

**UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROF. JOSÉ DE SOUZA HERDY
UNIGRANRIO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**INGRID SILVA DE SOUZA
LEONARDO FERNANDES NASCIMENTO**

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE GELO**

**DUQUE DE CAXIAS
2015**

INGRID SILVA DE SOUZA
LEONARDO FERNANDES NASCIMENTO

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE GELO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio “Prof. José de Souza Herdy” como
parte dos requisitos parciais para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Maria Cristina R. Gonçalves

DUQUE DE CAXIAS
2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS

S729a Souza, Ingrid Silva de.
Aproveitamento da água de chuva no processo de produção em uma fábrica de gelo / Ingrid Silva de Souza, Leonardo Fernandes Nascimento. – Duque de Caxias, 2015.
54 f. : il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Ciências e Tecnologia, 2015.
“Orientadora: Prof.^a Maria Cristina Ravagnani Gonçalves”.
Referências: f. 46-50

1. Engenharia de produção. 2. Recursos hídricos. 3. Água – Captação. 4. Gelo – Indústria. I. Nascimento, Leonardo Fernandes. II. Gonçalves, Maria Cristina Ravagnani. III. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. IV. Título.

CDD – 658.5

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso Superior em Engenharia de Produção da Universidade do Grande Rio- Prof. José de Souza Herdy, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Aprovado por:

Prof. /DSc; MSc; Esp.; Bel.

Prof. /DSc; MSc; Esp.; Bel.

Orientado por:

Prof. /DSc; MSc; Esp.; Bel.

Duque de Caxias

2015

Dedicamos a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, e aos meus pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional. E, a todos que fizeram parte da minha formação como engenheiro de Produção, o meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos guia, nos dá saúde, fé e a oportunidade de estarmos concluindo este curso, fazendo acreditar no sucesso pessoal e profissional.

Aos professores pela orientação, atenção e profissionalismo, nos conduzindo da melhor forma possível durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos nossos amigos e companheiros de turmas, que nos acompanharam durante esta longa jornada, compartilhando os momentos de dificuldades e alegrias.

- **Ingrid Silva De Souza**

Agradeço aos meus pais, que sempre me deram apoio e muita força para continuar com os meus sonhos, e essa conquista é para recompensar todo o esforço deles por mim, quero agradecer também ao meu marido que juntos alcançamos todos os objetivos superando os desafios.

- **Leonardo Fernandes Nascimento**

Agradeço ao meu pai, por sempre estar junto comigo e me ajudado a realizar essa graduação, agradeço a minha mãe que não está mais entre nós, porém, me ensinou a nunca desistir e sei que está orgulhosa por mais essa conquista. Agradeço a minha esposa, que sem ela nada teria acontecido, que me deu apoio para prestar o vestibular de Engenharia de Produção e estar ao meu lado em todo o momento. Agradeço aos meus avós em especial a minha vó que foi minha segunda mãe no momento mais difícil da minha vida. Agradeço aos meus sogros por ter me acolhido como um filho e sem dúvidas foram fundamentais para essa conquista.

Posso todas as coisas em Cristo que me fortalece
Filipenses 4:13

Resumo

Os problemas de escassez de recursos hídricos já estão sendo percebidas no Brasil e no estado do Rio de Janeiro. As causas variam desde alterações no regime de chuva e no meio ambiente, tais como desmatamento no entorno de nascentes, poluição de mananciais, como também pelo aumento da demanda de consumo da água. Essa escassez de água aumenta os custos de água e como consequência, novas políticas e regulamentos ambientais tem estimulado significativamente o desenvolvimento de programas de reciclagem e reutilização da água ao longo dos últimos anos. O reaproveitamento da água é uma alternativa que se busca, e dentre as possibilidades de reuso, a captação de água de chuva, uma vez que esta é considerada água de reuso, pois seu uso também atua no controle da demanda e é um recurso hídrico complementar. Este trabalho tem como objetivo principal elaborar um projeto de captação de água chuva no processo de produção de gelo industrial, na empresa fábrica de Gelo Intense Ltda., que consome 17 mil litros de água em 24 horas para produzir gelo, e como objetivos específicos uma proposta para instalação de calhas para captação e condução da água de chuva, com sistema de filtragem de resíduos de tamanho significativo, além da instalação de uma cisterna de armazenamento da água captada e um sistema de distribuição. Com base nos dados de precipitação média no município de Duque de Caxias, estima-se que a previsão de economia com a coleta de água de chuva em torno de 2 % de água tratada ou subterrânea no período seco; 10% de água tratada ou subterrânea no período chuvoso; 5,74% de água tratada ou subterrânea no período ao ano. O metro cúbico de água tratada sai a R\$ 15,00, desta forma, gasta por dia, R\$ 255,00/m³; ou por ano R\$ 129.600,00/m³. A estimativa de se economizar ao menos 5% ao ano torna a coleta de água de chuva bastante atrativa, pelo ponto de vista econômico.

Palavras-chave: Aproveitamento de água chuva, Fabricação de gelo, Escassez de água

Abstract

The scarcity of water resources problems are already being perceived in Brazil and in the state of Rio de Janeiro. The causes range from alterations in the rainfall regime and the environment, such as deforestation around springs, pollution of water sources, but also by the increase in water consumption demand. This shortage of water increases costs for water and as a consequence, environmental regulations have significantly stimulated the development of recycling and reuse of water programs over the past few years. The reuse of water is an alternative that is sought, and among the reuse possibilities, capturing rainwater, since this is considered reuse water, because its use is also active in controlling demand and is an additional water resource. This work aims to prepare a rainwater harvesting project in the industrial ice-making process, the company Ice Factory Intense Ltda., which consumes 17,000 liters of water in 24 hours to produce ice, and how to specify a proposal to install gutters to capture and conduct rainwater, with a significant size waste filtration system, besides the installation of a captured water storage tank and a distribution system. Based on the subsequent precipitation media data in the municipality of Duque de Caxias, estimates that the economy forecast to rain water collection 2% of treated or groundwater during the dry season; 10% of treated or groundwater during the rainy season; 5.1% of treated or groundwater in the period a year. The cubic meter of treated water exits R\$ 15,00 thus spend a day, R\$ 255.00/m³; or a year R\$ 129,600.00/m³. The estimation of saving at least 5% a year makes rainwater collection very attractive at an economic standpoint.

Keyword: Water reuse, Ice manufacturing, Water scarcity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de Água na Terra	20
Figura 2 - Esquema básico de aproveitamento de água da chuva	32
Figura 3 - Ilustração de instalação do sistema de calha e cano condutor.....	33
Figura 4 - Esquema de Rejeição do primeiro fluxo	36
Figura 5 - Fluxograma da produção de gelo na fábrica Itense	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade	34
Tabela 2 - Precipitação média local (mm/mês)	40

Sumário

1 – INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problema.....	15
1.2 Justificativa.....	15
1.3. Estrutura do Trabalho	16
2 Objetivos	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. Metodologia	17
3.1 Método de Pesquisa	17
3.2 Universo.....	18
3.3 Amostra	18
3.4 Seleção dos Sujeitos	18
3.5 Tratamento dos dados	18
3.6 Limitações do Método.....	19
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
4.1 Água no mundo.....	20
4.2 A água no Brasil	21
4.3 Escassez de água	21
4.4 ASPECTOS LEGAIS	23
4.4.1 Dominialidade da água.....	23
4.4.2 A Política Nacional de Recursos Hídricos.....	23
4.4.3 A Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro	24
4.4.4 A cobrança pelo uso da água bruta	25
4.4.4.1 A cobrança pela a água subterrânea no estado do Rio de Janeiro	25
4.5 O custo da água tratada	26
4.6 Reuso da água	26
4.7 Aproveitamento da água de chuva	28
4.7.1 Generalidades	28
4.7.2 Dados Pluviométricos necessários	29
4.8. A captação de água de chuva, dados de projeto	30
4.8.1 Formas de Captação de água de chuva	31
4.8.2 Calhas e Condutores	32
4.8.3 Dispositivo de descarte inicial ou First Flush	34
4.8.4 Estimativa de Coleta de Água de Chuva	36

4.8.5 Requisitos de qualidade da água de chuva	36
4.9 Características do gelo e seu processo de fabricação industrial	38
4.10 A história do uso do gelo e sua fabricação pelo homem.....	38
4.11 Características climáticas do município de Duque de Caxias.....	39
5. RESULTADOS	41
5.1 A fábrica	41
5.1.2 Fluxograma das unidades de processo	41
5.2 Sistema de Captação de água de chuva.....	42
5.2.1. Dados de projeto	42
5.2.2. Armazenamento de água e área de captação de chuva.....	42
5.2.3. Custo da água para a empresa e previsão de economia com a coleta de água de chuva e outras vantagens da captação de água de chuva para a empresa	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
8 - Anexo A – Fotos dos Equipamentos	51

1 – INTRODUÇÃO

Segundo Detoni *et al* (2007), as preocupações com as condições ambientais alcançam segmentos da esfera social, política e econômica, no momento em que os problemas ambientais exigem reflexões sobre a utilização dos recursos da natureza em todos os países, industrializados e em desenvolvimento. Não é mais segredo que os recursos hídricos do planeta estão se esgotando gradativamente e que, além da poluição dos rios e dos mananciais, o consumo irresponsável e sem fundamentação sustentável no desenvolvimento econômico é um fator relevante na redução da água.

