

Wilians Montefusco da Cruz

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS
NÃO POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: CASO
DE ESTUDO EM RIO BRANCO/AC**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia

Mestrado Profissional e Processos Construtivos e
Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Cláudio José
Cavalcante Blanco



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

Wilians Montefusco da Cruz

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: CASO DE
ESTUDO EM RIO BRANCO/AC**

Belém

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: CASO DE
ESTUDO EM RIO BRANCO/AC**

Wilians Montefusco da Cruz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Claudio José Cavalcante Blanco, Ph.D.

Belém
2014

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: CASO DE
ESTUDO EM RIO BRANCO/AC**

Wilians Montefusco da Cruz

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Estruturas, Materiais e Construção Civil, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em 03 de Setembro de 2014.

Prof. Dr. Denio Ramam Carvalho de Oliveira
(Coordenador do PPCS)

Prof. Dr. Cláudio José Cavalcante Blanco
(Orientador – UFPA)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Hélio da Silva Almeida
(Examinador Interno – UFPA)

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
(Examinador Externo – UFPA)

Ao meu pai David Félix e minha filha Alanna Beatriz.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que jamais me abandonou.

Ao meu pai, pela maneira simplória e digna que conduziu minha educação.

À minha filha, Alanna Beatriz, pela fonte de inspiração.

Ao Professor Claudio José Cavalcante Blanco, Ph.D. pela demarcação do caminho, riqueza dos comentários, constantes cobranças e paciência demonstrada no desenvolver deste trabalho.

À coordenação do PPCS e à CAPES por viabilizarem a oportunidade de um mestrado na área de Engenharias I em Rio Branco-AC.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Os problemas de escassez de água e poluição dos mananciais, aliados ao crescimento populacional, à industrialização, ao processo de urbanização bem como a má utilização da água potável que chega até nossas residências, sugerem a busca de alternativas que vise à garantia de um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população. Assim, a captação de água pluvial desponta como alternativa eficiente de aproveitamento de água para fins não potáveis, como lavagem de roupa, de calçadas, de carros, descarga de vasos sanitários, irrigação de jardim, dentre outras. Tem-se ainda como benefício da utilização desta água, a redução do escoamento superficial, minimizando os transtornos com enchentes e amenizando os danos aos mananciais, redução em investimentos em infraestrutura, assim como a possibilidade de ampliação da oferta de água potável pelo poder público à população. Nesta ótica, o presente trabalho objetiva analisar a viabilidade financeira e ambiental da instalação de um sistema de captação de água pluvial em uma unidade residencial na cidade de Rio Branco. A verificação da viabilidade econômica é dada pelo tempo de retorno do capital investido que é de 25,7 anos, o que torna a instalação inviável financeiramente, mesmo apresentando uma redução mensal de, aproximadamente, 30 por cento no consumo de água potável. Entende-se assim que a amortização do investimento em sistemas de aproveitamento de água pluvial ocorre de forma lenta, sobretudo devido ao baixo custo da água potável. Por outro lado, o sistema é ambientalmente viável, pois proporciona uma economia de 6,45 m³ de água tratada mensalmente. Desta forma, o uso de água de chuva contribuiria para a redução no consumo de água potável para onde esta não é necessária, otimizando o uso múltiplo de água e contribuindo para a conservação deste recurso natural.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial, captação de água de chuva, uso racional da água.

ABSTRACT

The problems of water scarcity and pollution of water sources, associated to population growth, industrialization, to urbanization process as well as the misuse of potable water that reaches up to all residences, suggests the search for alternatives in order to ensure sufficient quality and quantity of potable water to the population. Therefore, capturing rain water presents as an efficient alternative of water use for non-potable purposes, including laundry, sidewalks, cars, flushing toilets, garden irrigation, among other ways of its use. Moreover, the benefit from the use of this rain water is reducing runoff, minimizing an unwelcomed flooding and decreasing damage to watersheds. Also, there is a reduction in infrastructure investments, and a possibility of increasing the supply of potable water to the population through the public power. In this perspective, this present study aims to analyze the financial and environmental viability to build in a pluvial system at a residential unit in the city of Rio Branco. The verification of economic viability is checked by the time of capital returns which is 25.7 years, showing it financially unfeasible to install, even with a monthly reduction of approximately 30 percent in the consumption of potable water. According to this, the amortization of investing in pluvial water harvesting systems occurs slowly mainly due to low cost of potable water. In another hand, this system is environmentally effective, providing a saving of 6.45 m³ of monthly treated water. Consequently, the use of rain water would help to reduce the consumption of potable water where this is not necessary, optimizing the multiple use of water and contributing to the conservation of its natural source.

Words-Key: Rainwater harvesting, capture of rainwater, rational use of water.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - OBJETIVOS	3
1.1.1 – GERAL.....	3
1.1.2 – ESPECÍFICOS	3
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	4
2.2 – CICLO HIDROLÓGICO.....	9
2.3 - APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL	12
2.3.1 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO	12
2.3.2 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL	14
2.4 - FORMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.....	15
2.4.1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	16
2.4.2 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	16
2.4.3 - CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	17
2.5 - CONSUMOS DA ÁGUA.....	17
2.5.1 - CONSUMO DOMÉSTICO.....	18
2.5.2 - CONSUMO NO COMÉRCIO E NA INDÚSTRIA.....	19
2.6 - QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	21
2.7 - LEGISLAÇÕES E NORMAS SOBRE O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	26
3 - MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 - APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL.....	28
3.2 - MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	30
3.2.1 – ÁREA DE CAPTAÇÃO	31
3.2.2 – CALHAS	32
3.2.3 – CONDUTORES DE ÁGUA PLUVIAL	34
3.2.4 – RESERVATÓRIOS	36
3.2.5 – FILTRO DE DESCARTE	37
3.2.6 – EQUIPAMENTO DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DA CHUVA.....	38
3.3 – COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL	39
3.4 – PLUVIOGRAMA.....	41
3.5 – PROJETO.....	42
3.5.1 – PRECIPITAÇÃO	42
3.5.2 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	42

3.5.3 – VOLUME DE ÁGUA CAPTADA.....	43
3.5.4 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE RESIDENCIAL	43
3.5.5 – ELEMENTOS DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO	46
3.6 – DEMANDA DE ÁGUA MENSAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	50
3.7 – CUSTO DO SISTEMA.....	50
3.8 – TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	51
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 – VOLUME DE ÁGUA CAPTADA	54
4.2 – ANÁLISE DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO.....	54
5 – CONCLUSÃO	57
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Volume total de água no Mundo.....	5
Figura 2 - Volume total de água doce no Mundo.	5
Figura 3 - Disponibilidade hídrica no Brasil por região.	7
Figura 4 - Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população no Brasil.....	8
Figura 5 - Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil.	9
Figura 6 - Ciclo hidrológico médio anual da Terra.....	10
Figura 7 - Parcelas do ciclo hidrológico: Bacia natural (esquerda); Bacia urbanizada (direita)..	11
Figura 8 - Cisterna do povo Maya, chamada Chultun.....	13
Figura 9 - Situação, estimada, das captações de água doce no Brasil por setor.....	21
Figura 10 - Sistema de aproveitamento da água da chuva para usos restritos.	30
Figura 11 - Área de captação de águas pluviais em laje de cobertura.	31
Figura 12 - Superfície de coleta de águas pluviais.....	32
Figura 13 - Calha do tipo beiral.	32
Figura 14 - Calha do platibanda.....	32
Figura 15- Calha do tipo água furtada.....	33
Figura 16 - Calha de seção retangular.....	33
Figura 17 - Posicionamento da calha.	34
Figura 18 - Condutores retangulares e cilíndricos.	34
Figura 19 - Reservatório de aço inoxidável.....	36
Figura 20 - Reservatório de Polietileno da marca Fortlev.....	36
Figura 21 - Reservatório enterrado.	37
Figura 22 - Reservatório semi-enterrado.....	37
Figura 23 - Filtro de descarte.....	38
Figura 24 - Esquema básico de dispositivo	38
Figura 25 - Pluviograma.....	41
Figura 26 - Planta baixa da unidade residencial.	44
Figura 27 - Planta de cobertura da unidade residencial.....	45
Figura 28 - Fachada frontal da unidade residencial.	45
Figura 29 - Filtro grosseiro de descarte.....	46
Figura 30 - Esquema básico de dispositivo automático	46
Figura 31 - Reservatório de armazenamento.....	47
Figura 32 - Sifão ladrão.....	47
Figura 33 - Freio d'água.....	48
Figura 34 - Conjunto flutuante de sucção.....	48
Figura 35 - Sistema de realimentação.	48
Figura 36 - Funcionamento do sistema de realimentação para o período de estiagem.	49
Figura 37 - Funcionamento (modificado) do sistema.	49
Figura 38 - Conta de água cobrada pelo DEPASA, com consumo igual ao proposto no estudo.	52
Figura 39 – Variação do preço de reservatório em função do volume.....	53
Figura 40 – Tempo de retorno do investimento em função do número de habitantes da edificação.	55
Figura 41 – Tempo de retorno do investimento em função do número de habitantes da edificação (Belém-PA).....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço Hídrico de águas superficiais por continente.	6
Tabela 2 - Classificação da disponibilidade hídrica.	8
Tabela 3 - Classificação da disponibilidade hídrica.	10
Tabela 4 - Consumo de água.	18
Tabela 5 - Consumo de água.	18
Tabela 6 - Consumo de água por pessoa.	19
Tabela 7 - Consumo de água nas indústrias.	20
Tabela 8 - Padrão de potabilidade da Portaria Nº 518/04 do MS.	23
Tabela 9 - Padrão de corpos de água doce da Resolução CONAMA Nº 357/05.	24
Tabela 10 - Padrão de balneabilidade da Resolução CONAMA Nº 274/00.	25
Tabela 11 - Padrão de qualidade de água para reuso segundo a NBR 13.969/97 da ABNT.	25
Tabela 12 - Dimensões da Calha em Função do Comprimento do Telhado.	33
Tabela 13 - Área de Cobertura para Condutores Verticais de Seção Circular	35
Tabela 14 - Índice Pluviométrico Mensal de Rio Branco – Período 1970 a 2012.	40
Tabela 15 - Alturas de chuva mínima, média e máxima mensal de Rio Branco – Período 1970 a 2012.	41
Tabela 16 - Coeficiente de Deflúvio (Runoff) ou Coeficiente de escoamento Superficial (C).	43
Tabela 17 - Consumo de água para lavagem de roupa e aparelhos sanitário.	50
Tabela 18 - Consumo de água para lavagem de carros, pios e rega de jardim.	50
Tabela 19 - Planilha do separador das primeiras águas da chuva.	53
Tabela 20 - Planilha do filtro grosseiro de descarte.	53
Tabela 21 - Planilha de custo do sistema de captação de água pluvial.	54

1 – INTRODUÇÃO

É notório que a água é a principal fonte de vida e que este líquido é único e finito, sendo a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano e sem ela não poderíamos conceber a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura como são, em suma, trata-se de um patrimônio do nosso planeta. Não se tem conhecimento de outro insumo com as mesmas propriedades na natureza. A preciosidade da água e a sua importância para a sobrevivência humana são os fundamentos para a preservação dos recursos hídricos e a redução do consumo de água. Desta forma, tem-se que cada continente, cada povo, cada cultura, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.

A escassez da água, problema enfrentado em vários locais do mundo, é resultado do consumo cada vez maior dos recursos hídricos, do mau uso que se faz dos mesmos, da poluição, do desperdício e, sobretudo, da falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável da água. A essencialidade desse recurso natural é indiscutível, e é em virtude deste panorama que cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, passando necessariamente pela busca de novas tecnologias e pela revisão do uso da água pela população.

Tem-se como meta atual a incessante procura por práticas que aperfeiçoem o uso da água, tais como programas de conservação, alicerçados em medidas técnicas e em mudanças de comportamento, fomentados por incentivos que vão desde a educação ambiental até a regulamentação de leis e de estrutura tarifária (TOMAZ, 2003).

Para conter o desaparecimento desse valioso líquido, faz-se necessário a adoção de novos métodos que amenizem o desperdício e o aumento do consumo de água potável para fins nos quais não há a necessidade de sua utilização.

Observa-se que a água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, para beber e cozinhar alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis. A outra parcela da mesma água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários (ANNECCHINI, 2005). Estudos mostram que o consumo de água destinado aos usos não potáveis em uma residência varia de 30% a 40% do total de água consumida (KÖNIG, 2001). Esta parcela de água poderia ser atendida por fontes alternativas, visando à conservação da água e gerando uma economia para o consumidor, uma vez que os mananciais de água superficial e subterrânea não mais

suprem as necessidades da população. Como alternativas tem-se a captação e utilização de água da chuva, de águas salinas e a reutilização ou reuso de água.

Annechini (2005) relata que o aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável. A captação e utilização da água de chuva, para o seu aproveitamento, é um recurso hídrico acessível a todos, independente de condição social ou econômica. Sistemas localizados de captação podem coletar a água dos telhados de construções, superfícies de terras pavimentadas e terrenos naturais, para abastecimento de água para uso doméstico, industrial e agrícola.

A captação da água da chuva vem ao encontro da busca de soluções para duas questões principais relacionados à água (KOBAYAMA, 2005):

- diminuição da demanda de água de abastecimento, pelo armazenamento da chuva em cisternas ou reservatórios; e
- a diminuição dos picos de volume de água nos leitos dos rios, mediante a retenção temporária dos volumes de água da chuva, captados nas superfícies impermeáveis dos lotes e armazenados em reservatórios apropriados, diminuindo com isto a magnitude das enchentes urbanas.

Annechini (2005) acrescenta que a utilização da água da chuva além de trazer o benefício da conservação da água; e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes, buscando garantir a sustentabilidade urbana, que segundo Dixon, Butler e Fewkes (1999), só será possível através da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e eficiente da água.

Aliando-se a este pensamento pode-se ressaltar ainda que, nos edifícios esta técnica contribui não só para a redução do consumo de água potável e redução de custos nas residências, mas também, pode-se reduzir a ampliação de redes de drenagem, auxiliar na prevenção de alagamentos e enchentes urbanas (decorrentes da impermeabilização do solo das grandes cidades), economizar as reservas de mananciais e favorecer a recarga de águas subterrâneas.

Diante da necessidade e do crescente interesse pelo aproveitamento da água da chuva, é conveniente ter atenção para aspectos fundamentais como a qualidade da água e a quantidade de chuva disponível em cada região.

A chuva ao cair, trás elementos presentes na atmosfera, os quais poderão interferir na qualidade desta água. Desta forma, vale lembrar que a utilização da água

captada não deve ser de modo algum aleatório, e é de fundamental importância a educação e conscientização da população de modo que o uso seja responsável de acordo com sua destinação específica, sendo de modo algum aceitável sua ingestão (como exemplo), podendo dessa forma acarretar doenças e problemas de ordem sanitária.

Com relação ao aspecto quantitativo, é importante conhecer a capacidade de produção de chuva do sistema de aproveitamento e a demanda que se deseja atender com a mesma, para construir um sistema que garanta o abastecimento na maior parte do tempo e que seja economicamente viável.

Neste diapasão, esta pesquisa promoveu a utilização da água da chuva na cidade de Rio Branco-Ac e estudou o seu potencial quantitativo de utilização em áreas urbanas, com vistas ao seu aproveitamento como fonte de abastecimento para fins não potáveis em edificações unifamiliar.

1.1 - OBJETIVOS

1.1.1 – GERAL

Dimensionar um sistema de captação de água pluvial para fins não potáveis em uma unidade residencial na cidade de Rio Branco/AC.

1.1.2 – ESPECÍFICOS

1. Analisar o aproveitamento das águas pluviais através da captação em cobertura de uma unidade residencial na cidade de Rio branco/AC;
2. Dimensionar e levantar custos de um sistema de captação pluvial para a unidade residencial;
3. Avaliar se o investimento é viável para a unidade residencial analisada.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Em 12 de abril de 1961, o cosmonauta Yuri Gagarin ao se tornar o primeiro ser humano a ir ao espaço proferiu a famosa frase: “A Terra é azul”. Por muitas décadas a humanidade acreditou nesta frase, achando que a água do planeta era abundante e inacabável. De fato, tem-se que cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície terrestre é coberta de água, porém grande parte é inadequada para o consumo humano, e a outra fração que se encontra em condições de consumo, vem diminuindo com o tempo, devido a diversos fatores, onde se destaca a poluição crescente, principalmente em regiões metropolitanas (THOMAZ, 2010).

A provisão de água doce está diminuindo a nível mundial. Estima-se que, em 50 (cinquenta) anos, uma pessoa em cada cinco não terá acesso a água potável. Seu volume total não está reduzindo, porque não há perdas no ciclo de evaporação e precipitação; o que caracteriza a escassez é a poluição, ou seja, a degradação da qualidade da água para consumo.

