

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

EDSON ALANO DE SOUZA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DA
ÁGUA DA CHUVA PARA A UTILIZAÇÃO NA FABRICAÇÃO DO
CONCRETO USINADO**

CRICIÚMA, 2011.

EDSON ALANO DE SOUZA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DA
ÁGUA DA CHUVA PARA A UTILIZAÇÃO NA FABRICAÇÃO DO
CONCRETO USINADO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. (a) Dr. Álvaro José Back

CRICIÚMA, 2011.

EDSON ALANO DE SOUZA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DA
ÁGUA DA CHUVA PARA A UTILIZAÇÃO NA FABRICAÇÃO DO
CONCRETO USINADO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Gestão das Águas.

Criciúma, 25 de Novembro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Álvaro José Back – (UNESC) – Orientador

Prof. MSc. Edison Uggioni – (UNESC)

Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra Menezes – (UNESC)

Aos meus pais, Edson e Kátia, por estarem sempre ao meu lado me incentivando, acreditando sempre no meu sucesso profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e as pessoas que Ele pôs nela.

A minha família, meus pais Edson Alano de Souza e Kátia Margarethe Ghellere de Souza, por terem sempre mostrado a importância dos estudos e sempre me dando ótimas condições de estudo, e a minhas irmãs Nataniela, Kelfany e Manuela, por todo o apoio e consideração.

A minha namorada Nicoli Cavagnoli pela compreensão nos momentos difíceis.

Ao pai da minha namorada, Arlindo Cavagnoli, por despertar em mim o interesse sobre a engenharia da captação de água da chuva.

A Prefeitura Municipal de Urussanga - PMU, pelos três anos em que estive à frente da Diretoria de Meio Ambiente e, em especial, ao Prefeito Luiz Carlos Zen por ter acreditado em meu potencial e ter me nomeado Diretor do Meio Ambiente.

A Concretos Cecchinell Ltda., em especial ao gerente da empresa, meu amigo Adelch Cecchinell, por aceitar meu estágio em sua empresa.

Ao meu orientador Álvaro José Back, por ter aceitado me orientar neste trabalho de conclusão de curso, tão importante na vida de um acadêmico.

Aos colegas de trabalho da PMU: Patrícia Mazon Freitas, Suelle Tibes, Antonio Carlos Reis Couto, pelos conhecimentos e experiências que me foram passados nestes anos.

Aos que indiretamente trabalharam comigo e me ensinaram muitas coisas sobre a vida profissional, o Eng. Ambiental Thiago Maragno e ao Eng. Lindomar Cacciatori.

Aos Amigos da Vida, Alexandre Bianco, Graciano Garbin, Tiago Feltrin, Thiago Minato, Ciro Damiani, Alex Ribeiro Mendes, Cássio Guisoni, pelos momentos de descontração.

Aos Amigos da Faculdade, André Miranda, Alexandre Baggio, Tiago do Canto, Rodolfo Batista, Bruno Coelho, Ismael Brunoro, pelas parcerias em trabalhos acadêmicos.

As tantas pessoas que contribuíram para a minha formação profissional e as que não foram mencionados, ficam meus sinceros agradecimentos.

“Determinação, coragem e auto-confiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação, conseguiremos superá-las. Independentemente das circunstâncias, devemos ser humildes, recatados e despidos do orgulho ”

Dalai Lama

RESUMO

A empresa contemplada com o estudo foi a Concretos Cecchinel Ltda., que tem como atividade principal a fabricação de concreto usinado, tendo como matéria-prima em seu processo produtivo basicamente: cimento; brita; areia e, água. A totalidade da água que é utilizada no processo é proveniente do sistema de abastecimento público, oferecido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAMAE de Urussanga, deste modo, uma água que passa por um tratamento físico-químico a fim de atender os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, conforme Portaria 518/2004. Tendo em vista que a água utilizada na fabricação do concreto não seja tão exigente em termos de qualidade quanto à água que é utilizada para o consumo humano, e que há uma grande demanda de água no ciclo produtivo da empresa, nota-se que a água utilizada atualmente como matéria-prima possa ser substituída pela água proveniente das chuvas. Através de cálculos específicos, foram dimensionados os componentes necessários para um sistema de captação de água pluvial, fazendo com que 93% da água utilizada no processo, seja substituída pela água da chuva. Esta substituição se dará com a implantação de um sistema, que contará com três cisternas de 15 m³, representando uma reserva de 45 mil litros de água. Além da redução no consumo de água potável, a empresa também estará tendo uma redução de custo mensal na taxa da mensalidade de água e o tempo de retorno do investimento será de seis anos. O sistema demonstra ser viável, pois além de estar trazendo benefícios ambientais, está apresentando também benefícios financeiros.

Palavras-chave: Água. Demanda. Captação de água da chuva. Economia. Benefícios financeiros.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Imagem Panorâmica da Empresa.....	15
Figura 02 – Fluxograma do Processo Produtivo.....	16
Figura 03 – Distribuição da água na superfície terrestre.....	19
Figura 04 – Figura demonstrativa do ciclo da água.....	20
Figura 05 – Figura Esquemática do Sistema de Captação da Água da Chuva.....	24
Figura 06 – Precipitação Total Anual de Urussanga.....	30
Figura 07 – Cálculo da Área de Contribuição.....	32
Figura 08 – Desenho esquemático da calha.....	34
Figura 09 – Dimensões dos Galpões.....	38
Figura 10 – Desenho esquemático da área de captação.....	40
Figura 11 – Desenho esquemático da localização dos condutores horizontais.....	43
Figura 12 – Imagem do programa Hidrom (Back, 2006).....	44
Figura 13 – Detalhamento do filtro e telas.....	45
Figura 14 – Variação do percentual de atendimento em relação ao volume da cisterna.....	47
Figura 15 - Desenho esquemático contendo todos os componentes do sistema.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta e os respectivos fins de utilização.....	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Dimensões da calha em função do comprimento do telhado.....	25
Tabela 02 - Coeficiente de rugosidade de Manning.....	34
Tabela 03 – Diâmetros dos condutores verticais, de acordo com as vazões.....	35
Tabela 04 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).....	35
Tabela 05 – Demanda Mensal do consumo de água na indústria.....	37
Tabela 06 – Precipitação média mensal e os respectivos valores de água aproveitável em função da área de captação.....	39
Tabela 07 – Dimensões da Calha em função da sua vazão e declividade.....	42
Tabela 08 - Diâmetros dos condutores horizontais em função da vazão.....	45
Tabela 09 - Volume da Cisterna considerando a chuva aproveitável a eficiência de atendimento.....	46
Tabela 10 - Quantificação e orçamento dos materiais.....	48
Tabela 11 – Relação entre a redução de volume e do custo após a implantação do sistema.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDC – Central Dosificadora de Concreto

EPP – Empresa de Pequeno Porte

NBR – Norma Técnica Brasileira

PVC – Poli Cloreto de Vinila

PMU – Prefeitura Municipal de Urussanga

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivo Geral.....	13
1.3 Objetivos Específicos	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A Empresa ¹	14
2.1.1 Equipamentos Básicos da Empresa ².....	15
2.1.2 Fluxograma do Processo Produtivo ³	16
2.2 Água	17
2.3 Hidrologia.....	17
2.4 Disponibilidade da Água.....	18
2.5 Ciclo Hidrológico.....	20
2.6 Qualidade da Água da Chuva	21
2.7 Captação da Água da Chuva	22
2.8 Sistema de Captação da Água da Chuva	23
2.8.1 Área de Captação	24
2.8.2 Calhas.....	25
2.8.3 Condutores Horizontais.....	25
2.8.4 Condutores Verticais	26
2.8.5 Filtros	26
2.8.6 Cisterna	26
2.8.7 Bombas	27
2.9 Vantagens do Sistema	27
2.10 Restrições ao Uso do Sistema	27
3. METODOLOGIA	29
3.1 Índices Pluviométricos	29
3.2 Demanda Mensal	31
3.3 Capacidade de Coleta da Edificação	31
3.4 Área de Contribuição	31
3.5 Vazão do Projeto	32
3.6 Dimensionamento da Estrutura	33
3.6.1 Calhas.....	33

3.6.2	Condutores Verticais	34
3.6.3	Condutores Horizontais.....	35
3.6.4	Dimensionamento da Cisterna.....	36
3.6.5	Bomba	36
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Índices Pluviométricos	37
4.2	Demanda Mensal	37
4.3	Dimensionamento da Estrutura	38
4.3.1	Cálculo da Área de Contribuição	38
4.3.2	Cálculo da Capacidade de Coleta dos Galpões.....	39
4.3.3	Número de Condutores Verticais.....	40
4.3.4	Cálculo da Vazão nas Calhas	41
4.3.5	Dimensionamento das Calhas.....	41
4.3.6	Dimensionamento dos Condutores Verticais	43
4.3.7	Dimensionamento dos Condutores Horizontais.....	43
4.3.8	Escolha do Filtro	46
4.3.9	Dimensionamento da Cisterna.....	46
4.3.10	Potência da Bomba	48
4.4	Quantificação e Orçamento dos Materiais	50
4.5	Viabilidade Técnica e Econômica	50
5.	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a disponibilidade de água potável vem exigindo uma nova consciência em relação à utilização e captação desse recurso (UCP, 2010). Hoje, o mau uso da água, aliado com a crescente demanda, vem alarmando alguns setores pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água potável no planeta.

De acordo com Marinoski (2007), para analisar a viabilidade da implantação do sistema de captação de água da chuva são imprescindíveis os seguintes fatores: bons níveis de precipitação, ter uma área de captação e verificar a demanda do uso da água.

Na indústria, é altamente viável o aproveitamento da água da chuva devido às instalações como pavilhões, escritórios etc., com médias e grandes extensões de telhados, tornando possível captar milhares de litros de águas pluviais, o que amortece a utilização da água tratada (CREDER, 2003).

Sabendo-se da economia de recursos financeiros devido ao uso de água da chuva, aliado com o ganho ambiental, este trabalho buscou analisar a viabilidade técnica e econômica da captação da água da chuva para utilização em uma fábrica do concreto usinado.

1.1 Justificativa

A totalidade da água que é utilizada pela Empresa Concretos Cecchinel no seu processo produtivo é proveniente do sistema de abastecimento público, oferecido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAMAE de Urussanga, deste modo, uma água que passa por um tratamento físico-químico a fim de atender os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, conforme Portaria 518/2004.

Tendo em vista que a água utilizada na fabricação do concreto não seja tão exigente em termos de qualidade quanto à água que é utilizada para o consumo humano, e que há uma grande demanda de água no ciclo produtivo da empresa, nota-se que a água utilizada atualmente como matéria-prima possa ser substituída pela água proveniente das chuvas.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação e armazenagem de água da chuva para o uso na fabricação do concreto usinado, substituindo a água fornecida pela concessionária pública por água da chuva.

1.3 Objetivos Específicos

- Levantar a demanda da água para fabricação do concreto;
- Dimensionar um sistema de captação, armazenamento e distribuição da água da chuva;
- Levantar os custos do sistema de captação, armazenamento e distribuição da água da chuva;
- Avaliar a viabilidade econômica da implantação do sistema de captação e armazenamento de água da chuva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Empresa ¹

A empresa Concretos Cecchinel Ltda. EPP. possui uma unidade localizada no município de Urussanga, na região sul de Santa Catarina. Conforme Plano Diretor Participativo Municipal (Lei Complementar nº 08, de 1º de Julho de 2008), o enquadramento do uso do solo referente à área útil da empresa enquadra-se como Zona Urbana de Ocupação Controlada.