Países com grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil, já apresentam problemas de escassez de recursos hídricos, seja por causas naturais ou pela demanda excessiva, principalmente em regiões altamente urbanizadas. Discussões e leis à parte, o fato é que a demanda por água cresce a cada ano e as reservas disponíveis não são inesgotáveis; ações devem alertar a sociedade para a importância da economia da água (uso e reuso), até o estabelecimento de políticas públicas que garantam o gerenciamento democrático, sustentável e integrado dos recursos hídricos. (RQI, 2015).

A Câmara Municipal do Rio de Janeiro, em setembro deste ano de 2015, elaborou um documento sobre a crise hídrica no estado do Rio de Janeiro, em que afirma que especialistas apontam três motivos principais para a crise: a alteração do volume, frequência e intensidade das chuvas, no marco das mudanças climáticas que vêm afetando todo o planeta; o desmatamento no entorno dos mananciais, que promove a perda da produção natural de água; e o uso excessivo do recurso. E que a crise revelou outro problema: o colapso da gestão das empresas do setor e o desperdício excessivo deste bem essencial para a vida humana. Este documento, registra, também, que o reservatório equivalente do sistema Guandu, responsável por abastecer 9 milhões de pessoas na região metropolitana, está no nível mais baixo já registrado pelos dados de medição diária, disponíveis a partir de 1995. E que tudo indica, que os níveis atingirão o volume morto nos próximos meses,(ou seja, ainda

este ano ou até 2016) superando mais cedo os recordes negativos de 2014. Destaca também que em outubro de 2014, a população de Itu, SP se levantou contra a falta d'água na cidade, que possui 155 mil habitantes, que houve barricadas nas ruas e que a fachada da Câmara Municipal foi destruída em protesto após semanas sem água; caminhões- pipa tiveram que ser escoltados pela Guarda Municipal para que não houvesse saques. E que por isso o Exército em maio, simulou ocupar a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) em caso de crise social como forma de o Exército se precaver contra a reprodução das cenas de Itu em escala metropolitana (CINCO, 2015).

E, assim, sustentadas por pesquisas observa-se que, nesses últimos anos, a população vem passando por grandes problemas devido à falta de água, e isso inclui as empresas de fabricação de gelo que utilizam a água como o maior insumo de sua produção, seja como matéria-prima, seja como fator de produção no processo de resfriamento para a formação de gelo. Já há empresas deixando de fabricar seu produto devido à escassez de água. Com a escassez, as empresas estão tentando recorrer a outras formas de obtenção de água, que pode ser oriunda do sistema de distribuição de água potável, ou de sistema de captação de água subterrânea e, outras formas. E uma dessas formas é a captação de água da chuva, que por sua vez, tem fácil obtenção e acessibilidade, viabilizando o seu reaproveitamento. Essa água pode ser usada para fins não potáveis ou potáveis, porém, a sua aplicação é comum em fins não potáveis.

Segundo Ghanayem (2001) *apud* (MACHADO, 2015), no Brasil a instalação mais antiga foi construída pelos norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha, sendo que hoje a técnica está sendo muito difundida nessa região do país, principalmente nas áreas rurais de Pernambuco.

A extração de água para consumo nos centros urbanos no Brasil aumentou 25% nos últimos anos, sendo assim o dobro do PIB no mesmo período, aumentando o custo operacional das empresas e acarretando no aumento dos serviços.

As empresas de fabricação de gelo estão preocupadas, e captar a água da

chuva evidencia uma alternativa para não desperdiçar o que a natureza nos proporciona e que pode ser aproveitada com baixo custo.

1.1 Problema

As empresas de fabricação de gelo produzem, em média, cerca de 20 toneladas de gelo a cada 24 horas. Portanto, são utilizados 24 mil litros de água por dia. Esta água é, na maioria das vezes, oriunda do sistema de distribuição de água tratada ou captada de poços de água subterrâneos. Em ambos os casos, a água tem um custo, seja pelo tratamento, seja pela captação. Além do gasto de água no processo de produção de gelo, perdem-se 15% de água no processo produtivo, aproximadamente, 3600 litros por dia. Mediante esse problema, questiona-se: o que fazer para diminuir o desperdício de água, minimizar o consumo de água bruta e tratada. A utilização da água da chuva é uma opção de minimização do consumo de água tratada ou subterrânea, o que favorece a empresa pela redução de despesas, como também, contribui para o aumento da disponibilidade hídrica.

1.2 Justificativa

A água cristalina que corre nos rios e regatos não é simplesmente rios, água, mas também representa o sangue de nossos antepassados. O murmúrio da água é a voz de meus ancestrais. Os rios são nossos irmãos, saciam nossa sede, alimentam nossas crianças. O homem branco deve dar aos rios a bondade que dedicaria a qualquer irmão. (Chefe indígena Seattle 1854 *apud* VICTORINIO 2007)

Apesar de ser possível, tecnicamente, transformar esgoto ou água salgada em água doce e potável, o custo dos processos de tratamento inviabiliza tais procedimentos. Nas empresas, já está solidificada a ideia de preservação e ou reaproveitamento quando possível. Muitas empresas utilizam alguns modos de reaproveitamento, reutilizando de várias formas, reaproveitando a água utilizada para usos menos nobres como em vasos sanitários, regar as plantas ou no processo produtivo. Ampliar esse reaproveitamento de água em segmentos como fabricas de gelo, que requer grandes quantidades de água beneficia a todos, a população, o meio ambiente e os empresários destes segmentos.

Este trabalho de conclusão de curso busca desenvolver uma proposta de captação de água de chuva, em uma fábrica de gelo, como forma de reduzir o volume

utilizado e seu respectivo custo com a água tratada e, também, minimizar a captação de água subterrânea, ambas utilizadas no processo de produção de gelo.

Com a tendência mundial de preservação ambiental, o empreendedor deverá inserir-se nesse mercado visando a valorização dos recursos naturais, principalmente por considerar que a sua matéria-prima – água - atualmente é um bem natural em processo de escassez e por isso mesmo deverá respeitar esse importante recurso bem como toda a sociedade consumidora. Assim o empreendedor deverá investir na possibilidade de produção do gelo ecológico (SEBRAE, 2015).

1.3. Estrutura do Trabalho

Este trabalho apresenta o tema e sua justificativa, motivos do próprio trabalho, assim como seus objetivos gerais e específicos. Apresenta, também, a metodologia aplicável ao estudo de caso. Expõe a fundamentação teórica do tema, descrevendo a situação da disponibilidade hídrica no mundo, no Brasil, e no Rio de Janeiro, com foco na escassez da água. Alguns aspectos legais da água são tratados, tais como a questão da dominialidade da água, a outorga de direito de uso e cobrança pela água bruta. Apresenta o aproveitamento da água de chuva como alternativa de reuso da água. Após descrever as técnicas necessárias ao processo de captação armazenamento de água de chuva, apresenta os resultados estimados para a fábrica utilizada no estudo de caso.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um estudo de caso com o intuito de utilizar a água de chuva no processo de produção de gelo industrial.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma proposta para instalação de calhas para captação e condução da água de chuva, com sistema de filtragem de resíduos de tamanho significativo.

- Instalar uma cisterna para armazenar a água captada e desenvolver um sistema de distribuição.
- Desenvolver também um sistema para captar e conduzir a água até um reservatório aplicando o tratamento de filtragem se necessário para posteriormente utiliza principalmente na produção de gelo ou na limpeza das instalações.
- Calcular redução de custos com a captação de água subterrâneas e tratada da CEDAE, empresa estadual que capta e distribui água potável na região metropolitana do Rio de Janeiro.

3. Metodologia

Para fim de demonstrar o potencial de reaproveitamento de água, de forma aplicada, descritiva e explicativa, com finalidade de demonstrar a solução adequada para a implantação de um sistema de reaproveitamento de água, voltado também para alertar os riscos que ocorrem com a escassez de água para a população mundial.