A água é recurso natural fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, tais como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, de transporte e de lazer, assim como para a manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas terrestres. Além disso, é notório que o desenvolvimento das civilizações sempre foi vinculado a disponibilidade de água. Desta forma, tem-se que o problema de água no mundo é uma realidade, e vem sendo cada vez mais abordado na medida em que aumenta a procura pelo recurso devido ao crescimento populacional e industrial nos grandes centros urbanos bem como em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades.

Segundo Fietz (2006) do total de água existente em nosso planeta, cerca de 97,5% são de água salgada e apenas 2,5% de água doce. Além disso, a maior parte da água doce (68,7%) está armazenada nas regiões polares e 30,1% se encontram em reservatórios subterrâneos. A água de rios e lagos, mais acessíveis ao uso humano, correspondem a apenas 0,27% do volume total de água doce da terra e cerca de 0,007% do volume total. No gráfico abaixo, verifica-se a percentagem de água salgada e água doce distribuídos no planeta.

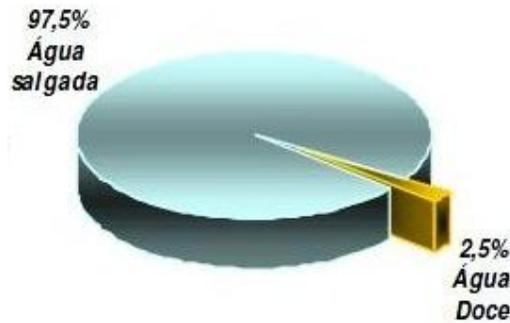


Figura 1 - Volume total de água no Mundo.
 Fonte: Shiklomanov, 1998.

Aliado ao que foi retromencionado Shiklomanov (1998) relata que a disponibilidade hídrica mundial é estimada em cerca de 40.000 km³/ano. Desses, avalia-se que apenas cerca de 4000 km³/ano, ou seja, 10% do total são derivados dos rios para o uso humano. Da água captada, estima-se que apenas 2000 km³/ano são efetivamente consumidos, resultando no retorno dos outros 2000 km³/ano aos cursos d'água, porém, com qualidade inferior à que foram captados (LIMA, 2001). Na Figura 2, verifica-se que grande parte da água doce disponível no planeta apresenta-se em forma sólida e somente uma pequena percentagem está acessível para ser consumida pelo ser humano.

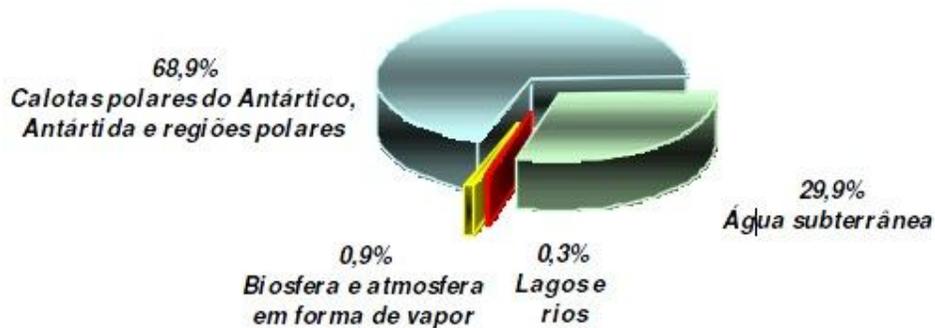


Figura 2 - Volume total de água doce no Mundo.
 Fonte: Shiklomanov, 1998.

Enquanto a quantidade de água doce no planeta é estável, Fietz (2006) salienta que o consumo de água no mundo apresenta escalada ascendente, superior, inclusive, aos níveis de crescimento populacional. Lima (2001), por sua vez, acrescenta que no século XX, a população mundial cresceu 4 vezes, enquanto o consumo de água cresceu 7 vezes. Já Population Reference Bureau (1997) *apud* Demanboro e Mariotoni (1999) adiciona que atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente acesso à água para consumo doméstico e que, várias, estimativas indicam para o futuro, uma situação

de escassez que envolverá, aproximadamente, 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água, em um horizonte de 30 anos.

Outro aspecto importante, a cerca dos recursos hídricos, é a desigualdade com que o mesmo se distribui nas regiões do mundo. Tal distribuição de água no planeta não é uniforme, o que produz alterações continentais, regionais e locais no uso dos recursos hídricos, com profundas implicações econômicas. Neste sentido, Gleick (1993), afirma que:

“Uma das mais importantes características do ciclo global de água doce, é sua desigual distribuição espacial e temporal. Apesar da água ser abundante na média global, nós frequentemente não a obtemos quando e onde queremos, ou na forma que ela é desejada.”

A Tabela 1 apresenta, os balanços hídricos por continente:

Tabela 1 - Balanço Hídrico de águas superficiais por continente.

Continente	Precipitação (Km ³ /ano)	Evaporação (Km ³ /ano)	Drenagem (Km ³ /ano)
Europa	8.290	5.320	2.970
Ásia	32.200	18.100	14.100
África	22.300	17.700	4.600
América do Norte	18.300	10.100	8.180
América do Sul	28.400	16.200	12.200
Austrália/Oceania	7.080	4.570	2.510
Antártica	2.310	0	2.310
Total	118.880	71.990	46.870

Fonte: Shiklomanov, 1998.

Em termos nacionais, o Brasil é um país privilegiado em recursos hídricos, possuindo uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global (MAY, 2004). Já Annecchini (2005) descreve que o Brasil detém cerca de 13,7% de toda a água superficial da Terra, seguido pela China (9%), Estados Unidos (8%) e Canadá (8%).

No entanto, a situação brasileira também necessita de cuidados. Apesar de o país ter disponibilidade hídrica privilegiada, a reserva não está distribuída de forma uniforme em nosso território. Fietz (2006) ressalta que a Bacia Amazônica concentra cerca de 73% da água doce do país e é habitada por 5% da população brasileira. Portanto, apenas

27% dos recursos hídricos do país estão disponíveis para 95% da população. Em alguns estados do Brasil, como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte a disponibilidade hídrica *per capita* é insuficiente para atender a demanda necessária (TOMAZ *apud* MAY 2004). Conforme Tomaz (2003), São Paulo, por exemplo, possui uma disponibilidade hídrica de 2.209 m³/hab/ano, menor que a do Ceará, que é igual a 2.279 m³/hab/ano. Na Figura 3, verifica-se a distribuição de água doce no Brasil por região.

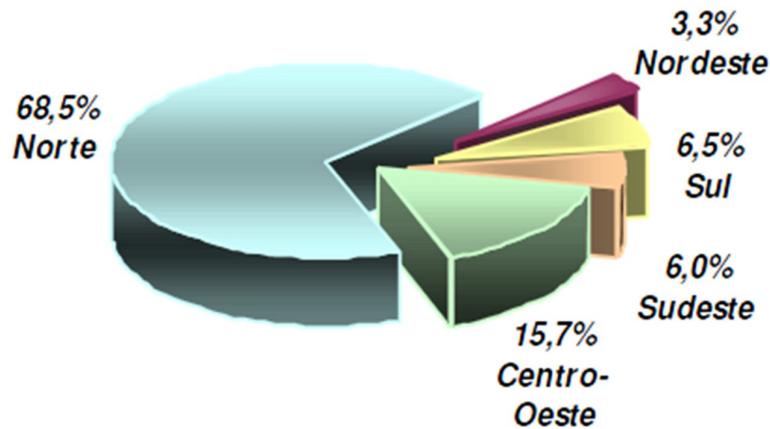


Figura 3 - Disponibilidade hídrica no Brasil por região.
Fonte: Tomaz *apud* May, 2004.

Já na Figura 4, apresentam-se os dados da distribuição dos recursos hídricos e da população em cada região do Brasil. Observa-se que as regiões Norte e Centro-Oeste detêm a maior parte dos recursos hídricos do país, sendo responsável pelo abastecimento da menor parcela da população, ao passo que as regiões sudeste e nordeste, concentram a menor parcela de água e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

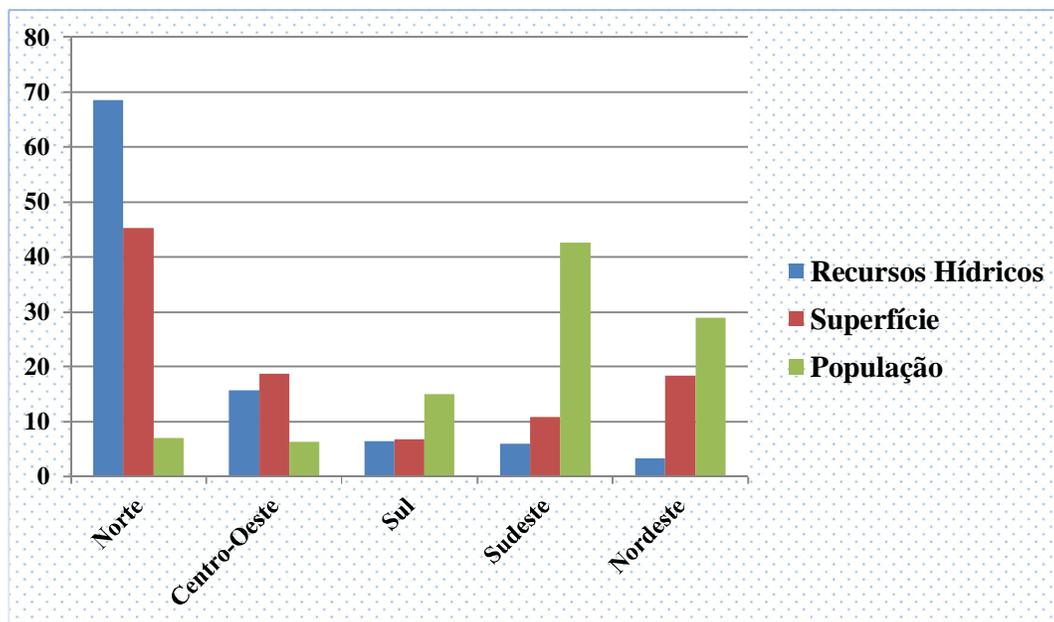


Figura 4 - Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população no Brasil.
 Fonte: Consumo sustentável: Manual de educação, 2005.

A classificação da disponibilidade hídrica varia de muito alta a catastróficamente baixa, conforme a United Nations Environment Programme (UNEP), de acordo com a quantidade de água disponível em m³ por pessoa por ano (Tabela 2), e segundo as projeções do estudo realizado por Ghisi *apud* Anecchini (2005), se nenhuma atitude for tomada no sentido de preservar a água, reservando esta para ser utilizada apenas para os fins mais nobres, a disponibilidade hídrica nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil podem chegar à condição de catastróficamente baixa (Figura 5).

Tabela 2 - Classificação da disponibilidade hídrica.

Disponibilidade Hídrica (m ³ per capita/ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito Alta
10.000 – 20.000	Alta
5.000 – 10.000	Média
2.000 – 5.000	Baixa
1.000 – 2.000	Muito Baixa
Menor que 1.000	Catastróficamente baixa

Fonte: UNEP *apud* Anecchini, 2005.

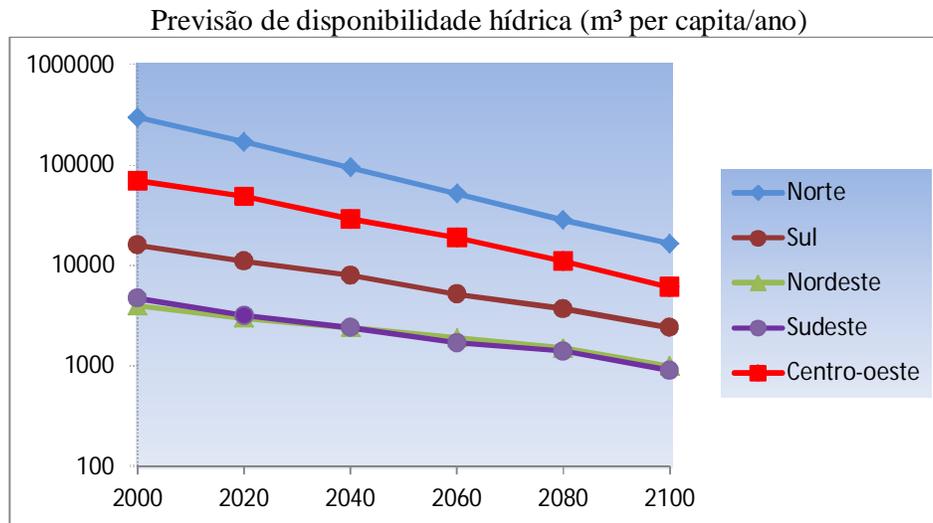


Figura 5 - Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil.
 Fonte: Ghisi *apud* Anecchini, 2005.

2.2 – CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico, também chamado ciclo da água é a descrição do comportamento natural da água no globo e em volta dele. Para satisfazer à demanda de água, a humanidade tem modificado o ciclo hidrológico desde o início de sua história, mediante construção de poços, de barragens, de açudes, de aquedutos, de sistemas de abastecimento, de sistema de drenagem, de projetos de irrigação e de outras estruturas. Os órgãos governamentais investem vultosos recursos para implementar e manter essas instalações. No entanto, apesar dessas iniciativas, em 1995, por exemplo, aproximadamente 20% dos 5,7 bilhões de habitantes da Terra sofriam com a falta de um sistema de abastecimento confiável de água e, além disso, mais de 50% da população não dispunha de um sistema adequado de instalações sanitárias (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 1997).

Ainda segundo a entidade, Organización Meteorológica Mundial (1997), este ciclo é responsável pelo movimento de enormes quantidades de água ao redor do mundo. Parte desse movimento é rápido, pois, em média, uma gota de água permanece aproximadamente 16 dias em um rio e cerca de 8 dias na atmosfera (Tabela 3). Entretanto, esse tempo pode estender-se por milhares de anos para a água que atravessa lentamente um aquífero profundo. Desta forma, as gotas de água reciclam-se continuamente.

Tabela 3 - Classificação da disponibilidade hídrica.

RESERVATÓRIOS	PERÍODO MÉDIO DE RENOVAÇÃO
Oceanos	2.500 anos
Água subterrânea	1.400 anos
Umidade do solo	1 ano
Áreas permanentemente congeladas	9.700 anos
Geleiras em montanhas	1.600 anos
Solos congelados	10.000 anos
Lagos	17 anos
Pântanos	5 anos
Rios	16 dias
Biomassa	Algumas horas
Vapor d'água na atmosfera	8 dias

Fonte: Tundisi, 2012.

Portanto, observa-se que anualmente, cerca de 119.000 km³ de água são precipitados sobre os continentes, dos quais aproximadamente 74.200 km³ evapotranspiram retornando à atmosfera em forma de vapor, 42.600 km³ formam o escoamento superficial e 2.200 km³ formam o escoamento subterrâneo. Assim, esses 42.600 km³ constituem, em média, o limite máximo de renovação dos recursos hídricos em um ano.

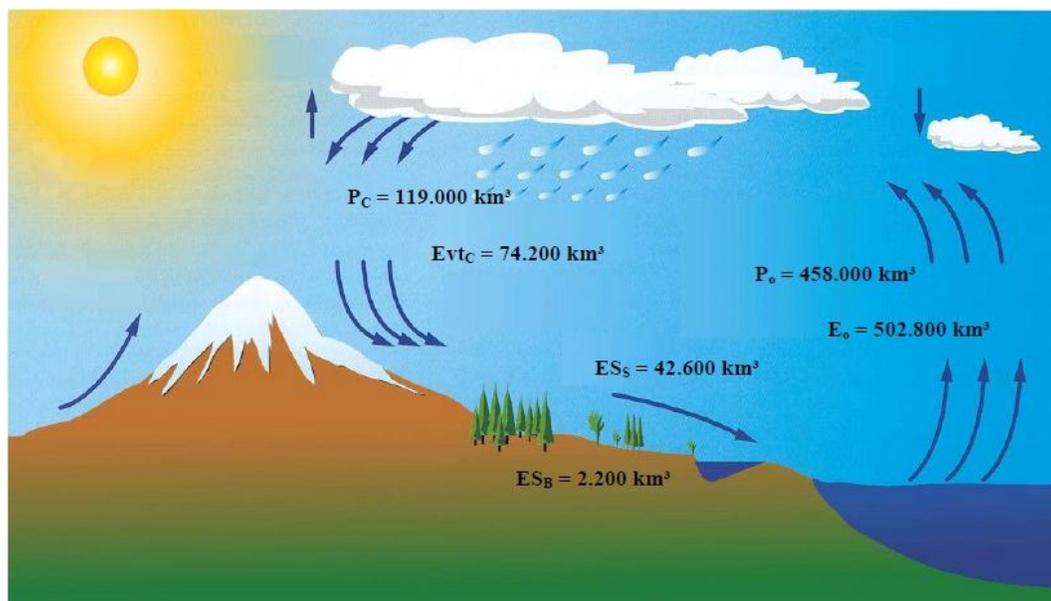


Figura 6 - Ciclo hidrológico médio anual da Terra.