Trata-se de uma central dosificadora de concreto (CDC), que prepara o material também conhecido como concreto pré-misturado, compreende etapas de serviços semelhantes às operações do concreto tradicional, que são compreendidos por: dosagem, mistura e transporte. Além disto, o diferencial do concreto dosado em central para com o método de dosagem convencional, é que é executado um rigoroso controle de matérias, equipamentos e procedimentos, bem como, os estudos necessários à elaboração de traços para concretos normais e especiais.

A unidade da CDC abrange uma área de aproximadamente 1.500 m² e, além disso, a empresa conta com mais dois galpões com aproximadamente 1.500 m² cada um, onde neles estão compreendidas as áreas de administração, sanitários e área de fabricação e estocagem de materiais pré-moldados.

¹ A Empresa. Disponibilizado pela Concretos Cecchinel Ltda.

Figura 01 – Imagem Panorâmica da Empresa.



(Fonte: Concretos Cecchinel, 2011)

2.1.1 Equipamentos Básicos da Empresa ²

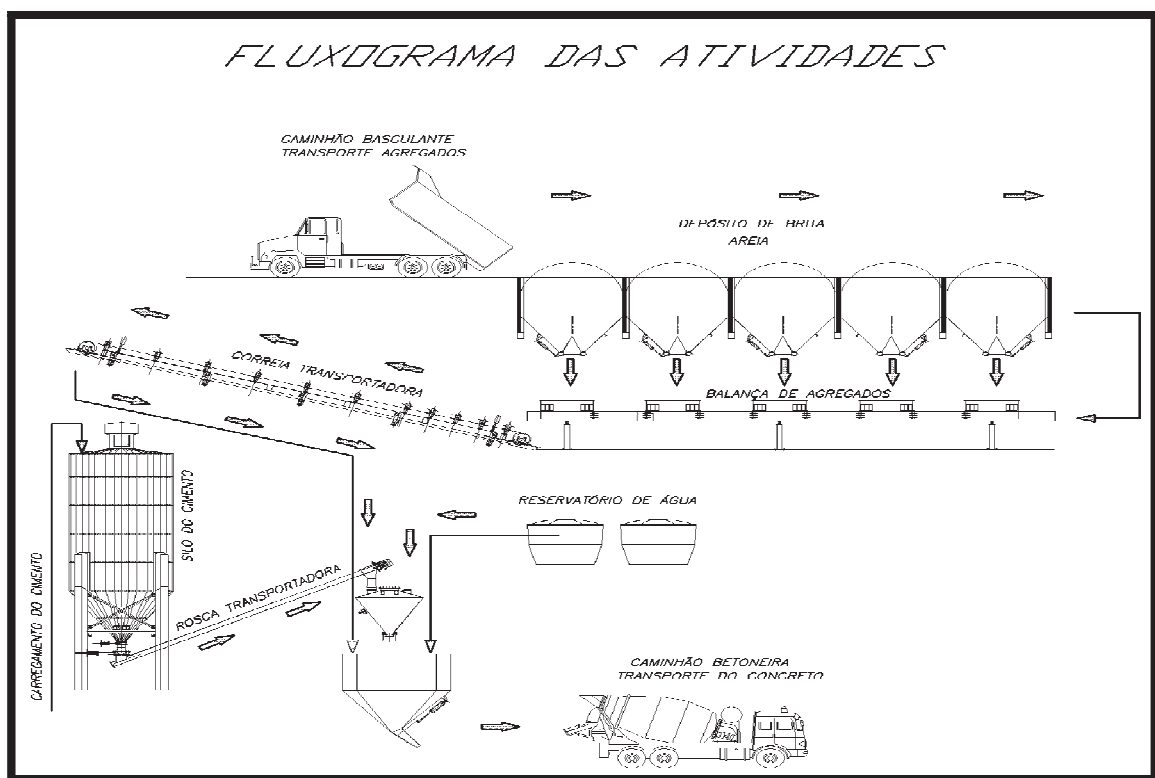
- **Usina de Agregados:** Conjunto de silos equipados com balança, onde as matérias-primas (cimento, brita, areia e água) serão depositadas, posteriormente pesadas e dosadas, para que esta possa ser encaminhada, através de esteiras, até o misturador.
- **Esteiras Transportadoras:** Sua função é conduzir os agregados da usina de agregados até o misturador. A esteira é composta por uma faixa de borracha com lonas.
- **Misturador:** Cilindro de 2,60 metros de diâmetro por 7,00 metros de comprimento. Sua função é acarretar as doses de matéria-prima para posteriormente ser levada até o caminhão-betoneira.
- **Transporte:** O concreto produzido é encaminhado até o solicitante por meio de caminhões-betoneiras específicos. A deposição do produto na área requerida conta com o auxílio, quando houver a necessidade, de um caminhão-bomba, cuja função é de levar o concreto produzido no caminhão-betoneira até o local desejado.

² Equipamentos Básicos da Empresa. Disponibilizado pela Concretos Cecchinel Ltda.

2.1.2 Fluxograma do Processo Produtivo ³

O início do processo se dá pela chegada e deposição das matérias-primas, trazidas pelos caminhões tanque dos fornecedores, na usina de agregados. Com a matéria-prima em seu devido local, o operador, através de uma cabine operacional, faz a dosagem de todas as matérias primas, para que estas sejam encaminhadas até o misturador, juntamente com o bombeamento de água e, posteriormente encaminhadas até os caminhões-betoneiras, abastecendo-os com a quantidade desejada de concreto. O abastecimento de concreto nos caminhões-betoneiras se dá por método gravitacional, estando o misturador localizado sobre a pista de fornecimento. Após o abastecimento da betoneira do caminhão, o concreto está apto ao transporte, podendo ser encaminhado até o local desejado.

Figura 02 – Fluxograma do Processo Produtivo.



(Fonte: Concretos Cecchini Ltda. EPP., 2011)

³ Fluxograma do Processo Produtivo. Disponibilizado pela Concretos Cecchini Ltda.

2.2 Água

A água é um recurso natural fundamental a vida, presente na natureza, e compõe parte importante de todas as matérias do ambiente natural ou antrópico. (Telles & Costa, 2007).

É uma molécula simples e que pode ser considerado o líquido da vida. Por ser tão importante, antigas civilizações gregas avaliavam-na como sendo um dos elementos essenciais da matéria. Para Aristóteles a água era um dos quatro elementos fundamentais. Este pensamento, que a água era um elemento, se estendeu por mais de 2000 anos; apenas no século XVIII, é que experimentos comprovaram que a água era um composto, constituído por hidrogênio e oxigênio (QMCWEB, 2004, apud Macêdo, 2004, p.1).

Para Miller (1966), além de atender uma necessidade fisiológica do homem, a água é também fundamental para a evolução da agricultura e para o desenvolvimento industrial. O homem depende da água para preservação da sua vida desde os tempos mais remotos e, onde quer que a encontre, utiliza-a para diversos fins, ater mesmo como via de transporte.

É encontrada em três estados físicos: sólido líquido e gasoso, sendo a substância mais farta da biosfera (Arrakis, 2004, apud Macêdo, 2004). A ciência que estuda o comportamento, as propriedades e a distribuição da água na natureza, é a hidrologia.

2.3 Hidrologia

O estudo da hidrologia pode ser dividido em três partes, sendo que cada um destes abordam a água nas suas distintas formas de ocorrência. A primeira parte trata da água atmosférica; a segunda parte trata da água superficial e, a terceira parte trata da água subsuperficial.

Garces (1982) conceitua essas diferentes formas de ocorrência como:

- Água Atmosférica: “em sua com a atmosfera a hidrologia estuda as chuvas e outras formas de precipitações, suas causas, origem, ocorrência, magnitude, distribuição e variação”.

- Água Superficial: “deflúvio de cursos d’água, lagos e reservatórios, origem e comportamento das águas superficiais”.
- Água Subsuperficial: “comumente chamada, subterrânea, considerada a origem, natureza e ocorrência da água subsuperficial, a infiltração da água no solo, sua passagem ou percolação através do solo e sua saída do solo”.

2.4 Disponibilidade da Água

Antigamente a carência de água já foi motivo para guerras, e pode, cada vez mais agir como catalisador no conjunto de causas ligadas a algum conflito futuro. Por isso, neste século, para muitos países o controle dos recursos hídricos é uma questão muito importante (BOTELHO, 1984).

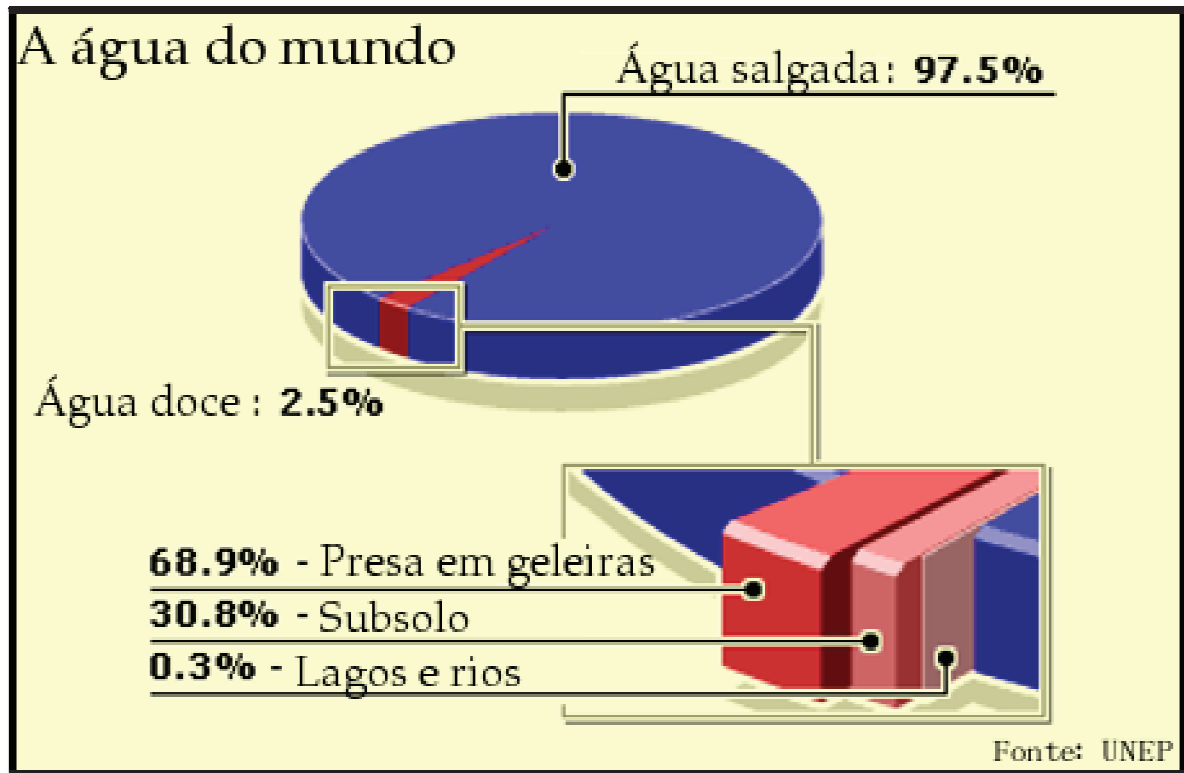
Apresenta-se ciência que a superfície terrestre é composta por aproximadamente 75% de água, por isso, faz-se entendido que a presença deste bem é abundante. Porém, 97,5% desta água são salgadas e o restante é água doce, sendo que desta água doce, apenas 0,26% pode ser encontrada em rios, lagos e lençóis subterrâneos, pelo fato do restante encontrar-se congelado nas calotas polares. (SDS, 2006)

Bertuol & Gonçalves (2009) citam que de toda a água existente no mundo, apenas 3% é água doce está apta o consumo. Sendo que desta porção, somente 0,03% são de acesso facilitado, em rios, lagos e sub-superfícies. Contudo, com o uso intensivo e poluição dos recursos hídricos, este número diminui consideravelmente.