O presente estudo de caso foi realizado na empresa Fábrica de Gelo Intense LTDA., a fábrica é uma empresa de nome fictício que fornece gelo em escamas para diversos estabelecimentos com diferentes finalidades.

Devido à escassez de água este estudo tem como a finalidade implantar um sistema de aproveitamento de água da chuva nos processos de produção do gelo, com objetivos de reduzir os custos com as concessionárias, reduzir os impactos ambientais, prevenir de alguma eventual falta d'água.

O gelo em escamas é impróprio para o consumo humano, portanto, a água da chuva não tem restrições para sua fabricação.

3.1 Método de Pesquisa

A monografia utilizou meios de pesquisa na empresa Fábrica de Gelo Intense LTDA, adotou-se procedimentos técnicos no estudo de caso que formulou hipóteses para o reaproveitamento de água, entende-se que tudo que foi analisado contribui para o uso consciente e sustentável da água, aprofundando conhecimento por meio da análise do caso estudado.

A sequência para este trabalho partiu-se após conhecermos os métodos utilizados.

3.2 Universo

Caracteriza-se como universo alvo desse estudo a empresa Fábrica de Gelo Intense LTDA, no segmento de fabricação de gelo.

3.3 Amostra

Considerando-se amostra como uma pequena parte dos elementos que compõem o universo, nessa pesquisa, amostra é o sistema de captação, uso, aproveitamento e descarte da água durante todo o processo de produção de gelo até sua distribuição.

3.4 Seleção dos Sujeitos

A coleta de dados foi diretamente com o proprietário no ano de 2015.

3.5 Tratamento dos dados

Através de referências bibliográficas e artigos científicos com a efetivação de visitas no local para verificar a situação atual, definiu-se como será o tipo de sistema de aproveitamento da água da chuva mais adequado para a situação.

Este trabalho possui o formato de estudo de caso, de forma aplicada, com

finalidade de demonstrar a solução adequada para a implantação de um sistema de reaproveitamento de água, voltado também para alertar os riscos que ocorrem com a escassez de água para a população mundial.

3.6 Limitações do Método

O presente estudo apresenta algumas limitações, são elas:

- Acesso limitado às informações da empresa, restringindo-se aos dados que são controlados para a produção.
- Acesso limitado aos resultados das melhorias que foram propostas na empresa estudada.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Água no mundo

A água é um recurso finito e praticamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. E segundo a GEOMUNDI (2007 *apud* Detoni *et al* 2007), existe água disponível para atender às necessidades da população mundial, ainda que a diferenças de consumo e sejam diretamente proporcionais ao desenvolvimento socioeconômico, confirmando que, a manutenção da qualidade de vida razoável exige 80 litros de água por dia para cada habitante, embora o consumo médio possa variar dos 25 litros diários de uma família indiana até os 500 litros de uma família norte-americana

Na figura 1 amostra que aproximadamente 70% da superfície terrestre encontram-se coberta por água. No entanto, menos de 3% deste volume é de água doce, cuja maior parte está concentrada em geleiras (geleiras polares e neves das montanhas), restando uma pequena porcentagem de águas superficiais para as atividades humanas. (FRANCISCO, 2010)



Figura 1 – Distribuição de água na terra.
Fonte: metrópole, 2012.

4.2 A água no Brasil

O Brasil possui 12% da água doce do mundo, mas a mesma não está bem distribuída dentro do nosso país (TOMAZ, 2001). E é um país privilegiado com relação à disponibilidade de água, pois detém 53% do manancial de água doce disponível na América do Sul e possui o maior rio do planeta (rio Amazonas). Os climas equatorial, tropical e subtropical que atuam sobre o território, proporcionam elevados índices pluviométricos. No entanto, mesmo com grande disponibilidade de recursos hídricos, o país sofre com a escassez de água potável em alguns lugares. A água doce disponível em território brasileiro está irregularmente distribuída: aproximadamente, 72% dos mananciais estão presentes na região amazônica, restando 27% na região Centro-Sul e apenas 1% na região Nordeste do país.

Diferentemente de outros países e culturas, o aproveitamento da água de chuva no Brasil não acompanha o desenvolvimento do país, e só nas últimas décadas que esta prática tem ganhado destaque, principalmente na região do semiárido nordestino. Mesmo considerando que os portugueses quando aqui chegaram já conhecessem técnicas de coleta e aproveitamento da água de chuva, dado sua proximidade com a península Ibérica e viagens aos países do Norte da África, com a sua condição climática de extremo calor e baixa pluviometria. A não utilização desta tecnologia talvez se deva a abundância de água encontrada principalmente em se considerando a ocupação litorânea do território, quase todo inscrito sobre o ecossistema da Mata Atlântica. (PHILIPPI *et al.*, 2006).

4.3 Escassez de água

Embora a água seja um recurso renovável, a quantidade de água doce disponível para uso humano e suas atividades é limitada: menos de 200 mil quilômetros cúbicos está o disponíveis em rios e lagos. Esta quantidade era suficiente em 1900, quando cerca de dois bilhões de habitantes viviam no planeta. Agora, somos seis bilhões, e como a água não está distribuída de forma proporcional à população existente, a quantidade de água disponível já chega perto do limite: 40% da população

mundial já sofre de escassez de água (LEMOS, 2003 *apud* BARROS E AMIN; (2008):

E como complementa Luna (2007 *apud* Detoni *et al* 2007), todas as atividades econômicas se desenvolvem com a presença de água, o que faz com que a água deixe de ser vista apenas como recurso natural e passe à condição de mercadoria, sujeita à disponibilidade ou escassez. A compleição dos recursos hídricos atualmente guarda relação direta como lucro, bem como a atração de investimentos, a produtividade; a água possui preço definido de acordo com as regras da lei da oferta e da procura, obedecendo as regras de mercado: seu valor é maior onde as reservas são menores.

A qualidade e quantidade de água dependem, segundo Barros e Amin (2008), do clima e das características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem. E, assim, qualquer modificação nos componentes do clima ou da paisagem alterará a quantidade, a qualidade e o tempo de resistência da água nos ecossistemas.

A rápida expansão da população aumenta o consumo de água e a escassez de recursos hídricos e agravam seriamente o problema da escassez de água, a uma escala global. Assim, reutilizar a água se torna uma abordagem estratégica significativa para atender a demanda atual e futura de água.

Os custos da água estão aumentando progressivamente. Uma razão é a escassez de água crescente em certas regiões, e outra, é o aumento dos custos de tratamento dentro dos sistemas municipais a água. E com a escassez da água disponível para a geração de energia, a energia elétrica fica mais cara, pelo fato de outras fontes de energia terem custos maiores do que as hidrelétricas.

Outro fator agravante é a ausência de saneamento básico nas residências da população brasileira. Atualmente, 55% da população não têm água tratada nem saneamento básico. Políticas públicas devem ser desenvolvidas para reverter esse quadro. Pesquisas indicam que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, o governo deixa de gastar R\$ 5,00 em serviços de saúde, ou seja, são investimentos que proporcionam qualidade de vida para a população e economia aos cofres públicos em curto prazo. (FRANCISCO, 2010).

4.4 ASPECTOS LEGAIS

4.4.1 Dominialidade da água

A Constituição Federal no artigo 20, inciso III, estabelece que são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. E os bens hídricos dos Estados da Federação estão descritos no artigo 26, I:

“Art. 26 Incluem-se entre os bens dos Estados: “I – as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras públicas da União.”

Assim, a água subterrânea é de domínio estadual e sua gestão e cabe ao estado. A legislação estadual segue à legislação nacional, não podendo contrariá-la, entretanto pode ser mais restritiva naquilo que julgar pertinente. Desta forma, resumem-se abaixo alguns aspectos da Política Nacional de Recursos Hídricos e das leis estaduais do Rio de Janeiro, que tratam da política de recursos hídricos e da cobrança pelo uso da água bruta.

4.4.2 A Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, denominada também, Lei das Águas, dispõem-se de seis instrumentos definidos para gestão dos recursos hídricos, e entre estes os planos de recursos hídricos, a outorga pelo direito de uso da água e a respectiva cobrança.

No art. 6º, os planos de recursos hídricos, são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos e o art. 7º dispõe que são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de

seus programas e projetos.

Já o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com o Art. 11, tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Segundo a mesma lei, art. 12º, estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

E o art. 13 dispõe que toda outorga está condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado.