Fonte: Shiklomanov, 1998.

Onde:

- P_C = precipitação nos continentes;
- Evt_C = evapotranspiração nos continentes;
- ES_S = escoamento superficial;
- ES_B = escoamento básico ou subterrâneo;
- P_o = precipitação nos oceanos;

E_o = evaporação nos oceanos.

Analisando as informações contidas na Figura 06, nota-se que o ciclo hidrológico é realmente um sistema fechado. Dos 119.000 km³/ano precipitados sobre os continentes, 74.200 km³/ano (62%) retornam à atmosfera e 44.800 km³/ano (38%) escoam até os oceanos. Por sua vez, nos oceanos, o volume precipitado é de 458.000 km³/ano, enquanto a evaporação é de 502.800 km³/ano, o que gera um excedente de vapor d'água na atmosfera de 44.800 km³/ano. Portanto, nota-se que o volume de água que escoam dos continentes para os oceanos é igual ao valor que retorna dos oceanos para os continentes em forma de vapor d'água, fechando o ciclo (Setti, 2000).

Neste mesmo diapasão tem-se como agravante que o crescimento da urbanização altera a cobertura vegetal alterando com isso os componentes do ciclo hidrológico natural, é o que se observa na Figura 7. O aumento da densidade populacional nos centros urbanos implica na construção de telhados, ruas pavimentadas, calçadas e pátios, aumentando assim a impermeabilização do solo. Com isso, grande parte da água, que antes se infiltrava no solo, recarregando os lençóis subterrâneos, e ficava retida pelas plantas, é encaminhada aos condutos, galerias e canais do sistema de esgotamento pluvial destas áreas (TUCCI e GENZ, 1995).

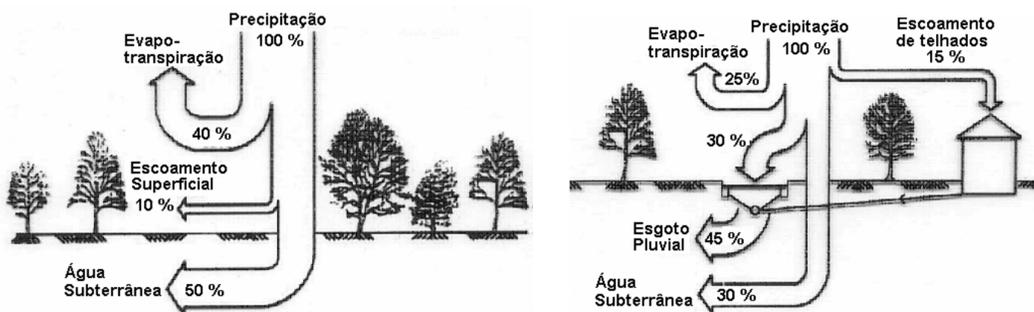


Figura 7 - Parcelas do ciclo hidrológico: Bacia natural (esquerda); Bacia urbanizada (direita).
Fonte: Cohim, Garcia e Kiperstok (2007).

Se por um lado o aumento do escoamento superficial associado à ocupação das áreas de inundação dos rios urbanos torna-se cada vez mais comum, provocando enchentes, alagamentos e destruição em determinadas áreas durante eventos de chuvas prolongadas (GROUP RAINDROPS, 2002); - por outro, reduz-se de forma substancial a contribuição de recarga do lençol subterrâneo e o escoamento de base.

No entendimento de Villiers (2002), à medida que a população cresce, o uso sustentável de água depende fundamentalmente da adaptação das pessoas ao ciclo da

água. O ser humano precisa desenvolver habilidades, conhecimentos, procedimentos e instituições para administrar o uso da água de forma integrada e abrangente, a fim de manter a quantidade e qualidade do suprimento.

Ao invés de problema, essas águas podem ser manejadas como solução, ainda que parcial, para o abastecimento descentralizado. O manejo das águas pluviais no meio urbano deve ser orientado por dois princípios. Primeiro, deve-se procurar aproveitar a água precipitada antes que ela entre em contato com substâncias contaminantes, armazenando-a para uso doméstico. Segundo, devem-se criar condições de infiltração do excedente, restaurando os fluxos naturais e, por consequência, reabilitando mais uma alternativa para abastecimento de água local e descentralizado.

2.3 - APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

Os mananciais utilizados para abastecimento de água na área urbana tornam-se insuficientes devido ao aumento da demanda ou têm sua qualidade comprometida, gerando a necessidade de buscar alternativas capazes reverter o atual estado de uso deste recurso.

Campos (2004), enfatiza que a sociedade atual vive um sério dilema alegando que a falta d'água começa a atormentar a população dos grandes centros. O aumento da demanda aliado à poluição dos mananciais abastecedores faz com que se procure água a distâncias cada vez maiores. Consequentemente, a água está cada vez mais dispendiosa para a população.

Torna-se necessário, então, criar formas alternativas para combater esse aumento da demanda de água potável. Uma dessas fontes alternativas é o uso de água pluvial. Há muito tempo, essa tecnologia, é utilizada em diversas regiões do mundo sendo em algumas, a única fonte de abastecimento de água limpa (CAMPOS, 2004).

2.3.1 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO

O aproveitamento da água da chuva é uma prática difundida em várias partes do mundo. Em algumas regiões, a água da chuva é praticamente a única forma de se ter acesso à água. Em outras, esta prática é usada como forma de preservar os mananciais superficiais e as águas subterrâneas (KOBAYAMA, 2005).

Segundo May (2004), os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva já existem há milhares de anos. No deserto de Negev, por exemplo, o sistema existe há

mais de 4.000 anos. Durante a era Romana, foram construídos sistemas sofisticados para coleta e armazenagem de água de chuva.

Tomaz *apud* May (2004) descreve que em uma das inscrições mais antigas do mundo, em uma Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a. C. o rei Mesha dos povos Maobitas sugeria a construção de uma cisterna em cada casa para aproveitamento da água de chuva.

Já no Quênia onde as fontes de água estão localizadas a grandes distâncias, as pessoas têm de se deslocar nas mais precárias formas e condições para buscar água. Seu Governo, aliado a uma organização não-governamental, resolveu patrocinar a construção de cisternas domiciliares e coletivas, minimizando com isto o esforço da população para a obtenção de água (HANSEN *apud* KOBİYAMA, 2005).

Conforme Gnadlinger *apud* May (2004), no século X, ao sul da cidade de Oxtutzcab situada ao pé do monte Puuc, a agricultura era baseada na coleta de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e a água de chuva era armazenada em cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas de Chultuns.

Ainda segundo o autor, as cisternas Chultuns tinham um diâmetro de aproximadamente 5,00 m e eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de coleta de 100 a 200 m². Na Figura 8 observa-se a cisterna do povo Maya, chamada Chultun.

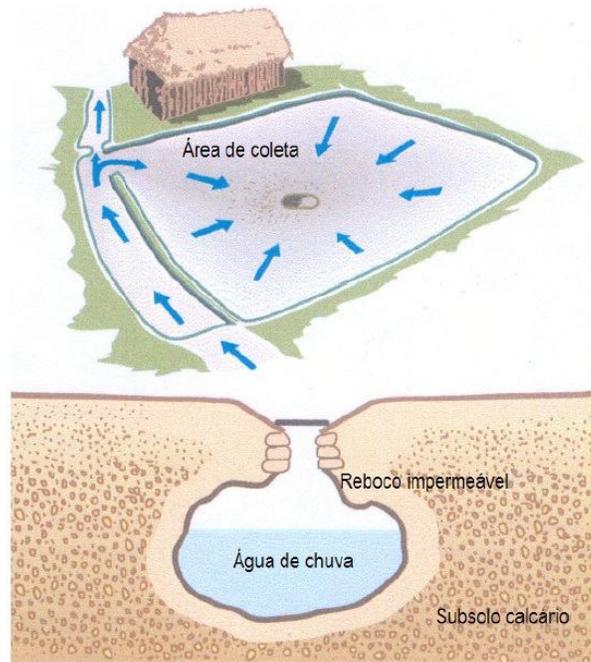


Figura 8 - Cisterna do povo Maya, chamada Chultun.
Fonte: Gnadlinger *apud* May, 2004.

Nos Estados Unidos, Alemanha e Japão o processo de captação de água de chuva começou visando à retenção das águas pluviais como medida preventiva de combate a enchentes urbanas. Porém no decorrer do tempo o aproveitamento da água ganhou espaço em função do risco de escassez e, também, para promover a recarga dos solos. (GROUP RAINDROPS *apud* ALT, 2012, p.8).

Ainda com relação aos Estados Unidos, Campos (2004) salienta que já existem sistemas instalados em pelo menos 15 estados e territórios americanos: Alasca, Havaí, Washington, Oregon, Arizona, Novo México, Texas, Kentucky, Ohio, Pensilvania, Tennessee, Carolina do Norte, Virgínia, Virgínia do Oeste e Ilhas Virgens Americanas, estimando que cerca de mais de meio milhão de pessoas nesses estados e territórios utilizem água pluvial para fins não-potáveis e potáveis.

Em alguns países da Europa, o aproveitamento de água de chuva é bastante intensificado. Na Holanda, por exemplo, a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. Na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água de chuva ajudou a solucionar os problemas acarretados pela péssima qualidade da água distribuída (MAY, 2004).

2.3.2 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL

Conforme Anecchini (2005), no Brasil a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha. Ainda nos dias de hoje, a água da chuva é utilizada para o abastecimento da população.

O Nordeste brasileiro conta com programas governamentais para a construção de cisternas rurais, como é o caso do estado de Pernambuco. Trata-se do Programa Convivência com a Seca, prevendo entre diversas ações de infraestrutura hídrica, a construção de 13.000 cisternas, localizadas nas Regiões do Sertão e Agreste do Estado (LIBERAL e PORTO *apud* KOBİYAMA, 2005).

Em regiões como o Nordeste brasileiro, onde é difícil conseguir água, seja para o uso doméstico ou para o consumo humano, a população vê-se obrigada a usar e consumir água de qualidade duvidosa, o que vem associado a uma série de doenças, tendo muitas vezes que andar quilômetros para conseguir água.

Segundo Alt (2012) o Governo ainda desenvolveu o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-árido, chamado Um Milhão de Cisternas Rurais ou AP1MC (Associação Programa Um Milhão de Cisternas), cujo objetivo é fornecer cisternas para armazenamento da água da chuva a 1.000.000 de famílias rurais do semi-árido brasileiro, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população. O Programa é concebido, executado e gerido pela ASA - Articulação no Semi-Árido Brasileiro, com parcerias do governo, empresas, ONGs, etc. A AP1MC abrange os estados da região Nordeste onde o clima semi-árido possui maior intensidade: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais o Norte de Minas Gerais e o Nordeste do Espírito Santo. Alt (2012) ainda relata que até o momento já foram construídas 12.400 cisternas de 16.000 litros cada uma. As águas das cisternas rurais são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos, inclusive para cozinhar e para beber.

No sul do Brasil, também é possível encontrar exemplos de aproveitamento de água das chuvas. Em Santa Catarina temos o primeiro uso comprovado da chuva no século XVIII, por ocasião da construção das fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Santo Antônio, situada na pequena Ilha de Ratonas, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (RAMOS *apud* KOBİYAMA, 2005).

Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando à redução das enchentes. Existem também empresas especializadas que fabricam e fornecem soluções para o aproveitamento da água da chuva (ANNECCHINI, 2005).

Percebe-se que, o aproveitamento da água da chuva como fonte alternativa para fins não potáveis vem sendo amplamente utilizado tanto em países desenvolvidos como nos subdesenvolvidos, tanto como fonte principal quanto como fonte suplementar de água, tornando-se uma contribuição descentralizada de suma relevância.

2.4 - FORMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

Segundo Kobiyama (2005), a água doce pode ser adquirida de três tipos de fontes, são elas:

- Mananciais superficiais;
- Mananciais subterrâneos; e
- Água de chuvas.

2.4.1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Antes de aprofundar-se no tópico, faz-se necessário conceituar manancial superficial e que conforme Brasil (2004) é toda parte de um manancial que escoar na superfície terrestre, compreendendo os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais.

A captação de águas superficiais depende de cuidados que devem ser levados em conta quando da elaboração do projeto. Qualquer tipo de captação deverá atender em qualidade e quantidade a demanda prevista da população futura no horizonte (alcance) do projeto.

Para Brasil (2004), a escolha das obras de captação deve ser antecedida da avaliação dos seguintes fatores:

- dados hidrológicos da bacia em estudo ou de bacias na mesma região;
- nível de água nos períodos de estiagem e enchente;
- qualidade da água;
- monitoramento da bacia, para localização de fontes poluidoras em potencial;
- distância do ponto de captação ao ponto de tratamento e distribuição;
- desapropriações;
- necessidade elevatória;
- fonte de energia;
- facilidade de acesso.

2.4.2 - CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os reservatórios de águas subterrâneas são chamados de lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o freático ou o cativo (também chamado de confinado). O lençol freático caracteriza-se por estar assentado sobre uma camada impermeável de sub-solo, rocha por exemplo, e submetido a pressão atmosférica local. O lençol cativo caracteriza-se por estar confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local (VENANCIO, 2009).

Para Kobiyama (2005) as águas subterrâneas potencialmente apresentam boa qualidade para consumo humano, embora o lençol freático seja muito vulnerável à contaminação; são relativamente fáceis de se obter, ainda que nem sempre em quantidade suficiente e também podem ser localizadas nas proximidades das áreas de consumo.

Venancio (2009) destaca que a captação do lençol freático pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos. Já a captação de lençóis cativos normalmente é feita através de poços artesianos e, mais raramente, por fontes de encosta.

As águas subterrâneas são consideradas pela legislação vigente parte integrante e indissociável do ciclo hidrológico. A exploração inadequada dessas águas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade. A exploração e utilização de águas subterrâneas é permitida e regulamentada (SAUTCHUK, 2005).

Lima (2001) relata que no Brasil, as águas subterrâneas ocupam diferentes tipos de reservatórios, desde as zonas fraturadas do embasamento cristalino até os depósitos sedimentares cenozoicos. Dessa diversificação, resultaram sistemas aquíferos que, pelo comportamento, podem ser reunidos em: a) sistemas porosos (rochas sedimentares); b) sistemas fissurados (rochas cristalinas e cristalofilianas); c) sistemas cársticos (rochas carbonáticas com fraturas e outras descontinuidades submetidas a processos de dissolução cárstica).

As águas subterrâneas, mais do que uma reserva, devem ser consideradas um meio para acelerar o desenvolvimento econômico e social de determinadas regiões. Essa afirmação é apoiada na sua distribuição generalizada, na maior proteção às ações antrópicas e nos reduzidos recursos financeiros, exigidos para sua exploração.

Conhecer a disponibilidade dos sistemas aquíferos e a qualidade de suas águas é primordial para o estabelecimento de política de gestão das águas subterrâneas (LIMA, 2001).

2.4.3 - CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Kobiyama (2005) relata que a água de chuva pode ser utilizada como manancial abastecedor, sendo armazenada em cacimbas ou cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou, em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber.

2.5 - CONSUMOS DA ÁGUA

Existe uma crescente preocupação com a disponibilidade mundial da água, dada uma nova consciência relacionada com o uso deste recurso. A nova consciência

advém dos problemas que já ocorrem pelo manejo não sustentável dos recursos ambientais em pontos distintos do planeta (PICCININI, 2008).

Piccinini (2008) alerta que devido à demanda e ao crescimento populacional acentuado e desordenado, principalmente nos grandes centros urbanos, existe uma tendência para os próximos anos de um aumento maior no consumo de água. Antevendo este incremento no consumo, Programas de Uso Racional da Água estão sendo realizados em todo o mundo, através de leis, orientações, conscientização da população e, principalmente, tecnologia de ponta aplicada a estes programas. Tem-se que as perspectivas para o atual século indicam um cenário de 18% de escassez até o ano de 2050.

2.5.1 - CONSUMO DOMÉSTICO

O consumo de água diário e sua estimativa têm sido um desafio para os pesquisadores dessa área. Tal consumo varia em função do clima, das regiões, dos hábitos de higiene, custo da água, sistema de fornecimento e cobrança, bem como da evolução tecnológica dos aparelhos hidro-sanitários. (PICCININI, 2008).

Tem-se, nas Tabelas 4 e 5, os consumos de água por diferentes formas de uso.