De acordo com Vaitsman & Vaitsman (2005):

A classificação dos países quanto à riqueza ou pobreza de água não depende apenas das disponibilidades efetivas dos seus recursos hídricos renováveis, mas principalmente, da disponibilidade destes mesmos recursos para o consumo da população. Sendo assim, um país não pode ser considerado mais rico que outro apenas por apresentar um potencial de recursos hídricos maior que aquele. A sua riqueza em água será determinada pela disponibilidade hídrica anual per capita, ou seja, quanto maior essa disponibilidade, mais rico é o país em termos de água. E esta depende principalmente da densidade populacional e da distribuição dos recursos por área (VAITSMAN & VAITSMAN, 2005, p. 55)

Figura 03 – Distribuição da água na superfície terrestre.



(Fonte: UNEP, 2005)

A água doce utilizada mundialmente multiplicou-se por quatro do decorrer dos últimos 100 anos, enquanto a população cresceu apenas duas vezes mais. Com isso torna-se evidente a expansão também nos níveis industriais e urbanísticos e, conseqüentemente, caso a tendência não se altere o consumo da água também terá um nível de elevação significativo. Vale salientar que nos últimos séculos, a quantidade de água se manteve estável (ALMEIDA, 2002)

Neste contexto, MIRANDA NETO (1999) lembra que a água é um recurso natural indispensável para a nossa sobrevivência e está se tornando cada vez mais escassa, uma vez que a explosão demográfica e as constantes agressões ambientais tornam a situação cada vez mais agravante.

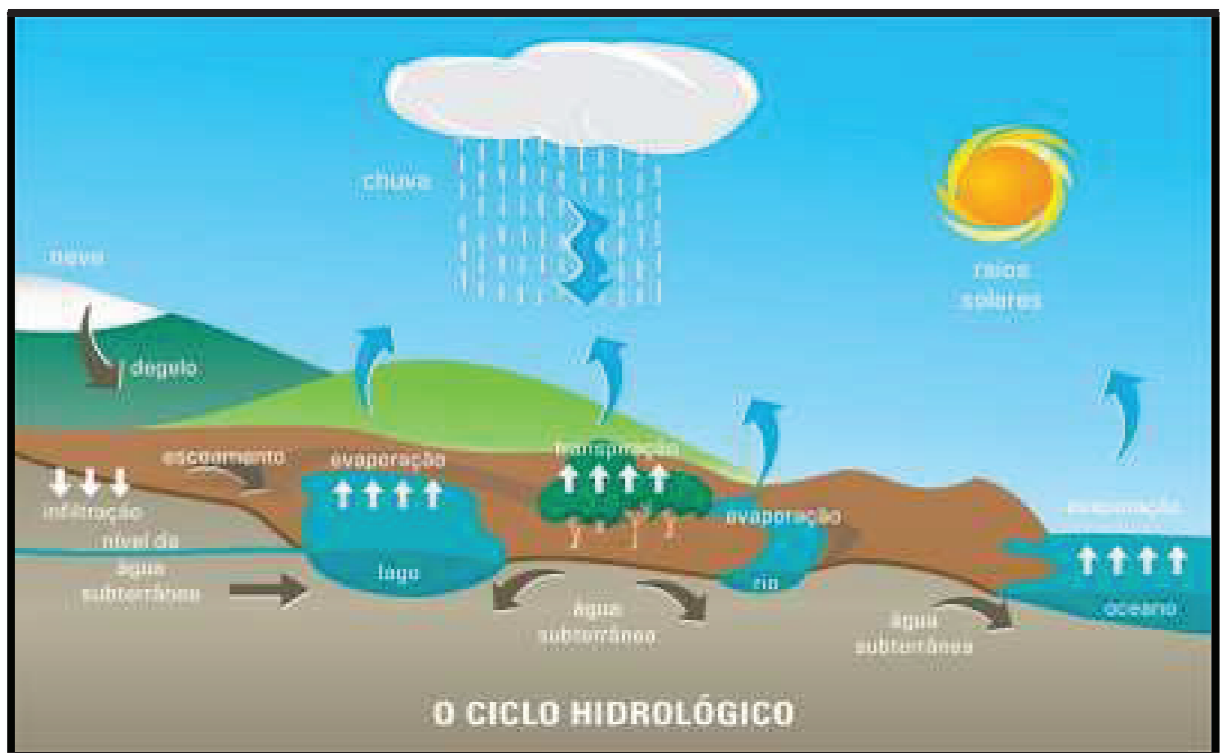
A água pode ser encontrada em diversas formas em nosso planeta devido ao ciclo hidrológico.

2.5 Ciclo Hidrológico

O movimento da água da Terra gerado a partir da energia solar é chamado de ciclo hidrológico, na qual não possui início e nem fim. Fenômeno natural e de circulação fechada. A água dos oceanos, lagos, rios e das superfícies terrestres úmidas, provenientes da precipitação, evaporam e tornam-se parte de atmosfera. Por meio do processo de condensação, a água da atmosfera final volta para a terra em forma de chuva, sobre oceanos e continentes. (Golçalves, 2006).

A figura 04 demonstra de forma esquemática o ciclo da água.

Figura 04 – Figura demonstrativa do ciclo da água.



(Fonte: U.S department of the interior, U.S. geological survey, 2002).

Se referindo ao ciclo hidrológico, Carvalho & Silva (2006), descrevem este como sendo:

[...] movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e a gravidade, que faz

com que a água condensada se caia (precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se (CARVALHO & SILVA, 2006, p.11).

Para May (2004), o ciclo hidrológico não pode ser controlado, e a única solução para o homem é administrar e conservar a água disponível.

Segundo Macêdo (2004), o novo século traz crise de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água, pois pela abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável.

2.6 Qualidade da Água da Chuva

A qualidade da água pluvial possui potencialidade para exceder a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, isto, pelo fato de não entrar em contato com solos e rochas que possam vir contaminá-la pela dissolução de seus componentes, e ainda pelo fato de não está diretamente suscetível a disposição de efluentes contaminados e outros tipos de poluentes de origem antropogênica que são constantemente lançados nos recursos hídricos (MAY, 2004).

Segundo Hammer (1999), ao cair, a água da chuva dissolve uma série de elementos, tais como: oxigênio, gás carbônico, bactérias e outras partículas. Mas contudo, isso não causa problemas do ponto de vista da qualidade. O fator determinante é a área de captação, dos reservatórios de armazenamento e distribuição, uma vez que a água da chuva é insípida ao paladar.

As águas pluviais detidas por meio dos telhados das edificações oferecem uma boa qualidade, por isso a necessidade de poupar sua contaminação com outras fontes (SANTOS, 2002).

Abaixo, no quadro 01 a água da chuva é qualificada em diferentes graus, fundamentado no tipo do telhado utilizado para a sua captação, bem como os tipo de atividade que a mesma poderá ser utilizada.

Quadro 01 - Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta e os respectivos fins de utilização.

Grau de Limpeza	Regiões de Coleta da Água da Chuva	Usos da Água da Chuva
A	Telhados (lugares não freqüentados por animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, não pode ser usada para beber.
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento
D	Estradas, vias férreas elevadas	Necessita de tratamento

(Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002, p.99)

2.7 Captação da Água da Chuva

Por diferentes civilizações e culturas, o manejo e o aproveitamento da água da chuva tem sido uma prática exercida ao longo do tempo. Dillaha e Zolan (1985), apud Gonçalves (2006), relatam a existência de um sistema integrado de manejo da água da chuva há 2.000 anos, no atual território de Israel.

Gonçalves (2006) diz que no período romano, esta prática também era conhecida e utilizada em diversas regiões como na ilha da Sardenha e norte da África.

Golçalves (2006) descreve ainda que estas práticas foram pouco a pouco sendo substituídas e esquecidas pela população, pois novos e mais modernos sistemas de abastecimento público foram sendo disponibilizados.

Existem países industrializados, onde a população e as autoridades públicas estão incentivando a construção de sistemas de captação de água da chuva. O governo Alemão, por exemplo, participa efetivamente dando apoio financeiro, oferecendo financiamentos para a construção de um sistema de captação de água pluvial. Desta forma tendo uma economia de água potável a fim de suprir futuras populações e novas indústrias, conservando as águas subterrâneas,

utilizadas como fontes de recurso hídrico em muitas cidades do país (GROP RAINDROPS, 2002, apud Martins, 2010).

Em regiões brasileiras não servidas por redes públicas de água, sistemas individuais de captação de água da chuva são comuns. Para exemplificar, o polígono das secas, foi uma região onde muitos açudes foram construídos. Existe na Ilha de Fernando de Noronha um sistema coletivo, que funciona desde 1943, instalado pelos americanos (NETO, 1991, apud Citadin, 2010).

Conforme Giacchini (2005), o aproveitamento da água pluvial em edificações significa bem mais que apenas reduzir o consumo e os custos com água tratada, significa um importante avanço para a construção de um mundo mais correto, em que todos possam ter acesso a uma água de boa propriedade.

A utilização da água com maior aproveitamento proporcionará a este recurso natural, finalidades mais nobres e eficientes, tais como o atendimento da demanda com o crescimento populacional, o estabelecimento de novas indústrias e a melhoria do meio ambiente. Além disso, o reaproveitamento de águas, para qualquer que seja o seu uso, também serve de alternativa para prolongar e preservar os mananciais hídricos (TOMAZ, 2003).

2.8 Sistema de Captação da Água da Chuva

A chuva é um recurso natural acessível a todos, independente da condição social ou financeira do indivíduo (UFSC, 2005).