4.4.3 A Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro

A lei de recursos hídricos do estado do rio de janeiro Lei nº 3.239 de 02 de agosto de 1999 institui a política estadual de recursos hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a constituição estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências.

A lei nº. 4247, de 16 de dezembro de 2003 que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

A lei nº. 5234, de 05 de maio de 2008, altera a lei nº. 4.247, de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

4.4.4 A cobrança pelo uso da água bruta

A cobrança tem como objetivo tratar a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos (INEA, 2015).

A cobrança não é um imposto, mas uma remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir da participação dos usuários da água, da sociedade civil e do poder público no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica – CBHs, a quem a legislação brasileira estabelece a competência de sugerir ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, os mecanismos e valores de cobrança a serem adotados na sua área de atuação. E as agências de água da bacia ou entidade delegatária de suas funções, que no Rio de Janeiro é representada pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA, é instituída mediante solicitação do (CBH) e autorização do Conselho de Recursos Hídricos, em nível nacional ou estadual a depender do domínio do corpo hídrico, cabendo a ela desembolsar os recursos arrecadados com a cobrança nas ações previstas no Plano de Recursos Hídricos da bacia e conforme as diretrizes estabelecidas no plano de aplicação, ambos aprovados pelo respectivo CBH (ANA, 2015)

4.4.4.1 A cobrança pela água subterrânea no estado do Rio de Janeiro

Segundo a Agência Nacional de Águas, em rios de domínio do Estado do Rio de Janeiro, além das bacias afluentes ao rio Paraíba do Sul, de domínio da União, o instrumento de cobrança foi implementado nas bacias do rio Guandu, da Baía da Ilha Grande, da Baía da Guanabara, do Lago São João, do rio Macaé e rio das Ostras e do rio Itabapoana, ou seja, a cobrança estadual foi implementada em todo o Estado.

A cobrança pelo uso da água bruta no estado do Rio de Janeiro, cabe ao INEA que é responsável também pela administração estes recursos, que são recolhidos ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNDRHI e aplicados de acordo com o estabelecido pelos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica. A cobrança pelo uso

da água nas bacias do Estado do Rio de Janeiro foi regulada em 2003, através da Lei Estadual nº. 4.247, de 16 de dezembro de 2003, para os usuários significantes, sujeitos à outorga de direito de uso da água, os que captam quantidades diárias acima de 5 mil litros de água subterrânea e o valor cobrado pelo uso da água está relacionado com o volume de água captado, o volume consumido e o volume lançado (INEA, 2015).

4.5 O custo da água tratada

A água potável tem um custo pela sua captação, tratamento, armazenamento e distribuição. Assim, se paga pelo consumo da água tratada. O cálculo básico da conta de água obedece aos seguintes fatores

1. Categoria do imóvel (comercial, industrial, residencial ou público)
2. Número de economias (unidades)
3. Número de dias de consumo
4. Volume de água faturado
5. Valor da tarifa

A CEDAE tem na sua política de cobrança tarifária a tarifa diferenciada “A” e “B”, de acordo com a localidade, criada pelo Decreto nº 23.676 de 04 de novembro de 1997. E o município de Duque de Caxias obedece a tarifa B (CEDAE, 2015)

4.6 Reuso da água

O aumento da escassez de água, aumentando os custos de água e como consequência, novas políticas e regulamentos ambientais têm estimulado significativamente o desenvolvimento de programas de reciclagem e reutilização da água ao longo dos últimos anos.

A reutilização ou o reuso de água ou o uso de águas residuais não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. O reuso reduz

a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior.

Nas últimas décadas, reuso de água tem sido praticado para recuperar água para reuso urbano, industrial, agrícola e não potável, bem como o aumento do abastecimento de água potável através da reutilização direta ou indireta. Uma questão-chave, durante a seleção de um processo de recuperação de água, é saber se as águas residuais podem ser adequadamente tratadas para assegurar a qualidade da água adequada para os usos pretendidos. Embora muitos processos de tratamento têm sido utilizados numa tentativa para produzir água de alta qualidade recuperada, a maior parte deles, exceto processos de membrana, não é possível remover, simultaneamente, um largo espectro de contaminantes em água, num único reator. Por exemplo, os processos avançados de oxidação são geralmente ineficazes para remoção de metais pesados, pois os metais pesados não podem ser decomposto, como poluentes orgânicos. Outra questão crucial é o custo. Um alto custo de capital ou operacional limita muitas vezes significativamente aplicação de algumas opções de tratamento tecnicamente eficaz na prática, como a separação de membrana de energia intensiva. Portanto, tecnologias eficazes e inovadoras de custos são extremamente necessárias para o desenvolvimento da reutilização da água.

E segundo MEC/SESU (2011, p.22), ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. O reuso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência, e já utilizada em alguns países, é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico.

Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico (CETESB, 2010, *apud* CUNHA *et al* 2011).

Segundo RODRIGUES (2005 *apud* CUNHA *et al* 2011, p.1226) o reuso de água surge atuando em dois aspectos: como instrumento para redução do consumo de água (controle de demanda) e como recurso hídrico complementar.

4.7 Aproveitamento da água de chuva

4.7.1 Generalidades

As águas de chuva são encaradas atualmente pela legislação brasileira como efluente, pois usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo aonde, como "solvente universal", vai carreando todo tipo de impurezas. Essa água pode ser direcionada a algum córrego, o qual é direcionado ao rio, que por sua vez vai suprir uma captação para tratamento de água potável. Essa água sofre um processo natural de diluição e autodepuração ao longo de seu percurso hídrico, nem sempre suficiente para realmente purificá-la (CUNHA *et al* 2011 p.1227).

A água da chuva é por isso considerada por alguns autores como água de reuso, pois, seu uso também atua no controle da demanda e é um recurso hídrico complementar.

Uma pesquisa da Universidade da Malásia salientou que no início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos, microrganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que passado esse período inicial, a água da chuva já adquire características de água potável, que pode ser coletada e destinada a reservatórios fechados. Pode se considerar que a água da chuva é oriunda de uma destilação natural muito eficiente e gratuita. Esta utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. O custo baixo da água nas cidades, pelo menos para residências, inviabiliza qualquer aproveitamento econômico da água da chuva para uso humano. Já para Indústrias, onde a água apresenta um custo mais elevado, é usualmente viável esse tipo de captação. (MEC/SESU, 2012 p. 25).

Segundo Aquastock (2005, *apud* Pereira *et al* 2015): Vale a pena investir na captação da água de chuva, pois traz as seguintes vantagens

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma,
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo;
- Faz sentido ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância no nosso telhado;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios.
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

4.7.2 Dados Pluviométricos necessários

A quantidade de precipitação é o primeiro fator determinante do potencial de captação de água. O índice anual de chuva, do local onde se deseja instalar o sistema, é uma informação fundamental. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), o índice pluviométrico refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. O índice é calculado em milímetros. Se dissermos que o índice pluviométrico de um dia, em certo local, foi de 2mm, significa que, se tivéssemos nesse local uma caixa aberta, com 1 metro quadrado de base, o nível da água dentro dela teria atingido 2 mm de altura naquele dia. Para chegar a esse índice, as centenas de estações meteorológicas espalhadas pelo país utilizam um aparelho conhecido como pluviômetro. Há vários modelos diferentes, mas o instrumento constitui-se, basicamente, do funil de captação e básculas que enviam sinais elétricos para uma estação meteorológica. Com base em todos os aparelhos instalados na cidade, é possível chegar à média da precipitação observada na área total. Quando escutamos que choveu 7 milímetros na cidade, por exemplo, significa

que essa seria a altura média alcançada pela água a partir do chão, na área total da cidade em determinado período de tempo. Por fim, os diagnósticos que permitem afirmar que choveu mais ou menos do que o esperado para a semana ou o mês estão relacionados com gráficos elaborados com base na média de chuva em cada período (INPE 2015).

4.8. A captação de água de chuva, dados de projeto

Em geral, é proibido o caimento livre da água dos telhados de edificações de mais de um pavimento, bem como o caimento em terrenos vizinhos. Tal água deve ser conduzida aos condutores de águas pluviais, ligados a caixas de areia no térreo; daí, podendo ser lançada aos coletores públicos de águas pluviais. O sistema de drenagem em coberturas significa receber e encaminhar as águas pluviais que correm superficialmente na cobertura para o solo, a fim de proteger as pessoas que passam e o próprio edifício. E as instalações prediais de águas pluviais devem seguir as preconizações da norma NBR10844 (ABNT,1989) - Instalações Prediais de Águas Pluviais.