Tabela 4 - Consumo de água.

ITEM	Q UANTIDADE (L/HAB/DIA)
Bebida cozinha	10 a 20
Lavagem de roupa	10 a 20
Banhos e lavagem de mãos	25 a 55
Instalações sanitárias	15 a 25
Outros usos	15 a 30
Perdas e desperdícios	25 a 50
Total	100 a 200

Fonte: Yassuda & Nogami (1976) *apud* Kobiyama (2005).

Tabela 5 - Consumo de água.

ITEM	Q UANTIDADE
Por banho/ habitante	39 a 50 l
Pia do banheiro	6 l/min
Outras torneiras	12 a 15 l/min
Descarga	8 a 12 l/uso
Máquina de lavar pratos	50 l/uso
Máquina de lavar roupas	80 l/uso

Fonte: Azevedo Netto *et al* (1998).

Estima-se que 30% a 40% do volume destinado ao consumo doméstico se refere à descarga de vaso sanitário (ABNT, 2000). A Tabela 6 mostra os seguintes consumos por pessoa:

Tabela 6 - Consumo de água por pessoa.

PRÉDIO	UNIDADE	CONSUMO DE ÁGUA(L/D)	CONSUMO NA DESCARGA(L/D)
1.Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	pessoa	160	60
Padrão médio	pessoa	130	50
Padrão baixo	pessoa	100	40
Hotel	pessoa	100	30
Alojamento provisório	pessoa	80	30
2.Ocupantes temporários			
Fábricas em geral	pessoa	70	30
Escritório	pessoa	50	30
Edifício público/comercial	pessoa	50	20
Escolas e locais de longa permanência	pessoa	50	30
Restaurantes e similares	pessoa	25	10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	2
Sanitários públicos	bacia	480	450

Fonte: Kobiyama, 2005.

2.5.2 - CONSUMO NO COMÉRCIO E NA INDÚSTRIA

Atualmente a indústria nacional está submetida a dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, as imposições do comércio internacional pela melhoria da competitividade e, do outro, as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (HESPANHOL, 2006).

A viabilidade de uma inserção competente do Brasil no disputado cenário da irreversível economia globalizada implica na conscientização da indústria quanto a uma substancial mudança nos processos de transformação, pela incorporação de práticas de produção mais limpa (SAUTCHUK, 2009).

No que se refere ao uso racional da água nas plantas industriais, Sautchuk (2009) acrescenta que será preciso investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, na

implantação de sistemas de tratamento avançado de efluentes, em sistemas de conservação, em redução de perdas e no aproveitamento da água. Isto levará a significativos ganhos ambientais, sociais e econômicos.

As empresas de grande porte já estão implantando tais práticas, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto. As micro e pequenas empresas, entretanto, necessitam de apoio e orientação para adotarem tais sistemas em suas unidades produtivas.

Setti (2000) esclarece que há vários tipos de uso da água nos processos industriais, tais como refrigeração e geração de vapor, tratamento térmico, transporte, higiene e limpeza além de seu emprego direto como ingrediente. As demandas industriais dependem de coeficientes de uso e de perdas de cada tipo, de cada ramo industrial e, ainda, da tecnologia adotada.

Para fins de determinação da demanda de água, há dois grupos de indústrias, um altamente consumidor de água e outro de pequenas demandas, em geral abastecidas por redes públicas ou poços profundos. Devem ser lembradas as usinas termoeletricas e nucleares (SETTI, 2000).

A Tabela 7 apresenta alguns consumos específicos de água para fins industriais, considerando o tipo de indústria e o seu produto. Tratam-se de valores médios, sendo extremamente variáveis em função da tecnologia empregada.

Tabela 7 - Consumo de água nas indústrias.

TIPO DE INDÚSTRIA	CONSUMO
Laminação de aço	85 m ³ por tonelada de aço
Refinação do petróleo	290 m ³ por barril refinado
Indústria têxtil	1.000 m ³ por tonelada de tecido
Couros-Curtumes	55 m ³ por tonelada de couro
Papel	250 m ³ por tonelada de papel
Saboarias	2 m ³ por tonelada de sabão
Usinas de açúcar	75 m ³ por tonelada de açúcar
Fábrica de conservas	20 m ³ por tonelada de conserva
Laticínios	2 m ³ por tonelada de produto
Cervejaria	20 m ³ por m ³ de cerveja
Lavanderia	10 m ³ por tonelada de roupa
Matadouros	3 m ³ por animal abatido

Fonte: Barth (1987) *apud* Setti (2000).

Com relação à agricultura, Setti (2000) enfatiza que a irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada de forma a complementar a necessidade de água, naturalmente promovida pela precipitação, proporcionando teor de umidade ao solo suficiente para o crescimento das plantas. É o uso da água de maior consumo, demandando cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo de desperdício. Quando utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente tanto a qualidade dos solos quanto a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (fertilizantes, corretivos e agrotóxicos).

A Figura 9 elucida sobre a utilização da água em determinadas setores.

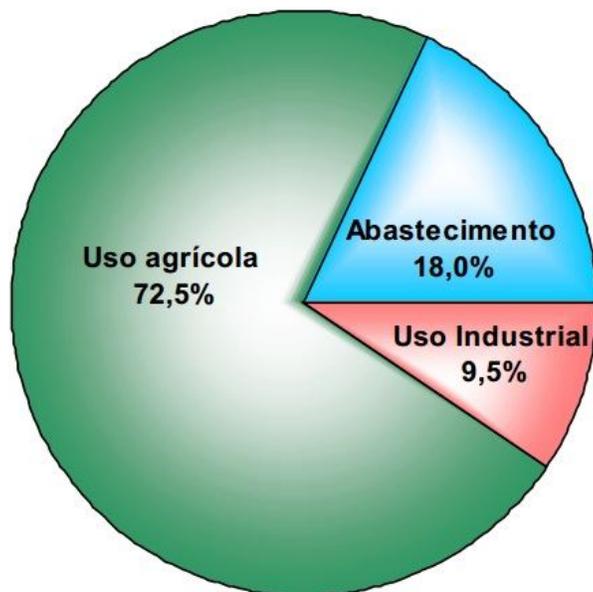


Figura 9 - Situação, estimada, das captações de água doce no Brasil por setor.
Fonte: Lima (2000) *apud* Lima, 2001.

2.6 - QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Para que se possa aproveitar todo o benefício da coleta e utilização da água da chuva de forma segura, é preciso estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender, devendo este ser de acordo com os usos a que a mesma se destina.

Para Sautchuk (2009), a qualidade da água é definida em função de características físicas, químicas, micro bióticas e radioativas, sendo que para cada tipo de aplicação, o grau de qualidade exigido pode variar significativamente.

Moreira (2001) estabelece alguns desses parâmetros para o estudo de água utilizada em descargas. Dentre os parâmetros físicos são citados o odor, a cor e a turbidez. Dentre os químicos, pH, micropoluentes orgânicos (tensoativos), sólidos

suspensos, DBO, cálcio e magnésio. E, por último, dentre os parâmetros biológicos os coliformes totais e fecais.

Referindo-se a água antes de atingir o solo, Carvalho (2004) relata que a atmosfera é uma mistura de gases na qual estão presentes, em suspensão, partículas tanto sólidas como líquidas e que a água de chuva é resultado da combinação entre gotículas que formam as nuvens e as substâncias que a elas se incorporam durante a precipitação.

A água da chuva naturalmente é ácida, afirma Figueiredo (2001). O gás carbônico presente na atmosfera, durante a chuva transforma-se em ácido carbônico, o que torna a chuva levemente ácida (pH em torno de 5,6). A ocorrência de chuva ácida pode ser tanto em decorrência de poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral) em veículos e indústrias como dos processos de produção nas indústrias de produtos químicos. Ainda segundo o autor, a chuva ácida pode ter causa natural como a emissões de gases provenientes de vulcões ou pela queima de biomassa, sendo que os pântanos alagados e os manguezais contribuem para a liberação de muitos compostos ácidos para a atmosfera.

Jaques (2005) salienta que a composição da chuva varia com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), proximidade da vegetação e com a presença de carga poluidora.

As águas de chuva são encaradas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo, carreando todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar desaguando num rio que por sua vez acabará suprindo uma captação para Tratamento de Água Potável. Obviamente que essa água sofreu um processo natural de diluição e autodepuração ao longo de seu percurso, contudo nem sempre suficiente para realmente depurá-la (JAQUES, 2005).

Silveira (2008) enfatiza que os critérios que norteiam a qualidade da água pluvial diferem bastante quando se comparam países industrializados com países em desenvolvimento, diferença que pode ser parcialmente atribuída a fatores como viabilidade econômica, tecnologia disponível, nível geral da saúde das populações e características políticas e sociais.

Em geral, as águas das chuvas só devem ser usadas para fim não potável, principalmente em regiões industriais, onde é grande a poluição atmosférica. Cabe

salientar que mesmo para fins não potáveis como, usos em indústrias (caldeiras, refrigeração, indústria de papel e outros), devem-se providenciar tratamento mínimo para ajustes nos índices de poluentes e da sua dureza (ALT, 2012).

Silva (2007) esclarece que a legislação federal brasileira estabelece padrões de qualidade para a água tratada destinada ao consumo humano, através da Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde (MS). Dois outros instrumentos legais podem servir de base para esta avaliação. A Resolução do CONAMA de nº 357/05 que estabelece os padrões de qualidade para corpos d'água e a de nº 274/00, a qual define os padrões de balneabilidade. Além destes instrumentos legais, pode-se ainda tomar como referência outro dispositivo normativo como a NBR 13.969/97 da ABNT.

Entretanto, ainda não existe no Brasil legislação específica para o aproveitamento da água da chuva, que estabeleça os padrões de qualidade que esta água deve atender e os usos a que a mesma pode ser destinada. Anecchini (2005) ressalta que na falta desses padrões de qualidade de água de chuva, pode-se tomar como referência as legislações descritas acima, ou ainda a publicação “Conservação e Reúso da Água em Edificações” de 2005, realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) em conjunto com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP).

A água potável é definida como a água para consumo humano, o Ministério da Saúde através da Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004 regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo humano no Brasil, conforme Tabela sintetizada a seguir.

Tabela 8 - Padrão de potabilidade da Portaria Nº 518/04 do MS.

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
pH	-	6,0 a 9,5
Turbidez	UNT	5
Cor Aparente	uH	15
SDT	mg/L	1.000
Dureza	mg/L	500
Nitrato (como N)	mg/L	10,0
Nitrito (como N)	mg/L	1,0
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Sulfato	mg/L	250

Cloretos	mg/L	250
E. Coli e CT	NMP/100 ml	Ausente

Fonte: Ministério da Saúde.

Nota: (1) Valor Máximo Permitido.

A Tabela a seguir mostra alguns padrões de qualidade para água doce estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05.

Tabela 9 - Padrão de corpos de água doce da Resolução CONAMA N° 357/05.

Parâmetros	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO	mg/L	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
OD	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
Turbidez	UNT	40	100	100	-
Cor verdadeira	uH	-	75	75	-
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
SDT	mg/L	500	500	500	-
Fósforo total	mg/L	0,025	0,05	0,075	-
Nitrato	mg/L	10,0	10,0	10,0	-
Nitrito	mg/L	1,0	1,0	1,0	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	3,7	3,7	13,3	-
Sulfato	mg/L	250	250	250	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	200	1.000	4.000	-

Fonte: Anecchini, 2005.

As classes para água doce, da resolução em suma, com seus respectivos usos estão descritas a seguir:

- Classe 1 - Abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças;
- Classe 2 – Abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, aquicultura e atividades de pesca;
- Classe 3 – Abastecimento para consumo humano, irrigação de culturas arbóreas, pesca, recreação de contato secundário, dessedentação de animais; e
- Classe 4 – Navegação e harmonia paisagística.

A Tabela 10 sintetiza algumas categorias de classificação de balneabilidade dos corpos d'água, elencados na Resolução CONAMA N° 274/00, que visa assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário.

Tabela 10 - Padrão de balneabilidade da Resolução CONAMA Nº 274/00.

Categoria Própria	Padrão
Excelente	Máximo de 250 CF/100 ml ou 200 E. coli/100 ml ou 25 estreptococos/100 ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores.
Muito Boa	Máximo de 500 CF/100 ml ou 400 E. coli/100 ml ou 50 estreptococos/100 ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores.
Satisfatória	Máximo de 1.000 CF/100 ml ou 800 E. coli/100 ml ou 100 estreptococos/100 ml em 80% ou mais das amostras das cinco semanas anteriores.

Fonte: Anecchini, 2005.

Já se referindo a NBR 13.969/07, que descreve a cerca do reuso de esgoto doméstico tratado, indicando o seu uso para fins que exigem qualidade de água não potável e sanitariamente segura, tem-se a Tabela 11 que nos mostra os padrões de qualidade para água de reuso, de acordo com as seguintes classes e fins a que se destinam (ANNECCHINI, 2005):

- Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
- Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3 – Reuso nas descargas dos vasos sanitários; e
- Classe 4 – Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Tabela 11 - Padrão de qualidade de água para reuso segundo a NBR 13.969/97 da ABNT.

Parâmetros	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6,0 a 8,0	-	-	-
Turbidez	UNT	< 5,0	< 5,0	< 10,0	-
Coliforme fecal	NMP/100 ml	< 200	< 500	< 500	< 5.000
SDT	mg/L	< 200	-	-	-
Cloro Residual	mg/L	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
OD	mg/L	-	-	-	> 2,0

Fonte: Anecchini, 2005.

Anecchini (2005) alerta para a extrema necessidade de estabelecer critérios de uso e conservação da água da chuva nas edificações nos dias atuais tendo em vista as grandes vantagens trazidas por esse sistema, como a conservação da água, através da

redução do consumo de água potável nas edificações e o controle de enchentes, auxiliando os sistemas de drenagem.

2.7 - LEGISLAÇÕES E NORMAS SOBRE O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos (SAUTCHUK, 2009).

No Brasil, ainda não existem legislações específicas para o aproveitamento da água da chuva, quer seja para fins potáveis, quer seja para fins não potáveis (ANNECCHINI, 2005). Campos (2004) acredita que isto se deve a poucas experiências de aproveitamento de água pluvial em residências no Brasil. Por isso, poucas ações têm sido tomadas para o seu desenvolvimento, sendo que nenhum incentivo nacional para essa prática tem sido feito.

Silva (2007) esclarece que uma vez que não existe ainda uma legislação específica para o aproveitamento da água da chuva de maneira a estabelecer os padrões de qualidade que esta água deva atender em função dos diferentes usos, torna-se necessário adotar, mesmo em caráter temporário, a legislação disponível atualmente.

Apesar da inércia relacionada ao tema pelos gestores, algumas cidades já instituíram legislações sobre a coleta da água da chuva com o objetivo de controlar enchentes, conservar a água e fazer o uso racional da mesma. Campos (2004) destaca, por exemplo, que devido à preocupação com a drenagem urbana, diversas cidades apresentam leis que obrigam a retenção de parte da precipitação no terreno, através da construção de um reservatório que servirá para infiltrar essa água, diminuindo o volume de água pluvial jogado na rede.

Em São Paulo (Lei Nº 13.276/02) e no Rio de Janeiro (Decreto Municipal Nº 23.940/04), a coleta da água da chuva é obrigatória para os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m², com o objetivo de evitar inundações. A chuva coletada deve ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo ou para ser despejada na rede de drenagem após uma hora de chuva, ou ainda para ser conduzida a outro reservatório, para ser utilizada para fins não potáveis

(ANNECCHINI, 2005). Casos semelhantes a estes ocorrem, em Ribeirão Preto e no projeto do novo código de obras de São Carlos, é o que afirma Campos (2004).

A obrigatoriedade de captação de água pluvial, através destas leis, facilita a implantação de sistemas de aproveitamento, embora, não tenham por objeto direto seu aproveitamento.

Conforme Silva (2007), dentre as legislações mencionadas, temos ainda:

“Legislação Municipal

A Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003 cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

O Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004 torna obrigatório na Cidade do Rio de Janeiro, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

A Lei nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997 dispõe sobre a taxa de drenagem de águas pluviais no Município de Santo André.

Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, processo 21718/1997, publicado no Diário Oficial do Município de Guarulhos na terça-feira, 14 de novembro de 2000, Ano I, nº 25, aborda os Reservatórios de Detenção (Piscinão).

A Câmara Municipal de Pato Branco, Estado do Paraná, aprovou a Lei nº 2.349, de 18 de junho de 2004 que cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

A Lei nº 2896, de 29 de março de 2004, cria no município de Foz do Iguaçu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

A Lei nº 4.393, de 16 de setembro de 2004, dispõe na cidade do Rio de Janeiro, sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.