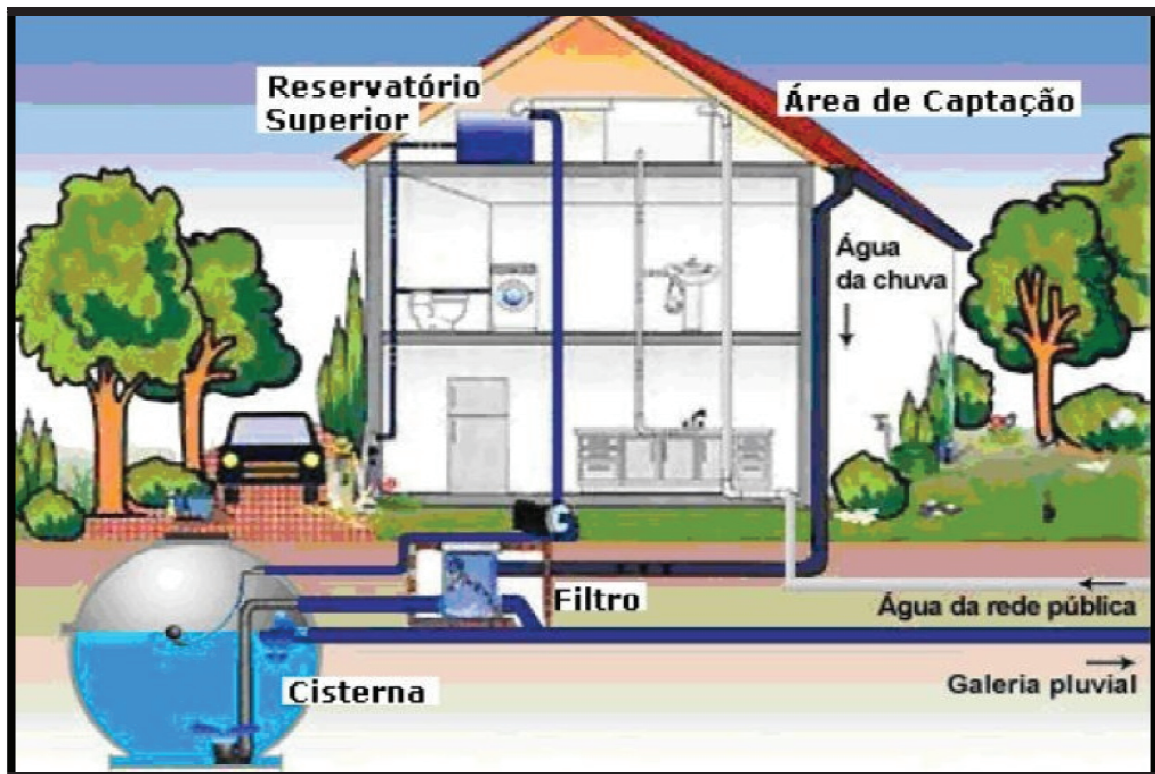
Para a captação de água pluvial, utilizam-se superfícies como os telhados, porém para compor o sistema de captação, necessita—se de alguns complementos como: calhas, condutores verticais e horizontais; reservatório de armazenamento e de autolimpeza. Quando se utiliza água da chuva, estima-se uma economia de 30 % da água pública (TOMAZ, 2003, apud Martins, 2010).

De acordo com Nunes (2006), o componente mais importante para sistema é o reservatório, e deve ser proposto de acordo com as necessidades do usuário, para que economicamente, o projeto seja viável. A quantia mínima de armazenagem é calculada fazendo-se referencia a área de coleta, regime de precipitação local e das características da demanda específica de cada local.

Para Golçalvez (2006), um sistema de aproveitamento de água da água pluvial é um sistema descentralizado e alternativo de fornecimento de água tendo em vista entre outros a conservação dos recursos hídricos amortizando a demanda e o consumo de água potável. O sucesso ou o fracasso de um sistema de captação da água pluvial vai depender fundamentalmente da quantidade de água captável, que esta relacionada diretamente a fatores como a pluviometria do local, a área de captação e o local da captação.

Para que a água coletada nos telhados possa ser escoada através da gravidade, é importante que a cisterna esteja posicionada em um ponto mais baixo que o nível dos telhados. (NETTO, 1995).

Figura 05 – Figura Esquemática do Sistema de Captação da Água da Chuva.



(Fonte: BELLA CALHA, *apud* Marinowski, 2007)

2.8.1 Área de Captação

As áreas de captação, comumente são os telhados de residências ou indústrias. Podem ser de diversos tipos de materiais, tais como: telhas de cerâmica, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, telhas de

concreto armado, telhas de plástico, telhado plano revestido com asfalto, etc. Quanto a sua angulação, o telhado pode estar inclinado, pouco inclinado, ou plano. Na escolha do melhor tipo de material a se utilizar, alguns fatores são determinantes, sendo eles: durabilidade, impermeabilidade, disponibilidade, resistência a incêndio, fatores de custo e bom aspecto (TOMAZ, 2003).

2.8.2 Calhas

As calhas, de acordo com a NBR nº 10844/89, são os canais que recolhem a água de coberturas, terraços e similares e a conduzem a um determinado ponto.

Para TOMAZ, 2003, as calhas definem-se como elementos responsáveis pela coleta da água junto aos telhados e podem ser de centro, de platibanda e laterais, sendo, a largura das calhas definida de acordo com o comprimento do telhado, conforme tabela abaixo.

Tabela 01 - Dimensões da calha em função do comprimento do telhado.

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

(Fonte: NETO e MELO, 1988 *apud* TOMAZ, 2003)

2.8.3 Condutores Horizontais

Os condutores horizontais, conforme a NBR nº 10844/89, são canais ou tubulações horizontais destinadas a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

2.8.4 Condutores Verticais

Tubulação vertical e que têm por objetivo a condução da águas captadas das calhas, coberturas, terraços ou similares, até a parte inferior da edificação. (NBR nº 10844/89)

2.8.5 Filtros

Para a Embrapa (2005), a filtragem da água pluvial é necessária para que as partículas que presentes no telhado, como por exemplo, galhos e folhas, e que seriam carregadas com a água, sejam retidas, não comprometendo a qualidade da água.

2.8.6 Cisterna

A cisterna é utilizada para o armazenamento da água da chuva, e segundo a Embrapa (2005), estas podem ser de vários tamanhos e formatos, podendo ser retangulares, quadradas, cilíndricas, etc. Considerando o tipo de material usado na sua fabricação, as cisternas podem ser de fibra de vidro, PVC, concreto, alvenaria, fibrocimento, etc. É importante destacar que o tamanho da cisterna deverá atender a demanda de água durante o período de secas.

Para NETTO (1993), deve-se utilizar como base de estudo levantamentos estatísticos sobre os períodos de seca na região em estudo, para se dimensionar o tamanho da cisterna. Para isso, podem-se utilizar tabelas simplificadas com o número de dias secos no mês, porém este método geralmente superestima o tamanho da cisterna.

Marinoski (2007) menciona que os reservatórios podem ser elevados, ao nível do chão, semi-enterrados ou enterrados. Os reservatórios enterrados ou semi-enterrados têm a vantagem de manter a água em uma temperatura mais baixa. Já os elevados, permitem proporcionar o abastecimento direto, através da gravidade. Os reservatórios devem ser cobertos com laje, um telhado ou uma tampa, dependendo do seu tamanho, assim evitando a entrada de luz e evitando também acidentes. É importante que essa cobertura seja dotada de um suspiro para a

passagem da tubulação e também uma tampa removível para facilitar a manutenção, como limpeza e conservação.

2.8.7 Bombas

As bombas são as máquinas responsáveis pelo encaminhamento da água de um local ao outro quando não se existe a força de gravidade para este fim. Geralmente, as bombas recebem energia mecânica e a convertem para energia de pressão e/ou energia cinética. Existem três princípios de funcionamento de bomba: centrífuga; rotativas e, alternativas. As centrífugas são as mais utilizadas devido ao baixo custo aliado com a simplicidade e facilidade do sistema operacional. (BACK, 2006)

2.9 Vantagens do Sistema

Além de benefícios como a conservação dos recursos hídricos, o uso de sistemas de captação de água da chuva propicia também a redução do escoamento superficial e conseqüentemente a diminuição da carga nos sistemas de drenagem pluvial e o amortecimento dos picos de enchentes (GONÇALVES, 2005, *apud* NUNES, 2006).

Para FERNANDES (2007) além de benefícios financeiros, podemos citar benefícios no sentido de minimização de enchentes e inundações. Isto ocorre porque a água, que antes escoaria pelos telhados e despejava-se nas ruas, com o sistema de captação é toda conduzida a um reservatório e utilizada para o fim requerido. A racionalização do uso potável da água também é um grande benefício que está aliado ao sistema.

2.10 Restrições ao Uso do Sistema

Embora as técnicas disponíveis venham sendo aplicadas com sucesso em diversas partes do mundo, alguns sistemas implicam em abandono parcial ou total, em face da ausência de manutenção apropriada ao sistema de captação da

água pluvial. Razões como incompatibilidade técnica, falta de treinamento dos usuários, parâmetros técnicos de projeto muito complexos para os usuários, além de problemas financeiros, são que propiciam o não sucesso do sistema. O gerenciamento eficiente da água é um fator determinante para o sucesso do sistema (MACHADO & CORDEIRO, 2011).

3. METODOLOGIA

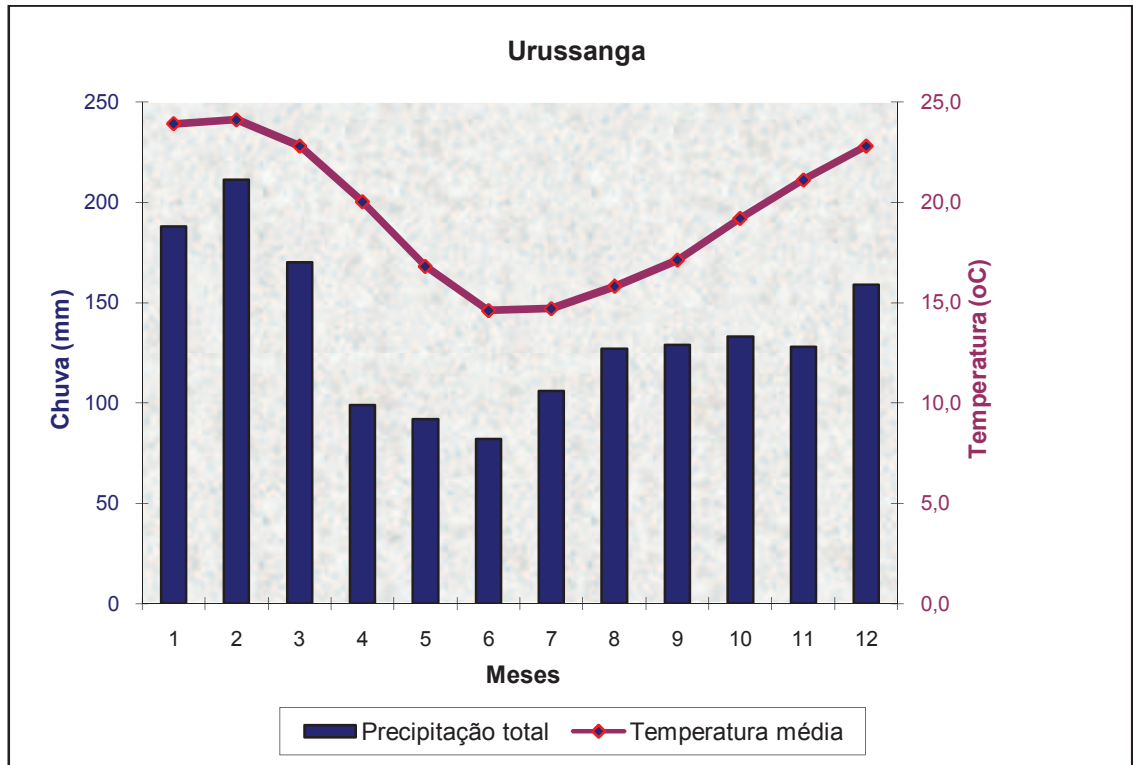
Para o desenvolvimento do trabalho foram analisados os dados de consumo de água na empresa nos últimos meses para avaliar a demanda mensal de água utilizada no processo de fabricação do concreto. Também foi realizado um levantamento da área de cobertura com possível captação de água da chuva.

