por m³ do responsável pelo fornecimento de água na cidade, pelo volume captado, e então obtém-se o valor economizado por ano na taxa de água, para isso foi usada a seguinte equação abaixo.

- Economia taxa água = Valor m³ * Vcaptado.
- Valor do m³ em reais.
- Vcaptado : volume captado em m³.

3.11 Cálculo da economia na taxa de esgoto

O cálculo de economia referente ao esgoto é obtido da multiplicação do valor em m³ pelo volume captado e por 0,80 uma vez que o aproveitamento da água captada é de 80% com os 20% sendo considerado perda, ou seja, a cada 1 litro de água que chega na residência é cobrado 0,8 litro para o tratamento do esgoto.

- Economia taxa água = Valor m³ * Vcaptado * 0,80.

3.12 Cálculo de retorno do valor investido

Para o cálculo do retorno do investimento divide-se o valor investido pela economia anual com a implantação do sistema de captação e reaproveitamento da água pluvial, conforme a equação abaixo.

$$\text{Retorno do Investimento} = \text{Valor Investido} / \text{Economia Anual (Equação 4)}.$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dimensionamento de Sistemas de Captação de Água da Chuva

A pesquisa foi realizado baseando-se em uma casa popular de padrão unifamiliar de um pavimento a ser implantada na cidade de Miranorte – Tocantins, cujas características estão apresentadas na tabela :

Tabela 4 - Parâmetros de dimensionamento

Característica da Residência		
Número de moradores	Área de Contribuição (m²)	Características
4	52,95	Telhado bipartido com queda dupla

Fonte: Adaptada pelo autor de Ministério das Cidades (2014)

Figura 5 - Consumo de água potável da unidade familiar

Consumo de água potável			
Número de Habitantes	Consumo per capita (L)	Consumo diário (L)	Consumo Mensal (M³)
4,00	150,00	600,00	18,00

Fonte: Adaptada pelo autor de Ministério das Cidades (2014)

4.1.1 Volume de água de chuva

Usou-se o balanço hídrico abaixo como base para os cálculos de volume, o qual possui uma média de precipitação mensal durante 20 anos, feito na região de Miracema do Tocantins – TO, que engloba a cidade de Miranorte que se faz a área de estudo do presente trabalho monográfico, e que segundo a ANA (2008) tem os

seguintes níveis. Tabela 6.

Tabela 5 - Média de precipitação mensal referente a um período de 20 anos para Miracema do Tocantins

Meses	Pmm	Pm
Janeiro	178,40	0,1784
Fevereiro	170,00	0,1700
Março	179,70	0,1797
Abril	96,10	0,0961
Maio	13,90	0,0139
Junho	0,00	0,0000
Julho	0,00	0,0000
Agosto	0,00	0,0000
Setembro	12,60	0,0126
Outubro	95,00	0,0950
Novembro	142,10	0,1421
Dezembro	181,10	0,1811
Total	1068,90	1,0689

Fonte: ANA (2008)

4.1.2 Cálculo do Volume

Fórmula para cálculo de volume: $V = p \times A$

Tabela 6 - Cálculo de volume (m³) a ser armazenado por mês de acordo com a precipitação mensal e a área de coleta de água.

Meses	Precipitação (m)	Área de Captação (m²)	Volume (m³)
Janeiro	0,1784	61,2	10,91808
Fevereiro	0,1700	61,2	10,404
Março	0,1797	61,2	10,99764
Abril	0,0961	61,2	5,88132
Maio	0,0139	61,2	0,85068
Junho	0,0000	61,2	0
Julho	0,0000	61,2	0
Agosto	0,0000	61,2	0
Setembro	0,0126	61,2	0,77112
Outubro	0,0950	61,2	5,814
Novembro	0,1421	61,2	8,69652

Dezembro	0,1811	61,2	11,08332
Total			65,41668

Fonte: Adaptado pelo autor de ANA (2016).