Lei nº 9.520, de 18 de abril de 2002, torna obrigatória em Ribeirão Preto, a construção de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².

Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002, torna obrigatória no Município de São Paulo a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².”

Em outros países, percebe-se que esta iniciativa já está consolidada. A cidade de Austin, no estado norte americano do Texas, apresenta incentivos governamentais para a construção de sistemas de captação com vida útil mínima de 20 anos, há ainda isenção de impostos para a compra de equipamentos constituintes do sistema de aproveitamento de água pluvial. Na Alemanha, mais precisamente na cidade de Osnabrück, Wallenhorst e Geurgsmarienhütte, somente para edificações urbanas residenciais unifamiliares, há incentivos como isenção da taxa de drenagem. Segundo Campos (2004), outros programas semelhantes existem no estado da Califórnia, e na Austrália.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O uso racional da água se apresenta sobre várias perspectivas, como, por exemplo, captar água de chuva para usos domésticos, recarregar aquíferos, implementar bases tarifárias com o objetivo de valorar a água como um bem econômico, reduzir as perdas no tratamento e na distribuição, mudanças de hábitos pessoais com o objetivo de reduzir o consumo individual, reutilizar águas residuais para fins menos nobres, entre outras. De uma forma mais abrangente, pode-se dizer que o uso eficiente significa aproveitar melhor a água e assegurar maior eficiência em seu uso.

Neste sentido foi realizada a análise do aproveitamento de água pluvial em uma unidade residencial unifamiliar, construída no ano de 2013, localizada na cidade de Rio Branco, Acre.

Assim, serão descritos neste capítulo as características físicas da residência, materiais empregados dentre outros aspectos necessários a empregabilidade do sistema de captação e distribuição de água da chuva.

Tomando-se como fontes de referência as obras, publicações, informações obtidas de sítios e periódicos sobre o tema proposto, foram determinadas as seguintes atividades para o desenvolvimento do trabalho:

- 01 – Identificar a precipitação média das chuvas mínimas para os meses em que o sistema estará em funcionamento;
- 02 – Destacar as características da unidade residencial;
- 03 – Calcular o volume de água pluvial necessário para abastecer a unidade residencial nos fins não potáveis;
- 04 – Fazer o levantamento dos materiais necessários para a instalação do sistema;
- 05 – Elaborar uma pesquisa de mercado sobre os valores dos materiais e serviços;
- 06 – Realizar o levantamento do orçamento final dos custos dos materiais e serviços;
- 07 – Analisar a viabilidade econômica e a importância ambiental do sistema.

3.1 - APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL

No Brasil, a captação de água pluvial para utilização em residências é pouco difundida, no entanto vem crescendo e sendo evidenciada por órgãos que defendem o meio ambiente. Em um domicílio comum, a água pluvial (não potável) pode ser usada no lugar da água tratada (potável) da rede pública em vários destinos, tais como rega de

jardins, lavagem de roupas, de carros, de pisos e, sobretudo, em vasos sanitários, onde se tem um consumo elevado.

De acordo com Alt (2009) a viabilidade de implantação de um sistema normalmente está relacionada à, pelo menos, uma das seguintes situações:

- Alta precipitação anual;
- Problemas no abastecimento de água potável;
- Custo da água potável;
- Restrições impostas pelo poder público devido à impermeabilização.

Anecchini (2005) defende que quanto mais regular a distribuição das chuvas ao longo do ano, mais confiável será o sistema e o volume do reservatório de armazenamento.

A média anual dos índices pluviométricos da cidade de Rio Branco é alta, e também conta com períodos bem definidos, sendo nove meses de chuva e três de estiagem, logo os fatores são favoráveis para a captação da água pluvial e esta surge como uma boa alternativa para a economia de água potável. Neste sentido, Lima e Machado (2008) afirmam que:

“A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.”

Em si tratando da estimativa do custo sistema de captação de água pluvial, Tomaz (2003) afirma que os principais fatores que influenciam no cálculo são: a área do telhado, a quantidade de água necessária para atender a demanda e a definição do tipo de reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos.

O sistema hidráulico de abastecimento de água não potável, em uma unidade residencial, não pode encontrar-se com o do sistema de água potável, devendo estes ser independentes. Desta forma, a NBR 5626/98 estabelece que:

“A instalação predial de água fria abastecida com água não potável deve ser totalmente independente daquela destinada ao uso da água potável, ou seja, deve-se evitar a conexão cruzada. A água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.”

A Figura 10 esquematiza o que estabelece a NBR 5626/98. Sendo que a tubulação de cor azul trata-se do sistema hidráulico de abastecimento para fins não

potáveis, e a tubulação de cor branca é a que faz uso da água da rede pública para fins potáveis.

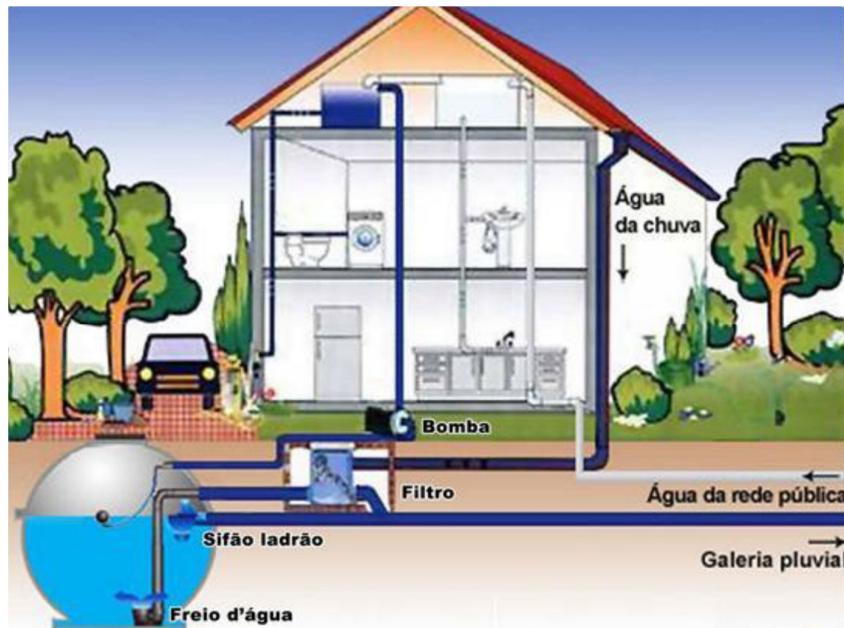


Figura 10 - Sistema de aproveitamento da água da chuva para usos restritos.
Fonte: Technik do Brasil, 2011.

3.2 - MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial consiste na captação da água da chuva que cai sobre a área de captação da edificação. Neste diapasão Freitas e Silva (2010) explicam o sistema de captação elencando todos os seus componentes básicos:

“A água é levada até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo onde as primeiras águas de chuva são descartadas, pois trazem impurezas da área de captação. Depois de passar pelo filtro, a água é armazenada em um reservatório inferior, e bombeada a um segundo reservatório elevado, do qual as tubulações destinadas a água pluvial irão distribuí-la para o consumo onde não requer água tratada.”

Tem-se que os limitadores do sistema serão o volume fornecido de água, a superfície de coleta e o índice pluviométrico da região. Freitas e Silva (2010) ressaltam que as normas NBR 5626/2004 - Instalação predial de água fria e NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais, fornecem os requisitos para o aproveitamento de

água de chuva em áreas urbanas, sendo que a concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender as especificações contidas nessas normas.

3.2.1 – ÁREA DE CAPTAÇÃO

Consiste na cobertura da edificação, que pode ser feita de telhas de diversos materiais, tais como: fibrocimento, cerâmica, alumínio, fibra de vidro, concreto (no caso de laje da cobertura), etc.

A área de captação, em unidades residenciais, encontra-se nos telhados e é a partir dessa área que obtêm-se a quantidade de água possível de ser captada. De acordo com a NBR 15527/2007 tem-se que “Área de captação é a área em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.” As Figuras 11 e 12 demonstram exemplos de área de captação:



Figura 11 - Área de captação de águas pluviais em laje de cobertura.
Fonte: Própria.

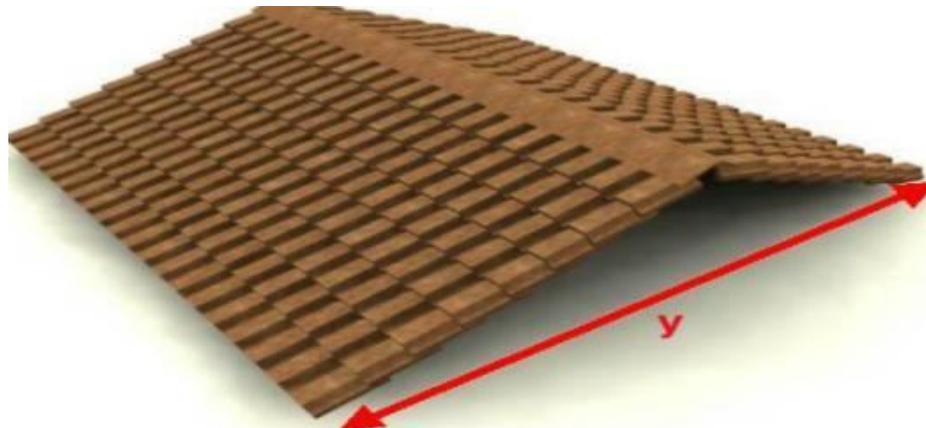


Figura 12 - Superfície de coleta de águas pluviais.
Fonte: ENGEPLAS, 2010.

3.2.2 – CALHAS

Tem-se como calha o canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino. Devendo ser confeccionadas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

As calhas podem ser do tipo beiral, de platibandas e de água furtada, conforme Figuras 13, 14 e 15. Nos dois primeiros casos, a inclinação da calha deverá ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%. No segundo caso, a inclinação será definida pelo projeto de cobertura (NBR 10844/1989).



Figura 13 - Calha do tipo beiral.
Fonte: helpin, 2012.

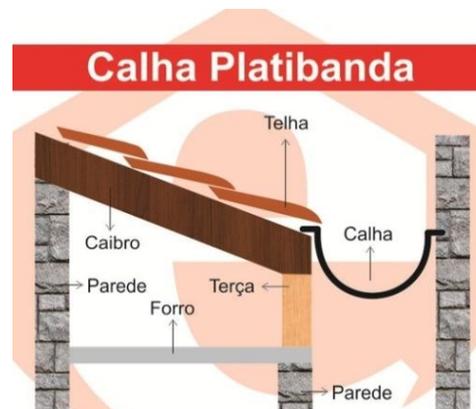


Figura 14 - Calha do platibanda.
Fonte: emporiodascalhas, 2014.



Figura 15- Calha do tipo água furtada.

Fonte: algetalurgica, 2014.

O dimensionamento das calhas pode ser realizado através da fórmula de Manning-Stricler ou de qualquer outra fórmula equivalente da hidráulica e ainda pela Tabela 12 em função do comprimento do telhado.

Tabela 12 - Dimensões da Calha em Função do Comprimento do Telhado.

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

Obs.:

- 1) Entende-se como comprimento do telhado a medida na direção do escoamento da água.
- 2) Quando dois telhados contribuindo para uma mesma calha, para o cálculo do comprimento a fim de determinar a largura da calha, somar os comprimentos dos dois telhados
- 3) Se a calha tiver seção trapezoidal a largura encontrada será a largura média, ou seja $L=(L_1+L_2)/2$, e se tiver seção semicircular a largura será $2R$, sendo R o raio.

Fonte: Neto e Melo, 1988 *apud* TOMAZ, 2003.

Para o dimensionamento da calha será utilizado a Tabela acima, em virtude da sua facilidade. Optou-se ainda por uma calha de seção retangular, conforme Figura 16.

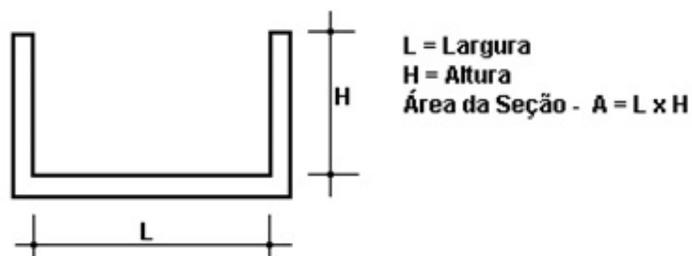


Figura 16 - Calha de seção retangular.

Fonte: Própria, 2014.

Cabe ressaltar que a projeção horizontal da borda da telha, na calha deve situar-se a um terço da largura, conforme mostra a Figura 17.

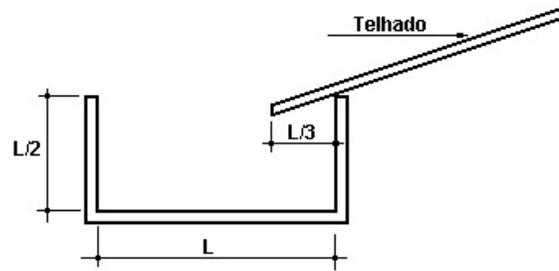


Figura 17 - Posicionamento da calha.
Fonte: Própria, 2014.

Algumas recomendações emanadas da Norma Brasileira 10844/1989:

- Quando a saída não estiver colocada em uma das extremidades, a vazão de projeto para dimensionamento das calhas de beiral ou platibanda deve ser aquela correspondente a maior das áreas de contribuição.
- Nos casos em que não se pode tolerar nenhum transbordamento ao longo da calha, extravasores podem ser previstos como medida adicional de segurança. Nestes casos, os extravasores devem descarregar em locais adequados.
- Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da Tabela 5.4.

Tendo o comprimento do telhado igual a 6,65 m, entra-se na Tabela 12 e obtém-se a largura da calha de 0,20 m, deste modo a calha terá as seguintes dimensões:

$$L = 20,0 \text{ cm} ; H = 10,0 \text{ cm}.$$

3.2.3 – CONDUTORES DE ÁGUA PLUVIAL

Tem a função de realizar o caminhamento da água da cobertura ao reservatório inferior, em outras palavras os condutores servem para conduzir o fluxo de água captado pelas calhas, podendo ser cilíndricos ou retangulares, verticais ou horizontais conforme Figura a seguir.



Figura 18 - Condutores retangulares e cilíndricos.
Fonte: Belleflux Calhas, 2009.

3.2.3.1 - CONDUTORES VERTICAIS

Segundo a NBR 10844/1989 tem-se que condutor vertical é a tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.

Podem ser instalados interna e externamente ao edifício, e devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando de seção circular, devem ter diâmetro mínimo de 70 mm.

Para melhor segurança quanto ao escoamento, os tubos de queda deverão ser dimensionados levando em consideração o valor da chuva crítica, ou seja de pequena duração mais de grande intensidade. Na região amazônica adota-se, para a intensidade da chuva crítica, o valor, aproximado, de 150 mm/h.

O dimensionamento dos condutores verticais também pode ser feito com emprego da Tabela 13 que fornece o diâmetro do condutor e o valor máximo da área de telhado drenada pelo tubo (BOTELHO e RIBEIRO JR, 1998).

Tabela 13 - Área de Cobertura para Condutores Verticais de Seção Circular

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área Máxima de Telhado (m ²)
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212
150	11,53	348
200	25,18	760

Fonte: Adaptado de Botelho e Ribeiro Jr., 1998.

De acordo com a Tabela supra, para um tubo de 50 mm teremos possibilidade de escoar 17,00 m² de telhado. Desta forma pode-se calcular a quantidade de tubos de queda que será utilizado para dar vazão a chuva que precipitar no telhado.

$$\mathbf{n.^{\circ} \text{ de tubos de queda} = 168,97 \text{ m}^2 / 17,00 \text{ m}^2 = 9,93 \cong \mathbf{10 \text{ tubos de 50 mm}}}$$

3.2.3.2 - CONDUTORES HORIZONTAIS

Já o condutor horizontal, segundo a NB NBR 10844/1989, é o canal destinado a recolher e conduzir as águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais. Tendo em vista que no presente estudo não será utilizado condutores horizontais não faz-se necessário seu dimensionamento, pois as águas pluviais serão armazenadas em reservatórios logo após os condutores verticais.

3.2.4 – RESERVATÓRIOS

Devendo atender ao que estipula à NBR 12217/1994, o reservatório tem o objetivo de armazenar a água captada, podendo ser, quanto ao tipo de material, de concreto, alvenaria impermeabilizada, fibra de vidro, fibrocimento, aço, aço inoxidável, vinimanta de PVC, manta de PEAD, entre outros. Já com relação a posição do reservatório tem-se o elevado, enterrado, semienterrado ou apoiado. Cabe ressaltar que a seleção do tipo de material deve atender também a facilidade de manutenção (limpeza e reparos) e a facilidade da instalação (transporte e forma geométrica).