Para o levantamento das quantidades de água possíveis de ser captada foram utilizados os dados de precipitação registrados na estação meteorológica da Epagri, localizada em Urussanga. Para caracterizar o clima e potencial de captação da água da chuva foram usadas as normais climatológicas do período de 1961 a 1990. Na simulação do balanço hídrico seriado foi utilizado os dados diários da série histórica do período compreendido entre 1981 a 2002.

Com base nos índices pluviométricos foram dimensionadas as estruturas de captação de água da chuva, como calhas, condutores verticais, condutores horizontais, cisternas e a bomba hidráulica, segundo a NBR10844 (1989). No dimensionamento da cisterna foi utilizado o método do balanço hídrico seriado, conforme descrito em Pereira (2003) e Fontanela (2010), considerando somente os valores de chuva acima de 2,0 mm.

3.1 Índices Pluviométricos

Para a avaliação das condições climáticas, no tocante à distribuição de chuvas no período em análise, foram obtidas junto a Epagri as normais climatológicas da estação meteorológica de Urussanga (Figura 06), registrados no período de 1961 a 1990.

Figura 06 – Precipitação Total Anual de Urussanga.

(Fonte: EPAGRI, 2011).

A intensidade pluviométrica foi obtida através da equação de chuvas intensas proposta por Back (2002), expressa por:

$$\text{Equação 01: } i = \frac{3445,7T^{0,138}}{(t+26,3)^{1,012}}$$

Onde: i = intensidade da chuva (mm/h);

T = período de retorno (anos)

t = duração da chuva (min)

Seguindo-se a NBR 10844 (1989) temos que, para fins de projetos, a determinação da intensidade das chuvas deve ser feita através da duração da chuva e do período de retorno. Para áreas cobertas ou terraços deve-se utilizar o período de retorno $T = 5$ anos. A mesma norma diz ainda que para a duração de precipitação deve-se sempre considerar $t = 5$ minutos.

3.2 Demanda Mensal

Para o levantamento da demanda mensal de água da empresa foi analisado o consumo de água desde o mês de janeiro até o mês de agosto do ano de 2011. Através do consumo mensal destes meses, foi feito uma média para chegar a um valor médio mensal de consumo na empresa.

3.3 Capacidade de Coleta da Edificação

A capacidade de coleta da edificação evidencia a capacidade que a edificação da empresa tem em captar a água pluvial. A fórmula empregada para cálculo da capacidade de coleta é dada pela seguinte equação (NBR 10844, 1989).

Equação 02: $V = P \cdot A \cdot C$

Onde: P = precipitação (mm);
 A = área de coleta (m²);
 C = eficiência do sistema de coleta.

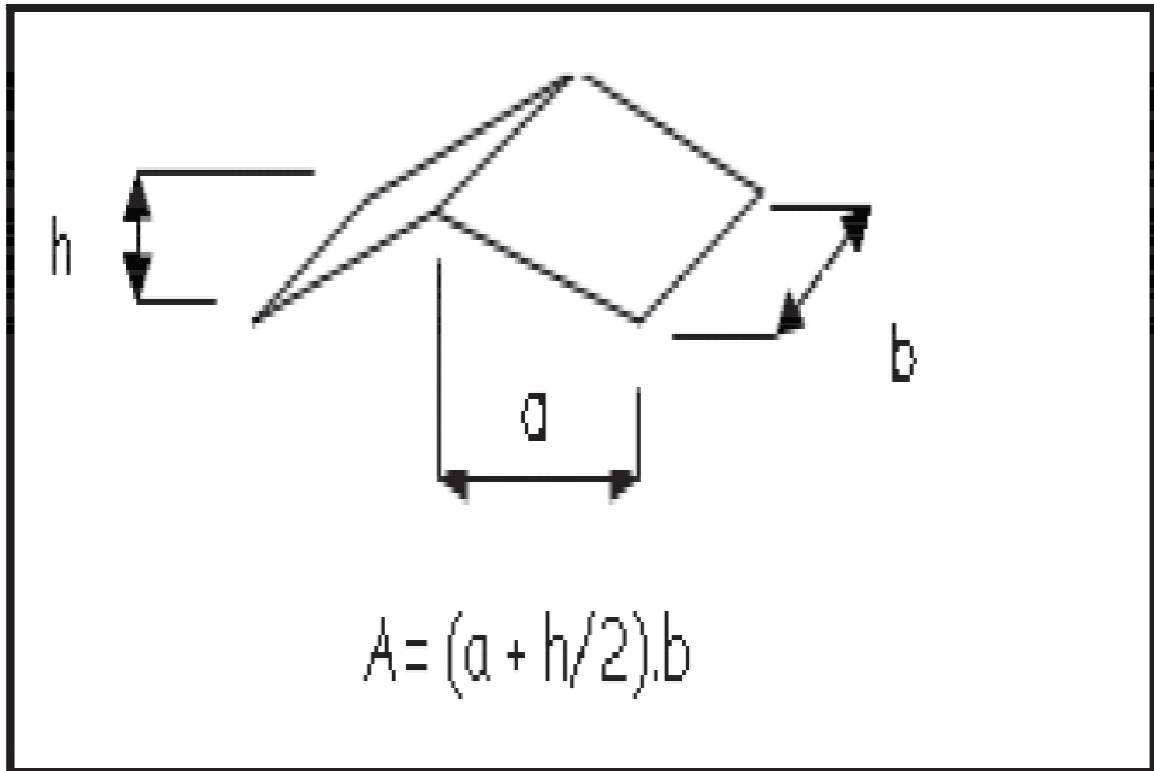
3.4 Área de Contribuição

Para o cálculo da área de contribuição, conforme a norma NBR 10844 (1989), utiliza-se a seguinte fórmula:

Equação 03: $A = (a + (h/2)) \cdot b$

Onde: A = área de contribuição do telhado (m²);
 a = metade da largura do telhado (m);
 h = altura da tesoura (m);
 b = comprimento do telhado (m).

Figura 07 – Cálculo da Área de Contribuição.



(Fonte: NBR 10844, 1989)

3.5 Vazão do Projeto

A área da cobertura e a intensidade das chuvas vão determinar o volume de água da chuva a ser captado. De acordo com a norma NBR 10844 (1989), utiliza-se a seguinte fórmula para equacionar a vazão do projeto:

Equação 04: $Q = \frac{IA}{60}$

Onde:

- Q = vazão do projeto (L/min);
- i = intensidade pluviométrica (mm/h);
- A = área de contribuição (m²).

3.6 Dimensionamento da Estrutura

3.6.1 Calhas

O dimensionamento das calhas foi realizado de acordo com a NBR 10844 (1989), utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir:

Equação 05: $Q = K \frac{S}{n} R h^{2/3} \sqrt{I}$

Onde:

- Q = vazão do projeto (L/min);
- S = área da seção molhada (m²);
- n = coeficiente de rugosidade (conforme tabela);
- Rh = S/P = raio hidráulico (m);
- P = perímetro molhado (m);
- I = declividade da calha (m/m);
- K = 60000.

A inclinação mínima das calhas de beiral e platibanda, conforme NBR 10844 (1989) devem ser de no mínimo 0,5% uniformemente. O cálculo da área de seção molhada se dá através da seguinte equação:

Equação 06: $S = a \cdot b$

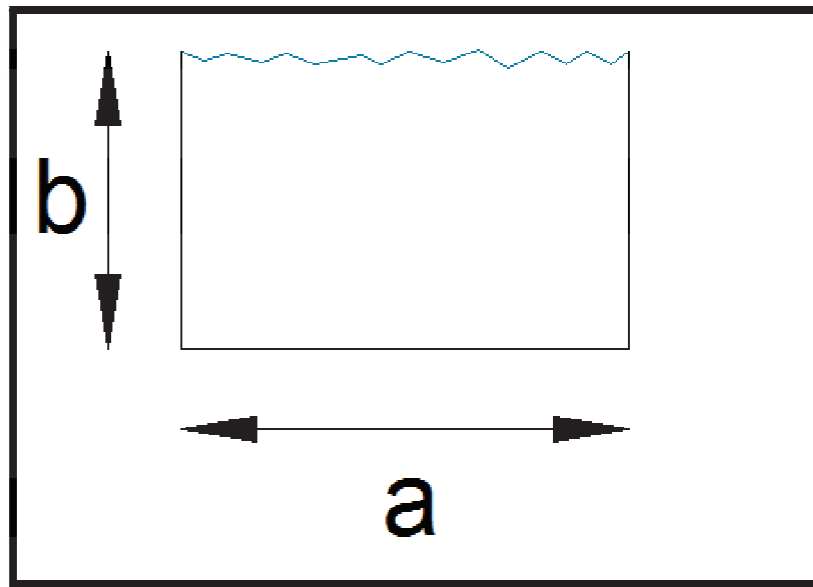
O cálculo do perímetro molhado se dá através da seguinte equação:

Equação 07: $P = 2b + a$

Para o cálculo do raio hidráulico, utilizaremos a equação a seguir:

Equação 08: $Rh = S/P$

Figura 08 – Desenho esquemático da calha.



(Fonte: Do Autor).

Tabela 02 – Coeficiente de rugosidade de Manning.

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

(Fonte: NBR 10844, 1989).

3.6.2 Condutores Verticais

De acordo com a NBR 10844 (1989) os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada, prevendo-se peças de inspeção e, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70 mm.

Para obtenção de seu diâmetro interno, utilizaram-se os valores previstos na tabela 03, que estipula o diâmetro do condutor vertical, de acordo com a sua vazão.

Tabela 03 – Diâmetros dos condutores verticais, de acordo com as vazões.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)
50	0,57
75	1,76
100	3,78
125	7,00
150	11,53
200	25,18

(Fonte: Botelho e Ribeiro Jr., 2006).

3.6.3 Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844 (1989) os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade constante, com valor mínimo de 0,5% e o escoamento dos condutores circulares deve ser feito em lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno.

Para o dimensionamento deste elemento, adotou-se a seguinte tabela:

Tabela 04 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

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

(Fonte: NBR 10844, 1989).

3.6.4 Dimensionamento da Cisterna

Para o dimensionamento da cisterna, utilizou-se o sistema de balanço hídrico e pode ser descrito conforme a equação:

Equação 09: $S(t) = S(t-1) + (P \times A) - (D) - (Ex)$.

Onde: $S(t)$ = total de água disponível no reservatório no dia t considerado (m^3);

$S(t-1)$ = total de água disponível no reservatório no dia anterior (m^3);

P = precipitação acumulada no dia considerado (m);

A = área de captação (m^2);

D = consumo total diário, de acordo com a utilização (m^3);

Ex = água captada pelo sistema que foi eliminada (m^3).

3.6.5 Bomba

A bomba utilizada será do tipo centrífuga e para o cálculo da demanda de potência do motor, será utilizado o programa de software Hidrom e os dados da bomba serão obtidos no catálogo do fabricante.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Índices Pluviométricos

De acordo com as normais climatológicas de Urussanga, verificou-se que a precipitação média anual é de 1624 mm. Os maiores valores mensais são observados no verão e menores no inverno, variando de 211 mm em fevereiro a 82 mm no mês de junho.