Considerando os meses de finais 30 e 31 e o mês de fevereiro com 28 dias, teremos os valores abaixo:

Tabela 7 - Cálculo da média do volume diário captado e sua relação com a economia (%) de água da rede de abastecimento água.

Meses	Volume (m ³)	Volume Diário (m ³)	%Economia/Dia
Janeiro	10,9181	0,3522	59
Fevereiro	10,4040	0,3716	62
Março	10,9976	0,3548	59
Abril	5,8813	0,1960	33
Mai	0,8507	0,0274	46
Junho	0,0000	0,0000	0
Julho	0,0000	0,0000	0
Agosto	0,0000	0,0000	0
Setembro	0,7711	0,0257	43
Outubro	5,8140	0,1875	31
Novembro	8,6965	0,2899	48
Dezembro	11,0833	0,3575	60
Total	65,4166	441,00	

Fonte: Próprio autor (2016)

De acordo com a média de precipitação mensal, o mês de fevereiro atinge o máximo volume em água captada (371,6 litros/dia). Como este volume inicialmente vai para o reservatório inferior, um com capacidade para 500 litros seria o suficiente.

Tabela 8 – Custo tarifário da água fornecida em m³

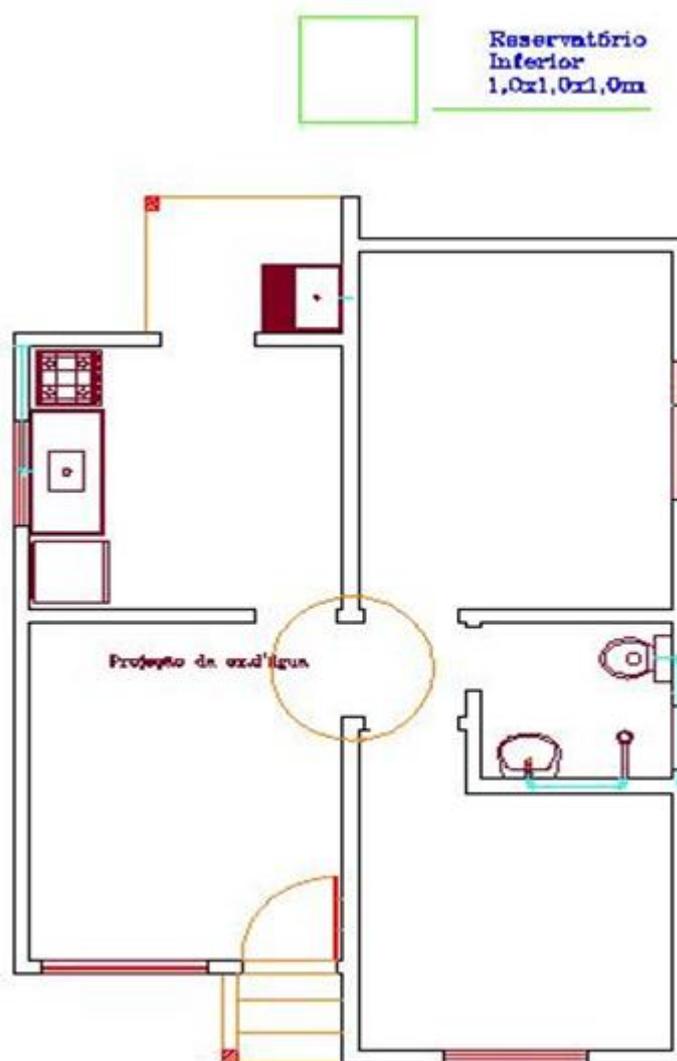
Tarifação Odebrecht Ambiental/SANEATINS para categoria R2					
Categoria	Faixa de consumo (m ³)	Água potável (R\$ / m ³)	Esgoto (r\$ / m ³)	Taxa de redução	Preço (r\$)
R1	0 a 10	2,80	2,24	-	
R2	11 a 15	3,85	3,08	10,50	80,97
R3	16 a 20	4,92	3,94	26,55	
R4	21 a 25	5,89	4,71	45,95	

R5	26 a 30	6,83	5,46	69,45	
R6	31 a 35	7,37	5,89	85,65	
R7	36 a 40	9,10	7,28	146,20	
R8	41 a 50	9,99	7,99	181,80	
R9	> 50	11,91	9,53	277,80	

Fonte: Saneatins/Odebrecht (2016)

Entretanto, ao considerar que há meses em que não há precipitação, é possível adotar um reservatório com capacidade de 1000 litros com a finalidade de estocar água para períodos de seca. (Figura 5).