Alt (2012) destacou que os tipos de reservatórios de água de chuva, além do supracitado, devem atender as necessidades impostas, a situação econômica, a estética, os objetivos da água, a técnica, a política, as situações sociais e, acima de tudo, o respeito ao meio ambiente. As Figuras 19, 20, 21 e 22 mostram os diversos tipos de reservatório e como podem ser instalados:



Figura 19 - Reservatório de aço inoxidável.
Fonte: ALT, 2012.

Figura 20 - Reservatório de Polietileno da marca Fortlev
Fonte: <http://www.comercialaguaeluz.com.br>, 2012.





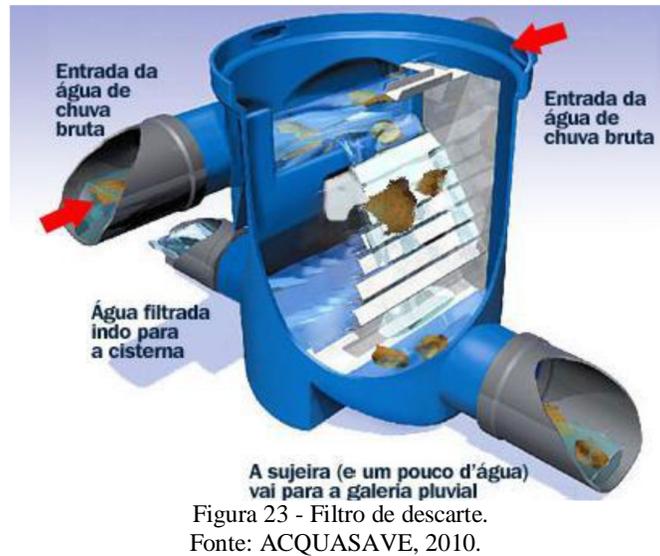
Figura 21 - Reservatório semi-enterrado.
Fonte: IRRITEC, 2007.

Figura 22 - Reservatório enterrado.
Fonte: PLANETA SUSTENTÁVEL, 2010.



3.2.5 – FILTRO DE DESCARTE

É obtida por meio de grades de barras ou telas metálicas com aberturas da ordem de 2 mm a 6 mm que são interpostas no fluxo das águas pluviais captadas na cobertura e conduzidas pelos coletores. A função de tais filtros é reter o material grosseiro (folhas, gravetos e particulados de maior dimensão) deixando passar a água e sólidos mais finos, evitando a perda de eficiência no aproveitamento de água pelo acúmulo dos detritos. Os filtros de material grosseiro lançam o material grosseiro para fora da tubulação, porém requerem limpeza manual periódica. Um filtro de descarte é ilustrado na Figura 23.



3.2.6 – EQUIPAMENTO DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DA CHUVA

Estudos do IPT mostram que o descarte das primeiras águas escoadas de coberturas é altamente recomendado, particularmente após vários dias sem chuva, como ocorre na estiagem de inverno, dada à concentração de poluentes e microrganismos (ORSI & SARUBO, 2010). Conforme Pegoretti (2009) orienta-se que seja efetuado o descarte de uma quantidade inicial de aproximadamente 10% da água captada, evitando que algumas das impurezas finas sejam adicionadas na coleta, pois o início da chuva lava a atmosfera e o próprio telhado.

Os dispositivos de descarte podem contar com esvaziamento automático ou manual. A Figura 24 demonstra um dispositivo de descarte.

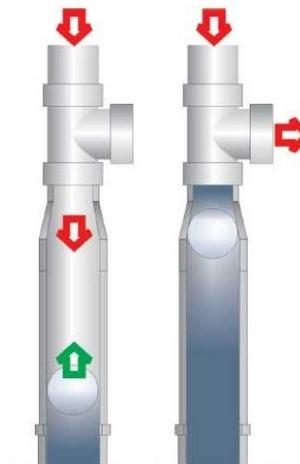


Figura 24 - Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas.
Fonte: SEMPRESUSTENTÁVEL, 2010.

3.3 – COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL

Com o objetivo de construir o pluviograma, que auxiliará na elaboração dos cálculos, utilizou-se dados de precipitações disponibilizados pela Coordenadoria Geral de Defesa Civil – CEDEC (Tabela 14), de forma a obter as chuvas mínimas, médias e máximas mensais.

Tabela 14 - Índice Pluviométrico Mensal de Rio Branco – Período 1970 a 2012.

ANO/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1970	144,2	245,6	199,7	183,0	133,9	21,4	12,1	18,2	72,5	160,4	108,7	273,6	1573,3
1971	181,5	245,7	291,7	210,1	193,3	15,7	18,2	79,7	85,7	193,0	190,9	275,2	1980,7
1972	259,6	257,9	167,4	183,3	123,0	20,9	33,4	49,2	22,7	135,8	274,7	155,0	1682,9
1973	250,0	271,2	247,2	162,4	22,5	47,7	68,1	63,1	138,1	55,3	328,4	207,0	1861,0
1974	390,8	250,2	138,0	131,8	122,5	89,7	9,6	27,6	68,3	93,1	113,8	198,6	1634,0
1975	209,7	351,9	170,5	150,5	53,7	79,4	49,3	50,5	136,3	120,6	209,7	227,5	1809,6
1976	401,6	295,6	87,9	204,2	53,8	7,3	0,0	3,0	17,9	208,7	251,7	259,9	1791,6
1977	251,2	278,8	271,9	52,7	90,7	81,1	153,2	17,1	110,1	295,4	200,6	274,9	2077,7
1978	211,4	256,9	165,4	228,1	130,1	0,6	124,4	18,8	102,6	180,6	241,6	318,1	1978,6
1979	213,7	177,2	364,9	95,7	176,4	1,4	5,2	108,7	19,4	207,9	94,3	252,0	1716,8
1980	203,4	428,8	236,7	44,2	87,5	17,7	47,2	29,7	158,8	134,2	98,7	230,2	1717,1
1981	265,3	218,2	139,4	155,1	32,3	1,2	4,9	73,5	138,0	251,2	171,2	209,2	1659,5
1982	376,4	359,0	181,9	157,7	192,8	37,9	45,1	20,8	96,5	201,9	196,0	201,6	2067,6
1983	269,0	240,7	292,0	158,9	56,5	19,7	50,1	14,4	55,3	131,8	197,3	288,2	1773,9
1984	374,2	351,9	261,3	169,2	99,0	3,8	18,3	9,8	154,0	227,7	201,0	179,5	2049,7
1985	159,5	141,2	243,6	380,6	44,3	27,5	113,8	97,8	79,7	167,1	283,3	369,3	2107,7
1986	286,0	356,7	343,4	188,0	235,0	10,4	26,5	84,8	97,8	258,3	249,3	284,4	2420,6
1987	361,1	180,0	137,5	180,0	23,8	25,0	90,0	20,0	48,4	154,1	284,8	286,9	1791,6
1988	448,2	465,1	233,3	204,3	124,1	12,6	28,1	33,2	147,2	52,4	250,4	347,2	2346,1
1989	193,5	391,9	271,6	302,9	46,3	35,2	51,0	61,6	38,2	169,0	180,6	193,5	1935,3
1990	219,0	279,2	411,2	204,8	74,0	14,4	6,0	31,2	116,0	185,3	200,3	281,9	2023,3
1991	273,1	214,6	184,2	102,8	125,0	20,8	11,8	2,4	236,4	103,6	186,8	268,2	1729,7
1992	198,0	387,5	325,6	167,6	105,4	33,0	49,0	35,8	116,6	86,3	91,5	225,6	1821,9
1993	450,5	337,1	300,0	301,8	47,2	89,3	26,4	13,1	61,0	121,5	243,8	136,6	2128,3
1994	309,3	342,8	298,8	305,7	98,9	78,7	54,1	47,0	102,1	127,3	140,6	247,7	2153,0
1995	198,3	218,1	327,7	224,6	123,8	5,6	13,2	59,9	161,0	62,3	165,2	126,1	1685,8
1996	253,4	283,0	328,1	122,8	103,5	41,1	45,2	99,7	29,3	109,3	287,6	198,9	1901,9
1997	273,7	405,2	475,2	173,3	41,0	65,5	0,0	131,4	65,4	71,2	185,9	200,2	2088,0
1998	335,5	299,7	383,0	87,4	19,0	5,0	39,6	63,0	61,0	255,6	286,9	400,6	2236,3
1999	450,3	209,1	222,2	183,4	134,3	52,7	42,8	81,4	185,5	161,4	158,7	280,2	2162,0
2000	188,8	258,4	151,2	244,4	60,2	8,9	54,2	29,4	140,1	168,3	187,2	211,5	1702,6
2001	317,2	228,7	361,5	199,9	125,9	41,8	36,8	2,5	25,7	148,7	159,5	286,7	1934,9
2002	217,3	326,6	225,5	264,9	114,1	25,7	16,7	124,7	45,5	173,3	126,9	232,4	1893,6
2003	286,5	266,5	246,3	172,6	125,6	28,2	17,0	2,9	155,9	49,2	116,7	246,7	1714,1
2004	202,8	271,6	469,5	104,2	123,7	53,5	46,6	58,5	35,6	256,9	222,3	126,7	1971,9
2005	140,0	394,5	219,2	229,4	49,4	25,0	18,2	0,0	9,6	107,7	237,3	247,6	1677,9
2006	189,6	227,8	181,0	151,6	68,6	0,0	36,8	38,7	95,7	91,7	196,2	436,9	1714,6
2007	461,6	346,8	332,3	246,6	182,0	0,0	14,8	48,1	114,0	164,6	209,3	254,0	2374,1
2008	367,6	215,7	247,2	160,7	48,9	19,3	11,3	46,0	40,3	145,7	175,6	294,8	1773,1
2009	181,4	286,4	168,4	434,0	99,9	24,9	16,4	55,1	61,6	131,6	297,8	354,3	2111,8
2010	406,2	225,2	365,8	128,8	70,0	12,4	2,3	21,4	37,0	179,0	248,4	230,2	1926,7
2011	160,7	226,3	147,7	147,0	39,3	41,1	0,0	50,2	92,4	100,0	352,3	215,6	1572,6
2012	429,2	357,7	223,3	132,9	159,8	70,8	43,3	65,3	64,2	200,9	282,7	181,1	2211,4
MÉDIA	278,2	287,7	256,7	186,8	97,2	30,6	36,1	46,3	89,3	153,5	206,7	249,2	1918,3

Fonte: CEDEC, 2013.

3.4 – PLUVIOGRAMA

A partir dos dados obtidos na Tabela 14, a Tabela 15 foi elaborada para fomentar a construção dos pluviogramas de chuvas mínimas, médias e máximas mensais de Rio Branco (Figura 25).

Tabela 15 - Alturas de chuva mínima, média e máxima mensal de Rio Branco – Período 1970 a 2012.

CHUVA	M E S E S											
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Mínima	140,0	141,2	87,9	44,2	19,0	0,0	0,0	0,0	9,6	49,2	91,5	126,1
Média	278,2	287,7	256,7	186,8	97,2	30,6	36,1	46,3	89,3	153,5	206,7	249,2
Máxima	461,6	465,1	475,2	434,0	235,0	89,7	153,2	131,4	236,4	295,4	352,3	436,9

Fonte: Própria, 2013.

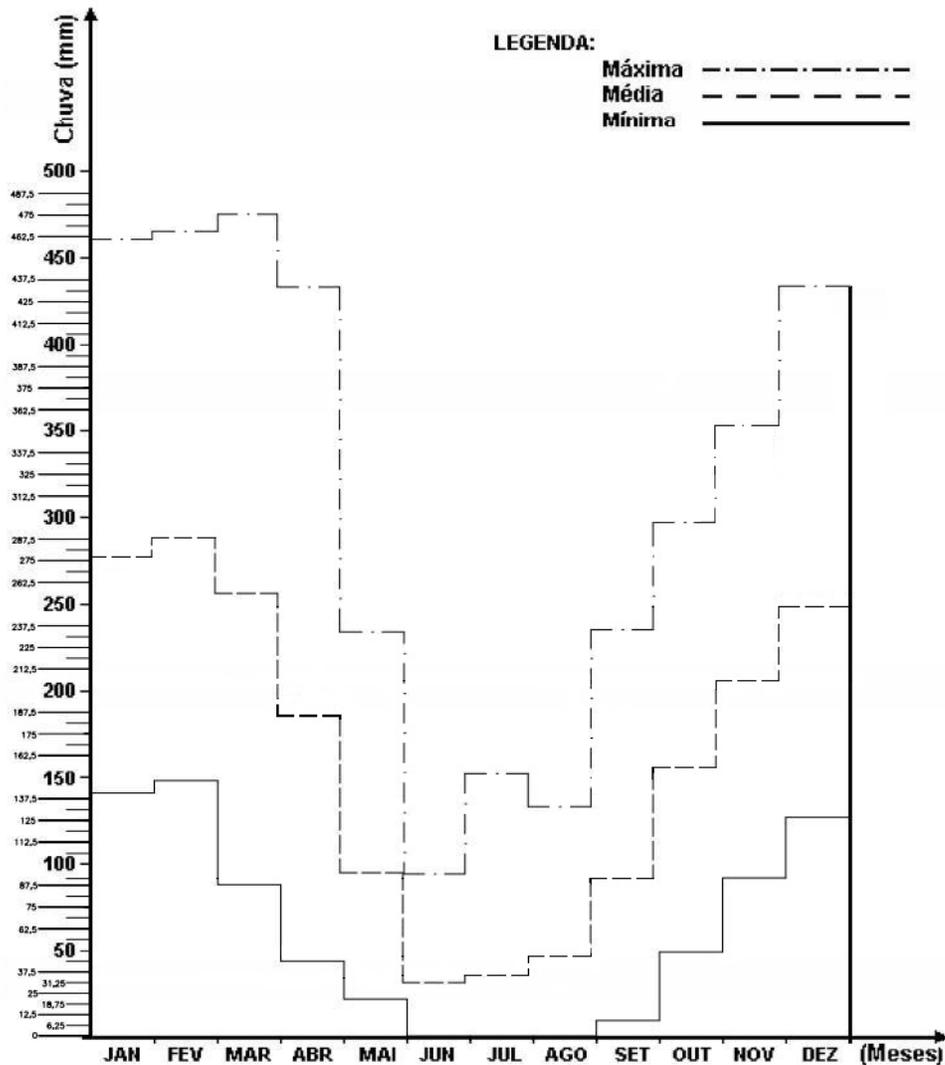


Figura 25 - Pluviograma.

Fonte: Própria, 2013.

Analisando-se a forma do pluviograma concluiu-se que a quantidade de precipitação pluvial, presente no município de Rio Branco, durante um determinado período ao longo do ano não poderá atender ao objetivo de utilização da água da chuva em sua integralidade, pois o sistema não captará água durante o período de estiagem que ocorre nos meses de junho, julho e agosto. Desta forma, o sistema funcionará em 75% do ano, ou seja, nos nove meses compreendidos entre setembro a maio.

3.5 – PROJETO

3.5.1 – PRECIPITAÇÃO

Para efeito de dimensionamento, consideraram-se as duas piores situações de precipitações, a saber: a) a menor precipitação média anual (2011) e b) a média das chuvas mínimas de 1970 a 2012 (Tabelas 14 e 15). Para o cálculo das médias em questão, foram considerados apenas os meses em que o sistema estará em funcionamento. Assim, a média mensal para esses nove meses se comportou da seguinte maneira:

- a) Chuva média para a menor precipitação média anual (2011) durante os nove meses de funcionamento do sistema:

$$\text{Chuva Média} = (160,7 + 226,3 + 147,7 + 147,0 + 39,3 + 92,4 + 100,0 + 352,3 + 215,6) / 9$$

$$\text{Chuva Média} = \mathbf{164,59 \text{ mm}}$$

- b) Chuva média das precipitações mínimas de cada mês (de 1970 a 2012) durante os nove meses em que o sistema estará em funcionamento:

$$\text{Chuva Média} = (140,0 + 141,2 + 87,9 + 44,2 + 19,0 + 9,6 + 49,2 + 91,5 + 126,1) / 9$$

$$\text{Chuva Média} = \mathbf{78,74 \text{ mm}}$$

Para efeito de dimensionamento, será considerada a menor das chuvas médias, ou seja, **78,74 mm**, pois esta se apresenta como a pior situação.

3.5.2 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A Tabela 16 apresenta o coeficiente de deflúvio (Runoff) ou de escoamento superficial, C para superfícies variadas, incluindo telhados.

Tabela 16 - Coeficiente de Deflúvio (Runoff) ou Coeficiente de Escoamento Superficial (C).

NATUREZA DA SUPERFÍCIE	“Runoff” (c)
Telhados perfeitos sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e Campinas, dependendo da declividade do solo e da natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: FENDRICH, 2002.

3.5.3 – VOLUME DE ÁGUA CAPTADA

O volume de água captada por telhados pode ser calculado pela Equação 1.

$$V = P \cdot A \cdot C$$

Sendo:

V – Volume de água captada (m³);

P - Precipitação média no período de funcionamento do sistema (m/mês);

A – Área de captação (m²); e

C - Coeficiente superficial (-).

3.5.4 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE RESIDENCIAL

1. Tipo de edificação
Residência Unifamiliar
2. Usos para a água captada
Descarga de bacias sanitárias, lavagem de roupas, automóvel e varanda.
3. Quantidade de pessoas na residência
05 (cinco) pessoas
4. Quantidade de Automóveis
02 (dois) veículos de passeio, 4 lavagens por veículo por mês
5. Área do piso e quantidade de lavagens/semana
28,61 m² de piso, 4 lavagens por mês

6. Área de captação da unidade residencial, extraído da área de cobertura do projeto

168,97 m²

7. Consumo mensal da unidade residencial sem o sistema instalado

25 m³/mês

PLANTA BAIXA DA UNIDADE RESIDENCIAL



Figura 26 - Planta baixa da unidade residencial.
Fonte: Própria, 2013.

3.5.5 – ELEMENTOS DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

A seguir serão descritos os elementos utilizados no sistema de captação pluvial para fins não potáveis.

FILTRO GROSSEIRO DE DESCARTE

Esse Filtro (Figura 29) tem a finalidade de separar as sujeiras mais grossas como: folhas secas de árvores, pequenos insetos (geralmente mortos e secos), penas de pássaros, fezes de animais etc.

As sujeiras mais finas, que passarão pela tela irão para o segundo estágio do sistema de aproveitamento da água de chuva, chamado de separador das águas.

FILTRO AUTO-LIMPANTE PARA ÁGUA DE CHUVA

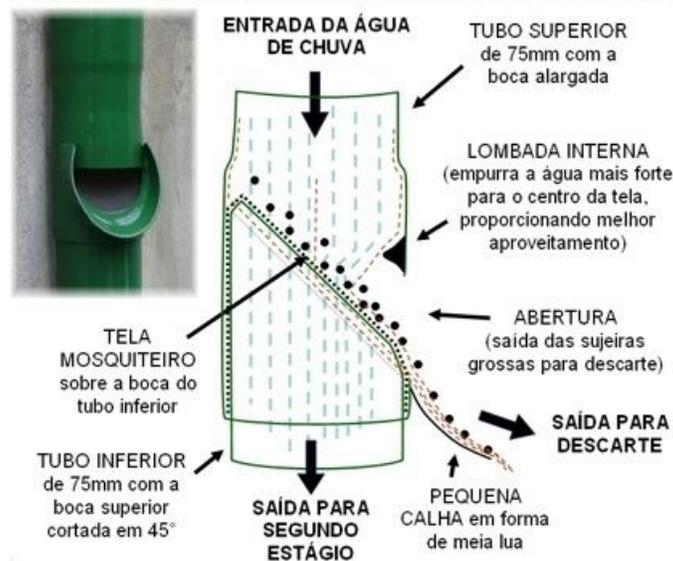


Figura 29 - Filtro grosseiro de descarte.
Fonte: SEMPRESUSTENTÁVEL, 2013.

SEPARADOR DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DA CHUVA

Esse Filtro, Figura 30, além de ser auto-limpante, também descarta uma pequena porção das chuvas para fazer a limpeza da tela.

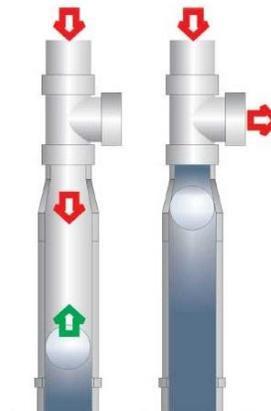


Figura 30 - Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas da cobertura.
Fonte: Sempresustentável, 2013.

RESERVATÓRIO DE ARMAZENAGEM

O reservatório tem a finalidade de armazenar a água pluvial captada. A Figura 31 demonstra alguns modelos.



Figura 31 - Reservatório de armazenamento.
Fonte: Fortlev, 2013.

SIFÃO LADRÃO

Tem o objetivo de retirar impurezas da superfície da água e impede a entrada de mau cheiro através do fecho hídrico, que deve estar sempre com água, pois é a água que impede a passagem dos gases e animais na cisterna.



Figura 32 - Sifão ladrão.
Fonte: Fortlev, 2013.

FREIO D'ÁGUA

O freio d'água retira a pressão d'água, fazendo com que não agite a sedimentação no fundo do reservatório.



Figura 33 - Freio d'água.
Fonte: Fortlev, 2013.

CONJUNTO FLUTUANTE DE SUCÇÃO

Tem a finalidade de fazer com que a água mais limpa seja sempre bombeada para a rede não potável.



Figura 34 - Conjunto flutuante de sucção.
Fonte: Fortlev, 2013.

SISTEMA DE REALIMENTAÇÃO

O sistema de realimentação controla a entrada de água, da rede pública, no reservatório superior de água de chuva, nos períodos de estiagem. Desta forma, as peças de utilização que fazem uso de água pluvial não ficam sem água.



Figura 35 - Sistema de realimentação.
Fonte: Acquasave, 2013.

A Figura 36 apresenta o detalhamento do sistema de realimentação.



Figura 36 - Funcionamento do sistema de realimentação para o período de estiagem.
Fonte: Acquisave, 2013.

A Figura 37 apresenta os elementos do sistema dispostos e conectados em uma unidade residencial.

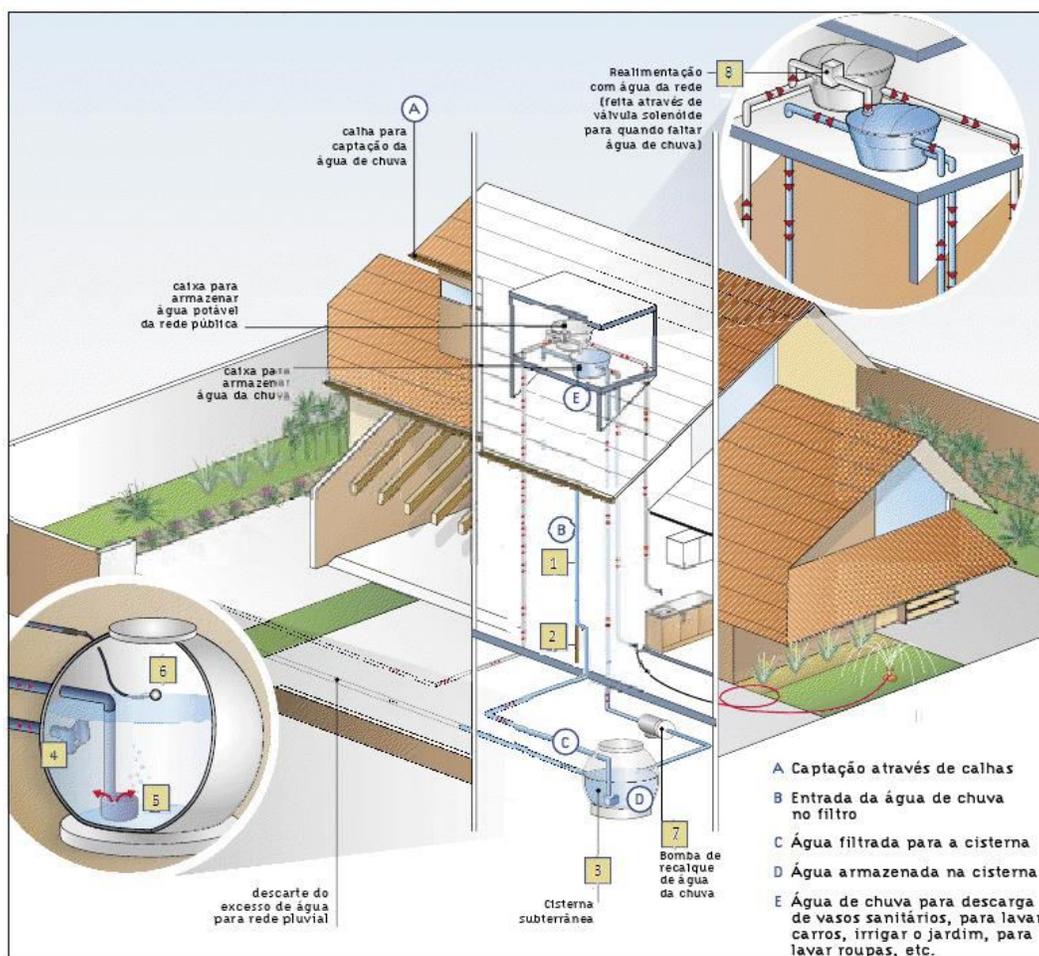


Figura 37 - Funcionamento (modificado) do sistema.
Fonte: Acquisave, 2013.

3.6 – DEMANDA DE ÁGUA MENSAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS

A presente metodologia considerou os fins não potáveis das Tabelas 17 e 18 para cálculo da demanda mensal de água da chuva.

Tabela 17 - Consumo de água para lavagem de roupa e aparelhos sanitário.

Atividades	Volume Consumido (L/Pessoa/dia)
Lavagens de roupas	15 litros
Aparelhos sanitários	10 litros

Fonte: FEITOSA & FILHO, 2013.

Tabela 18 - Consumo de água para lavagem de carros, pios e rega de jardim.

Item	Quantidade
Veículo de passeio	200 litros/lavagem
Lavagem de pisos	2,0 litros/m ²
Rega de Jardins	1,5 litros/m ²

Fonte: Adaptado de Azevedo Netto et al., 1998.

A Equação 2 também foi formulada com base nas Tabelas 17 e 18.

$$DAM = [NPE.(VDS+VLR).30] + VLC.NLC + VLP.NLP + VRJ.NRJ \quad (2)$$

Sendo:

DAM - Demanda de Água Mensal (L/mês);

NPE - Número de Pessoas da Edificação (-);

VDS - Volume Descarga Sanitária (L/pessoa/dia);

VLR - Volume Lavagem de Roupa (L/pessoa/dia);

VLC - Volume lavagem de carro (L/lavagem);

NLC - Número de Lavagem de Carro (lavagem/mês);

VLP - Volume Lavagem de Piso (L/lavagem);

NLP - Número de Lavagem de Piso (lavagem/mês);

VRJ - Volume Rega de Jardim (L/Rega);

NRJ - Número de Rega do Jardim (rega/mês).

3.7 – CUSTO DO SISTEMA

O custo do sistema foi determinado com base na Equação 3.

$$CS = CR + CMH + CME + CMO \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

CS - Custo do sistema (R\$);

CR - Custo do Reservatório (R\$);

CMH - Custo do Material Hidráulico (R\$);

CME - Custo do Material Elétrico (R\$);

CMO - Custo da Mão de Obra (R\$);

Esses custos foram levantados na cidade de Rio Branco, conforme estudo de caso analisado.

3.8 – TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Para estabelecer um critério econômico para o sistema de água da chuva, optou-se pela determinação do tempo de retorno do investimento, o qual define o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado pelo rendimento adquirido. Matematicamente definido pela razão entre o capital investido e o rendimento. No presente trabalho, o capital investido é CS; e o rendimento é a economia gerada com o sistema (Eq. 4).

$$TR = CS/ES \quad (4)$$

Sendo:

TR - Tempo de Retorno do Investimento (anos);

CS - Custo do sistema (R\$);

ES - Economia do Sistema (R\$).

A Figura 38 mostra a conta mensal de serviços de água e/ou esgoto de Rio Branco. Nesse caso, a Economia do Sistema (ES) foi baseada no valor de 1,99 R\$/m³, sendo esse valor multiplicado pelo tempo de operação do sistema, 9 meses (conforme estudo hidrológico), e pela DAM, que é fornecida pelo sistema de captação.

Os custos do sistema foram determinados com base na Equação 3, desconsiderando os custos com material elétrico (CME), pois no sistema analisado não foi utilizado conjunto moto-bomba, pois foi aproveitado o desnível entre o telhado e os pontos de utilização da água da chuva captada. Em outras palavras, a água não é dirigida a uma cisterna para depois ser bombeada a um reservatório mais alto.

Como o custo do reservatório varia com o NPE, foi determinada uma curva do preço de reservatório em função do volume (Figura 39).

O custo do material hidráulico (CMH) e da mão de obra (CMO) estão apresentados nas Tabelas 19, 20 e 21.

CONTA MENSAL DE SERVIÇOS DE ÁGUA E/OU ESGOTO

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PAVIMENTAÇÃO E SANEAMENTO - DEPASA
RUA MARECHAL DEODORO, 347 - CENTRO - CEP 69000-210

DOCUMENTO 11633146	MEDIDOR R. 08.L. 154600	RES.COM.FIN.PUB 001.000.000.000	CICLO SETOR REG. SEQUÊNCIA 44 044 008 750
CLIENTE 01004621 LEONOR GUEDES DE OLIVEIRA RUA COLOMBIA 00807 Q 206 RIO BRANCO			
MÉDIA DE CONSUMO 000039	LEITURA ATUAL LEITURA ANTERIOR	DATA 17/06/2013 16/05/2013	CONSUMO DO MÊS 000025
MÊS DE REFERÊNCIA 06/2013			
HISTÓRICO DE CONSUMOS JUN/2012 000028 SET/2012 000040 DEZ/2012 S/ INF MAR/2013 000049 JUL/2012 000039 OUT/2012 000035 JAN/2013 000038 ABR/2013 000033 AGO/2012 000036 NOV/2012 000035 FEV/2013 000046 MAI/2013 000024			
TARIFAS DE ÁGUA EM R\$			
Res. 0 A 10	10x1	1,4	14,00
10 A 15	05x1	1,53	7,65
15 A 25	10x1	1,99	19,90
DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS			
VALOR DE ÁGUA			41,54
DATA DE VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR	
07/07/2013		41,54	

Figura 38 - Conta de água cobrada pelo DEPASA, com consumo igual ao proposto no estudo.
Fonte: Própria, 2013.

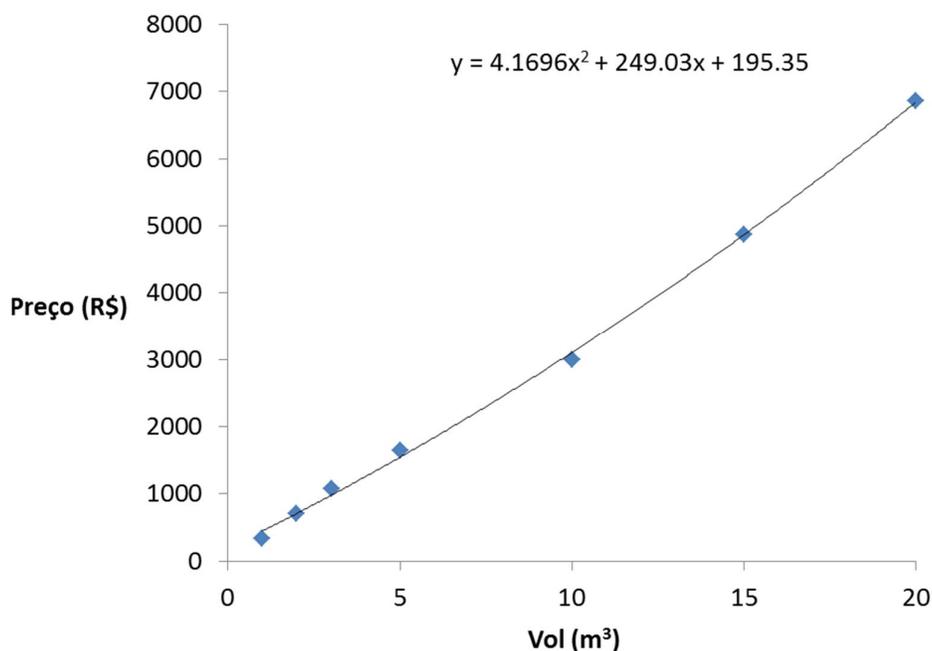


Figura 39 – Variação do preço de reservatório em função do volume.
Fonte: Própria, 2014.

Tabela 19 - Planilha do separador das primeiras águas da chuva.

LISTA DE MATERIAIS		
Descrição	Quantidade	Preço (R\$)
Tubo de 75mm x 1m (linha esgoto)	01	5,00
Tê de 75mm (linha esgoto)	01	6,08
Anel de borracha de 75mm linha esgoto	03	2,71
Cap de 75mm com anel de vedação de borracha (linha esgoto)	01	3,30
Redução roscável de 1 1/4" x 1" (branco)	01	1,85
Adaptador para válvula de tanque de 1 1/4" x 40mm (branco)	01	1,13
Cap soldável de 40mm (branco)	01	1,28
TOTAL		21,35

Fonte: Sempresustentavel, 2013.