Para a determinação da intensidade pluviométrica utilizou-se a equação 01, aplicando o período de retorno de cinco anos e duração de cinco minutos obtendo-se:

$$i = \frac{3445,7(5)^{0,138}}{(5 + 26,3)^{1,012}} = 131,9\text{mm/h}$$

4.2 Demanda Mensal

A tabela 05 demonstra o consumo de água e o custo em cada mês do ano de 2011, bem como a média mensal.

Tabela 05 - Demanda Mensal do consumo de água na indústria.

Mês	Consumo (m³)	Custo (RS)
Janeiro	129	429,00
Fevereiro	76	243,50
Março	48	145,50
Abril	73	233,00
Maiο	90	292,50
Junho	112	369,50
Julho	96	313,50
Agosto	43	128,00
Média Mensal	83,3 m³	269,31

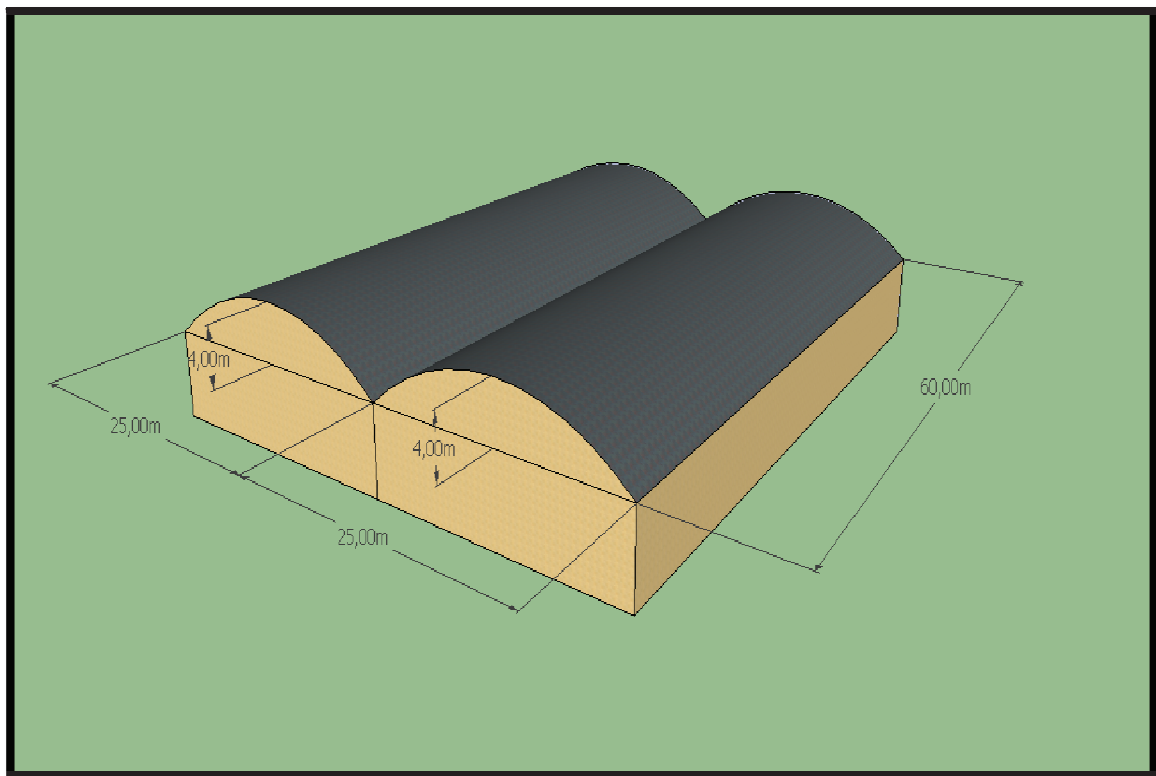
(Fonte: SAMAE de Urussanga, 2011)

4.3 Dimensionamento da Estrutura

4.3.1 Cálculo da Área de Contribuição

Os valores das dimensões dos galpões foram obtidos através dos seus projetos arquitetônicos.

Figura 09 – Dimensões dos Galpões.



(Fonte: Do Autor).

Para efetuar o cálculo da área de contribuição, levaram-se em consideração os seguintes dados: comprimento do telhado, metade da largura do telhado e a altura da tesoura. O comprimento do telhado é de 60 metros, a metade da largura do telhado é de 12,5 metros e a tesoura possui uma altura correspondente a 04 metros.

$$A = (12,5 + 4/2) * 60$$

$$A = 870 * 2$$

$$A = 1740 \text{ m}^2$$

Efetuados os cálculos observou-se que cada galpão possui 870 m² de área de captação de água pluvial para cada lado da área de cobertura. Portando cada galpão resulta em uma área de captação de 1740 m². Como a empresa possui dois galpões, a área total de captação é de 3480 m².

4.3.2 Cálculo da Capacidade de Coleta dos Galpões

Conforme cita Group Raindrops (2002), o índice de aproveitamento eficiente da água da chuva é de 70 %. A média anual de precipitação registrada durante a série histórica de Urussanga é de 1.624 mm. Na tabela 06 constam os valores de precipitação média mensal e os respectivos valores de água aproveitável em função da área de captação.

Tabela 06 – Precipitação média mensal e os respectivos valores de água aproveitável em função da área de captação.

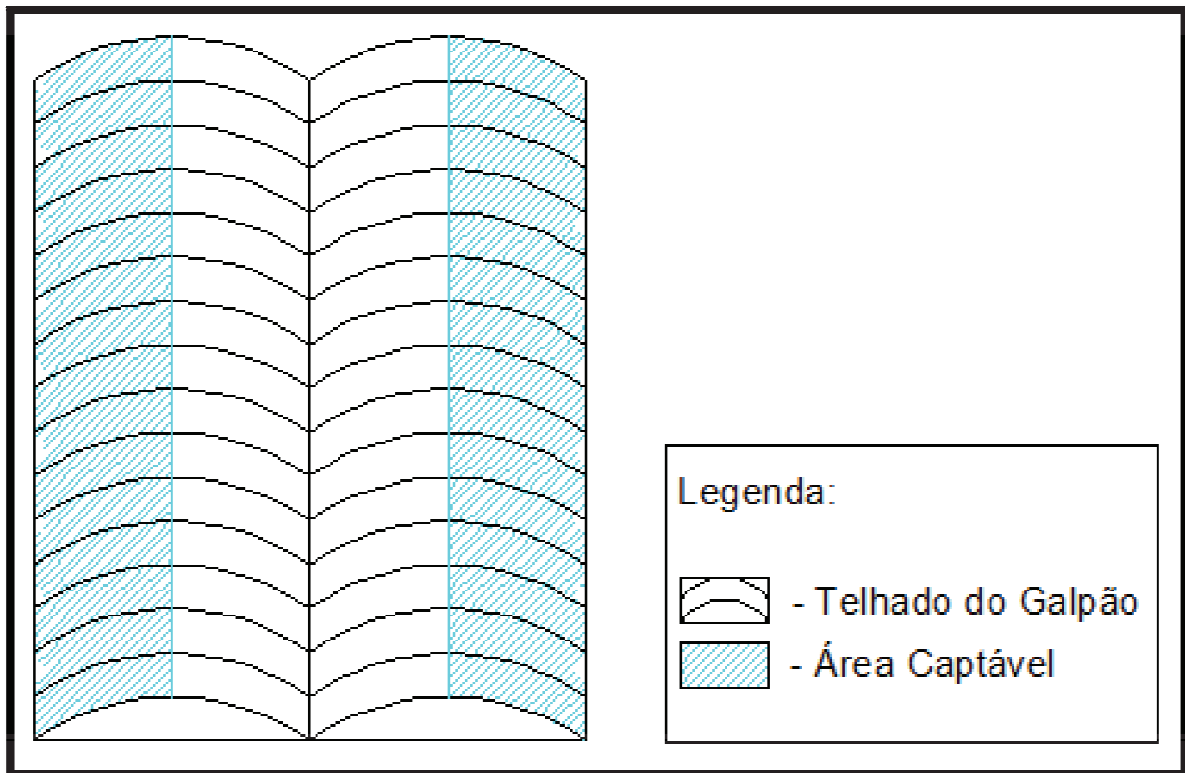
	Precipitação (mm)	Volume aproveitável (m ³)		
		Meio galpão (870 m ²)	Um galpão (1.740 m ²)	Dois galpões (3.480 m ²)
Janeiro	188	114	229,0	458,0
Fevereiro	211	128	257,0	514,0
Março	170	104	207,1	414,1
Abril	99	60	120,6	241,2
Mai	92	56	112,1	224,1
Junho	82	50	99,9	199,8
Julho	106	65	129,1	258,2
Agosto	127	77	154,7	309,4
Setembro	129	79	157,1	314,2
Outubro	133	81	162,0	324,0
Novembro	128	78	155,9	311,8
Dezembro	159	97	193,7	387,3
ANO	1624	989	1978,0	3596,1

(Fonte: Do Autor).

Analisando-se os dados de volume aproveitável e a demanda, observa-se que mesmo no mês de junho, o volume aproveitável é superior a demanda média mensal. Nota-se que esta empresa apresenta, em um único galpão, potencial para captar água para atender demandas superiores as demandas atuais.

Em face deste potencial, o sistema será projetado para captar água em uma área referente à área de cobertura de um dos galpões, como mostra a figura a seguir.

Figura 10 – Desenho esquemático da área de captação.



(Fonte: Do Autor).

4.3.3 Número de Condutores Verticais

Os condutores verticais devem ser instalados a cada 95 m² de área de contribuição, isto para que não haja transbordamento das calhas. Sendo que cada lateral do galpão possui uma área de 870 m², divide-se este valor por 95 para que se indique o número de condutores verticais necessários. Desta forma temos 870

dividido por 95, resultando em 9,15, ou seja, nove condutores verticais para cada lateral.

Vale lembrar que os galpões encontram-se encostados um ao outro, e que será utilizada apenas a área de um galpão, desta forma, será captada apenas a água das áreas laterais do galpão, excetuando a área central, fazendo com a área central não seja provida de calhas para fins de captação.

4.3.4 Cálculo da Vazão nas Calhas

Os valores de vazão nas calhas foram obtidos utilizando o valor de intensidade de chuvas no período de retorno de cinco anos e o total da área de contribuição de cada lado, através do seguinte cálculo:

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

$$Q = \frac{131,9 \times 870}{60}$$

$$Q = 1912,5 \text{ L/min}$$

Uma vez que estão previstos nove condutores para cada lado da área de cobertura, divide-se o valor total da vazão por nove, obtendo-se um valor de 212,5 L/min, para as calhas laterais.

4.3.5 Dimensionamento das Calhas

Considerando as vazões obtidas para as calhas, analisou-se a tabela 07, que especifica as dimensões da calha em função de sua vazão e da sua declividade, concluindo-se que as calhas laterais terão 0,20 cm de largura por 0,10 cm de altura, considerando-se uma inclinação de 0,5%.

Foi considerada a vazão para a altura da água equivalente a 50 % da altura da calha. Esta consideração equivale a adotar um fator de segurança para evitar o transbordamento da calha, que pode ocorrer caso a calha não sofra um

desnívelamento, ao mesmo acumula de sujeira e outros materiais aumentando a rugosidade e diminuindo a seção.