A NBR10844 fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Esta Norma se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares (ABNT, 1989)

Os objetivos que se podem atingir com um bom projeto de instalações de águas pluviais são os seguintes:

- Permitir recolher e conduzir as águas da chuva até um local adequado e permitido;
- Conseguir uma instalação perfeitamente estanque;
- Permitir facilmente a limpeza e desobstrução da instalação;
- Escoar a água sem provocar ruídos excessivos;
- Resistir aos esforços mecânicos atuantes na tubulação;
- Garantir indeformabilidade através de uma boa fixação da tubulação.

Mas, pode-se também armazenar a água para uso posterior. Assim, além do sistema de coleta, tem-se de estabelecer um sistema de armazenamento e descarte (do

excedente).

4.8.1 Formas de Captação de água de chuva

Conforme o manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), um projeto de sistemas de coleta tem as seguintes etapas para o tratamento e uso de água da chuva:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial,
- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

Existem algumas formas de captação, através de pisos pavimentados, através de represas e através de coberturas.

Segundo Campos (2004) captar água através de represas resulta em uma grande quantidade de água, porém, pode apresentar algumas desvantagens ambientais e econômicas. A construção de represas pode fazer com que largas áreas sejam desmatadas, e em muitos casos a fauna e flora da região são prejudicadas. Já no ponto de vista econômico, o valor das obras é alto e pelo fato dessas áreas serem distantes dos grandes centros, o custo com o transporte será elevado.

Campos (2004) também afirma que captar através de pisos pavimentados gera uma grande quantidade de água, portanto, esta água não apresentará uma boa qualidade, devido a alguns tipos de contaminações como animais, etc.

A forma de captação mais utilizada é através de coberturas, com menor risco de contaminação, não estando livre totalmente, devido às fezes de pássaros.

Na figura 2 observamos um esquema básico de aproveitamento de água da chuva.

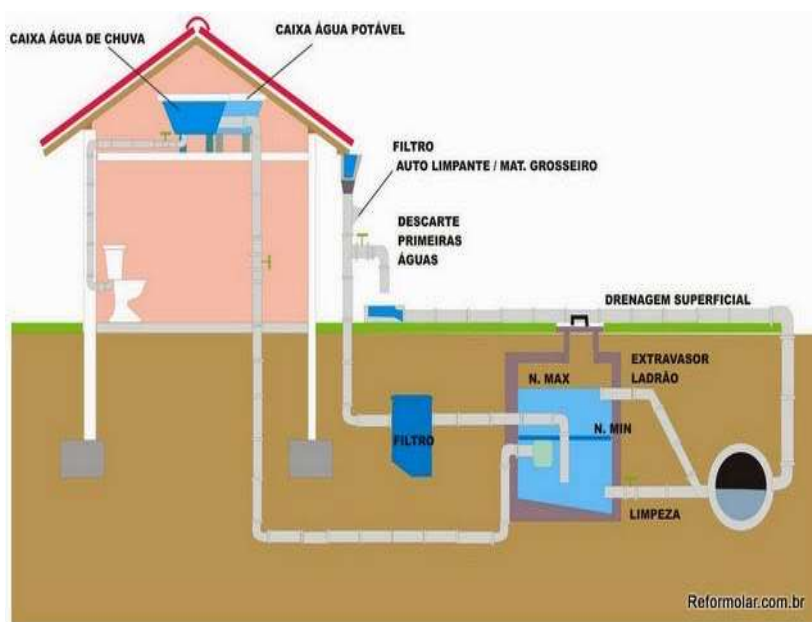


Figura 2 - Esquema básico de aproveitamento de água da chuva.
Fonte: reformalar, 2012

4.8.2 Calhas e Condutores

As calhas previnem umidade nas paredes, o que provoca rápida decomposição da pintura, danificação das calçadas, formando buracos onde caem os pingos do telhado, coleta das águas da chuva e armazenamento em cisternas ou caixas de água. Segundo Tomaz (2012) as calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/89 sendo que tais dimensionamentos são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retornos escolhido.

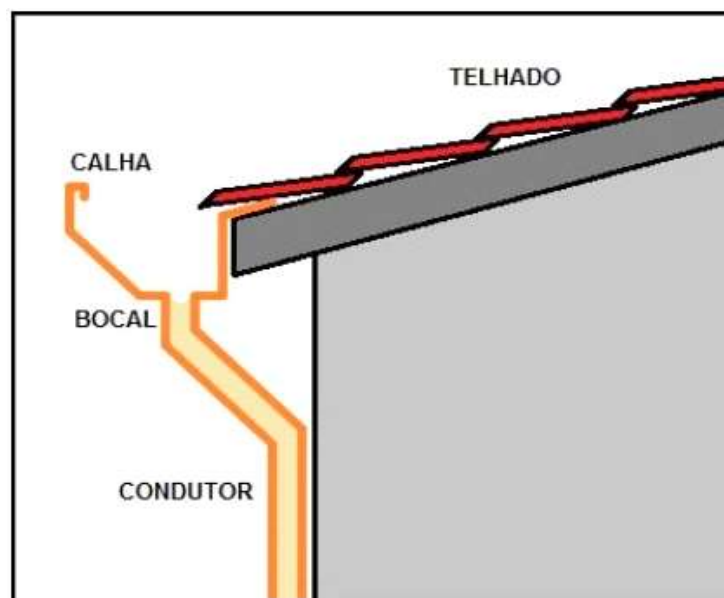


Figura 3. Ilustração de instalação do sistema de calha e cano condutor.
Fonte: Matthiensen, 2015

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) o dimensionamento das calhas deve ser através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer

outra formula equivalente:

$$Q = K \frac{S}{n} RH^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em l/min

S = área da seção molhada, em m²

n = coeficiente de rugosidade (ver Tabela 1) RH = P/S, raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

K = 60.000

A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5% (ABNT, 1989)

A Tabela 1 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas (ABNT, 1989).

TABELA 1: Coeficientes de rugosidade

Material	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-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) o dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = Vazão de projeto, em l/min;

H = Altura de lâmina de água na calha, em mm;

L = Comprimento do condutor vertical, em m.

4.8.3 Dispositivo de descarte inicial ou First Flush

A chuva inicial (first flush) apresenta água de menor qualidade, visto que ela “lava” a atmosfera, que contém poluentes, e a superfície de captação. Desse modo, a primeira chuva incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água, pois sedimenta o material particulado, auxilia na dissolução de gases atmosféricos e arrasta partículas depositadas em superfícies. Além disso, o próprio mecanismo de formação de chuva pressupõe a captura dos particulados, os quais agem como núcleos de condensação, ou são envoltos pelas gotas de água presentes nas nuvens, iniciando o processo de remoção por carreamento, também denominado deposição úmida (ANNECCHINI, 2005 *apud* MORUZZI e NAKADA, 2009).

Adicionalmente, a qualidade da água pode sofrer alterações no reservatório de armazenamento, conforme demonstrado por Murakami e Moruzzi (2008 *apud* MORUZZI e NAKADA, 2009).

De acordo com Vidacovich (2004, *apud* MACHADO; 2007), existem dois tipos principais de descarte da primeira água de chuva que geralmente são usados em SCAC, dos quais são: Os recipientes de volume fixo:que se enchem até o nível máximo, quando a chuva começa a cair, sem levar em conta a intensidade da chuva. Depois a água de chuva adicional é encaminhada para o reservatório de armazenamento e baseamos na teoria de que, se forem dimensionados corretamente e válvulas de descarte inicial: Estes dispositivos são influenciados pelo fluxo da água de chuva. Tais dispositivos possuem uma válvula regulável na parte inferior onde ocorre a saída da água de primeira leva através da regulação do fluxo de saída. Quando a intensidade de chuva é baixa e conseqüentemente não lava o telhado e a calha satisfatoriamente, a válvula descarta essa água (a saída de água é maior do que a entrada). Quando a intensidade da chuva é alta o suficiente para lavar o telhado, a válvula não consegue descartar a água (a entrada de água é maior que a saída) e a câmara começa a encher e uma bola de vedação flutuante obstrui o orifício de entrada. Doravante, a água de chuva é encaminhada para o reservatório de armazenamento. (MACHADO, 2007).