Tabela 20 - Planilha do filtro grosseiro de descarte.

LISTA DE MATERIAIS			
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço
Tubo PVC - 100 mm	M	06	35,91
Tela mosquiteiro com proteção UV	M	01	2,38
Adesivo para PVC	UND	01	1,51
TOTAL			39,80

Fonte: Sempresustentavel, 2013.

Tabela 21 - Planilha de custo do sistema de captação de água pluvial.

PLANILHA DE CUSTOS PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO PLUVIAL					
ITEM	ESPECIFICAÇÃO DOS INSUMOS E MÃO-DE-OBRA	UND	QTDE	PREÇO UNIT. (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
3	SIFÃO LADRÃO – 100 MM	Und	01	353,44	353,44
4	FREIO D'ÁGUA – 100 MM	Und	01	154,11	154,11
5	SEPARADOR DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DA CHUVA	Und	01	21,35	21,35
6	FILTRO GROSSEIRO DE DESCARTE	Und	01	39,80	39,80
7	MÃO-DE-OBRA – ENCANADOR	H	16	10,00	160,00
TOTAL (R\$)					728,70
Fontes de pesquisas de preços: JGP, AGROBOI, ACRETINS, ACRE PARAFUSOS, PARANORTE, RONSY, TONIN SOLDAS E STCC					

Fonte: Própria, 2013.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – VOLUME DE ÁGUA CAPTADA

Aplicando-se os dados de precipitação média (pior caso) e área do telhado citados anteriormente; além de se considerar da Tabela 16, o valor médio de C para telhados perfeitos sem fugas. Tem-se um volume de água captada igual a 11 m^3 .

4.2 – ANÁLISE DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

A análise do projeto do sistema de captação de água de chuva foi considerada como um problema de otimização, tendo como função objetivo a minimizar, o tempo de retorno do investimento (TR – Eq. 4); variável principal, o NPE (Número de Pessoas da Edificação); e restrição, o volume de água captada. Essa otimização, justifica-se, pois o TR é função do custo do sistema (CS – Eq. 3), principalmente, do custo do reservatório; o qual é função da Demanda de água mensal (DAM – Eq. 2).

A Figura 40 mostra como o TR comportou-se em função do NPE, considerando-se as características da unidade residencial analisada, mas variando-se o NPE.

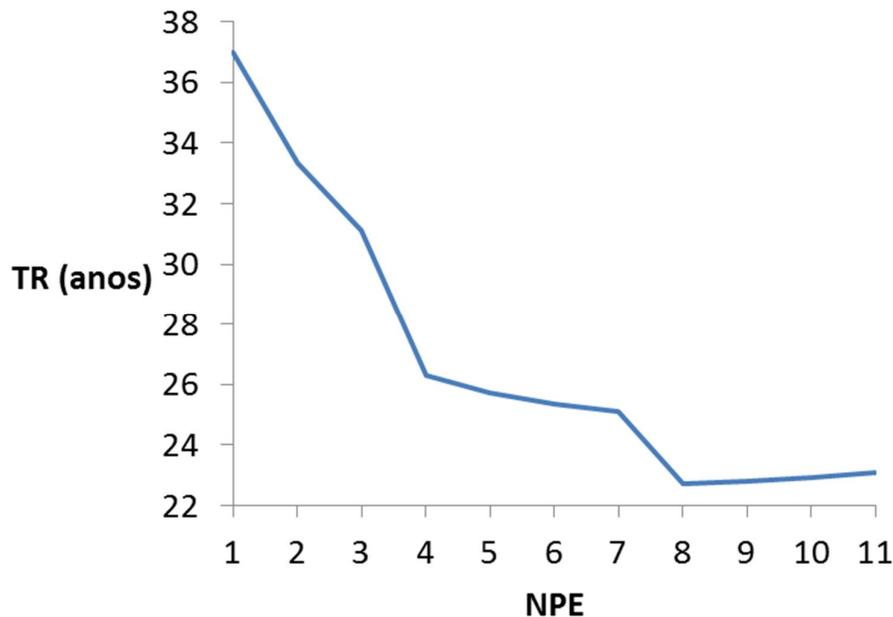


Figura 40 – Tempo de retorno do investimento em função do número de habitantes da edificação.
Fonte: Própria, 2014.

Com o auxílio da Figura 40, pode-se observar que o TR mínimo para o investimento no sistema de captação de água da chuva para o caso analisado, seria de 22,7 anos, se na casa habitassem 8 pessoas. O TR diminui até 8 pessoas, pois o consumo de água aumenta, aumentando a economia em relação ao que seria pago à concessionária. Entretanto, a partir de 9 pessoas, apesar do consumo continuar aumentando, o custo do sistema, principalmente, o custo do reservatório passa a ser mais importante, aumentando com isso o tempo de retorno.

Para o estudo de caso em questão, 5 pessoas habitando a casa, tem-se um tempo de retorno mais alto para o investimento, ou seja, 25,7 anos, tendo uma demanda de água para fins não potáveis de 6,45 m³.

O tempo de retorno mostrado na Figura 40 pode ser considerado alto, entretanto, observa-se que o valor da tarifa em Rio Branco-AC é baixo, quando comparado, por exemplo, à Belém-PA, sendo igual a R\$ 2,68 para a mesma faixa de consumo considerada no estudo de caso. Informação extraída do site da COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará (<http://200.178.173.137/index.php/taxas>). Assim, alterando-se apenas essa variável na análise, tem-se a Figura 41.

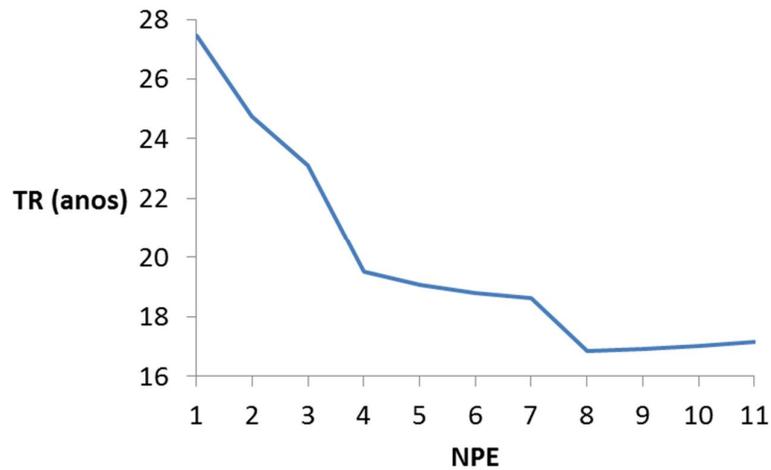


Figura 41 – Tempo de retorno do investimento em função do número de habitantes da edificação (Belém-PA).

Fonte: Própria, 2014.

Nesse caso, observa-se que o tempo de retorno mínimo é de 17 anos, também para 8 pessoas habitando na casa, e que para 5 pessoas é de 19 anos. Esses tempos estão abaixo dos tempos determinados para Rio Branco-AC, determinando que o valor da tarifa é um fator determinante para o tempo de retorno do investimento do sistema de captação de água da chuva em questão.

5 – CONCLUSÃO

A análise do projeto do sistema de captação de água de chuva foi considerada como um problema de otimização, tendo como função objetivo a minimizar, o tempo de retorno do investimento; variável principal, o NPE (Número de Pessoas da Edificação); e restrição, o volume de água captada. Essa otimização, justifica-se, pois o TR é função do custo do sistema, principalmente, do custo do reservatório; o qual é função da demanda de água mensal. Assim, para o estudo de caso analisado, deixando o número de habitantes variar, obteve-se um tempo de retorno mínimo de 22,7 anos, se na casa habitassem 8 pessoas. Entretanto, considerando o número de habitantes fixo e igual a 5 pessoas, constatou-se que o período de retorno do capital é de 25,7 anos, não sendo tão viável economicamente. O responsável pela inviabilidade econômica, do longo período do retorno do capital aplicado, é o baixo preço cobrado pela água no município de Rio Branco, um dos menores do país. O exemplo de Belém-PA mostrou um valor maior da tarifa e um tempo de retorno menor. Entretanto, o custo da água potável pode aumentar no futuro devido à crescente escassez de água no mundo, o que pode tornar o sistema viável economicamente.

Considerando os benefícios da implantação relacionados a questões ambientais, o sistema de aproveitamento de água pluvial é viável, pois, diminuiria problemas de drenagem urbana, retendo parte da água que escoaria pelas ruas e galerias. Além do mais, com este sistema instalado nas casas, diminuiria também a quantidade de água tratada utilizada para descarga de vasos, lavagem de calçadas, carros, roupas entre outros, o que geraria uma economia de água tratada na cidade, o que daria margem para o governo municipal ampliar o sistema de distribuição de água tratada a todas as pessoas garantindo a o acesso à água potável por mais tempo à população. Tem-se ainda que a captação de água pluvial contribui para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações.

Por estes motivos é que a instalação do sistema de captação de água pluvial, apesar de não ser viável economicamente, é viável e recomendável no aspecto ambiental, tanto por auxiliar na prevenção de enchentes quanto pela economia que se faz de água potável empregada em fins não potáveis, preservando este recurso finito e não renovável.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Captação e uso local de águas pluviais**. Estudo para elaboração de Norma Técnica, cedido pela Empresa BELLA CALHA, 2000.

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

ALT, Robinson. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis** - estudo baseado no curso ABNT de 11-02-2009 SP/SP do Eng.º Plínio Tomaz. Disponível em: <http://www.trt24.jus.br/arq/download/comissoes/publicacoes/COM86_Aproveitamento_de_agua_da_chuva.pdf>. Acesso em 27 de abril de 2012.

ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, Miguel F. Y.; ARAUJO, R.; ITO, Acácio E. **Manual de hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 3 ed., 2004.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JR, Geraldo. **Instalações hidráulicas prediais feitas para durar**. 3º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Aproveitamento de água pluvial m edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2004. Dissertação (Mestrado).

CARVALHO, R. **Uso racional dos recursos hídricos**. 2004. 66f. Relatório Final do Projeto PROLICEN – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CIOCCHI, Luiz. **Para utilizar água de chuva em edificações**. Téchné. Ed. Pini, nº 72, 2003.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana Paula; KIPERSTOK, Asher. **Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2007. 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/MMA/ IDEC, 2005.

DEMANBORO, A.C.; MARIOTONI, C.A.. **O Conceito de Escala e o Desenvolvimento Sustentável: Implicações sobre os Recursos Energéticos e Hídricos**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Energia, v. 7, nº 2, 1999.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. **Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination**. Water Science Technology, v. 39, n. 5, 1999.

FEITOSA, Nilson de Brito; FILHO, Carlos Fernandes M. **Abastecimento de água no meio rural**. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/A0.html?submit=Anterior>>. Acesso em 18 fevereiro de 2013.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese: Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas**. Curitiba: Livraria do Chain, 2002.

FIETZ, Carlos Ricardo. **Recursos Hídricos: Água, o recurso natural do terceiro milênio**. 2006. Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/artigos/657/RECURSOS-HIDRICOS-agua.pdf>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2012.

FIGUEIREDO, D.V. **Chuva ácida – Setor de Controle da Poluição – SAP**. Disponível em: <<http://www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html>>. Acesso em: 13 de setembro de 2012.

FREITAS, Cecília Rita; SILVA, Bruno Jardim da. **Aproveitamento das águas pluviais em edifícios residenciais através da captação em cobertura**. Salvador: Universidade Católica do Salvador, 2010.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, 2004. In: ANNECCHINI, Karla Ponzio Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

GIACCHINI, Margolaine; FILHO, Alceu Gomes de Andrade. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2008.

GLEICK, Peter H. **Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources**. New York: Oxford University Press, 1993.

GNADLINGER, J.. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Água de Chuva. 2º Fórum Mundial da Água, Holanda, 2000. In: MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).

GRIPP, S. **Revista Banas Qualidade**. Banas Ambiental. São Paulo: Banas, n.12, jun. 2001. 58 p. Suplemento. In: GIACCHINI, Margolaine; FILHO, Alceu Gomes de Andrade. **Utilização da água de chuva nas edificações industriais**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2008.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Curitiba: Organic Trading, 2002. 196 p. Título original: Yatte Amamizu Riyo.

HANSEN, S. **Aproveitamento da Água da Chuva em Florianópolis**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, 1996. In: KOBAYAMA, Masato. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

HESPANHOL, Ivanildo et. al. **Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria**. Rio de Janeiro: DIM, 2 ed., 2006.

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

KOBAYAMA, Masato. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 110p.

KÖNIG, Klaus W. **The Rainwater Technology Handbook**. Dortmund: Wilo-Brain, 2001.

LIBERAL, G. S. e PORTO, E. R. A Situação Atual de Cisternas Rurais Construídas por Programas Governamentais. I Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, 3p. 1999. In: KOBAYAMA, Masato. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 110p.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Determinação e simulação da evapotranspiração de uma bacia hidrográfica do Cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, 2000. 75p. Dissertação (Mestrado).

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

LIMA, Ricardo Paganelli de; MACHADO, Thiago Garcia. **Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. Barretos: Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil Ênfase Ambiental).

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).

MOREIRA, D. M. **Avaliação da Qualidade da Água Distribuída na cidade de Belém**. Belém: UFPA, 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química).

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Hay suficiente agua en el mundo?** Genève: OMM; Paris: UNESCO, 1997.

ORSI, Maria do Carmo Vara Lopes; SARUBO, Rafael Soares. **Captação e Tratamento de Águas Pluviais para Uso Não Potável**. Tatui: FATEC, 2010.

PEGORETTI, Felipe; OUCHI, Newton Toshio; JUNIOR, Paulo Roberto Batista. **Estudo sobre a utilização de um sistema de captação de água da chuva no restaurante universitário da UNICAMP**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

PICCININI, Ane Denise. **Consumo de água e seu uso racional**. 2008. Disponível em: <http://www.altoqi.com.br/suporte/hydros/duvidas_usuais/Utilizacao/Consumo_agua_uso_racional.htm>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2012.

PNUMA. **Distribuição de água doce**. Disponível em: <http://www.pnuma.org/>. Acesso em 03 de Janeiro 2012.

POPULATION REFERENCE BUREAU. *La dinámica entre la población y el medio ambiente*. Washington D.C., 1997. In: DEMANBORO, A.C. e MARIOTONI, C.A.. **O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável, implicações sobre os recursos hídricos e energéticos**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Energia, v. 7, nº 2, 1999.

RAMOS, A. A. **O saneamento em dois tempos Desterro e Florianópolis**. Florianópolis: CASAN, 1983. In: KOBIYAMA, Masato. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 110p.

SAUTCHUK, Carla et. al. **Conservação e Reúso da Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo: FIESP, 2009.

SAUTCHUK, Carla et. al. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SETTI, Arnaldo A; Lima, Jorge E. F.W. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2ª ed. 2000.

SHIKLOMANOV, I. A.. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**: assessment of water resources and water availability in the world. Geneva: WMO, 1997. 85 p.

SHIKLOMANOV, I. A.. **World water resources**: a new appraisal and assessment for the 21st century. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.

SILVA, Gilmar. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública - estudo de caso**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

SILVEIRA, Bruna Quick da. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SHUBO, Tatsuo. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 2003.

SOUZA, M.M.. **Relatório da água faz alerta sobre inércia política**. O estado de São Paulo, 06 de março de 2003. Geral. Caderno A. P. A8. In: MAY, Simone. **Estudo da**

viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).

THOMAZ, Victor Mendes. **Concepção de um Edifício Multifamiliar Sustentável – Zero Consumo de Água.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva.** São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P.. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar, 2003. 180 p.

TOMAZ, P.. **Conservação da água.** 1 ed. São Paulo: Parma, 1998. **In:** MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).

TOMAZ, P.. **Economia de água: para empresas e residências.** São Paulo: Navegar, 2001. 112p. **In:** MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).

TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos.** São Carlos: Instituto Nacional de Ecologia. Disponível em: <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2012.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do impacto da urbanização. Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 1995.

UNITED NATIONS (ONU), 1997. **Critical Trends, Global Change and Sustainable Development,** New York, USA.

VENANCIO, Salatiel. **Abastecimento de Água.** 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Agua.html?submit=Voltar+ao+%CDndice+G+eral>>. Acesso em: 23 de Janeiro de 2012.

VILLIERS, Marq de. **Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

VIVACQUA, Maria Carolina Rivoir. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005. 185p. Dissertação (Mestrado).

ZAMPIERON, Sônia Lúcia Modesto; VIEIRA, João Luiz de Abreu. **“Poluição da Água”.** 2005. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html> Acesso em: 03 de Janeiro de 2012.