Tabela 07 – Dimensões da Calha em função da sua vazão e declividade.

Dimensão		Declividade		
A	B	0,5%	1%	2%
0,20	0,10	336	475	671
0,30	0,20	1501	2122	3001
0,40	0,30	3785	5353	7571
0,50	0,40	7538	10660	15075
0,60	0,50	12946	18309	25892
0,70	0,60	20283	28684	40566
0,80	0,70	29775	42109	59551
0,90	0,80	41641	58889	83281
1,00	0,90	56243	79540	112487

(Fonte: CREDER, 2003).

Dimensionada as calhas, é necessário calcular a área de seção molhada e o perímetro molhado das mesmas:

$$S = a * b$$

$$S = 0,20 * 0,05$$

$$S = 0,01 \text{ m}^2$$

$$P = 2b + a$$

$$P = 2*0,03 + 0,20$$

$$P = 0,3 \text{ m}$$

A capacidade de vazão suportada pela calha é determinada através do cálculo do seu raio hidráulico, sendo que este é a resultante da relação entre a área de seção molhada e o perímetro molhado. A seguir, cálculo do raio hidráulico para as calhas laterais:

$$Rh = S/P$$

$$Rh = 0,01/0,3$$

$$R_h = 0,033 \text{ m}$$

Para verificação das calhas foi utilizado à fórmula de Manning, considerando uma declividade de 0,5%. Assim temos:

$$Q = K \cdot (S/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$
$$Q = 60000 \cdot (0,01/0,013) \cdot 0,033^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$
$$Q = 338 \text{ L/min}$$

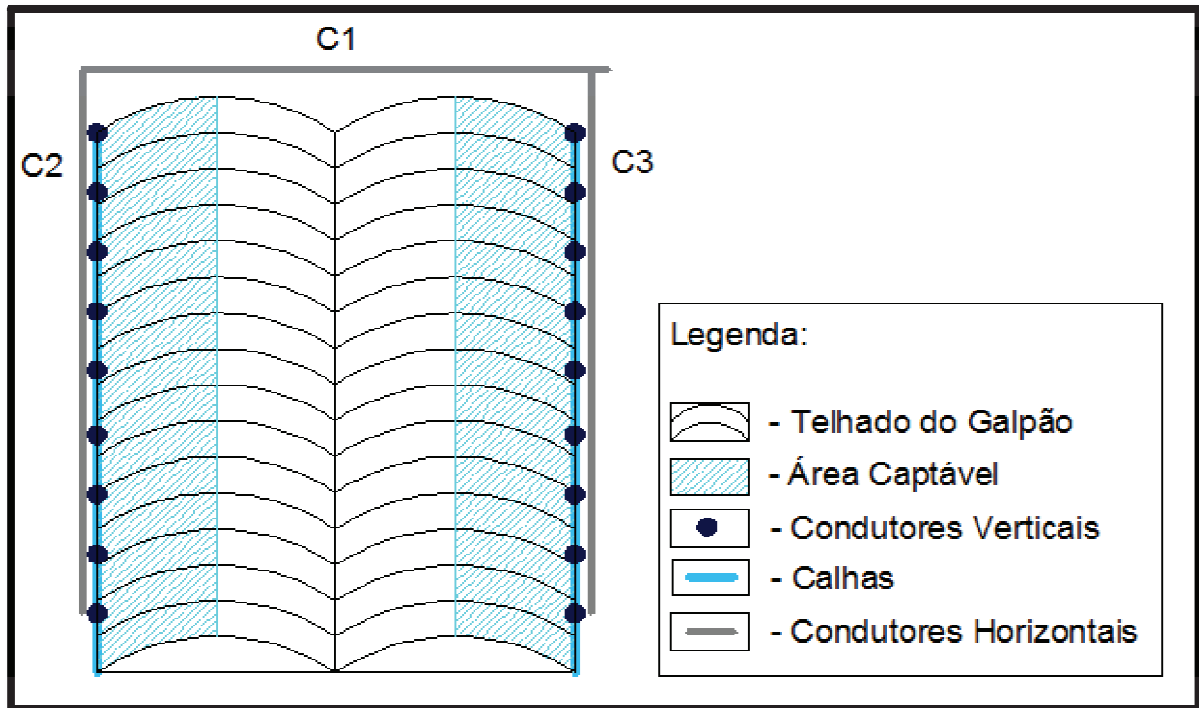
4.3.6 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Considerando a vazão nas calhas de 3,5 L/s, analisou-se a tabela 04, que apresenta os diâmetros dos condutores verticais de acordo com as vazões, chegando a um valor de 100 mm para o diâmetro interno dos condutores verticais.

4.3.7 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

Haverá três condutores horizontais, denominados Ch1, Ch2, Ch3, conforme mostra a figura a seguir:

Figura 11 – Desenho esquemático da localização dos condutores horizontais.



(Fonte: Do Autor).

Para o dimensionamento dos condutores horizontais foram consideradas as recomendações da NBR 10844, com a altura equivalente a $2/3$ do diâmetro e declividade de 2%. O cálculo dos condutores foi obtido com o programa Hidrom (Back, 2006) encontra-se na figura 12. O diâmetro necessário obtido pelo cálculo é de 179 mm e, portanto será recomendado adquirir o condutor com diâmetro comercial de 200 mm, que está coerente com a tabela 03.

Figura 12 – Imagem do programa Hidrom (Back, 2006).

Fórmula de Manning- Canais Circulares

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{I}$$

OPÇÕES DE CÁLCULO

Q - Vazão (m³/s)

I - Declividade (m/m)

n - Coeficiente de rugosidade

D - Diâmetro (m)

Y - Profundidade (m)

Dimensionar para Y/D = [0 a 1]

RESULTADOS

D (m) Y (m)

A (m²) P (m)

Teta radianos

Rh (m) B (m)

Ym (m) V (m/s)

E (m) Yc (m)

Fr Vc (m/s)

Ic (m/m) T (Pa)

k

Valores do coeficiente n

Canais artificiais

Canais naturais

Classes iniciais

Sugestão

(Fonte: Do Autor).

Analisando a Tabela 08, que apresenta a capacidade de condutores horizontais de seção circular, obtivemos os valores que seguem na tabela abaixo:

Tabela 08 – Diâmetros dos condutores horizontais em função da vazão.

	Vazão (L/min)	Declividade	Diâmetro Interno (mm)	Comprimento (m)
Ch1	1912,5	2%	200	55
Ch2	1912,5	2%	200	60
Ch3	1912,5	2%	200	60

(Fonte: Do Autor).

4.3.8 Escolha do Filtro

Sugere-se o uso de um filtro localizado antes do reservatório de armazenamento, que levará a água filtrada até o reservatório. O filtro eliminará partículas sólidas como galhos e folhas de árvores e partículas deste gênero. O filtro poderá ser projetado e produzido pela própria empresa.

A figura 13 mostra o detalhamento de um filtro que poderá servir de exemplo para a empresa.

Figura 13 – Detalhamento do filtro e telas.



(Fonte: O2 Engenharia, 2008).

4.3.9 Dimensionamento da Cisterna

No dimensionamento da cisterna foi realizado o balanço hídrico seriado para a demanda de 3,0 m³/dia e volume da cisterna considerando as opções de múltiplos da cisterna com 15 m³. Também foram verificadas as opções de utilizar somente a captação em uma calha lateral de um galpão (área de 870 m²) e a opção de usar a área dos dois galpões (área de 3480 m²). Na tabela 09 constam os valores

do percentual do tempo que a demanda é atendida somente pela água da chuva coletada e os respectivos valores médios anuais da chuva coletada.

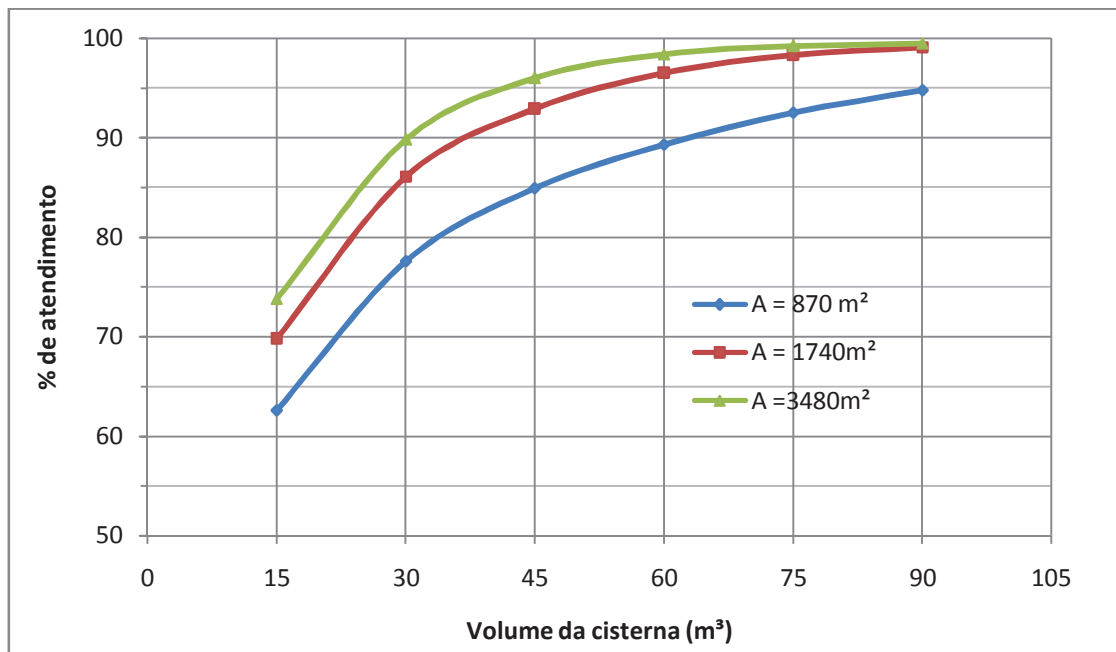
Tabela 09 - Volume da cisterna considerando a chuva aproveitável a eficiência de atendimento.

Volume da cisterna (m ³)	% de atendimento	Chuva armazenada (mm/ano)
15	70	439,3
30	86	541,8
45	93	584,6
60	96,5	607,3
75	98	618,6
90	99	623,6

(Fonte: Do Autor).

Na figura 14 está representada a variação do percentual de atendimento para as diferentes opções. Adotando o critério de atendimento mínimo de 90 % da demanda, observa-se que para a coleta com a área de 1740 m² ou 3480 m² o volume da cisterna deve ser de 45 m³. Também verifica-se que existe pequeno ganho (3,1%) no atendimento entre essas duas opções. Considerando os custos com as calhas e condutores verticais e horizontais, recomenda-se utilizar a área de captação de 1740 m², referente a um galpão ou a instalação das estruturas nas calhas laterais dos dois galpões, por ser de instalação mais simples.

Figura 14 – Variação do percentual de atendimento em relação ao volume da cisterna.



(Fonte: Do Autor).

Com o volume da cisterna de 45 m³ e considerando a demanda de 3,0 m³/dia, observa-se que o volume armazenado permite a empresa trabalhar por um período de 15 dias sem chuva. Para a área de 1740 m² observa-se que a chuva de 26 mm é suficiente para encher as cisternas, e volumes superiores de chuva são perdidos por falta de capacidade de armazenamento.