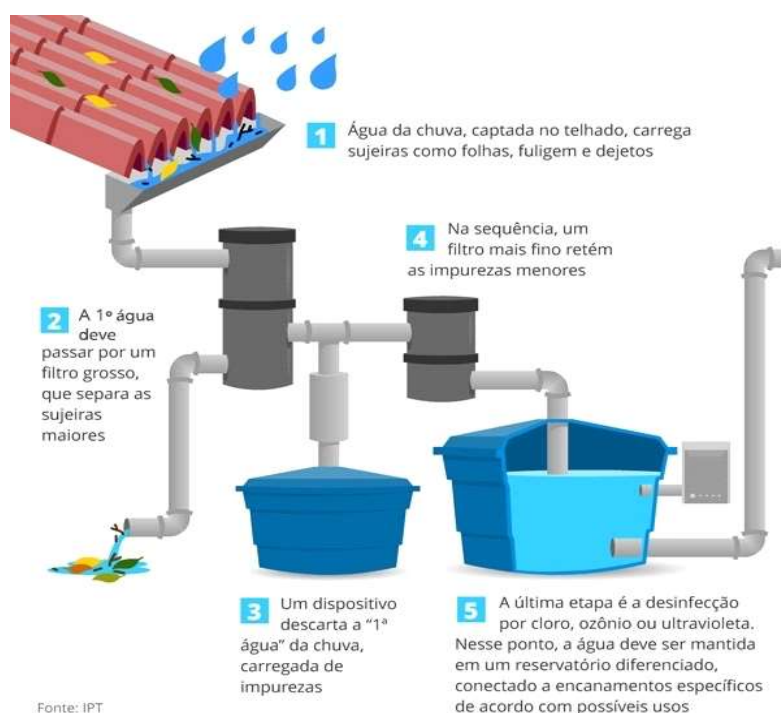


Figura: 4 - Esquema de Rejeição do primeiro fluxo.
Fonte: IPT, 2015

4.8.4 Estimativa de Coleta de Água de Chuva

Segundo SAIG (2010), para estimar quanto de água da chuva um telhado é capaz de coletar, é necessário obter dados da precipitação média da região. Cada milímetro indicado significa que caiu um litro de água de chuva por metro quadrado. Assim, multiplica-se a média de chuva precipitada pela área do telhado, de forma que:

$$Q = P \times A$$

4.8.5 Requisitos de qualidade da água de chuva

O tamanho do telhado, e o quanto chove na região são fatores determinantes para o projeto do descarte inicial e do tamanho do tanque de armazenamento. Usualmente, adota-se 1 mm de chuva em 1 m² de telhado que é igual a 1 litro de água, ou seja, se o seu telhado for de 50 m², o primeiro 1 mm de chuva seria de 50 litros, que devem ser descartados inicialmente, conduzidas ao sistema de drenagem pluvial

e jamais serem conectados a sistemas de coleta de esgoto. Contudo, o projetista de sistemas deve seguir a norma da ABNT NBR 15527 de 2007, que estabelece as diretrizes para os projetos quanto aos parâmetros da água, pois esse tipo de água não é potável e pode trazer riscos ao ser ingerida e ao entrar em contato com mucosas, assim sendo necessário uma dosagem de cloro no tanque.

Jamais deve-se fazer a captação a partir de pisos", explica o pesquisador Luciano Zanella, do Centro Tecnológico do Ambiente Construído do IPT (IPT, 2015)

Segundo o IPT (2015) o aproveitamento da água de chuva possui requisitos mínimos que devem ser respeitados para garantir o funcionamento do sistema e, principalmente, para assegurar a qualidade dos volumes coletados. O telhado ou a laje de cobertura da edificação funcionam como área de captação. Em alguns casos, pode-se pensar em uma rede de distribuição da água para pontos de consumo de água não potável, caso das bacias sanitárias. Em edificações já construídas, entretanto, é indicado optar por sistemas simplificados, uma vez que o custo de novas instalações hidráulicas prejudicará a viabilidade financeira do projeto. E que imprescindível desprezar as primeiras chuvas. São elas que vão arrastar os poluentes presentes no ar e lavar a sujeira acumulada na área de captação. As recomendações técnicas indicam um descarte em torno de um a dois litros de água da primeira chuva para cada metro quadrado de telhado. Assim, se a cobertura tem 20 metros quadrados, é necessário desconsiderar um volume entre 20 e 40 litros.

Um sistema mínimo de tratamento das águas pluviais envolve não somente o descarte das primeiras águas, mas a remoção dos sólidos, como folhas, galhos e areia, por meio da utilização de filtro ou tela. "É recomendada a desinfecção com compostos de cloro, quando existir a possibilidade de contato da água com a pele do usuário ou quando o tempo de armazenamento for longo", esclarece o pesquisador Wolney Castilho Alves, do mesmo centro. A qualidade da água está diretamente relacionada com o seu armazenamento. Por isso, é fundamental manter o reservatório com tampa e com quaisquer aberturas fechadas para evitar a proliferação de mosquitos ou mesmo a contaminação da água pela entrada de ratos ou insetos. Além

disso, o reservatório deve ser protegido de impactos e da luz solar, e também se deve prever uma saída de fundo no reservatório que propicie sua limpeza, quando for necessária. E em condições anormais de abastecimento, desde que se mantenha a forma adequada de coleta, tratamento e armazenamento, é possível considerar o uso para lavagem de roupas, louças e para o banho (IPT, 2015).

4.9 Características do gelo e seu processo de fabricação industrial

No estado líquido, as moléculas estão mais afastadas umas das outras, mas à medida que vão congelando, as moléculas se aproximam mais e formam mais ligações de hidrogênio, adquirindo uma organização específica (hexagonal) com espaços vazios. Esses espaços são os responsáveis pela expansão da água. Visto que o volume aumenta, mas a massa de água permanece a mesma, a densidade do gelo diminui. O gelo funciona como um isolante térmico porque o seu calor específico (2,03 J/g. °C) é menor que o da água (4,18 J/g. °C) (FOGASA 2015).

4.10 A história do uso do gelo e sua fabricação pelo homem

O gelo há muito tempo vem sendo usado para preservar alimentos. Escavações arqueológicas revelaram diversas "fábricas de gelo": milhares de fôrmas com tampas, feitas de material poroso. O gelo era obtido de água colocada em fôrmas tampadas. A seguir, as fôrmas eram molhadas com água e então abanadas por uma legião de escravos, provocando assim a evaporação da água derramada por cima das fôrmas. Essa evaporação causava o resfriamento da água do interior das fôrmas até o seu congelamento. Na Roma antiga, gelo coletado durante o inverno em lagos dos Alpes, era embalado em palha e transportado e usados para resfriar alimentos e bebidas. O gelo natural, coletados no inverno, eram conservados em serragem para utilização durante o verão (SEBRAE, 2015)

Na Babilônia, Alexandre Magno mandava encher de água vasos de argila porosa e os mantinha, ao cair da tarde, presos a galhos de árvores. A água se congelava pela ação do frio extremo da noite. Os faraós tiravam gelo das montanhas

e o conservavam em subterrâneos úmidos, construídos à beira do Nilo. Na primeira metade do século XVII, precisamente em 1621, começou o uso do sistema de copos. "Colocava-se um copo menor dentro de outro maior e enchia-se de água o espaço entre os dois. O conjunto era coberto de neve e sal". O curioso processo de fabricação de gelo artificial, rudimentaríssimo, foi adotado na França. Mais tarde, em 1775, para alguns autores, William Cullen, médico escocês, descobriu o primeiro método para a produção mecânica do gelo. Ferdinand Carré. Em 1834, na Inglaterra, Jacob Perkins, hábil mecânico, construiu uma máquina capaz de produzir gelo em quantidade suficiente. Foi o começo da indústria. Em 1860, Ferdinand Philippe Edouard Carré, natural de Paris, apresentou novo processo de fabricação de gelo com o auxílio do amoníaco, que realiza com grande êxito o ciclo do resfriamento. O método de Carré foi consideravelmente desenvolvido, porque abriu notáveis perspectivas à indústria do gelo. Nos fins do século XIX e princípios do século XX surgiu a refrigeração artificial, com as câmaras frigoríficas e geladeiras, graças a George Westinghouse, engenheiro norte-americano (BIOGRAFIAS E CURIOSIDADES, 2012).

Em 1834 foi inventado, nos Estados Unidos, o primeiro sistema mecânico de fabricação de gelo artificial e, que constituiu a base precursora dos atuais sistemas de compressão frigorífica. Em 1855 surgiu na Alemanha um outro tipo de mecanismo para a fabricação do gelo artificial, este, baseado no princípio da absorção, descoberto em 1824 pelo físico e químico inglês Michael Faraday (MARTINELLI, 2015).

4.11 Características climáticas do município de Duque de Caxias

O município de Duque de Caxias se localiza nas coordenadas 22° 47' 09" S e 43° 18' 43" O. Pertence à região metropolitana do Rio de Janeiro e é um dos mais expressivos municípios da Baixada Fluminense. Destaca-se também por sua localização na bacia aérea III do estado do Rio de Janeiro, a mais poluída do estado segundo dados do INEA (JUNIOR e BRANDÃO, 2015).