Figura 6 - Planta baixa da edificação com destaque da localização dos reservatórios inferiores (para água pluvial).



Fonte: Próprio autor (2016).

4.2 Dimensionamentos de calhas

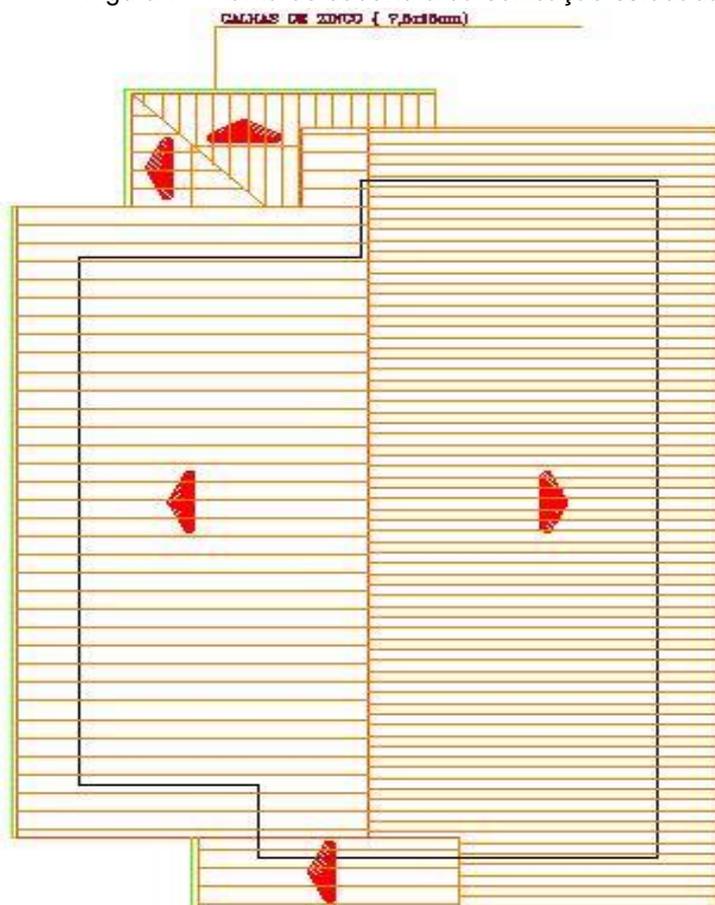
Comprimento do Telhado = 3,45 metros

Calhas de sessão retangular de chapa galvanizada, por ser de fácil molde, conforme necessidade de projeto.

Comprimentos até 5,0 m utilizar calhas com 15 cm de largura. Altura da calha será 1/2 de sua largura, ou seja, 7,5 cm.

Posicionamento da calha em relação ao telhado com uma distância de 1/3 de sua largura, ou seja, 5 cm. (Figura 6).

Figura 7 - Planta de cobertura da edificação estudada.



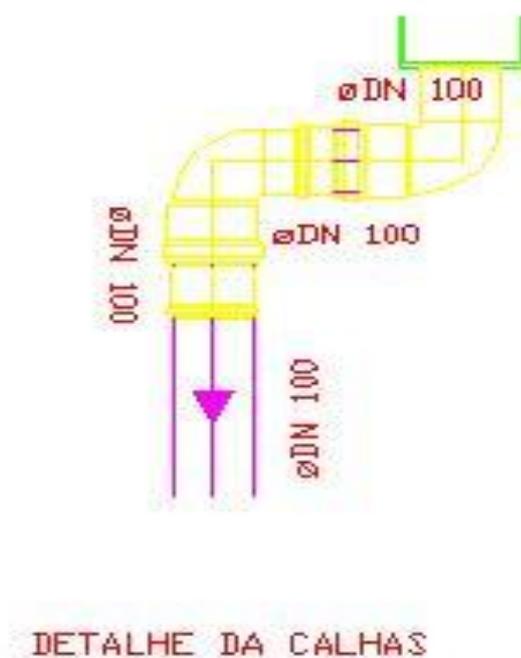
PLANTA DE COBERTURA

Fonte: Próprio autor (2016)

4.3 Dimensionamento de Tubos de Queda

Como todas as quedas de água do telhado possuem áreas consideradas pequenas, uma tubulação de queda de $\varnothing 100\text{mm}$ é suficiente para conduzir a água captada ao reservatório. Os tubos serão de PVC com a proteção de pré-moldados faceando a alvenaria (Figura 7).

Figura 8 - Detalhe da captação de água pluvial do telhado, passando pela calha e tubulação com destino ao reservatório inferior.



Fonte: Próprio autor (2016)

4.4 Dimensionamento das Bombas

Conforme Teixeira (2007) sugere, usou-se a seguinte equação para obter a vazão a ser utilizada no cálculo de potência da bomba de sucção do sistema de captação de água da chuva e do reuso a ser implantado.

Adotou-se 0,75 para coeficiente da telha de barro, que são apresentados por Bernat *et al.* (1993) e 17 mm/h para a precipitação média do Tocantins (ANA, 2008).

Então:

$$Q = 0,75 \cdot \frac{17 \times 10^{-3}}{3600} \cdot 61,2$$

$$Q = 0,2 \text{ l/s}$$

Cálculo da Potência:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times n}$$

Onde:

P = Potência (cv)

γ = Peso Específico (1000 Kgf/m³)

Q = Vazão (m³)

H_m = Altura Manométrica (m)

n = Rendimento da Bomba (%)

$$P = \frac{1000 \cdot (0,2 / 1000) \cdot 1}{75 \cdot 0,75} \quad P = 0,35 \text{ cv}$$

Então trabalha-se com a potência aproximada de 0,5 cv para essa bomba, pois é a potência mínima fornecida no mercado.

$$\text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão} \quad (T = (600 \times 0,7) / 0,21) \quad T = 2000 \text{ segundos} \approx 1 \text{ hora}$$

4.5 Dimensionamento do Reservatório Superior

- População: 2 pessoas por quarto = 4 pessoas

- Consumo Per Capita = 150 L/dia
- Consumo Diário = $4 \times 150 = 600$ Litros

A NBR 5626:1998 estabelece que seja adotado um reservatório com capacidade para armazenar o consumo de água por dois dias. Entretanto, como já há um reservatório inferior de 1000 litros, o reservatório superior poderá ser dividido em dois de 500 litros. Este reservatório deverá ser abastecido primeiramente pelo volume de água do reservatório inferior (água pluvial). Quando ocorrer insuficiência o usuário poderá abrir o registro que permitirá que o reservatório superior seja abastecido pela rede de abastecimento de água.

4.6 Orçamento

Considerando todo o sistema hidro sanitário implantado, o custo adicional com os sistemas de aproveitamento de águas pluviais foi demonstrado na tabela a seguir.

Tabela 9 - Orçamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Quantidade	Descrição	Preço (R\$)
2 unid.	Reservatório de 500 l	320,00
1 unid.	Reservatório subterrâneo de 1000 l	400,00
1 unid.	Bomba de 0,5 cv	360,00
4 unid.	Joelho 90° pvc 100mm	12,00
2 unid.	Te 90° pvc 100mm	7,00
15 metros	Tubo pvc 100mm	75,00
	Total	1174,00

Fonte: Próprio autor (2016)

4.7 Cálculo do retorno do investimento

Considerando todo o sistema implantado com economia anual de aproximadamente R\$ 700,00, tem-se o retorno do investimento após 1 anos e 8 meses após o início da utilização do mesmo.

5 CONCLUSÃO

A análise apresentada no presente estudo expõe um modelo de sistema de aproveitamento de águas pluviais a ser implantado em unidades residenciais populares na cidade de Miranorte, estado do Tocantins. O foco da pesquisa foi demonstrar os benefícios econômicos provenientes da implantação do aparato necessário à captação, armazenagem e uso das águas pluviais. Conforme visto no decorrer da pesquisa, as principais aplicações da água captada pelo sistema são nas atividades domésticas em geral, como limpeza e higienização residencial, lavagem de roupas e veículos, irrigação de jardins, etc.

A escolha do modelo apresentado se deu por conta de fatores como a disponibilidade do mesmo no mercado, do menor valor para aquisição dos elementos componentes do sistema, da facilidade de instalação e manuseio, baixo custo de manutenção. Esses fatores por consequência poderão facilitar a aceitação dos proprietários das residências em dar acesso à toda a estrutura implantada para o processo de aproveitamento do volume de água captado das chuvas e acondicionado para uso futuro. Para o desenvolvimento da pesquisa também foram considerados os fatores inerentes a análise de viabilidade do sistema conforme os critérios de natureza econômica, ambiental e social.

Foi observado nos materiais bibliográficos consultados uma preocupação justificada de que a água se coloca como um elemento essencial à vida e considerada em escala global como um fator limitante para o desenvolvimento das atividades humanas e de desenvolvimento social, quais sejam a agropecuária, comércio em geral, indústria e consumo da água potável pelos humanos. Essa visão dos profissionais e estudiosos dessa área associada à crescente preocupação com a escassez e poluição da água tornam obrigatórias a adoção de medidas mais conscientes por parte da sociedade, dos profissionais que atuam em setores de desenvolvimento e aplicação de tecnologias voltadas ao bem-estar humano e meio ambiente e principalmente do poder público, que é o grande responsável por fazer funcionar e tornar acessível novos mecanismos facilitadores para a vida da população como um todo.

Por se tratar do setor responsável pela estruturação física necessária ao bem estar humano, a engenharia civil por meio dos seus profissionais, tem o dever de

atuar seguindo padrões de sustentabilidade e consciência ambiental condizentes com a realidade contemporânea, formulando projetos e construções mais sustentáveis, respeitando os ideais conservacionistas, e considerando que o acesso às fontes de água doce tem sido reduzido drasticamente devido à crescente demanda para seus usos múltiplos em face do crescimento populacional e à contínua poluição dos mananciais disponíveis, os profissionais do setor são responsáveis pela idealização de estudos com foco em sistemas alternativos visando garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social e equilíbrio entre procura e oferta de água, enquadrando nesse contexto o aproveitamento racional das águas pluviais em todos os setores de atividade humana, seja urbano ou rural.

Foi estudado um padrão de sistema de aproveitamento de águas pluviais com o intuito de apresentar a análise de viabilidade técnica e financeira apresentada pelo referido modelo a ser implantado em residências populares de programas sociais de habitação e moradia na cidade de Miranorte – Tocantins. O sistema apresentado faz a coleta da água da chuva e posteriormente faz a sua condução até um reservatório subterrâneo hermeticamente isolado por meio gravitacional, em que a estrutura de recepção e armazenagem da água apresenta fácil acesso para a realização de ações de monitoramento e tratamento da água armazenada para serem utilizadas posteriormente em fins não-potáveis bem como para pequenos empreendimentos como hortas familiares ou mesmo pequenos negócios voltados aos moradores da região.

Após a realização dos cálculos de captação e consumo e a confrontação com os valores tarifários praticados pela companhia de abastecimento de água ficou constatado que o sistema estudado apresenta como principais benefícios diretos, a redução tarifária do fornecimento de água, redução do lançamento de efluentes pluviais, e indiretamente, a redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, o que aumenta a disponibilidade de água para usos que requerem um padrão de qualidade mais alto, e a redistribuição dos recursos hídricos através da aplicação gradual no solo.

O modelo idealizado apresentou como principais benefícios diretos, a redução tarifária do fornecimento de água, com economia anual de aproximadamente R\$ 700,00 o que garante o retorno do investimento em menos de 2 após a sua utilização.

Além da economia financeira, o modelo idealizado possibilita também o benefício da redução no lançamento de efluentes pluviais, e de forma indireta, a redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, o que aumenta a disponibilidade de água para usos que requerem um padrão de qualidade mais alto, e a redistribuição dos recursos hídricos através da aplicação gradual no solo.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil. Abastecimento urbano de água.** Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=22&mapa=sist> Acesso em 01 set 2016.

AQUASTOCK – Água da Chuva. Sistema de Reaproveitamento da Água da Chuva. **Anais eletrônicos.** Disponível em <http://www.engeplasonline.com.br> Acesso em: 28 Ago 2016

BOTELHO, M. H. C.. **Águas de chuva** – Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades. 2º ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

COHIM, E; GARCIA, A; KIPERSTOK, A. Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte - Brasil. **Anais eletrônicos.** Disponível em http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_eduardo_captacao.pdf Acesso em 12 Ago. 2016.

FENDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. **Manual de Utilização das Águas Pluviais – 100 Maneiras Práticas.** Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FIESP/CIESP, 2014. **Conservação e Reuso de Água – Manual de Orientações para o Setor Industrial.** Volume 1. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf> Acesso em 27 set 2016.

GHANAYEM, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. **Proceedings.** Germany, 2001.

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>. Acesso em: 09 set 2016

HANSEN, S. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária. Florianópolis: UFSC, 1996.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 307-316, 2009.

KAMMERS, P. C. **Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis-SC**. [Relatório Final de Iniciação Científica] Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MANCUSO, P.C.S. **Tecnologia de reuso de água**. Revista de Águas urbanas. v. 2, n. 1, p. 105- 120, 2007.

MANO, Rafael Simões. **Captação residencial de água de chuva para fins não potáveis: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema**. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

MENEZES, André Vaz. **Estudo do impacto da inclusão de sistemas de conservação de água na qualidade do investimento para edifícios residenciais na cidade de São Paulo**. Monografia do Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

MENGOTTI, S. **Aproveitamento da Chuva e reuso de água em residências unifamiliares**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária: UFSC. Florianópolis, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Mananciais**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais>> Acesso em 03 set 2016.

NARDOCCI, A. C. **Avaliação de riscos em reuso de água**. FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. Reúso de Água. São Paulo. Ed. Manole: 2007.

SANEATINS – Companhia de Saneamento do Estado do Tocantins. **Pesquisa sobre a média de consumo de água em Palmas**. Visita realizada na empresa em 19 out 2016.

SAUTCHÚK, C. A.; LANDI, F.D.N; MIERZWA, J.C; VIVACQUA, M. C. R; SILVA, M.C.C; LANDI, P. D. N; SCHIMIDT, W. **Conservação e Reuso de Água**. 2007, São Paulo - Brasil.

SICKERMANN, J. M. Gerenciamento das águas de chuva – Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 4., 2003, Juazeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>. Acesso em: 18 Set. 2016.

SOARES, E. F. **Captação da água da chuva para consumo humano**. Disponível em:<http://www.micromacro.tv/pdfs/contruyalo_portugues/iniciativas_port/colhendo_nas_nuvnes.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.

TAKEDA, T. A Evolução histórica do uso da Água. In: JURIS WAY, 2009, Brasil. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=1447>. Acesso em : 09 set 2016.

THOMAS, T. **Domestic roofwater harvesting in the tropics: the state of the art**. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 11., 2003, Mexico. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/outside/ircsa11overview.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>> Acesso em: 15 ago 2016

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

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