Nesta situação recomendada observa-se que a média da água da chuva coletada anualmente é de 584,6 mm, corresponde a 36 % da precipitação média na região, que é de 1624 mm. Isto demonstra que existe o potencial para captação de um maior volume de água nesta indústria caso a demanda venha a aumentar.

A água não captada deve ser direcionada para a drenagem pluvial existente na empresa.

4.3.10 Potência da Bomba

Para o dimensionamento da bomba foram calculadas as perdas de carga na tubulação, determinada a altura de recalque. Os dados para dimensionamento da bomba foram:

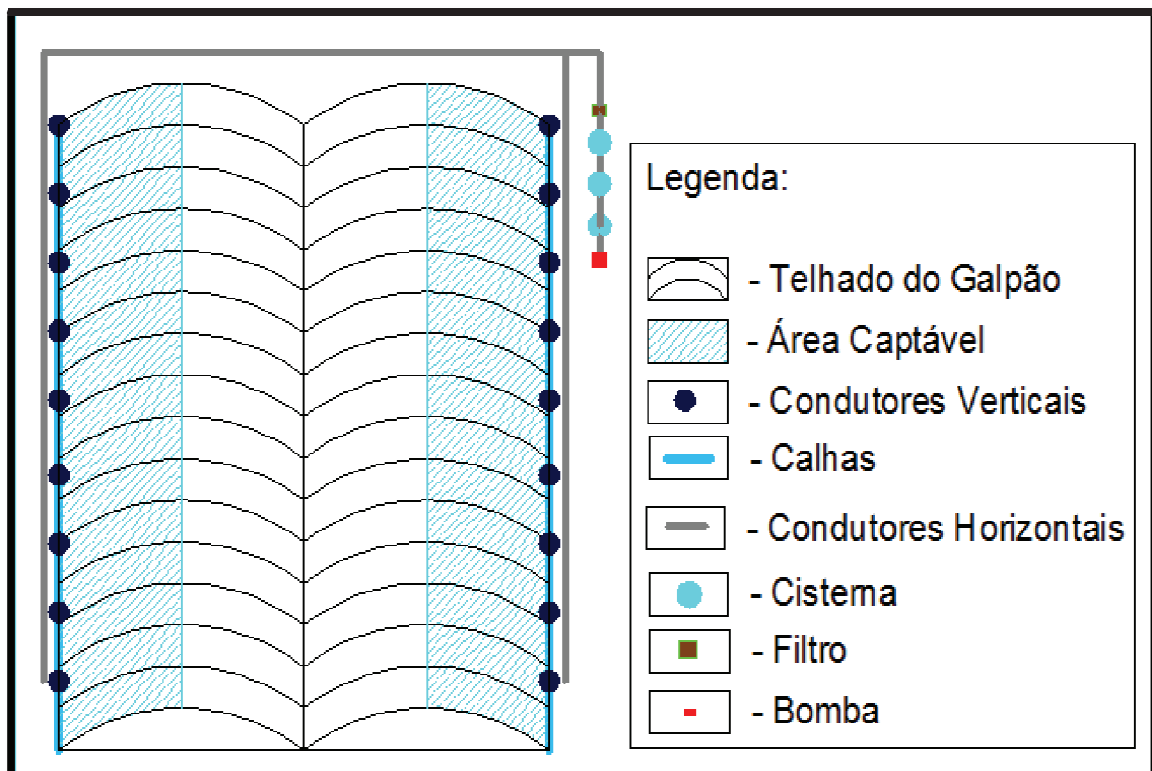
- Vazão: $6 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00167 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Diâmetro da tubulação de sucção = 50 mm;
- Diâmetro da tubulação de recalque = 40 mm;
- Altura manométrica: 17,2 m.

De acordo com o catálogo do fabricante a bomba selecionada é a Bomba BC-91 com as seguintes características:

- ✓ Potencia 01 CV;
- ✓ Motor monofásico;
- ✓ Diâmetro de sucção 01 pol.;
- ✓ Diâmetro de recalque 01 pol.;
- ✓ Diâmetro do rotor 123 mm.

A bomba será instalada em uma posição de forma a ficar afogada, e assim não se tem preocupações com relação à cavitação.

Figura 15 – Desenho esquemático contendo todos os componentes do sistema.



(Fonte: Do Autor).

4.4 Quantificação e Orçamento dos Materiais

A tabela 10 especifica a quantidade de material necessário para instalação do sistema de captação da água pluvial, bem como os respectivos orçamentos.

Tabela 10 - Quantificação e orçamento dos materiais.

Material	Quantidade	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)	Percentual do Custo (%)
Cisterna de PVC	03 (un)	3.300,00	9.900,00	54,5
Calhas de Alumínio	120 (m)	20,00	2.400,00	13,2
Tubo de PVC – 100 mm	108 (m)	5,75	621,00	3,4
Tubo de PVC – 200 mm	175	22,30	3.902,5	21,5
Peças e conexões	10	2,00	20,00	0,1
Filtro	01 (un)	Produzido na própria fábrica	----	----
Bomba	01 (un)	330,00	330,00	1,8
Mao de obra	02 (dia)	500,00	1.000,00	5,5
TOTAL			18.173,50	100%

(Fonte: Do Autor).

4.5 Viabilidade Técnica e Econômica

Levantados todos os custos, é possível presumir os custos e o potencial de economia gerado pelo uso da água pluvial no ciclo produtivo da empresa, considerando a média mensal do consumo. Na tabela 11 é possível observarmos essa relação.

Tabela 11 – Relação entre a redução de volume e do custo após a implantação do sistema.

	Consumo Médio Mensal (m³)	Custo Médio Mensal (R\$)
Sem Sistema	83,3	269,31
Com Sistema	5,58	18,04
Redução	77,72	251,27
Eficiência do Sistema		93%

(Fonte: Do Autor).

Para a estimativa do tempo de retorno do investimento, foi utilizado o método “*payback*”, aplicando-se o seguinte cálculo: o investimento total dividido pela multiplicação de economia gerada e número de meses do ano. Assim temos:

Período de Retorno = Investimento/ (Economia gerada*12)

Período de Retorno = 18.173,5 / (251,27 * 12)

Período de Retorno = 6 anos

5. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados neste projeto permitem estabelecer as seguintes conclusões:

- Foi avaliada a viabilidade técnica e econômica da captação da água da chuva para a utilização na fabricação do concreto usinado, onde se pôde concluir que o sistema se mostrou viável, tendo em vista que caso seja implantado, haverá uma redução média nos custos do consumo da água na ordem de 77,72 m³ e reduzir uma média de R\$ 251,27 mensais;

- O consumo médio da água utilizada pela empresa foi obtido, considerando o consumo médio de 83,3 m³ mensais;

- Foram obtidos os dados pluviométricos, que permitiram verificar uma referência de 142,1 mm de chuva por mês;

- A área potencial de captação de água da chuva é de 3480 m², correspondente aos dois galpões da empresa, sendo que para a demanda atual apenas será utilizado à área de 1740 m²;

- O sistema terá uma eficiência de 93,3%, em face de serem utilizadas três cisternas de 15 m³.

- O período de retorno dos investimentos será de seis anos, além dos benefícios ambientais acarretados com a redução considerável no consumo de água tratada.

- A viabilidade técnica e econômica foi comprovada através das análises de redução de consumo de água tratada e custos mensais.

É importante salientar que o estudo mostrou a viabilidade técnica e econômica da utilização da água da chuva na fabricação do concreto usinado, porém é de extrema importância uma análise mais profunda sobre a qualidade da água da chuva e se necessário tratamento prévio para utiliza – lá para este fim.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 10844, Instalações Prediais de Água Pluvial, 1989.**

ALMEIDA, F. G; et al. **Programa de Pós-Graduação em Geografia – Importância Estratégica da Água para o Terceiro Milênio.** Ano IV - Nº. 8. Jul. - Dez 2002 - Publicação On-Line em dez./ 2004.

BACK, Álvaro José . **Hidráulica e Hidrometria Aplicada: com programa Hidrom para cálculos.** Florianópolis, Epagri. 2006. 299p.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial para o Estado de Santa Catarina.** Florianópolis, Epagri. 2002. 56p.

BOTELHO, M, H.C. **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades.** ed. 2º São Paulo: Edgard Blucher. 1984.

CARVALHO Daniel Fonseca de; SILVA Leonardo Duarte Batista da. **CICLO HIDROLÓGICO.** In: _____. **Hidrologia.** 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>> Acesso em: 15 de setembro de 2011.

CITADIN, Diego Damiani. **Estudo da viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva na Escola Municipal Parque Avenida de Praia Grande.** 2010. 65 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** 5º ed. São Paulo: livros técnicos e científicos, 2003.

EMBRAPA: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>: acesso em 20 de outubro de 2011.

FERNANDES, D. R. M; et. al. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN / RN.** In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.

GIACCHINI, M. **Aproveitamento da Água de Chuva nas Edificações.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

GONÇALVES, R.F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva.** Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

HAMMER, M.J. "**Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1999.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**. 2.ed. São Paulo: Varela, 2004.

MACHADO, F. O; CORDEIRO, J. S. **Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável**. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.

Trabalhos publicados em chuva net. Disponível:

http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/bin/view/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados#Aproveitamento_das_guas_pluviais. Acesso: 18. setembro 2011.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Florianópolis, julho de 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para consumo não potável em edificações**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. (obtenção do Título de Mestre em Engenharia). 2004.

MILLER, Arthur P. **"Água e Saúde"**. Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Nacional - USAID, Rio de Janeiro, 1966.

NETTO, Azevedo, J. M., Botelho, M. H. C. - **"Manual de Saneamento de Cidades e Edificações"**, PINI Editora, São Paulo, 1991, Reimpressão 1995.

NUNES, R. T. S. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de Uso Racional e Reúso em Shopping Center**. Rio de Janeiro, mar. 2006.

O2 ENGENHARIA (2008) – **Áreas de atuação: aproveitamento de água de chuva**, disponível em: http://www.o2engenharia.com.br/aproveitamento_agua.htm, Acessado em: 11 de setembro de 2011.

PEREIRA, Fernando Daniel. **Utilização do balanço hídrico seriado no dimensionamento de reservatórios para aproveitamento da água da chuva**. 2003. 41 f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2003.

SANTOS, D, C. **Os Sistemas Prediais e a Promoção da Sustentabilidade Ambiental**: Curitiba, 2002.

SECRETARIA DO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SDS). **Água, recurso para manutenção da vida**. Florianópolis, 2006.

TELLES e COSTA, D. D' A., R. H. P. G. **Reúso de água: Conceitos, teorias e práticas** – 1ª edição, São Paulo: Editora Blucher, 2007;

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2ed. São Paulo: Navegar, 2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Rainwater Harvesting and Utilisation. (2005). Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>>. Acesso

em: 11 de setembro de 2011.

UNIVERSIDADE DE SANTA CATARINA (UFSC). **TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos [Modalidade à distância] Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TAAA.pdf>. Acesso em: 09 de outubro de 2011.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PETRÓPOLIS (UCP). **Seminário – Água**. EAD Ciências do Ambiente. Petrópolis, 2010.

U.S department of the interior, **U.S. geological survey**. 2002. Disponível em: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>.

VAITSMAN, Delmo S.: VAITSMAN, Mauro Santiago. **Água Mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.