O clima é tropical, e chove muito menos no inverno que no verão. O clima é classificado como Aw de acordo com a tabela Köppen e Geiger, significando que é

tropical (A), mais chuvoso no verão (w). Duque de Caxias tem uma temperatura média de 23.2 °C. Pluviosidade média anual de 1299 mm (ClimaData, 2015).

. Observa-se que, 33 mm é a precipitação do mês junho, que é o mês mais seco. O mês de maior precipitação é janeiro, com uma média de 205mm.

Tabela 2 Precipitação média local (mm/mês) no município de Duque de Caxias:

Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Precipitação mensal total (mm)	205	111	132	155	76	33	40	34	61	143	164	145

Fonte: INMET(2015).

5. RESULTADOS

5.1 A fábrica

5.1.1 dados de produção de gelo e consumo de água

A fábrica possui duas máquinas Madef GT (gelo em tubos) de 17 toneladas. Consome 17 mil litros de água em 24 horas, com uma perda de condensação estimada de 15 a 20% dependendo da temperatura.

O tipo do gelo fabricado é impróprio para consumo humano, o gelo é inicialmente produzido em tubos e, posteriormente transformado em escamas, por processo mecânico simples.

Na câmara onde é armazenado o gelo têm-se as seguintes medidas $5 \times 9 \times 5 = 225 \text{ m}^3$.

5.1.2 Fluxograma das unidades de processo

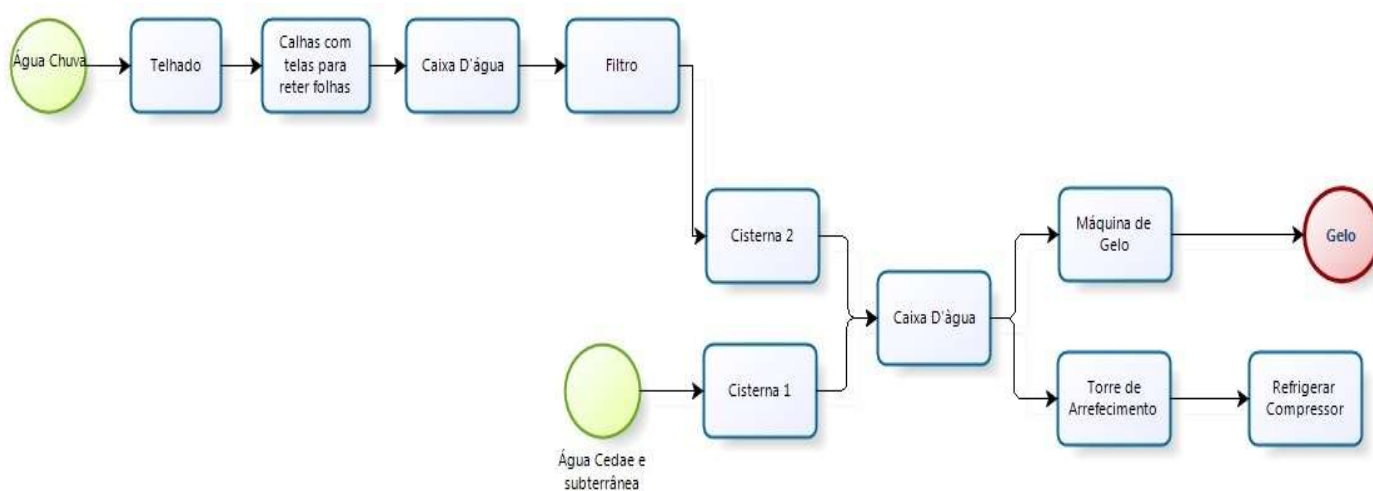


Figura 5 - Fluxograma da produção de gelo na fábrica Itense.

Fonte: Autor, 2015

5.2 Sistema de Captação de água de chuva

5.2.1. Dados de projeto

- Área de coleta: 270 m² de telhado;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial: telha em fibrocimento 0,011;
- Caracterização da qualidade da água pluvial: depende de análises futuras reservatório de descarte; caixa d'agua com 2,0 m³;
- Reservatório de armazenamento: cisterna com 210 m³;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade): fabricação de gelo e refrigeração;
- Sistema de tratamento necessário: filtração simples e outra que se observe necessária durante o processo de captação de chuva

5.2.2. Armazenamento de água e área de captação de chuva

- Duas cisternas com capacidades de 210 m³ cada. Uma cisterna é utilizada para receber a água da CEDAE e a água subterrânea e a outra recebe a água da chuva.
- Estimativa da area de captação de chuva:

área de telhado é de $30 \times 9 = 270 \text{m}^2$

- Estimativa do volume de água de chuva captável (disponível):

Precipitação Média x Área do Telhado = Volume Disponível

Se cada milímetro que caiu indica 1litro/m², e se a pluviosidade média anual é de 1299 mm, estima-se que o volume anual disponível será de:

$$1\text{mm} = 1\text{litro}/\text{m}^2$$

$$1299\text{ mm} = 1299\text{ l}/\text{m}^2$$

$$1299\text{ l}/\text{m}^2 \times 270\text{ m}^2 = 350730\text{ l/ano} = 350,73\text{ m}^3/\text{ano}$$

No período mais seco, em junho, no inverno, a precipitação média é de 33 mm e o mês de maior precipitação é janeiro, é de 205mm.

Então, no período mais seco,

$$33\text{ l}/\text{m}^2 \times 270\text{ m}^2 = 8910\text{ litros} = 8,91\text{ m}^3$$

O volume disponível estimado é de 8,91 m³.

E, no mês mais chuvoso,

$$205\text{ l}/\text{m}^2 \times 270\text{ m}^2 = 55350\text{ litros} = 55,35\text{ m}^3.$$

5.2.3. Custo da água para a empresa e previsão de economia com a coleta de água de chuva e outras vantagens da captação de água de chuva para a empresa

Ora, a fábrica utiliza 17 m³ por dia, em um mês (trinta dias) utiliza 510 m³, e em um ano (510 m³ x 12 meses) 6120 m³.

E se 1 m³ de água tratada custa R\$ 15,00, o custo da água para a empresa será de:

$$17\text{ m}^3 \times 15\text{ reais} = \text{R\$ } 255,00\text{ /dia}$$

$$510\text{ m}^3 \times 15\text{ reais} = \text{R\$ } 7.650,00\text{ /mês}$$

$$6120\text{m}^3 \times 15\text{ reais} = \text{R\$ } 91.800,00\text{ reais/ano}$$

Então, estima-se que a economia será de:

No período mais seco (mês de junho)

A água de chuva captável estimada é de 8,91 m³ de água de chuva/ mês.

O volume de água tratada utilizado seria de

$$510\text{m}^3 - 8,91 \text{ m}^3 = 501,09 \text{ m}^3$$

E pagaria R\$ 7516,35. A economia seria de 1,74 % de economia, ou seja R\$ 133,65.

No mês mais chuvoso;

A água de chuva captada pode atingir 55,35 m³

Então, O volume de água tratada ou subterrânea utilizado seria de

$$510\text{m}^3 - 55,35 \text{ m}^3 = 454,65.$$

E se pagaria R\$ 6819,74

A economia estimada em 10,85 %, ou seja R\$ 830,26.

Em um ano, a fábrica gasta 6120 m³, ao custo de R\$ 91.800,00. Mas, pode captar 350,73 m³/ano de água de chuva. Precisar de 5.769,27 m³ de água tratada, pagando por isso R\$ 86.539,05, uma economia de R\$5.260,95 ou seja em torno de 6%.

Além da diminuição dos custos, pode-se utilizar a captação de água de chuva como marketing ecológico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto, observa-se que o projeto proposto para implantação na Fábrica de Gelo Itense Ltda. é de baixo custo, fácil instalação e trará benefício para a empresa, barateando custos com água, minimizando danos decorrentes de interrupção de fornecimento de água tratada, mantendo a captação de água bruta subterrânea nos limites de uso insignificante, em que não recai cobrança. E contribuindo para a diminuição de enchentes, pois reservará água de chuva que seria escoada para o entorno. Além do que, servirá de exemplo para as empresas e até particulares, que em algum momento sofrem ou com a falta de água, causada por falhas no fornecimento (particulares e empresas) ou por indisponibilidade hídrica (empresas) e em outras, com enchentes cada vez mais frequentes no município de Duque de Caxias, conforme descrito por (JUNIOR e BRANDAO, 2012). A economia com os custos da água tratada consumida pela fábrica Intense Ltda., estimada com base na precipitação média dos últimos 10 anos em Duque de Caxias, em torno de 5% ao ano e de 2 % no mês mais seco e de 11% no mês mais chuvoso, garante a viabilidade econômica do sistema de captação a ser implantado e pode ser utilizado como marketing ecológico pela empresa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Disponível em:

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>, Acesso em: 30 out 2015.

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora, 2005. Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAAahUKEwjsprj9PflAhXBDpAKHV3LAYY&url=http%3A%2F%2Fwww.fiesp.com.br%2Farquivo-download%2F%3Fid%3D161985&usg=AFQjCNHjCqFylstQJ9gK61i0JhSW01Dk-w&bvm=bv.106674449,d.Y2l&cad=rja>. Acesso em 10 out 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 10.844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. 1989.

AMIN, Mário M.; BARROS, Fernanda Gene Nunes - **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional • G&DR • v. 4, n. 1, p. 75-108, jan-abr/2008, Taubaté, SP, Brasil •

BIOGRAFIAS E CURIOSIDADES 2012 **História da fabricação de gelo**. Disponível em: <http://biografiaecuriosidade.blogspot.com.br/2012/08/historia-da-fabricacao-do-gelo.html>. Acesso em 12 out 2015.

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

CEDAE, 2015. **Gui a do usuário**, 40 p. Disponível em (<http://www.cedae.com.br/div/GUIA2012.pdf>). Acesso em: 15 out 2015.

CINCO, Renato **Notas da Presidencia da Comissão Especial sobre o colapso hídrico**. Plenário da Câmara Municipal do Rio de Janeiro Câmara Municipal do Rio de Janeiro. Notas da Presidência da Comissão Especial sobre o Colapso Hídrico Rio de Janeiro, setembro de 2015: Disponível em _
http://renatocinco.com/teste/pdf/NotasCECH-RJ_set2015.pdf. Acesso em 01 nov 2015.

CUNHA, Ananda Helena Nunes; Oliveira, Thiago Henrique de; , Ferreira, Rafael Batista; Milhardenes, André Luiz Mendes; Costa e Silva, Sandra Máscimo da. **O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011, p. 1225 -1248
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20ambientais/o%20reuso.pdf>. Acesso em 20 out 2015

DETONI, Terezinha; DONDONI m L.Paulo C., PADILHA Eder Antonio . **A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica**. XXVII Encontro Nacional Engenharia de Produção Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007. Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_9043.pdf Acesso em 20 out 2015.

FOGASA, Jennifer Rocha Vargas. **Densidade da água e do gelo**. 2015 Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/densidade-agua-gelo.htm> Acesso em 12 out 2015

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira. **Água**. Disponível em <http://www.brasilescola.com/geografia/agua.htm>. Acesso em 10 out 2015.

INEA, **Cobrança pelo uso de Recursos** hídricos. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Institucional/GestaoParticipativa/Cobrancapelousodaagua/index.htm&lang=PT-BR>,. Acesso em 15 out 2015.

INPE Portal de Acesso à informação. **Como se mede o índice de chuva**. Disponível em: (<http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/402>, Acesso em 25 out 2015.
IPT, 2015 **Captção de água de chuva**. Disponível em: www.ipt.br/noticia/892-uso-de-agua-de-chuva.htm. Acesso em 28 out 2015.

JUNIOR, Antonio Carlos da S. Oscar; BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo (2015) **em Flutuações pluviométricas no município de Duque de Caxias/RJ: vulnerabilidade urbana e risco a enchentes**. Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ – CLIMAGEO Disponível em:
<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/18706952341261870695234.pdf>. Acesso em 15 out 2015.

JUNIOR, Antonio Carlos da S. Oscar; BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. **O ritmo da pluviosidade em Duque de Caxias(RJ): a variabilidade climática enquanto insumo na tomada de decisão nas políticas publicas**: Eixo temático: Climatologia: Política e Ciência Revista Geonorte, Edição especial, V.2, N.4, p.994 – 1008, 2012. Disponível em:
[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_\(o%20ritmo%20da%20pluviosidade%20em%20duque%20de%20caxias_\(rj\)%20a%20variabilidade%20clim%203%81tica%20enquanto%20insumo%20na%20tomada%20de%20decis%c3%83o%20\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_(o%20ritmo%20da%20pluviosidade%20em%20duque%20de%20caxias_(rj)%20a%20variabilidade%20clim%203%81tica%20enquanto%20insumo%20na%20tomada%20de%20decis%c3%83o%20).pdf). Acesso em: 16 out 2015.

LEI nº 9433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em 10 out 2015.

LEI nº. 4247, de 16 de dezembro de 2003. . Disponível em:
<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/e9589b9aabd9cac8032564fe0065abb4/6716fa36f132abd183256dff006c88f4?OpenDocument>. . Acesso em 10 out 2015.

LEI nº. 5234, de 05 de maio de 2008. Disponível em:

<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/f25571cac4a61011032564fe0052c89c/849352fa43bd7c318325744300733b91?OpenDocument> . Acesso em 10 out 2015.

MACHADO, . Fernando Henrique. **Análise dos pontos positivos e negativos de sistemas de captação de água de chuva.** Revista Hipotese, , vol.1, n1, p.86-108, 2015. NuTECCA, IFESP, Itapetininga. Disponível em <http://itp.ifsp.edu.br/ojs/index.php/HIP/article/view/69/35>. Acesso em 02 nov 2015.

MARTINELLI, Luiz Carlos. **Refrigeração e ar condicionado. parte 1: historico, ciclo de compressão, diagrama de Mollier, refrigerantes.** Disponível em: (http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/1/1b/RAC_I.pdf). Acesso em:13 out 2013.

MEC/SESU 2011. **Reuso de Água com enfoque na produção da agricultura familiar.** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – Câmpus Camboriú. Reúso de água com enfoque na produção da agricultura familiar / Coordenador Rony da Silva; Vice-coordenador Afrânio Austregésilo Thiel – Camboriú: Instituto Federal Catarinense, 2012. 38 f. : il. (algumas color.); 21 cm. Disponível em: <http://www.ufvjm.edu.br/disciplinas/enf026/files/2013/10/cartilha-reuso-agua-2013.pdf> Acesso em: 10 out 2015

MORUZZI, Rodrigo Braga ; NAKADA, Liane Yuri Kondo. Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratórioRevista de estudos ambientais, v.11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2009. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/rodrigo/coleta.pdf>. Acesso em 30 out 2015.

PHILIPPI, Luís Sergio; VACCARI, Karla Ponzo; PETERS, Madelon Rebelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. **Aproveitamento da Água da Chuva.** In: Gonçalves, Ricardo Franci (Coo.). Uso racional da água em edificações. Vitória: Projeto Gráfico, 2006. p.73-152.

RQI REVISTA QUIMICA INDUSTRIAL p.5 4 - 1º trimestre 2015

<http://www.abq.org.br/rqi/2014/746/RQI-746-pagina4-Capa-A-crise-hidrica-e-a-disponibilidade-de-agua-para-as-necessidades-humanas.pdf>

SAIG, Michelle. **Aproveitamento de Água de Chuva – Vale a Pena o**

Investimento? 06/02/10 Jornal João de BarroEscreva um comentário Matéria:João-de-Barro.Em: <http://www.vimaqprensas.com.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva-vale-a-pena-o-investimento/>

SEBRAE, 2015. **Como montar uma fábrica de gelo.** Disponível em:

<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-f%C3%A1brica-de-gelo#naveCapituloTopo>. Acesso em 12 out 2015.

TOMAZ, Plínio Capítulo 22 - **Métodos de avaliação do sistema de aproveitamento de água de chuva.** Disponível em: <http://pliniotomaz.com.br/livros.shtml> Acesso em 20 out 2015.

TOMAZ, Plínio. Água de Chuva. 4. Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. _____.

Plínio Tomaz: Capítulo 03 – **Aproveitamento de água de chuva.** Disponível em: .
http://pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/capitulo03.pdf.

Acesso em: 25 out 2015.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede : uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos.** Porto Alegre : EDIPUCRS, 2007.

231 p. ISBN 978-85-7430-661-2. Disponível em:

<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf>. Acesso em 15 out 2015.

Water Research Disponível em: -

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412008007>. Acesso em: 02 out 2015

8 - Anexo A – Fotos dos Equipamentos

Máquinas Madef GT (gelo em tubos) de 17 toneladas:





Compressor:



Torre de Arrefecimento:



Cisterna 1:



Cisterna 2:

