



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ATRAVÉS DE UM  
SISTEMA DE COLETA COM COBERTURA VERDE:  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DRENADA E  
POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL**

Daniel Freitas Reis e Silva

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Elaine Garrido Vazquez

RIO DE JANEIRO  
MARÇO DE 2014

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ATRAVÉS DE UM  
SISTEMA DE COLETA COM COBERTURA VERDE:  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DRENADA E  
POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL**

Daniel Freitas Reis e Silva

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Elaine Garrido Vazquez (Orientadora)

---

Prof. Dr. Luis Otávio Cocito de Araújo

---

Prof<sup>a</sup>. Laís Alves Amaral

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
MARÇO, 2014

Reis e Silva, Daniel Freitas

Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável.

/ Daniel Freitas Reis e Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014.

X, 100 p.: Il.;-29,7 cm.

Orientadores: Elaine Garrido Vazques

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 92-96

1. Introdução. 2. Aproveitamento da Água da Chuva 3. Qualidade da Água Capitada 4. Estudo de Caso: Aproveitamento de Água Pluvial em Cobertura com Telhado Verde. 5 Considerações Finais

I Vazquez, Elaine Garrido. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de engenharia Civil. III. Título.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, as minhas irmãs, tios, amigos  
Que estavam sempre ao meu lado para me apoiar nas  
dificuldades e para comemorar as minhas vitórias durante o  
meu processo de formação como Engenheiro.  
Muito obrigado pela educação, paciência e motivação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar à minha família, em especial aos meus pais que além da imensa paciência que tiveram comigo nessa longa caminhada me deram todas condições emocionais para que eu possa superar os momentos mais difíceis e que nunca me deixaram esquecer dos meus objetivos nos momentos de quase desistência.

Aos amigos do Escritório da Civil que sempre fizeram com que longa e árdua jornada fosse menos dolorosa, sempre incentivando, ajudando e também não me permitindo desistir nos momentos mais difíceis. Convívio esse que rendeu grandes, fortes e eternos laços de amizade

A todos aqueles amigos, novos e antigos, que acompanharam de perto toda a minha luta diária para não desistir e que me incentivaram e me incentivam até hoje para nunca desistir de alcançar meus sonhos.

A professora e orientadora Elaine Garrido que aceitou a missão de me orientar em um curto período de tempo, me proporcionando a chance de encerrar esse ciclo.

Agradeço aos demais professores que contribuíram bastante para a minha formação acadêmica. São igualmente importantes.

E finalmente a todos aqueles que de alguma forma contribuíram, que apoiaram, incentivaram e torceram pela realização desse sonho e que sonharam junto comigo.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE  
COLETA COM COBERTURA VERDE:  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DRENADA E POTENCIAL DE  
ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

Daniel Freitas Reis e Silva

Março/2014

O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o aproveitamento de água de chuva em coberturas com telhados verdes, com o propósito de viabilizar tecnicamente a qualidade que a água deve ter e o tipo de tratamento mais adequado de acordo com o uso. Para cada tema foi descrito uma pequena introdução sobre a sua importância e de como a adoção de práticas sustentáveis possibilita o uso dessa água como complementação ao consumo diário, de modo a diminuir o uso da água potável para fins não potáveis. Técnicas compensatórias, como os telhados verdes, são consideradas uma prática sustentável na construção civil, quando associada a um sistema de aproveitamento de água de chuva. Podem ser capazes de fazer percolar a água da chuva através de suas camadas e são considerados filtros naturais, porém existe a possibilidade que os nutrientes do substrato possam ser levados por essa água para os reservatórios. O presente trabalho pretende demonstrar que o uso de telhado verdes para aproveitamento da água de chuva necessita de mais estudo uma vez que a qualidade da água captada depende da capacidade do substrato em filtrar, reter os compostos recebidos pela chuva e dos nutrientes do substrato.

*Palavras-chave:* Cobertura verde, poluente, qualidade da água, Aproveitamento Pluvial

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

GREEN ROOFS ASSOCIATED WITH SYSTEM  
UTILIZATION OF STORM WATER: WATER QUALITY DRAINED AND  
POTENTIAL SAVINGS OF DRINKING WATER

Daniel Freitas Reis e Silva

March/2014

This paper presents a literature review on the use of rainwater on roofs with green roofs, in order to technically enable the quality that the water must have, and the most appropriate treatment according to the use. For each subject was described a short introduction about its importance and how the adoption of sustainable practices enables the use of this water as a complement to the daily intake in order to reduce the use of potable water for non-potable purposes. Compensatory techniques such as green roofs, are considered a sustainable practice in construction, when combined with a system of harnessing rainwater. May be able to percolate rainwater through its layers and are considered as natural filters, but there is the possibility that nutrients from the substrate can be carried by the water to the reservoirs. The present work aims to demonstrate that the use of green roof to use rain water needs more study since captured water quality depends on the capacity of the filter substrate, retaining compounds greeted by rain and nutrients from the substrate.

Keywords: green cover, pollution, water quality, Rainwater Utilization

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	1
<b>1.2 OBJETIVO</b> .....	6
<b>1.3 METODOLOGIA EMPREGADA</b> .....	7
<b>1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO</b> .....	9
<b>2. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA</b> .....	11
<b>2.1 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL</b> .....	12
<b>2.2 DIFERENTES USOS DA ÁGUA DA CHUVA</b> .....	13
<b>2.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA</b> .....	14
<b>2.3.1 RIO DE JANEIRO</b> .....	14
<b>2.4 SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DA CHUVA</b> .....	15
<b>2.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE COLETAS DE CHUVA</b> .....	17
<b>2.4.1.1 SISTEMA DE FLUXO TOTAL</b> .....	17
<b>2.4.1.2 SISTEMA COM DERIVAÇÃO</b> .....	18
<b>2.4.1.3 SISTEMA COM VOLUME ADICIONAL DE</b> <b>RETENÇÃO</b> .....	18
<b>2.4.1.4 SISTEMA COM INFILTRAÇÃO NO SOLO</b> .....	19
<b>2.4.2 ÁREA DE CAPTAÇÃO</b> .....	20
<b>2.4.2.1 MATERIAL DE COBERTURA DE UM TELHADO</b> .....	20
<b>2.4.2.2 TELHADO VERDE</b> .....	22
<b>2.4.3 CALHAS E CONDUTORES</b> .....	29
<b>2.4.4 RESERVATÓRIO</b> .....	32
<b>2.4.4.1 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO</b> .....	37



<b>3. QUALIDADE DA ÁGUA CAPITADA</b> .....	39
<b>3.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA</b> .....	39
<b>3.1.1 POLUIÇÃO NO BRASIL</b> .....	41
<b>3.2 POLUENTES NO AR</b> .....	43
<b>3.3 POLUENTES NA ÁREA DE CAPITAÇÃO</b> .....	45
<b>3.3.1 CHUVA ÁCIDA</b> .....	50
<b>3.3.2 FIRST FLUSH</b> .....	52
<b>3.4 PADRÃO DE POTABILIDADE</b> .....	56
<b>3.4.1 PARÂMETROS QUÍMICO, FÍSICO E BIOLÓGICO</b> .....	57
<b>3.4.1.1 TURBIDEZ</b> .....	57
<b>3.4.1.2 pH</b> .....	58
<b>3.4.1.3 D.Q.O</b> .....	58
<b>3.4.1.4 D.B.O</b> .....	58
<b>3.4.1.5 NITROGÊNIO</b> .....	59
<b>3.4.1.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO</b> .....	59
<b>3.4.1.7 FÓSFORO</b> .....	59
<b>3.4.1.8 FERRO</b> .....	60
<b>3.4.1.9 MANGANÊS</b> .....	60
<b>3.4.1.10 COLIFORMES</b> .....	60
<b>3.4.1.11 CLORETOS</b> .....	60
<b>3.4.1.12 SÓLIDOS</b> .....	61
<b>3.5 PARÂMETROS DE POTABILIDADE</b> .....	61
<b>4. ESTUDO DE CASO – APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM</b> <b>COBERTURA COM TELHADO VERDE</b> .....	65
<b>4.1 INTRODUÇÃO</b> .....	65

<b>4.2 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PELO TELHADO VERDE.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA.....</b>	<b>68</b>
<b>4.2.2 SUBSTRATO.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3 PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS.....</b>	<b>73</b>
<b>4.4 ANÁLISE.....</b>	<b>74</b>
<b>4.4.1 CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA POTÁVEL POR ATIVIDADE...74</b>	
<b>4.4.1.1 DEMANDA POR TIPO DE CONSUMO.....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.2 VOLUME APROVEITÁVEL.....</b>	<b>79</b>
<b>4.4.3 QUALIDADE DA ÁGUA COLETADA.....</b>	<b>82</b>
<b>4.4.3.1.1 TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....</b>	<b>84</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>89</b>
<b>5.1 LIMITAÇÕES.....</b>	<b>90</b>
<b>5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....</b>	<b>97</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O ser humano não consegue viver longe da água que bebe e dos resíduos que produz. Essa parece ser uma preocupação que acompanha as civilizações desde as épocas mais remotas. Embora, com o passar dos tempos, a humanidade tenha aperfeiçoado muitas técnicas para coletar água e afastar os detritos, o problema permanece até os dias de hoje. Os povos primitivos utilizavam métodos simples para recolher as águas das chuvas, dos rios e dos lagos ([www.coladaweb.com](http://www.coladaweb.com), 2013).

Com o caminhar natural evolutivo do homem, o homem deixa de ser nômade e começa a formar comunidade, tornando-se sedentário. Com essa nova forma de sociedade começando a fortalecer, o homem deixa de caçar para começar a criar seus suprimentos vitais favorecendo a aparição da agricultura.

Com a consolidação dessa nova formação social o assentamento do homem torna-se necessário próximo a uma fonte de água abundante, logo as primeiras civilizações se estabeleceram perto de rios de grande volume pois além de precisarem de água para consumo necessitavam da mesma para o uso na agricultura.

Na figura 1, são encontradas as primeiras cidades tal como são conhecidas surgiram no Oriente e pode-se dizer que a primeira delas foi Uruk, às margens do Rio Eufrates, por volta de 4500 e 3750 a.C. na região chamada Mesopotâmia. Hoje essa cidade é Warka e fica no Iraque. Portanto a primeira civilização conhecida é Suméria e localiza-se no sul da Mesopotâmia, atual Iraque ([www. http://pt.wikibooks.org](http://pt.wikibooks.org), 2014).



FIGURA 1 – Localização de uma das Primeiras Civilizações.

(FONTE: [http://public.wsu.edu/~hughesc/gilgamesh\\_notes.htm](http://public.wsu.edu/~hughesc/gilgamesh_notes.htm), 2014)

Devido ao crescente desenvolvimento econômico e aumento populacional o consumo de água vem se tornando cada vez maior, assim sendo caracterizado como um recurso hídrico de valor cada mais alto.

A água potável encontrada na natureza é essencial para a vida no nosso planeta. No entanto esta riqueza tem se tornado cada vez mais escassa. De toda a água existente do planeta, apenas quase 3% é doce e a maior parte desse percentual está em geleiras. Mas o restante, se bem usado, pode abastecer a natureza e o homem ([www.meioambienteagua.pbworks.com](http://www.meioambienteagua.pbworks.com), 2014).

A quantidade de água doce na Terra que não está presa nas geleiras da Antártida e da Groenlândia é de cerca de 10 milhões de quilômetros cúbicos, transitando entre a atmosfera e a terra, em ciclos de evaporação e precipitação, e encontráveis em depósitos

como rios, lagos, glaciares, aquíferos subterrâneos e pântanos. Essa pequena fração do todo é mais do que suficiente, segundo os cientistas, para abastecer os 6,5 bilhões de habitantes do planeta. O geógrafo John Anthony Allan, do King's College de Londres, estima que todos os terrestres precisam de “apenas” 8 mil km<sup>3</sup> de água anualmente. Pelos cálculos da ONU, cada pessoa necessita de 5 litros diários de água para sobreviver em um clima moderado, e no mínimo 50 litros por dia para beber, cozinhar, banhar-se e usar em higiene. O consumo doméstico representa 10% do volume da água usada pelo homem. A indústria utiliza o dobro disso, e a agricultura, sete vezes mais ([www.revistaplanetaterra.terra.com.br](http://www.revistaplanetaterra.terra.com.br), 2009).

O aumento da população humana e as demandas que ele origina fizeram o consumo de água subir cerca de seis vezes nas últimas cinco décadas. A má gestão da água, por seu lado, tem reduzido os estoques aproveitáveis. Ao interromperem o livre fluxo dos cursos d'água em que se localizam, cerca de 845 mil represas em todo o mundo restringem a passagem de água e sedimentos para as comunidades rio abaixo e aumentam a evaporação. O desperdício com vazamentos atinge até 50% da água. Segundo a ONU, substâncias químicas e metais pesados despejados na água por indústrias e fazendas estão envenenando mais de 100 milhões de pessoas. E o regime de chuvas está mudando para pior em muitas áreas ([www.revistaplaneta.terra.com.br](http://www.revistaplaneta.terra.com.br), 2009).

Em termos globais, a quantidade de água disponível é superior ao total consumido pela população. No entanto, a distribuição deste recurso é desigual nas diversas regiões do planeta e em geral não é diretamente proporcional às necessidades. Estudos demonstram que na maior parte da Terra há *déficit* de recursos hídricos e isso ocorre porque há predominância da evaporação potencial sobre a precipitação (ARAÚJO, 1988).

O Brasil por possuir 53% de toda a água doce da América Latina pode ser considerado um país privilegiado. Porém essa distribuição não é igual em algumas regiões do país, como as de clima Equatorial e Tropical, estas apresentam índices pluviométricos elevados, outras sofrem com a falta de chuva, como no Semiárido (Clima no Brasil, 2011), que se concentram na região Nordeste brasileira.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial passará de 6,6 bilhões para 9,1 bilhões de habitantes em 2050. Caso a população mundial aumente para 10 bilhões, nos próximos 50 anos, teremos 70% dos habitantes enfrentando problemas de deficiência no suprimento de água (Christofidis, 2003). Esses dados nos mostram a necessidade de conscientização da população ao manejo sustentável da água.

Se faz necessário um maior controle sobre o volume consumido, o volume tratado e a quantidade de esgoto não tratado derramado em fontes hídricas para abastecimento. Aliado a esse controle está a modernização do tratamento de água e a busca de novas fontes e tecnologias para que o volume usado para consumo seja controlado e diminuído, assim o aproveitamento de água de chuvas para fins não potáveis, sendo uma alternativa ao consumo de água tratada.

Países como Alemanha e Japão, já fazem uso da água de chuva para fins não potáveis, não apenas para utilidade doméstica.

Na Alemanha, o uso da água da chuva é estimulado com o propósito de conservar as águas subterrâneas, pois este é o recurso mais utilizado para o abastecimento público. O sistema, subsidiado pelas prefeituras, consiste na captação da água pelos telhados e sua reservação em cisternas de concreto de 6m<sup>3</sup>. Esta água é utilizada para descarga nos banheiros, lavagem de roupas entre outros propósitos e o excesso desta água é infiltrada no solo devido as regas dos cafezais (Hansen,1996). Na cidade de Hamburgo, o Centro

de Manutenção da Lufthansa-Technik AG, é uma referência internacional na recuperação e manutenção de aeronaves, com recondicionamento de turbinas, recuperação de estruturas e manutenção de equipamentos. A água da chuva é usada sobretudo em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pinturas. Ela substitui até 60% da demanda anteriormente suprida por água encanada (KOBAYAMA, 2005).

Em Tóquio, a coleta de água da chuva é bastante intensa, pois os reservatórios de abastecimento convencionais ficam distantes da capital japonesa. Um bom exemplo do aproveitamento da água da chuva na cidade é o Estádio Tokyo Dome, que foi construído para a Copa do mundo de 2002 e possui um ousado e criativo projeto arquitetônico que prevê a captação da água pluvial. Sua cobertura funciona como uma lona gigante, feita de plástico ultra resistente que pode ser inflada a qualquer momento para colher a água da chuva, proporcionando uma área de captação de cerca de 16.000 m<sup>2</sup>. A água captada é armazenada em uma cisterna no subsolo, onde é tratada e utilizada no sistema de combate a incêndios e ainda responde por um terço do consumo total de água do estádio (SILVEIRA, 2008).

No Brasil, em especial na região Nordeste, já se faz uso das águas de chuva para o consumo humano fazendo o reservamento em cisternas, porém sem um controle da qualidade da chuva coletada.

Na figura a seguir, um exemplo de como é feito a captação e reservamento da água de chuva na região Nordeste.



FIGURA 2 – Sistema de Coleta e Armazenagem de água Pluvial.

(FONTE: <http://fdamiaonoticias.blogspot.com.br/2012/10/semarh-comecara-construcao-de-1300.html>, 2012)

## 1.2 - OBJETIVOS

Este trabalho tem o objetivo do aproveitamento pluvial em coberturas verdes, para um uso não potável da água, o nível da qualidade que uma água deve ter e o tipo de tratamento adequado de acordo com as normas e resoluções em vigência. Informar os poluentes encontrados na atmosfera e nas áreas de captação que podem afetar a qualidade da água captada. Essa análise será feita através de uma área de captação coberta com um telhado verde.

Também serão expostos a estrutura que um sistema de aproveitamento da água da chuva deve ter.

O estudo de caso será feito através do telhado verde que está em experimento no Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da UFRJ-IVIG, que servirá para analisar a capacidade de retenção de água, a qualidade desta água após passar pela substrato do



telhado verde para um fim não potável como fonte de recurso hídrico complementar, analisando suas possibilidades e particularidades.

Quadro 1 – Objetivos do Estudo.

<b>ETAPA</b>	<b>OBJETIVO</b>
A	Detalhar as fases do projeto do sistema de aproveitamento da água das chuvas e como a incluir nos sistemas hidráulicos existentes de modo a projetar um sistema viável.
B	Explicar cada componente do sistema mostrando/indicando os materiais encontrados no mercado atual, buscando a máxima eficiência no projeto, na implantação e consumo explicitando onde e como tal recurso pode ser usado dependendo da finalidade do uso.
C	Explicar os padrões de uso que a água captada deve ter independente do sistema adotado. Informar os poluentes carregados pela água precipitada e que podem ser encontrados nas áreas de captação.

(FONTE: Elaborado pelo autor a partir dos objetivos traçados)

### 1.3 METODOLOGIA EMPREGADA

A qualidade da água captada através do uso do telhado verde para o fim descrito anteriormente, será feito através da captação da água no CESA/UFRJ – Centro de Experimental onde será avaliado a capacidade de filtração, retenção do tipo de telhado

verde escolhido e a água captada terá sua qualidade avaliada em um laboratório localizado na Escola Politécnica.

Este sistema complementarará o sistema de água potável nos usos não potáveis, como em descargas de vasos sanitários e regas de jardim. Como fonte alternativa será utilizada a água da chuva sendo captada diretamente coberta com um telhado verde.

Visando alcançar os objetivos do presente trabalho, o estudo consiste em prover uma melhor visão quanto ao uso da água da chuva coletada, não no âmbito da quantidade, mas sim observando os parâmetros da qualidade.

O estudo é baseado em uma revisão bibliográfica de artigos técnicos e acadêmicos, monografias, dissertações de mestrados, teses de doutorados, apostilas de professores que atuam na área, normas nacionais e internacionais para uma melhor para que haja uma melhor compreensão do que foi proposto.

A pesquisa bibliográfica foi realizada para os temas natureza, aproveitamento de águas pluviais, qualidade e uso da água reservada.

Após a revisão bibliográfica foi feita a divisão nas etapas: descrição do objeto de estudo, levantamento de dados referentes ao consumo de água, dados pluviométricos da região, dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água pluviais, a determinação dos parâmetros de qualidade da água de acordo com o uso previsto para as águas coletadas.

## 1.4 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos que compreendem das considerações iniciais mostradas no primeiro capítulo até as conclusões apresentadas no sexto e último capítulo, além de mais duas partes que integram o corpo do trabalho, a saber: referências bibliográficas e referências eletrônicas.

Neste primeiro capítulo, o tema é apresentado dentro de um breve histórico nas considerações iniciais. A seguir, é apresentado o objetivo que se pretende alcançar com essa pesquisa, as justificativas que levaram ao desenvolvimento desse estudo, a metodologia aplicada e a estruturação do trabalho.

O Aproveitamento da água da chuva é o tema do segundo capítulo no qual, após uma breve introdução ao tema, são apresentados suas vantagens e desvantagens. Além disso, nesse capítulo é tratado dos programas do Governo para o aproveitamento no Brasil e as legislações para o Brasil e para o Rio de Janeiro assim como a descrição das etapas de um sistema de aproveitamento pluvial.

A qualidade da água é o tema do terceiro capítulo, fazendo uma introdução sobre a poluição no mundo, expondo a condição do Brasil e o Rio de Janeiro nesse panorama. Nesse capítulo são citados os poluentes presentes na atmosfera e nas áreas de coletas, assim como os padrões aceitáveis para o uso em diferentes atividades.

No quarto capítulo é onde foi feito o estudo de caso, foi feita uma breve introdução sobre a edificação que é o objeto de estudo. Nesse capítulo encontra-se o tipo de telhado verde escolhido para ser feito o experimento.

Também será abordado no capítulo a eficiência do sistema. As formas de tratamento desse volume captado para cada uso será indicado e será feita uma previsão de quantas pessoas podem ser atendidas por esse volume captado.

No quinto e último capítulo é onde serão expostos as considerações finais, limitações do trabalho e sugestões para futuros trabalhos, usando-se as referências bibliográficas, os dados de entrada já determinados para a edificação estudada e os novos dados determinados.

## 2. APROVEITAMENTO DA AGUA DA CHUVA

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

A seguir, uma figura de um sistema de aproveitamento.

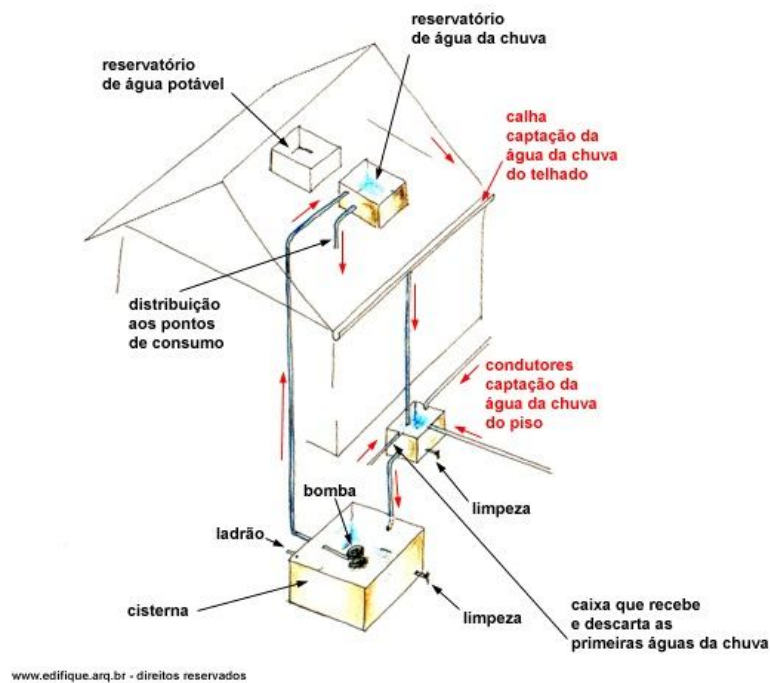


FIGURA 3 – Esquema do Funcionamento do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva.

(FONTE: <http://creaconstruir.blogspot.com.br/2012/05/inicial-produtos-agua-e-esgoto-ete-trat.html> )

Tem como principais vantagens a diminuição do volume despejado nas galerias pluviais e a diminuição do uso de água potável para fins não potáveis.

Construir empreendimentos que possibilitam a economia de água e energia elétrica, por exemplo, fazem parte da proposta de ser sustentável. Além do uso de materiais que podem ser reaproveitados, o setor ainda usa a tecnologia como aliada na criação de dispositivos que aproveitem os recursos naturais, como água da chuva e iluminação solar.

É importante que o sistema da água da chuva e o da rua não sejam misturados já que trabalham com tipos diferentes de água. Esse sistema pode poupar de 30 a 50% de água encanada proveniente de empresas de abastecimento.

## 2.1 – CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL

O Brasil já está entre os líderes em construções sustentáveis. A informação foi divulgada pela revista Exame e os dados são confirmados pelo maior órgão internacional dessa área, o *United States Green Building Council* (USGBC). De 2007 até agora, o país contabiliza 526 empreendimentos sustentáveis, com essa marca ocupa a quarta colocação no *ranking* mundial, que é liderado pelos Estados Unidos.

No Brasil, o aproveitamento da água da chuva iniciou-se com a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro. Um deles foi a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semiárido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo e atualmente contamos com o Programa Água Para Todos desenvolvido em 2012.

O armazenamento da água da chuva nessas regiões também é incentivado e financiado por Organizações Não Governamentais (ONG's) em parceria com o governo. Como exemplo, pode-se citar a Cáritas, em 1957, ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro) que, atualmente, desenvolve projetos como o “Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” e “Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)” programa esse que tem por objetivo beneficiar cinco milhões de pessoas e destinado às famílias com renda até meio salário mínimo por membro da família, incluídas no Cadastro Único do governo federal e que contenham o Número de Identificação Social (NIS).

## 2.2 – DIFERENTES USOS DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com a ABNT NBR 15527:2007, após o devido tratamento a água das chuvas podem ser utilizadas nos seguintes fins não-potáveis: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, a seguir um exemplo do uso de uma torneira de jardim com água da chuva.



FIGURA 4 –Uso de Água da Chuva Em Uma Torneira de Jardim.

(FONTE: [http://designraizbrasileira.blogspot.com.br/2013\\_03\\_01\\_archive.html](http://designraizbrasileira.blogspot.com.br/2013_03_01_archive.html) )

Para cada finalidade do reuso da água da chuva existe um nível específico de qualidade que será tratado em um tópico mais adiante.

### 2.3 – LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Para que se pudesse extrair o máximo da eficiência do aproveitamento da água da chuva, com o intuito de se diminuir o consumo de água potável, pesquisadores renomados, empresários e interessados no tema tomaram a iniciativa resultando na elaboração de norma técnica voltada exclusivamente para o uso da água de chuva.

No ano de 2007, foi publicada a “NBR 15527/2007- Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos”. Este documento, de oito páginas, tem o seguinte objetivo:

“Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais”.

#### 2.3.1 – RIO DE JANEIRO

Existe há um decreto municipal - Decreto Municipal RJ - n. 23940/2004 - Captação de Água da Chuva - que trata do assunto com um foco maior no problema das enchentes, mas já é uma iniciativa que posteriormente poderá motivar a utilização deste recurso, tendo em vista que já existirá uma infraestrutura e a disponibilidade da água armazenada.

No estado do Rio de Janeiro há a lei 4248 que institui O Programa de Captação de Águas Pluviais que tem como finalidade oferecer, aos habitantes das cidades do Estado do Rio



de Janeiro, educação e treinamento visando à captação de águas pluviais, permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas.

## 2.4 – SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (*apud* KOENIG, 2003). Esses sistemas, captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direcionando-as a reservatórios de armazenamento para posterior utilização.

A seguir uma figura de um sistema básico de aproveitamento.

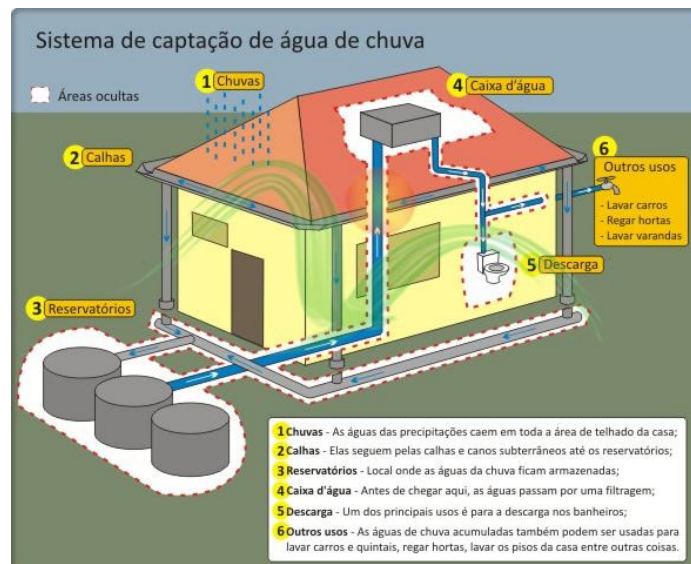


FIGURA 5 – Componentes do Sistema de Coleta de Água da Chuva.

(FONTE: <http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes> )

Além da captação comum existente podem ser também utilizados ecodrenos que podem ser instalados sob jardins, estacionamentos e pavimentos permeáveis, a seguir um exemplo do uso de ecodrenos.



FIGURA 6 – Ecodrenos.

(FONTE: <http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecodreno/default.aspx> )

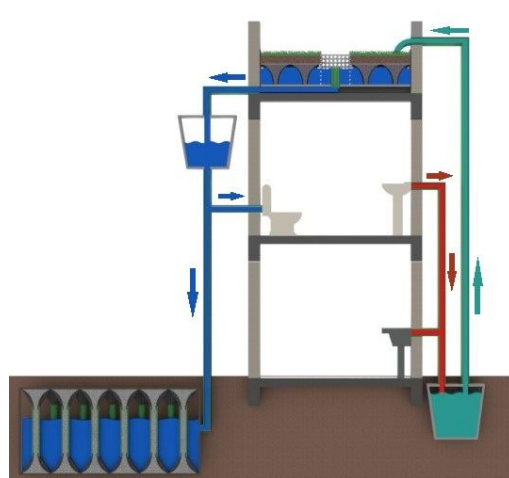


FIGURA 7 – Exemplo de um Ecodreno em uma Residência.

(FONTE: <http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecodreno/default.aspx> )

Esse armazenamento da água traz vantagens econômicas aos usuários, pois esta água pode ser aproveitada para usos não muito nobres. Além disso, torna-se um dispositivo importante que pode auxiliar no combate das cheias urbanas, uma vez que, ao armazenar

determinado volume de água de chuva, pode reduzir a quantidade de água que vai para as galerias de drenagem e diluir no tempo a vazão de pico da chuva.

#### 2.4.1 – TIPOS DE SISTEMA DE COLETA DE CHUVA

De acordo com Herrmann e Schmidt (1999) *apud* Annechini (2005), destacam-se as seguintes formas de sistema de coleta de chuvas: Sistema de Fluxo Total, Sistema com Derivação, Sistema com Volume Adicional de Retenção e Sistema com Infiltração no Solo.

##### 2.4.1.1 – SISTEMA DE FLUXO TOTAL

Toda a chuva coletada pela superfície de captação (telhado) é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem, conforme a figura 8.

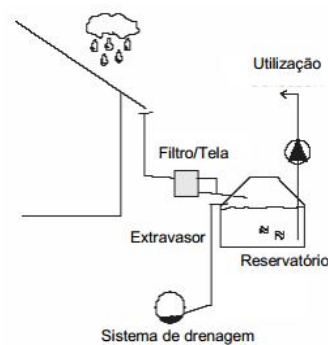


FIGURA 8 – Sistema de Fluxo Total.

(FONTE: Herrmann e Schmidt (1999) *apud* Annechini (2005))

#### 2.4.1.2 – SISTEMA COM DERIVAÇÃO

Neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema auto-limpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem, conforme figura 9.

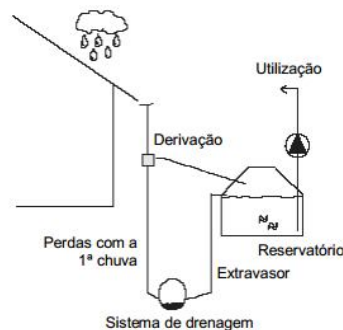


FIGURA 9 – Sistema com Derivação.

(FONTE: Herrmann e Schmidt (1999) *apud* Annechini (2005))

#### 2.4.1.3 – SISTEMA COM VOLUME ADICIONAL DE RETENÇÃO

No qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem, conforme figura 10.

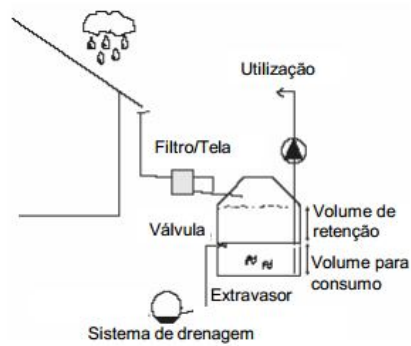


FIGURA 10 – Sistema com Volume Adicional de Retenção.

(FONTE: Herrmann e Schmidt (1999) *apud* Annechini (2005))

#### 2.4.1.4 – SISTEMA COM INFILTRAÇÃO NO SOLO

Neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo, conforme figura 11.

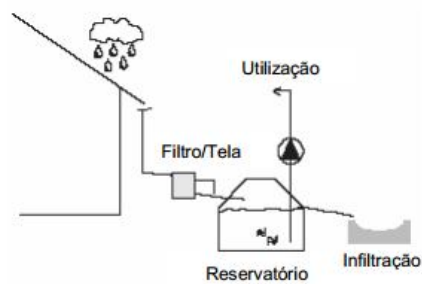


FIGURA 11 – Sistema com Infiltração no Solo.

(FONTE: Herrmann e Schmidt (1999) *apud* Annechini (2005))

Qualquer que seja a técnica, os componentes principais do sistema de aproveitamento da água da chuva são: a área de captação, telas ou filtros para remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos, tubulações para a condução da água e o reservatório de armazenamento.

#### 2.4.2 – ÁREA DE CAPTAÇÃO

As coberturas podem ser planas, moderadamente inclinadas e intensamente inclinadas. As coberturas planas necessitam de drenos internos ou de calhas ao longo do perímetro, as moderadamente inclinadas escoam as águas com mais facilidade e intensamente inclinadas produzem um escoamento mais rápido. Uma cobertura com uma leve inclinação aumenta a área de captação.

De acordo com a NBR 10844/89 as áreas de captação devem possuir um inclinação mínima de 0,5% para garantir o escoamento até os pontos previstos para realizar a drenagem, sendo que esses pontos devem ser superiores a um.

Caso a área de captação possua uma grande área pode se fazer necessário a divisão em pequenas áreas de caimento para garantir a efetividade do sistema.

Os dados relativos às áreas de captação de água de chuva são muito importantes, pois a área de telhado trata-se de uma das variáveis para o dimensionamento do reservatório de água de chuva.

##### 2.4.2.1 – MATERIAL DE COBERTURA DE UM TELHADO

A captação da chuva se dará pelo direcionamento realizado pelo telhado, elemento que pode ou não cobrir a laje superior da edificação. Quando componente existente na cobertura de uma edificação, pode ser de telhas (cerâmica, metálicas, fibrocimento, vidro,

plástico, cimento, pedra, madeira e materiais recicláveis) quando não há telhado, a cobertura é a própria laje de concreto.

Atualmente tem se desenvolvido e muito utilizado o Telhado Verde, um tipo de cobertura que tem como vantagem a diminuição da poluição ambiental e a melhoria do conforto acústico na edificação.

A seguir, figuras dos tipos de telhas.



FIGURA 12 – Tipos de Telha (cerâmica, fibrocimento, metálica, vidro).

(FONTE: Elaborado pelo autor a partir de pesquisa no GOOGLE )

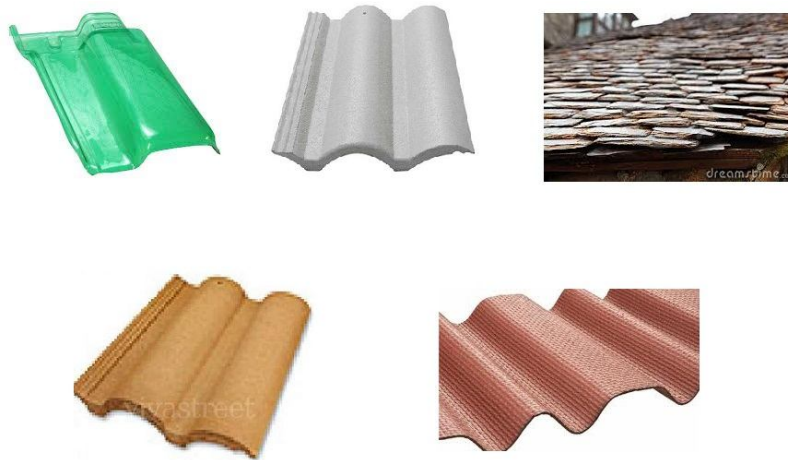


FIGURA 13 – Tipos de Telha (plástico, cimento, pedra, madeira, material reciclável).

(FONTE: Elaborado pelo autor a partir de pesquisa no GOOGLE )

Cada material da cobertura do telhado fornece um coeficiente superficial que impacta diretamente no escoamento da água da chuva.

#### 2.4.2.2 – TELHADO VERDE

Telhado verde, cobertura verde ou jardim suspenso é um sistema construtivo que consiste em uma cobertura vegetal feita com grama ou plantas, pode ser instalada em lajes ou sobre telhados convencionais e proporcionam conforto térmico e acústico nos ambientes internos.

Atualmente grande parte das pesquisas desenvolvidas que exploram as características do telhado verde (cobertura verde) visam quantificar a atuação do mesmo, pois retém parte da água funcionando como pequenas encostas e assim liberam lentamente a água, colaborando com diminuição do escoamento superficial da água da chuva e no combate as ilhas de calor urbana, aumentando a umidade nos dias seguintes.

A norma 15527 se refere ao aproveitamento das águas da chuva porém o uso dos telhados verdes (cobertura verde) para essa finalidade não foi explorada.

A EPA (Environmental Protection Agency) considera que a principal função do telhado verde ou cobertura verde é absorver volumes de água das chuvas e liberá-las aos poucos em um ritmo mais reduzido e controlado, assim minimizando ao longo do tempo a as descargas das edificações na rede coletora pluvial. Como função secundária uma maneira de promover o desenvolvimento sustentável em centros urbanos. A seguir uma figura exemplificando uma edificação dotado da cobertura verde.

Essas considerações vai de encontro com o que é instituído pelo decreto municipal e lei estadual citados nos ítem 2.3.1. No apêndice A encontra o decreto municipal.





FIGURA 14 – Edifício na cidade de Nova York.

(FONTE: [http://arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011\\_02\\_01\\_archive.html](http://arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011_02_01_archive.html))

Para implantação do sistema, a obra exige a instalação de uma estrutura específica na cobertura da casa. Se o telhado for simplesmente uma laje, é preciso impermeabilizá-la, se for feito de telhas de cerâmica, é preciso retirá-las e colocar placas de compensado que servirão de base para a cobertura vegetal. Ali serão colocados a terra e o adubo para o crescimento das plantas. Mantas onduladas, para impedir que o substrato escorra, mantas de impermeabilização para evitar infiltrações na casa, e dutos de irrigação e drenagem também fazem parte do projeto de um telhado verde.

A capacidade de retenção de água pela cobertura verde também tem sido mencionada em diversos trabalhos e se trata de outra interessante característica, que tanto colabora com a regulação da umidade do ambiente, permitindo a evaporação de uma considerável quantidade de água e o conseqüente aumento da umidade do ar, como contribui para redução do problema de drenagem da água de chuvas.

Estudos já realizados por diversos profissionais e que possuem semelhanças com os protótipos a serem construídos (NETO, 2012) indicam que a retenção nesse tipo de cobertura varia entre 40% e 70% da precipitação.

Cunha (2004) *apud* Vasconcelos (2008) demonstrou que a capacidade de retenção da água precipitada depende do balanço hídrico composto por evapotranspiração, precipitação, escoamento superficial, infiltração e escoamento pelo leito drenante (delimitado pela camada impermeável, a laje). Aliados a esses fatores, a inclinação do mesmo também afeta a capacidade de retenção.

Essa diminuição da precipitação aproveitável devido a retenção dos telhados verdes (cobertura verde) acarreta diretamente em um reservatório com capacidade inferior (isso considerando um regime de chuvas homogêneo) o que diminui também os custos de implementação do mesmo.

O descarte da primeira chuva pode vir a ser desconsiderado devido a ação filtrante do substrato, areia e brita. Essa camada também pode vir a funcionar como um biofiltro

Para a IGRA, *International Green Roof Association*, (2011), os critérios descritos na tabela 1 podem ser utilizados para subdividir três formas diferentes de Telhados Verdes entre extensivos, semi-intensivos e intensivos.

Tabela 1 – Tipos de Telhados Verdes.

ÍTEM	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-Intensivo	Telhado Verde Intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do Sistema	60 – 200 mm	120 – 150 mm	150 – 400 mm
Pesos	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
Custos	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de Proteção Ecológica	Projetado para Ser um Telhado Verde	Parque igual a um jardim

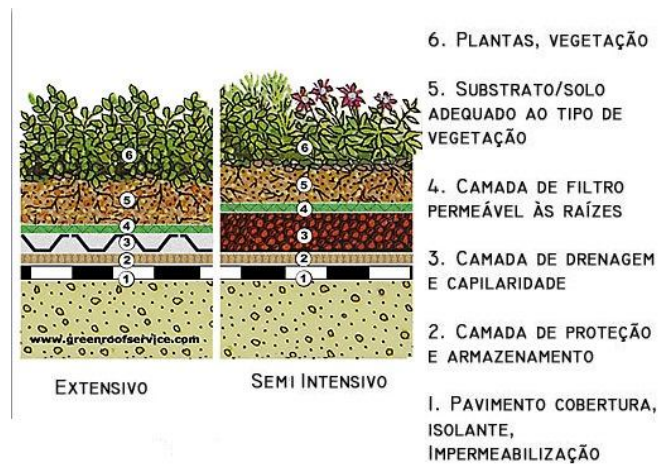


FIGURA 15 – Cobertura Verde do tipo Extensiva e Semi-Intensiva.

(FONTE: <http://www.greenroofplants.com/wordpress/wp-content/uploads/2010/03/Green-Roof-Structure.jpg>, 2014)

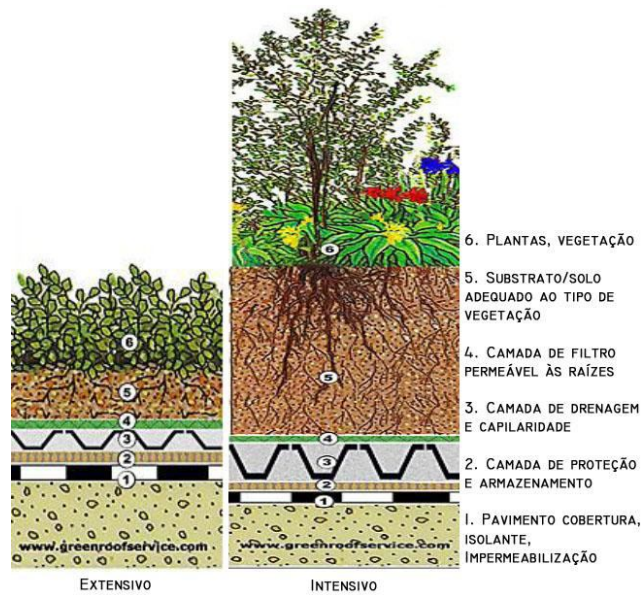


FIGURA 16 – Cobertura Verde do tipo Extensiva e Intensiva.

(FONTE: <http://telhadoverdeufpr.blogspot.com.br/p/introducao-os-telhados-verdes.html>, 2014)

Os Telhados Verdes Extensivos geralmente são aplicados onde o ambiente será visitado ou visto por pessoas e tem sua beleza espelhada em um parque gramado. Tem como principal característica o cultivo de plantas rasteiras de pequeno porte, conforme figura 17 e necessitam de um volume de água menor e pouca manutenção.

O sistema se caracteriza por ter vegetação de solo médio com filtro geotêxtil sintético de drenagem e retenção de umidade, sistema de isolamento, barreira de proteção da camada de superfície com membrana impermeável.

Por esses motivos tem um impacto menor de sobrecarga sobre os elementos da cobertura, dos pilares e da fundação (VECCHIA, 2005).



FIGURA 17 – Telhado Verde Extensivo da Escola de Arte, Design e Multimídia da Universidade Tecnológica de Nanyang.

(FONTE: [http://arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011\\_02\\_01\\_archive.html](http://arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011_02_01_archive.html))

Conforme a Associação Internacional Telhado Verde (2011), os telhados verdes intensivo (figura 18), por comportarem plantas de nível médio a grande precisam de uma estrutura que comportem maior capacidade de carga. A vegetação varia desde pequenas plantas a árvores frutíferas e a manutenção exige cuidados específicos, similares à aos empregados num jardim comum. Neste tipo de vegetação, o telhado verde também protege a cobertura da radiação ultravioleta aumentando sua vida útil.



FIGURA 18 – Telhado Verde Intensivo em um edifício em Toronto-Canada.

FONTE: <http://axelgrael.blogspot.com.br/2011/02/grandes-cidades-se-rendem-aos-telhados.html> )

Os telhados verdes semi-intensivos, conforme figura 19, é o tipo de telhado que apresenta características dos telhado intensivos e extensivos.



FIGURA 19 – Telhado Verde Semi Intensivo no Edifício da prefeitura de Chicago, USA.

Fonte: (<http://viajeaquibril.com.br/national-geographic>, 2009))



### 2.4.3 – CALHAS E CONDUTORES

A água captada pela cobertura se dirige para o ponto mais baixo, seja o beiral ou o encontro com outros planos inclinados (encontro de águas) ou ralos, nestes devem ser instaladas as calhas que conduzem a água para as tubulações coletoras.

As área de captação quando planas devem ser capazes de conduzir as águas para um ponto em comum, normalmente um ralo, esse direcionamento é feito a partir do caimento. Para evitar que os detritos sólidos presentes nos telhados, como folhas e objetos, entrem nas tubulações e conseqüentemente nos reservatórios, é colocada a primeira proteção do sistema na conexão entre a e a tubulação, sendo que essa proteção pode ser um ralo hemisférico, conforme figura a seguir.



FIGURA 20 – Ralo Hemisférico tipo abacaxi.

(FONTE: [http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outros/ralo-tipo-abacaxi-](http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outros/ralo-tipo-abacaxi-741799)

[741799](http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outros/ralo-tipo-abacaxi-741799) )

Quando há a necessidade da instalação de uma calha para direcionamento da água captada, a mesma por ser aberta, deve também possuir um equipamento de proteção, como por exemplo uma grade ou tela (figura 21) em todo o seu comprimento.



FIGURA 21 – Tela de Proteção.

(FONTE: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/leaf-gutter-guard-383991950.html>)



FIGURA 22 – Calha com a Tela de Proteção.

(FONTE: <http://www.adesulcalhas.com.br/telas-de-protecao-para-calhas>, 2014)



A manutenção/limpeza destes elementos do sistema influenciará diretamente na eficiência do mesmo. Essa manutenção permitirá que se evitem entupimentos e os riscos de contaminação serão reduzidos.

Com relação ao dimensionamento das calhas (quando houver necessidade) e condutores, deve ser feito, de acordo com Werneck (2006), como em qualquer edificação, considerando a intensidade pluviométrica da região, com base nos índices pluviométricos de volume precipitado e período de retorno, seguindo as normas da ABNT (NBR 10844).

De acordo com a NBR 10844/89, As calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, (NBR 7005, NBR 6663), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

Os condutores verticais, devem ter tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento, PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cobre, chapas de aço galvanizado (NBR 6663, NBR 7005), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

Nos condutores horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento (NBR 8056), PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cerâmica vidrada (NBR 5645), concreto (NBR 9793, NBR 9794), cobre, canais de concreto ou alvenaria.

Para que não ocorra transbordamento de água é necessário que seja feito o correto dimensionamento das calhas e a especificação de um número adequado de coletores verticais, para que o sistema opere com a eficiência esperada e não traga problemas tanto a estrutura quanto aqueles que dependerão desse sistema.

O dimensionamento das calhas e condutores verticais devem ser feitos levando-se em conta a Equação da Intensidade de Chuva, a Vazão uma vez que o sistema deverá de ser capaz de suportar e drenar a máxima precipitação que foi deduzida, ou seja, são dimensionadas supondo índices pluviométricos e período de retorno altos, de forma a se operar com a máxima eficiência.

#### 2.4.4 – RESERVATÓRIO

O sistema por ser similar ao de água potável pode ser do tipo Indireto com reservatório inferior e superior, ou hidropneumático, porém algumas edificações atualmente estão abolindo o sistema indireto com reservatório inferior e superior devido à grande carga imposta na laje de cobertura, o que alivia a estrutura.

A seguir uma exemplificação dos sistemas.

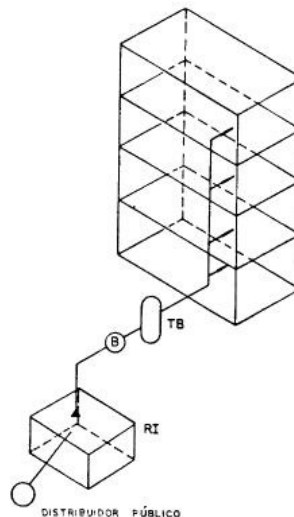


FIGURA 23 – Sistema Hidropneumático.

(FONTE: Texto Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)

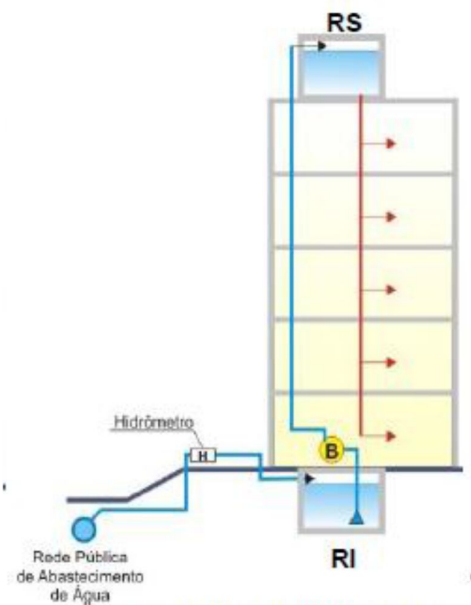


FIGURA 24 – Sistema Indireto com RS e RI.

(FONTE: Notas de aula Garrido (2014))

Uma das diferenças desse sistema é a necessidade de ser instalado um dispositivo de descarte da primeira chuva, que pode ser basicamente um terceiro reservatório, cuja única função é limpar água da chuva, acumulando apenas os primeiros milímetros de água precipitada.

O reservatório é componente do sistema responsável pelo armazenamento da água da chuva captada. Além de ser responsável por aproximadamente 50 a 60% do custo total do sistema, sem considerar o tratamento da água, o tipo de reservatório pode interferir na qualidade da água armazenada (DE PAULA, 2005).

Por ser considerado, geralmente, o elemento mais oneroso do sistema, a escolha da melhor opção para o reservatório e a determinação apropriada do seu volume são itens

cruciais para tornar o sistema de aproveitamento de água de chuva exequível e viável economicamente.

Os reservatórios ou cisternas podem ser: enterrados, semienterrado, apoiado ou elevado.

Os materiais podem ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox. Sempre serão vedados a luz solar. Os reservatórios de polietileno são os mais utilizados para esse fim, pois além de serem móveis, o sistema tem a tendência de reservar uma quantidade menor de água se comparada com os reservatórios de água potável que tem sido de concreto e fibra de vidro.

Os reservatórios de grande porte são usualmente de concreto armado porém podem ser de também de aço inox e alvenaria armada, conforme figuras a seguir.



FIGURA 25 – Reservatório de Alvenaria.

(FONTE: [http://eduardonickel.wix.com/eduardo-nickel?\\_escaped\\_fragment\\_=works](http://eduardonickel.wix.com/eduardo-nickel?_escaped_fragment_=works),

2014)



FIGURA 26 – Reservatório de Concreto.

(FONTE: [http://gimma.com.br/Atuacao\\_Obras\\_recetes.aspx](http://gimma.com.br/Atuacao_Obras_recetes.aspx), 2014)



FIGURA 28 – Reservatório de Aço.

(FONTE: <http://aguasdejoinville.blogspot.com.br/2012/02/reservatorio-do-morro-do-finder-perto.html>, 2014)

Os de menor porte são de fibra de vidro, pvc e polietileno, a seguir uma figura exemplificando.



FIGURA 27 – Reservatório de Fibra de Vidro.

(FONTE: [http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outra-maquinar/reservatorio-em-fibra-de-vidro-851003](http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outra-maquinar/Reservatorio-em-fibra-de-vidro-851003), 2014)

Devem ser considerados no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626/98.

O volume não aproveitável da água de chuva, pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático.

A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento.

A água reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de recalque.

A água de chuva não deve ser considerada a única fonte de abastecimento, pois devido a sazonalidade e irregularidade da mesma, deve ser previsto um dispositivo de entrada de água potável para garantir o abastecimento dos pontos de utilização para fins não potáveis. Assim sendo o reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada, para que apenas a água potável tenha interação com as águas da chuva e não o contrário.

#### 2.4.4.1 – METODOS DE DIMENSIONAMENTO

De acordo com a NBR 15527 O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, escolher qualquer uma das formulas sugeridas pela norma.

De acordo com a NBR 15527:2007, podem ser usados 6 métodos de dimensionamento para um reservatório para aproveitamento de água da chuva: Rippl, da Simulação, Azevedo Neto, Prático Inglês, Prático Alemão e Prático Australiano.

Os melhores métodos para dimensionamento ou mais eficazes seriam aqueles que tem como dados de entrada a demanda desejada a suprir, que seriam o Rippl, da Simulação e o Prático Australiano.

A análise levará em conta que toda água não retida será armazenada, e como o telhado funciona como um filtro, não haverá descarte da primeira chuva, logo o reservatório deverá ser tal que possa reservar a maior média de chuva do período analisado.



### 3.0 – QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA

Independentemente do tipo de cobertura escolhida para o telhado, ambas devem atender a padrões de qualidade que dependerão do tipo de uso dessa água coletada, uma vez que as pessoas podem vir a ter algum tipo de contato com essa água que tem seu uso mais restrito.

A qualidade da água de chuva coletada em sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva depende de diversos fatores, dentre eles a superfície de captação.

A chuva ao cair trás os elementos presentes na atmosfera, os quais podem interferir na qualidade desta água. Todo sistema de aproveitamento da água de chuva deve ser clorada e todo ponto de utilização deve ser identificado como sendo de uso não potável, ou seja, não própria para o consumo humano.

### 3.1 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.

Qualquer contaminação do ar por meio de desperdícios gasosos, líquidos, sólidos, ou por quaisquer outros produtos que podem vir (direta ou indiretamente) a ameaçar a saúde humana, animal ou vegetal, ou atacar materiais, reduzir a visibilidade ou produzir odores indesejáveis pode ser considerada poluição atmosférica.

Entre os poluentes do ar oriundos de fontes naturais, o Radão (Rn) - gás radioativo, é o único altamente prejudicial à saúde humana. É originado pela degradação do Urânio e quando se liberta torna-se perigoso para os organismos vivos. Um dos perigos comuns deste gás é a sua acumulação em cavidades de casas situadas sobre certos tipos de rochas que em reação com o Urânio vêm a libertar o Radão, é por isso que este está presente em quase 20% das casas americanas em concentrações perigosas ao ponto de poder causar cancro pulmonar.

Historicamente os países mais industrializados são aqueles responsáveis pela maior parte das emissões globais de gases do efeito estufa. Os EUA por ser o país mais industrializado era aquele que emitia a maior quantidade de gases, porém nos últimos anos, os países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) tem se posicionado como grandes emissores, muito em função do grande período de industrialização e urbanização, que os mesmos vem sofrendo.

Se for levado em conta uma base per capita (emissão/população), os países em desenvolvimento continuam emitindo menos. A China em especial devido a sua crescente e forte industrialização em 2006 ultrapassou os EUA como o maior emissor com 1,66 bilhões de toneladas de carbono, o que corresponde a 20% da emissão global.

O Brasil em particular ganha destaque nesse *ranking* devido à grande liberação de CO<sub>2</sub> oriundos dos desmatamentos e queimadas, conforme figura 29.

Ranking	País	MtCO <sub>2</sub> e (milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> )	% do total mundial	MtCO <sub>2</sub> e (milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> )
1	China	7.216,20	16.35%	5.5
2	Estados Unidos	6.931,00	15.71%	23.5
3	União Européia	5.328,70	12.08%	10.9
4	Brasil*	2.192,60	4.63%	11.5
5	Indonésia	2.045,60	4.64%	9.3
6	Rússia	2.027,90	4.60%	14.2
7	Índia	1.869,50	4.24%	1.7
8	Japão	1.387,40	3.14%	10.9
9	Alemanha	1.005,00	2.28%	12.2
10	Canadá	808,3	1.83%	25.0
11	México	695,6	1.58%	6.7
12	Reino Unido	683,8	1.55%	11.4
13	Coréia do Sul	609,4	1.38%	12.7
14	Itália	581,5	1.32%	9.9
15	França	575,2	1.30%	9.4
16	Austrália	568,5	1.29%	27.9
17	Irã	563,6	1.28%	8.2
18	Ucrânia	495	1.12%	10.5
19	Espanha	470,9	1.07%	10.8
20	Nigéria	457,9	1.04%	3.3

FIGURA 29 – *Ranking* dos Maiores Emissores de CO<sub>2</sub>.

(FONTE: <http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/Quem-sao-os-grandes-emissores-de-gases-de-efeito-estufa-/16/7, 2006>)

### 3.1.1 – POLUIÇÃO NO BRASIL

Em outubro de 2012 foi divulgado pela ONU um estudo sobre a situação das cidades na América Latina, mostrando que a região é a mais urbanizada do mundo. O estudo aproveita e dedica um capítulo inteiro para a questão ambiental. O estudo mostra que, em uma comparação entre grandes países e regiões do continente, o Brasil é o segundo maior poluidor da América Latina, atrás apenas do México. Juntas, as cidades de Brasil e México são responsáveis por mais da metade das emissões de poluentes latino-americanas e como consequência o ar dessas cidades a qualidade só piora ([www.noticias.r7.com](http://www.noticias.r7.com), 2011).

De acordo com o mesmo estudo, a cidade do Rio de Janeiro possui um ar muito mais poluído que a cidade de São Paulo. Essas informações foram compiladas a partir de dados coletados pelos próprios órgãos responsáveis por esse monitoramento nas cidades.

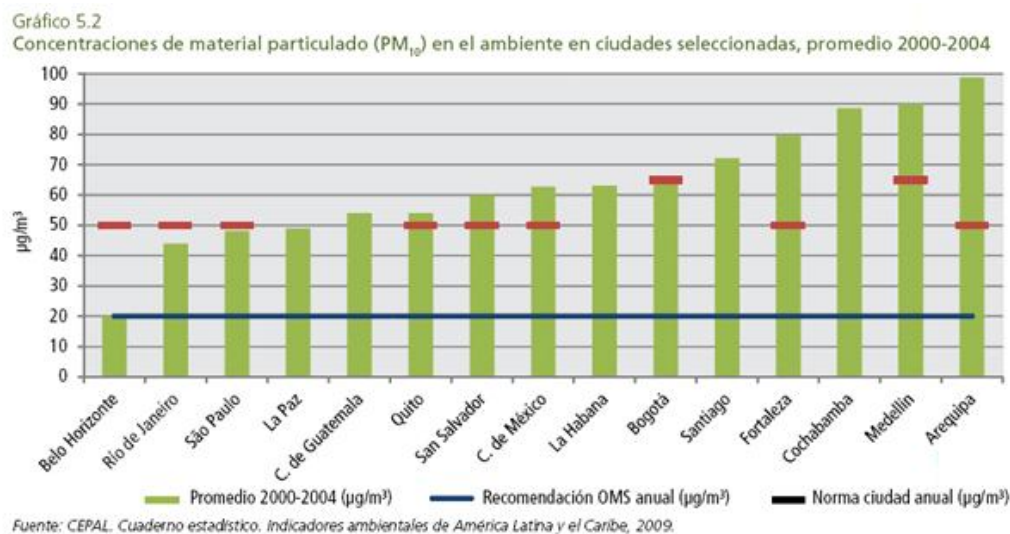


FIGURA 30 – *Ranking* Latino-americano das Maiores Cidades Poluidoras

(FONTE: <http://colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2012/08/21/brasil-e-o-segundo-maior-poluidor-da-america-latina/>)

Na figura 30 encontra-se o *ranking* das cidades brasileiras, apenas Belo Horizonte entre as grandes cidades, tem baixa concentração de poluentes no ar, enquanto as outras cidades apresentam uma concentração muito maior do que a recomendada pela Organização Mundial da Saúde.

No caso específico na cidade do Rio de Janeiro, a qualidade do ar é monitorada pelo INEA que monitora todo o estado desde 1967, quando foram instaladas, no município do Rio, as primeiras estações manuais de amostragem da qualidade do ar. Desde então, o INEA investe continuamente em equipamentos de amostragem para diversos poluentes e parâmetros meteorológicos, instalados em várias regiões do Estado do Rio de Janeiro.

A atual rede de monitoramento da qualidade do ar do INEA, em todo o Estado do Rio de Janeiro, é composta pela rede automática, com 21 estações, que realizam amostragens de gases (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, HC, VOC) e material particulado, continuamente, e a rede semiautomática, com 63 amostradores, capazes de realizar o monitoramento das concentrações de material particulado no ar, seja total (PTS), inalável (PI) ou respirável (MP2.5), por 24 horas ininterruptas, de 6 em 6 dias.

Além destas, a rede de monitoramento do Estado ainda conta com estações que são operadas e mantidas pelos empreendimentos com significativo potencial poluidor e são condicionados a transmitirem os dados em tempo real para a central de dados do INEA (rede privada) através do Licenciamento Ambiental.

Em setembro de 2011 a OMS emitiu um estudo que indicava que o Rio de Janeiro, possuía uma atmosfera muito mais tóxica que a de São Paulo. Esse estudo é feito a partir de dados coletados e enviados pelo INEA.

### 3.2 – POLUENTES NO AR

Considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação.

A seguir, um resumo dos poluentes encontrados na atmosfera.

Compostos de Enxofre	Compostos de Nitrogênio	Compostos Orgânicos	Monóxido de Carbono	Compostos Halogenados	Metais Pesados	Material Particulado	Oxidantes Fotoquímicos
SO <sub>2</sub>	NO	hidrocarbonetos álcoois	CO	HCl	Pb	mistura de compostos	O <sub>3</sub>
SO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	aldeídos		HF	Cd	no estado	formaldeído
Compostos de Enxofre Reduzido:	NH <sub>3</sub>	cetonas		cloretos	As	sólido	acroleína
(H <sub>2</sub> S, Mercaptanas, Dissulfeto de carbono, etc)	HNO <sub>3</sub>	ácidos orgânicos		fluoretos	Ni	ou	PAN
sulfatos	nitratos						

FIGURA 31 – Poluentes encontrados na Atmosfera.

(FONTE: <http://colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2012/08/21/brasil-e-o-segundo-maior-poluidor-da-america-latina/>)

Para medir ou qualificar a qualidade do ar, foram escolhidos alguns poluentes que por aparecerem com uma maior frequência de ocorrência e feitos, e que foram aceitos universalmente. Na tabela 12 estão os limites de concentração desses poluentes que determinam a qualidade do ar de acordo com a OMS e a CONAMA.

Tabela 2 – Níveis Máximos e Tempos de Mostragem CONAMA E OMS.

POLUENTES	CONCENTRAÇÃO	CONAMA 32/90		OMS	
		PADRAO	T DE MOSTRAGEM	PADRAO	T DE MOSTRAGEM
DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	365	24 horas	500	10 min
				20	24 horas
DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	320	1 hora	200	1 hora
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	Ppm	35	8 horas	10	8 horas
OZÔNIO (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	160	1 hora	100	8 horas
MATERIAL PARTICULADO (MP <sub>2,5</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	-	-	10	média aritmética anual
MATERIAL PARTICULADO (MP <sub>10</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	150	24 horas	20	ANUAL
Partículas Totais em Suspensão	µg/m <sup>3</sup>	240	24 horas	20	24 horas

(FONTE: Elaborado pelo autor a partir das resoluções do CONAMA e OMS)

As chuvas atuam com muita eficiência na remoção dos poluentes do ar, em maior ou menor grau, dependendo da sua intensidade, ocasionando o efeito conhecido como chuva ácida. Em locais onde o escoamento do ar é obstruído por grandes edificações, serras,

montanhas, a precipitação pluviométrica passa a ser o único mecanismo capaz de remover os poluentes do ar, uma vez que sob tais circunstâncias estes não sofrem a ação dos ventos. Entretanto deve-se ressaltar que com a lavagem da atmosfera há a transposição dos poluentes para o solo e águas superficiais.

### 3.3 – POLUENTES NA ÁREA DE CAPTAÇÃO



FIGURA 32 – Amostradores de Qualidade de Águas Pluviais

(FONTE: TOMAZ (2010))

Além dos poluentes presentes nos telhados há também os poluentes presentes no ar que carregados pela chuva, que dependendo da intensidade da chuva pode contribuir com o aumento dos poluentes na área de captação.

Alguns sistemas de aproveitamento de água de chuva possuem uma etapa de remoção de sólidos visando melhorar a qualidade da água captada pelo sistema. Sólidos de granulometria elevada (sólidos grosseiros) são removidos através de dispositivos instalados no sistema, tais como peneira, grade, entre outros. Já a remoção de partículas

de granulometria menor, que não foram retidos por aqueles dispositivos, é realizada através do descarte dos primeiros milímetros de chuva, definido por Martinson e Thomas (2007) como o volume de água responsável pela lavagem da superfície coletora.

O primeiro fluxo de água escoado por uma superfície após o período de estiagem apresenta, em geral, concentrações de poluentes maiores que as dos fluxos subsequentes. Este fenômeno é conhecido como *first-flush*.

A poeira, folhas e detritos ficam no telhado e quando chove há o arrastamento do mesmo em torno de 10min a 20min, dependendo da intensidade de detritos que está no telhado no mínimo em três dias secos consecutivos, assim a necessidade da existência do *first flush* no sistema de captação de telhado das águas de chuva.

Conforme Figura 32 é possível observar amostras de águas pluviais de superfície impermeáveis dispostas segundo um relógio (figura de garrafas). No início existe pequena concentração, logo após a concentração é alta e após alguns intervalos de tempo se reduzir substancialmente.

Em alguns países, como Alemanha, Austrália, Estados Unidos, entre outros, estudos aferem quanto a qualidade da água de chuva para fins não potáveis e relatam que o sistema conjugado ao telhado verde tem potencial para alcançar esse padrão, viabilizando a associação do telhado verde com o aproveitamento da água de chuva. Entretanto, esses mesmos estudos reportam que a passagem da água de chuva pelo telhado verde pode depositar ou lixiviar contaminantes, influenciando diretamente na qualidade da água a ser armazenada.

No caso do telhado verde, o descarte dos primeiros milímetros de chuva poderia ser subtraído devido à ação de filtro imposta pela camada de substrato, areia e brita. Fato que



encontra respaldo nos resultados obtidos por Köhler e Schmidt (2003), que apresentam a retenção de sólidos grosseiros e, eventualmente, alguns contaminantes com menor tamanho médio de partículas. Além do mais, o telhado verde funciona como um biofiltro, melhorando consideravelmente a qualidade da água (TOMAZ, 2005). Assim, com a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva poder ia-se evitar o desperdício decorrente do descarte, aumentar o volume de água passível de aproveitamento e preservar a qualidade da água de chuva captada.

No estudo de Costa (2012) foram avaliados a capacidade hídrica e qualidade da água oriunda do escoamento dos telhados verdes.

Do ponto de vista da capacidade hídrica seu experimento indicou que os telhados verdes podem ser sim uma opção para o aproveitamento das águas das chuvas.

Do ponto de vista da qualidade verificou-se que o telhado verde foi capaz de filtrar os poluentes trazidos da atmosfera pela precipitação, eliminando-se assim a chuva ácida e seus efeitos, porém foi diagnosticado que uma quantidade dos componentes do substrato analisados para avaliar a qualidade da água de escoamentos (pH, CE, P, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Co, Ni) ficaram acima dos valores comumente encontrados na literatura, indicando que as composições adotadas para os substratos podem implicar em uma fonte de poluição hídrica.

Teemusk e Mander (2007) explicaram que os poluentes presentes na água de chuva são acumulados na camada de substrato e liberados quando há a ocorrência de uma chuva intensa. Assim as amostras da água de chuva que escoaram pelo telhado verde apresentaram substâncias como sulfatos, cálcio, magnésio, e sais com concentrações elevadas, devido à presença dessas substâncias no substrato. Outras, tais como fósforo,

nitrogênio, DBO e DQO, apresentaram concentrações mais baixas em relação às amostras de água de chuva de um telhado de referência. Através destes resultados pode-se inferir que o grau de lixiviação, medido através das concentrações efluentes ao telhado verde, dependem dos compostos ou substâncias analisadas. Ainda segundo os autores citados, a concentração de algumas substâncias químicas dependeu da taxa de escoamento de água no substrato (mm/m<sup>2</sup>).

No que se refere à incorporação de nutrientes à água de chuva, os dados obtidos por Moran, Hunt e Jennings (2004) mostraram que não houve incremento da qualidade da água de chuva captada através do telhado verde, contradizendo a hipótese original de que o telhado verde seria capaz de reter nutrientes e metais pesados. Ao contrário, as análises laboratoriais mostraram uma significativa diferença nas concentrações de nitrogênio total e fósforo total entre as amostras do telhado verde, do telhado de referência e da água de chuva. O telhado verde apresentou as maiores concentrações.

TOMAZ, (2005), Köhler e Schmidt (2003) já haviam alertado para o fato de que a camada verde pode filtrar poluentes e partículas suspensas no ar ou dissolvidas na água de chuva, ou mesmo carrear os poluentes presentes no substrato, comprometendo a qualidade da água armazenada.

Devido a esse nível dos compostos acima do permitido na água percolada seu uso tornou-se inviável até o momento e assim havendo a necessidade de estudar mais profundamente a qualidade da água lixiviada por cada componente dos substratos, individualmente, a fim de identificar as fontes dos elementos que presentes em concentrações elevadas tornam-se poluentes. Pode ser considerada a remoção de algum (s) dos componentes presentes na composição para se atingir um nível satisfatório de qualidade da água de escoamento.

MacMillan (2004) acrescenta que, de maneira geral, o telhado verde pôde aumentar a concentração da maioria dos metais, cátions, ânions, diversos nutrientes e bactérias. Entretanto, diminui a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a quantidade de sólidos suspensos, e a concentração de complexos nitrogenados e alguns compostos como alumínio, cobre e manganês.

A composição do substrato foi o principal fator apontado por Moran, Hunt e Jennings (2004) como responsável pela baixa qualidade da água que passa pelo telhado verde. Segundo os autores, a baixa qualidade evidenciada no escoamento do telhado verde foi decorrente da lixiviação de componentes encontrados em elevadas concentrações (nitrogênio e fósforo), e variou de acordo com as características do substrato. Entretanto, essas concentrações tendem a atingir um valor mínimo com o acontecimento de novos eventos chuvosos.

Quanto à capacidade de retenção de poluentes, verificou-se que esta é diretamente proporcional à espessura do substrato. Camadas de substrato de 12 cm mostraram-se mais eficazes na retenção de poluentes por possuírem maior quantidade de matéria orgânica, quando comparadas com camadas de 5 cm (KÖHLER e SCHMIDT, 2003).

A adoção do telhado verde como parte constituinte do sistema de aproveitamento de água de chuva demanda análise e cuidados diferenciados daqueles que consideram o telhado convencional como superfície de captação. Parte-se do pressuposto que os benefícios inerentes ao telhado verde devem ser incorporados às práticas de aproveitamento de água de chuva. Ao se considerar a retenção da água de chuva no telhado verde como volume aproveitável, e não perda, respalda-se no fato de que esta água não é lançada no sistema de drenagem urbana, como ocorre nos casos de descarte e/ou extravasamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva com telhados convencionais.

Tendo como base o estudo de Costa (2012), verifica-se que enquanto não houver um estudo mais profundo da composição do substrato é quase que imprescindível o uso de filtros e não desconsiderar o *first flush* mesmo que o telhado verde funcione como um filtro e/ou biofiltro.

### 3.3.1 – CHUVA ÁCIDA

A chuva ácida é causada pela presença de gases, principalmente óxidos ácidos de enxofre e nitrogênio, que saem das chaminés industriais e são solúveis em água. Misturados à água presente no ar hidrolisam formando ácidos que caem sobre a terra juntamente com a chuva.

A chuva não afetada pela atividade humana é pouco ácida, tendo pH em torno de 5,7. Esta acidez baixa é devida à presença de ácido carbônico,  $H_2CO_3$ , formado pela dissolução de  $CO_2$  em  $H_2O$ . Estes níveis de acidez não são prejudiciais ao meio ambiente. Na figura 33, é possível ver o efeito da chuva ácida em uma floresta.



FIGURA 33 – Efeitos da Chuva Ácida em Uma Floresta.

(FONTE: <http://lutarpelaliberdade.blogspot.com.br/2010/07/chuva-acida.html>)

No Brasil o exemplo mais marcante de poluição ambiental por chuva ácida foi a destruição da Mata Atlântica na região de Cubatão, na baixada santista. Os gases de nitrogênio e enxofre liberados às toneladas pelas chaminés das indústrias locais, destruíram a vegetação. Neste caso, a relação de causa – efeito era óbvia. A região de Cubatão era uma das mais poluídas em todo o mundo, como pode ser verificado na figura 34.



FIGURA 34 – Efeitos da Chuva Ácida em Cubatão, 1984.

(FONTE: <http://lutarpelaliberdade.blogspot.com.br/2010/07/chuva-acida.html>)

Após um enorme esforço feito por parte da comunidade científica, das primeiras organizações não governamentais brasileiras preocupadas com o meio ambiente e da imprensa que se empenhou em denunciar e esclarecer os fatos, foi elaborada uma legislação e montado um sistema de fiscalização que passou a controlar as emissões, forçando as indústrias a tomarem cuidados óbvios com as emissões gasosas.

A seguir uma figura de Cubatão após intervenção ambiental e tecnológica.



FIGURA 35 –Natureza reaparecendo ao redor do complexo industrial, 2010.

(FONTE: <http://lutarpelaliberdade.blogspot.com.br/2010/07/chuva-acida.html>)

Entretanto, não são apenas as indústrias que poluem com estes gases. As grandes cidades, com seus inúmeros carros, também são importantes produtoras de chuva ácida.

### 3.3.2 – FIRST FLUSH

Como dito anteriormente, para que haja aproveitamento da água da chuva é necessário que haja o pavimento impermeável, mesmo que a técnica utilizada seja o telhado verde ou pavimentos impermeáveis. É aconselhável que essa captação seja feita nos telhados, pois como o acesso é mais restrito do que se utilizar os pavimentos permeáveis em estacionamento por exemplo, uma vez que possuem uma carga menor de poluentes.

O descarte das primeiras chuvas ou *first flush* é um procedimento simples e recomendável, de limpeza da água da chuva muito utilizado. É a remoção dos primeiros milímetros de chuva, devido à concentração de poluentes tóxicos dispersos na atmosfera

conforme mencionado anteriormente, além da poeira, fuligem, materiais orgânicos que acumulam nas coberturas e calhas.

O descarte pode ser feito através de um componente importante do sistema de aproveitamento que é o reservatório de eliminação da primeira chuva, componente simples ou com o auxílio de dispositivos automáticos.

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

A seguir algumas figuras exemplificando sistemas de descarte da primeira chuva.

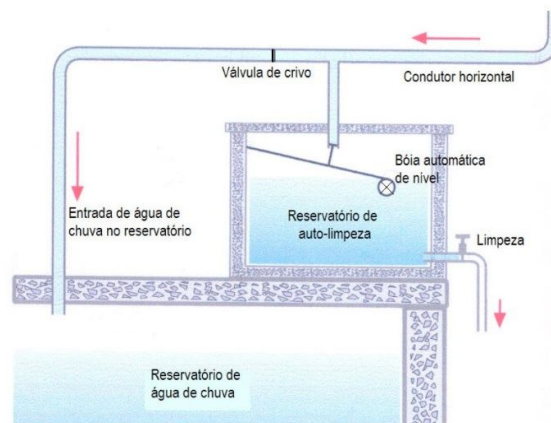


FIGURA 36 – Reservatório Auto Limpante Com Torneira de Boia.

(FONTE: <http://dc317.4shared.com/doc/wHQlrmt9/preview.html>, 2014)

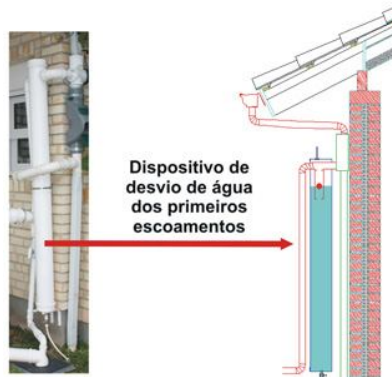


FIGURA 37 – Dispositivo de Desvio da Primeira Chuva

(FONTE: <http://www.projetos2d3d.com.br/index.php?pagina=1654452512>, 2014 )

O descarte da primeira chuva pode também estar associado a uso de um filtro e de uma estrutura desinfetante. O filtro serve para remover partículas grosseiras presentes no escoamento e a estrutura desinfetante para eliminar os microrganismos oriundos da precipitação. A seguir figuras exemplificando o uso de filtros no sistema de aproveitamento.

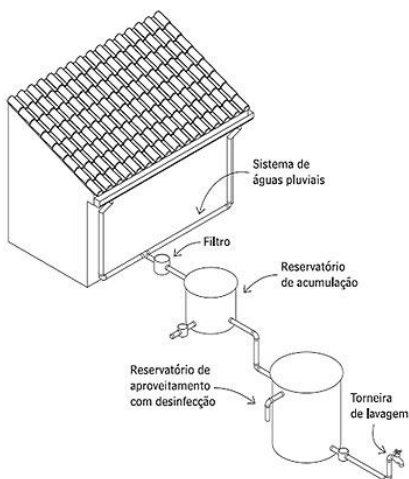


FIGURA 38 – Sistema de Descarte da Primeira Chuva com filtro e desinfecção.

(FONTE: [http://www.deco.ind.br/sistema2\\_2.html](http://www.deco.ind.br/sistema2_2.html), 2014)



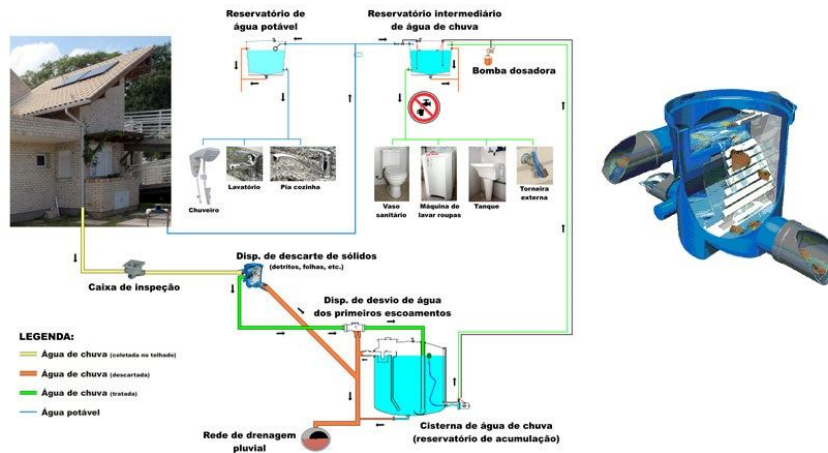


FIGURA 39 – Sistema de Descarte da Primeira Chuva com filtro de Separação de Sólidos.

(FONTE: <http://eficienciaenergetic.blogspot.com.br/2010/12/eficiencia-energetica.html>, 2014)

Costa (2012) avaliou a quantidade retida e a qualidade da água percolada e drenada desde a primeira chuva, ou seja, no *first flush* quando os poluentes que se encontram no meio permanecem inertes por um longo período e uma primeira precipitação “lava” estes elementos para fora, tornando a qualidade da água lixiviada neste primeiro escoamento inferior aos subsequentes. A coloração da água coletada não foi analisada mas pode ser consequência da presença de tanino e lignina presentes na composição da palha de coco.

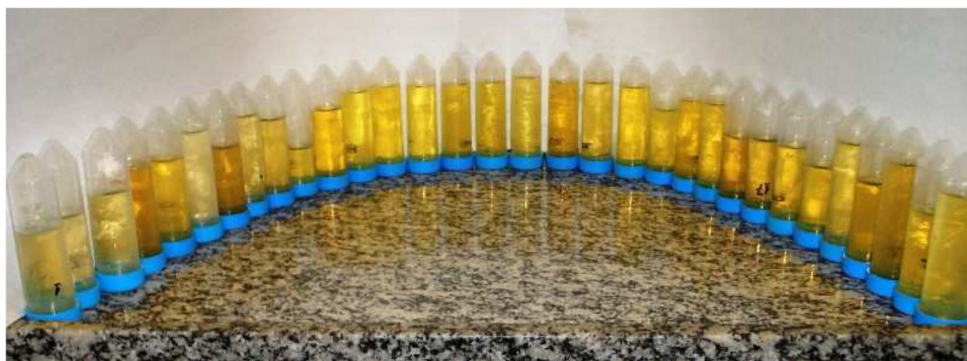


FIGURA 40 – Coloração da água percolada de um dos ensaios de coluna.

(FONTE: COSTA (2012)).

### 3.4 – PADRÃO DE POTABILIDADE

Observa-se que a água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, para beber e cozinhar alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis, a outra parcela da mesma água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. Estudos mostram que o consumo de água destinado aos usos não potáveis em uma residência varia de 30 a 40% do total de água consumida (The Rainwater Technology Handbook, 2001 *apud* TOMAZ, 2003).

O uso de fontes alternativas de suprimento é citado como uma das soluções para o problema de escassez da água. Dentre estas fontes destaca-se o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. O aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável.

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

A chuva ao cair trás os elementos presentes na atmosfera, os quais poderão interferir na qualidade desta água.

Caso o aproveitamento das águas pluviais seja para fins potáveis, será necessário um tratamento para alcançar o nível de potabilidade estabelecido na portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, válida para o Brasil.

#### 3.4.1 – PARAMETROS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS

Existem certos parâmetros relacionados a qualidade da água que devem ser analisados para que a mesma possa vir a ser tratada de acordo com o uso que será dado.

Os principais parâmetros a serem analisados de acordo com a CONAMA, e com as normas NBR 15527 e NBR 13969 que regem a qualidade da água para os fins não potáveis, são:

##### 3.4.1.1 – TURBIDEZ

Característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos finamente divididos ou estado coloidal. Também definido como a medida da redução da transparência ou a dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. É um parâmetro que afeta diretamente a cor da água.

Medida pelo uso do turbodímetro ou nefômetro, que consiste em comparar o espalhamento de um feixe pela amostra com o espalhamento de um feixe de mesma intensidade por uma amostra padrão.

#### 3.4.1.2 – pH

Potencial Hidrogenionico que vem a ser uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução.

A água da chuva já é ligeiramente ácida devido a uma pequena quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dissolvido na atmosfera, com um pH próximo de 5,6 tornando-se corrosivo para a maioria dos metais, para o calcário e outras substâncias. No Brasil chuvas com pH inferior a 5,0 são consideradas ácidas.

#### 3.4.1.3 - D.Q.O

Demanda Química de Oxigênio é a quantidade necessária para a oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio.

Parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e efluentes industriais. Muito mais útil quando utilizado juntamente com a DBO pois como seu valor é superior e o resultado é obtido no mesmo dia da coleta, pode ser usado para parear as diluições, lembrando que a relação DQO/DBO não é fixa.

#### 3.4.1.4 – DBO

Demanda Biológica de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e obstruir os filtros de areia.

O período de tempo de 5 dias à uma temperatura de 20<sup>o</sup>C é frequentemente usado como padrão de análise e referido como DBO<sub>5,20</sub>.

#### 3.4.1.5 – NITROGÊNIO

Sua presença em grande quantidade na água leva a eutrofização. Pode ser oriundo de despejos de esgoto ou de mineral, também encontrado nos fertilizantes.

Águas com alto índice de nitrogênio são prejudiciais ao homem e em concentrações acima de 50mg/L podem levar a morte.

#### 3.4.1.6 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio dissolvido ou OD é um fator limite para a manutenção da vida aquática e processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais.

Varia de acordo com a pressão atmosférica e com a temperatura do meio. Principal indicador da qualidade da água, como exemplo pode ser citado a mortandade de peixes na lagoa Rodrigo de Freitas.

#### 3.4.1.7 – FÓSFORO

Favorece o desenvolvimento de processos biológicos aeróbios, mas gera a eutrofização de corpos d'água, quando em muita quantidade assim como o nitrogênio.

#### 3.4.1.8 – FERRO

Aparece principalmente em águas subterrâneas devido a dissolução do minério pelo gás carbônico na água ( $\text{Fe} + \text{CO}_2 + \frac{1}{2} \text{CO}_2 = \text{FeCO}_3$ ).

Apesar de não constituir um tóxico, gera problemas para o uso da água com ferro em excesso como cor (provocando manchas em roupas e utensílios sanitários), sabor e depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica.

#### 3.4.1.9 – MANGANÊS

Ocorre naturalmente em água superficial e subterrânea porém atividades antropogênicas (atividades exercidas pelo homem) são responsáveis pela contaminação por esse composto. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/l.

#### 3.4.1.10 – COLIFORMES

São grupos de micro-organismos (bactérias) que são usados como indicadores de contaminação de algum corpo d'água.

Seu estudo/análise pode estabelecer um parâmetro indicador da existência de possíveis microrganismos patogênicos. É um importantíssimo parâmetro biológico e também está subdividido em Coliformes Totais que estão associados a decomposição de matéria orgânica em geral e que podem ou não necessitar de oxigênio e Coliformes Fecais ou Termotolerantes que estão associados a fezes de um animal de sangue quente.

#### 3.4.1.11 – CLORETOS

É o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expela através da

urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassem a 15mg/l.

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/L. Embora haja populações árabes adaptadas ao uso de águas contendo 2.000 mg/L de cloreto são conhecidos também seus efeitos laxativos.

#### 3.4.1.12– SÓLIDOS

Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos (utilizando-se balança analítica ou de precisão).

### 3.5 – PARAMETROS DE POTABILIDADE

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

Desenvolver normas e estabelecer critérios de uso e conservação da água da chuva nas edificações é extremamente necessário nos dias atuais, tendo em vista as grandes vantagens trazidas por esse sistema, como a conservação da água, através da redução do

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

A NBR 15527/2007 descreve acerca do aproveitamento da água de chuva, se aplica a usos não potáveis aonde essas águas captadas em uma cobertura urbana, podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

A NBR 13.969/97 descreve acerca do reuso de esgoto doméstico tratado, indicando o seu uso para fins que exigem qualidade de água não potável e sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens.

Nas tabelas 3 é descrito os parâmetros de qualidade que as águas de chuva devem ter para serem aproveitadas de acordo com as normas 15527 e 13969.

No quadro 2 é a descrição de classes de acordo com o uso desejado de acordo com a norma 13969.



Tabela 3 – Parâmetros do Aproveitamento da Água de Chuva Para Uso Não Potável.

PARAMETROS	ABNT NBR 15527:2007	ABNT NBR 13.969:1997			
	VALOR	VALOR			
		classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
pH	6,0 a 8,0	6,0 a 8,0	-	-	-
Turbidez (UNT)	< 2,0 , para usos menos restritivos < 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	-
SDT (mg/L)	-	< 200	-	-	-
Cloro Residual (mg/L)	0,5 a 3,0	0,5 a 1,5	< 0,5	-	-
OD (mg/L de O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	> 2,0
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	totais e termotolerantes ausência em 100 ml	< 200	< 500	< 500	< 5000

OD – OXIGENIO DISSOLVIDO

NMP – número mais provável

SDT – SOLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

UNT – unidade de turbidez

Quadro 2 – Classificação da qualidade da água de acordo com o uso.

CLASSE DE USO	USO DA ÁGUA
CLASSE 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
CLASSE 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;

CLASSE 3	reuso nas descargas dos vasos sanitários;
CLASSE 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Cabe aos órgãos competentes institucionalizar, regulamentar e promover o aproveitamento de água no Brasil, apoiando pesquisas que estudem as vantagens e problemáticas do aproveitamento da água da chuva, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, seja economicamente viável e socialmente aceita e segura.

## 4.0 – ESTUDO DE CASO – APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM COBERTURA COM TELHADO VERDE

### 4.1 - INTRODUÇÃO

A análise da eficiência de drenagem da água de chuva através de uma cobertura com telhado verde, será feito a partir da instalação desse telhado em um dos dois módulos experimentais (figura 41) no Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da UFRJ – IVIG.



FIGURA 41 – Módulos Experimentais - IVIG

(FONTE: Foto tirada pelo autor, 2014)

O IVIG é um centro ancorado na COPPE/UFRJ, que desenvolve estudos e pesquisas em áreas interligadas e relacionadas às transformações globais. Foi criado em 1999, por iniciativa da Faperj – Secretaria de Ciência e Tecnologia, dentro de seu Programa de Institutos Virtuais, que fomenta estudos e pesquisas sobre tópicos selecionados, de natureza interdisciplinar, em redes apoiadas nas universidades e institutos científicos e tecnológicos sediados no Estado do Rio de Janeiro, em colaboração também com outros grupos de pesquisa do país e do exterior.

O Instituto também é membro da Rede de Conhecimento sobre Mudança do Clima – *Climate Change Knowledge Network* - CCKN, a qual inclui organizações seletas de países desenvolvidos e em desenvolvimento que estão engajados em pesquisas sobre políticas em mudanças climáticas.

O IVIG é uma instituição multidisciplinar, que opera em rede com grupos, articulando pesquisadores, Governo, empresas e instituições internacionais.

#### 4.2 – APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PELO TELHADO VERDE

O sistema de aproveitamento da água da chuva se encontra EM EXPERIMENTO na edificação, consiste em uma cobertura em laje de concreto LOCAL QUE RECEBERÁ o telhado verde escolhido, dois ralos localizados na parte mais baixa da cobertura que são responsáveis pela captação da água drenada pelas camadas, dois condutores verticais de 100 mm de diâmetro e comprimento de 1,9 m até chegar a um joelho de 90° ( $\phi$ 100 mm). Este joelho direcionará a água para uma tubulação horizontal de 1,6 m de comprimento e diâmetro de 100 mm até encontrar outro joelho de 90° ( $\phi$ 100 mm) que levará a água até outra tubulação horizontal também com diâmetro de 100 mm e 0,61 m de comprimento, tubulação esta que chega até o reservatório (NETO,2012).

De acordo com NETO (2012) o tipo de telhado verde escolhido para a casa módulo IVIG foi o do tipo extensivo, e foi instalada pela empresa GREENWALL Biossistemas Urbanos (<http://www.greenwall.com.br/>, 2012).

A tecnologia patenteada pela empresa GREENWALL para telhados verdes consiste em uma camada de lona Sansuy que será posta logo acima da laje, no caso da casa módulo do IVIG/UFRJ e logo acima da manta impermeabilizante, no caso do protótipo da bancada experimental. Esta lona garante maior segurança no que diz respeito à impermeabilização da estrutura de suporte. A lona será seguida por uma camada de drenagem de 5 cm de espessura formada por argila expandida e, acima desta, haverá uma camada de eco-amofada de tecidos recicláveis com substrato leve de 10 cm de espessura, na qual será cultivada a vegetação (NETO, 2012).

As plantas que serão cultivadas nas coberturas verdes foram escolhidas observando suas características de adaptação ao clima local. Desta forma, conforme sugerido pela própria empresa que tem experiência no assunto, optou-se pela *Callisia fragrans* e *Neogrelia compacta* (NETO, 2012).

Tabela 4 – Características do Telhado Verde Adotado.

<b>CLASSIFICAÇÃO DO TELHADO</b>	
1. Quanto aos Componentes	EXTENSIVO
2. Quanto a Inclinação	PLANO (2%)
<b>CAMADAS DO SISTEMA COMPLETO (TECNOLOGIA PATENTEADA PELA GREENWALL )</b>	
1. Estrutura de Suporte	Laje de Concreto (IVIG)
2. Impermeabilização	Lona de Plástico
3. Drenagem	Argila Expandida
4. Substrato	Eco-almofada de tecidos recicláveis com substrato leve especial
5. Vegetação	<i>Callisia Fragans</i> e <i>Neogrelia Comapacta</i>

(FONTE: NETO, 2012)

#### 4.2.1 – APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

A partir dos dados pluviométricos disponíveis na época, da figura 41, NETO (2012) determinou o período de seca e o período de seca e através de dados sobre a capacidade de retenção, determinou o volume aproveitável para as duas épocas.

Dados Pluviométricos Mensais - Estação 8: Ilha do Governador												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	235,4	26,0	84,5	22,9	49,9	23,0	9,3	35,1	43,0	84,5	68,5	117,4
1998	242,7	275,0	99,4	68,8	115,8	41,7	34,1	23,3	59,0	123,8	87,5	223,2
1999	221,3	159,2	110,6	27,1	36,3	57,9	2,1	7,9	94,8	38,3	107,5	101,1
2000	216,0	173,6	129,5	38,6	13,4	5,0	53,3	45,6	97,4	39,2	165,8	116,2
2001	16,8	58,6	206,2	15,8	68,4	18,6	66,2	3,6	24,4	54,4	109,6	532,0
2002	137,6	144,8	67,8	37,2	71,4	54,2	6,8	55,4	35,8	123,6	148,6	46,4
2003	319,4	7,4	147,4	72,4	46,8	3,6	9,6	149,0	44,4	161,8	263,4	68,2
2004	187,4	192,6	66,0	124,0	58,4	32,4	87,6	17,4	12,4	60,0	146,4	132,2
2005	264,6	88,6	112,8	117,0	51,8	30,0	67,6	5,4	49,6	42,0	152,0	150,6
2006	295,4	110,0	38,6	99,0	50,2	19,6	22,8	34,0	89,6	96,8	116,0	95,8
2007	139,2	75,8	11,4	47,6	64,2	35,4	60,2	2,6	12,8	143,0	125,0	151,2
2008	167,2	141,2	263,4	101,6	41,2	57,0	34,6	45,0	73,8	62,0	217,4	126,4
2009	253,0	115,8	154,6	112,8	19,8	47,2	55,8	18,6	65,2	201,6	172,2	439,6
2010	181,2	58,2	366,2	320,8	67,8	32,0	51,0	2,4	22,4	108,0	135,6	326,0
2011	105,6	28,2	92,2	142,0	87,8	23,0	7,8	12,8	7,6	108,8	119,2	105,8

(Figura 42 – Precipitações mensais, em mm (1997-2011)).

(FONTE: NETO, 2012)

Precipitações dos meses chuvosos* (mm)				
7,4	68,5	110,6	142,0	216,0
11,4	68,8	112,8	144,8	217,4
15,8	72,4	112,8	146,4	221,3
16,8	75,8	115,8	147,4	223,2
22,9	84,5	116,0	148,6	235,4
26,0	87,5	116,2	150,6	242,7
27,1	88,6	117,0	151,2	253,0
28,2	92,2	117,4	152,0	263,4
37,2	95,8	119,2	154,6	263,4
38,6	99,0	124,0	159,2	264,6
38,6	99,4	125,0	165,8	275,0
46,4	101,1	126,4	167,2	295,4
47,6	101,6	129,5	172,2	319,4
58,2	105,6	132,2	173,6	320,8
58,6	105,8	135,6	181,2	326,0
66,0	107,5	137,6	187,4	366,2
67,8	109,6	139,2	192,6	439,6
68,2	110,0	141,2	206,2	532,0

\* Precipitações, listadas em ordem crescente, dos meses janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro do período de 1997 a 2011.

Figura 43 - Precipitações mensais (mm), em ordem crescente, da época chuvosa.

(FONTE: NETO, 2012)

Precipitações dos meses secos* (mm)				
2,1	18,6	35,8	53,3	71,4
2,4	18,6	36,3	54,2	73,8
2,6	19,6	38,3	54,4	84,5
3,6	19,8	39,2	55,4	87,6
3,6	22,4	41,2	55,8	87,8
5,0	22,8	41,7	57,0	89,6
5,4	23,0	42,0	57,9	94,8
6,8	23,0	43,0	58,4	96,8
7,6	23,3	44,4	59,0	97,4
7,8	24,4	45,0	60,0	108,0
7,9	30,0	45,6	60,2	108,8
9,3	32,0	46,8	62,0	115,8
9,6	32,4	47,2	64,2	123,6
12,4	34,0	49,6	65,2	123,8
12,8	34,1	49,9	66,2	143,0
12,8	34,6	50,2	67,6	149,0
13,4	35,1	51,0	67,8	161,8
17,4	35,4	51,8	68,4	201,6

\* Precipitações, listadas em ordem crescente, dos meses maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro do período de 1997 a 2012.

Figura 44 - Precipitações mensais (mm), em ordem crescente, da época seca.

(FONTE: NETO, 2012)



REFERÊNCIA	ASPECTO ESTUDADO	CARACTERÍSTICA	VOLUME ARMAZENADO	VOLUME DESCARTADO
Köhler et al. (2001)	Clima	Tropical	65,0%	35,0%
Teemusk; Mander (2007)	Ocorrência de eventos de chuvas	Com sequência de eventos	66,5%	33,5%
Mentes (2005)	Profundidade do substrato	Espessura entre 5 e 15cm	70,0%	30,0%
Robertson <i>et al.</i> (2005)	Quantidade de chuva	Maior que 39 mm	45,0%	55,0%
		Situações extremas de chuva	40,0%	60,0%
		<b>MENOR VALOR ENCONTRADO</b>	<b>40,0%</b>	<b>60,0%</b>

Figura 45- Volumes armazenado e descartado por coberturas verdes em função de alguns aspectos estudados.

(FONTE: NETO, 2012)

O módulo experimental que receberá a cobertura verde já se encontra com a parede verde instalada, conforme figura a seguir.



Figura 46 – Módulo experimental que receberá o telhado verde.

(FONTE: Tirada pelo autor, 2012)

O protótipo em questão (figura 47) tem como objetivo proporcionar a avaliação da qualidade da água que é drenada por uma cobertura verde e da quantidade da água que este sistema pode reter.



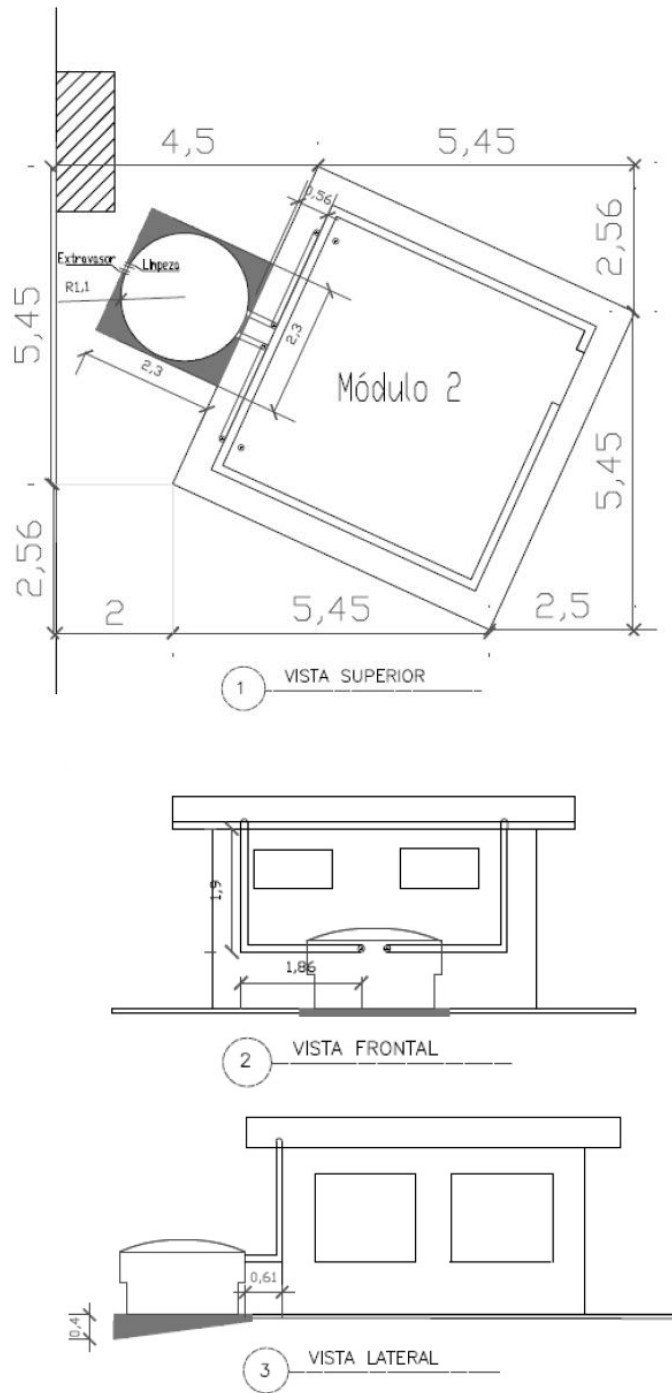


Figura 47 – Projeto do Protótipo da Cobertura do IVIG.

(FONTE: Elaborado pelo autor a partir de NETO, 2012)

A precipitação utilizada para o dimensionamento do reservatório deverá ser estimada considerando a sazonalidade dos eventos de chuva e a regra de operação que será imposta para a realização dos ensaios.

A ideia é estabelecer, para cada época do ano, uma regra para medições e esvaziamento do reservatório, de forma que ensaios não sejam perdidos devido à ocorrência de extravasamentos. Assim, nas épocas mais secas dos anos (com pouca chuva), o esvaziamento do reservatório será realizado em intervalos de tempos maiores do que em épocas chuvosas (NETO, 2012).

A partir desses dados e dessa proposta, NETO (2012) chegou a dois valores de volumes para o reservatório com propostas de esvaziamento.

A primeira é um reservatório com 3.000 litros, com a seguinte regra de operação: deverá ser esvaziado de 30 em 30 dias na época seca e, de 10 em 10 dias, na época chuvosa.

A segunda opção é utilizar um reservatório de 2.000 litros, que deverá ser operado da seguinte maneira: seu esvaziamento deverá ser feito de 20 em 20 dias na época seca e, de 7 em 7 dias, na época chuvosa.

#### 4.2.2 - SUBSTRATO

O substrato é uma mistura de elementos orgânicos e inorgânicos capazes de manter: o nível de nutrientes, umidade e oxigenação durante um período de tempo economicamente viável (ROLA, 2008).

A espessura adequada do substrato deve ser determinada de acordo com o tipo de cobertura e espécies, assim como nutrientes e aeração. Dependendo do tipo de cobertura verde, uma grande variedade de substratos está disponível. As características dos

substratos são: granulação, porcentagem de matéria orgânica, estabilidade estrutural, resistência à erosão pelo vento, permeabilidade, capacidade máxima de retenção de água, quantidade de nutrientes, aeração e pH. Junto com a camada de drenagem, o substrato facilita a drenagem do excesso de águas pluviais (IGRA *apud* FERRAZ; LEITE, 2011).

OS SUBSTRATOS DEVEM TER
Boa capacidade de retenção de água
Alto conteúdo de fração mineral
Alto conteúdo em matéria orgânica de origem natural
Alta capacidade de intercâmbio catiônico
Alta estabilidade biológica
Homogeneidade na mistura
Boa capacidade de reumectação
Baixa taxa de contração
Ausência de patógenos vegetais e de fitotoxicidade residual
Baixa inflamabilidade
Baixa salinidade
Baixa alcalinidade
Baixo conteúdo de cal ativa (virgem)
Estabilidade na manutenção de suas propriedades
Baixa compactação

Figura 48 - Características dos substratos.

(FONTE: NETO, 2012)

#### 4.3 – PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS

A adoção do telhado verde como parte constituinte do sistema de aproveitamento de água de chuva demanda análise e cuidados diferenciados daqueles que consideram o telhado convencional como superfície de captação.

Parte-se do pressuposto que os benefícios inerentes ao telhado verde devem ser incorporados às práticas de aproveitamento de água de chuva. Ao se considerar a retenção da água de chuva no telhado verde como volume aproveitável, e não perda, respalda-se

no fato de que esta água não é lançada no sistema de drenagem urbana, como ocorre nos casos de descarte e/ou extravasamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva com telhados convencionais (VASCONCELOS, 2008).

Com relação aos aspectos qualitativos, os resultados demonstraram que o telhado verde pode tanto reter quanto carrear poluentes, e que a composição do substrato, vazão do escoamento, tipo de cobertura vegetal e tempo de estabelecimento da vegetação são fatores determinantes no comportamento desse balanço. De acordo com o estudo feito por COSTA(2012), as variáveis analisadas para avaliar a qualidade da água de escoamento dos substratos (pH, CE, P, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Co, Ni) ficaram acima dos valores comumente encontrados na literatura, indicando que as composições aqui adotadas para os substratos podem implicar em uma fonte de poluição hídrica.

O presente estudo sugere que sejam avaliados a capacidade de filtragem e retenção do substrato escolhido e o quanto essa água captada poderia substituir a água potável para um possível consumo humano.

#### 4.4 – ANÁLISE

##### 4.4.1 - CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA POTÁVEL POR ATIVIDADE

Segundo Soares et al., (1999) *apud* May (2004), o sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser aplicado na lavagem de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, a água de chuva pode ser utilizada ainda para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, lava-jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial.

É necessário conhecer o consumo específico por atividade para a determinação da viabilidade de utilização das águas pluviais, pois determinadas atividades requerem maior ou menor nível de potabilidade para que o sistema seja eficiente.

As categorias de consumo de água em sistemas prediais podem ser residencial, comercial, industrial e pública. O consumo residencial é relativo a residências unifamiliares e edifícios multifamiliares.

O consumo comercial é de restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, auto-posto e lava-rápidos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas. O consumo industrial são as indústrias químicas e de produtos afins, indústria metalúrgica básica, indústria de papéis, indústria de alimentação, etc. Na categoria de consumo público estão os edifícios públicos, escolas, enfim, todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes (TOMAZ, 2000).

#### 4.4.1.1 – DEMANDA POR TIPO DE CONSUMO

A demanda que se deseja atender com este tipo de água influencia no sistema de aproveitamento de água de chuva. Portanto mensurá-la de forma precisa também é fundamental para garantir a economia do sistema, pois a demanda influencia diretamente no volume do reservatório.

Tabela 5 – Demanda de água em instalações comerciais.

<b>USUÁRIO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>FAIXA DE VAZÃO LITROS/UNIDADE/ DIA</b>	<b>Vazão Típica LITROS/UNIDADE/DIA</b>
Aeroporto	Passageiro	15 a 19	11
Asilo	Residente	19 a 454	340
Asilo	Empregado	19 a 57	38
Auditórios	Assento	8 a 15	11
Banheiro público	Usuário	11 a 23	19
Cinemas	Assento	8 a 15	11
Escolas	Aluno	38 a 76	57
Escritório	Funcionário	30 a 76	57
Hospitais	Leito	491 a 983	567
Hospitais	Funcionários	19 a 57	38
Hotel	Hóspede	151 a 227	189
Lavanderia	Máquina	1512 a 2457	2079
Lavanderia	Lavagem	170 a 208	189
Posto de gasolina	Empregado	30 a 57	49
Posto de gasolina	Veículos servidos	30 a 57	38
Prisão	Funcionário	19 a 57	34
Prisão	Presidiário	302 a 567	454
Restaurante convencional	Cliente	30 a 38	34

Restaurante rápido	Cliente	11 a 30	23
Shopping Center	Estacionamento	4 a 11	8
Shopping Center	Funcionário	30 a 49	38

(FONTE: TOMAZ, 2000)

Tabela 6 - Demanda interna e externa de água não potável em uma residência.

<b>DEMANDA INTERNA</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>FAIXA</b>
Vaso Sanitário – Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário – Frequência	Descarga/hab/dia	3 a 6
Máquina de lavar roupa – Volume	L/ciclo	100 a 200
Máquina de lavar roupa – Frequência	Carga/hab/dia	0,20 a 0,30
<b>DEMANDA EXTERNA</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>FAIXA</b>
Gramado ou Jardim – Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Gramado ou Jardim – Frequência	Lavagens/mês	8 a 12
Lavagem de carro – Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro – Frequência	Lavagem/mês	1 a 4

(FONTE: TOMAZ, 2000)

Segundo Coscarelli (2010), o consumo médio de água por atividades específicas nos domicílios no Brasil é expresso na tabela 7.

Tabela 7 – Consumo Médio de Uma residência Mutlifamiliar com até 4 habitantes.

<b>Consumo de água médio nos domicílios</b>	<b>(Litros/dia)</b>	<b>%</b>
Uso do Chuveiro	30 a 60	30
Bacia Sanitária	30 a 60	30
Bebida	2	1 a 1,5
Cozinha	5 a 10	5 a 10
Lavagem de automóveis (domiciliar)	2 a 4	1 a 2
Lavagem de roupas pessoais	10 a 20	5 a 10
Limpeza domiciliar	10 a 20	5 a 10
Rega de jardins	1 a 3	2

(Fonte: COSCARELLI, 2010)

Para se utilizar a tabela 7 mencionada anteriormente é necessário conhecer o consumo per capita da localização em estudo.

Tabela 8 – Consumo Médio Per Capta.

<b>COMPANHIA</b>	<b>CIDADE</b>	<b>LITROS/HAB/DIA</b>
SABESP/SP	SÃO PAULO	189,6
CEDADE/RJ	RIO DE JANEIRO	298,1
CESAN/ES	VITÓRIA	258,2
COPANOR/MG	UMBURATIBA	125,6
<b>COPASA/MG</b>	<b>BELO HORIZONTE</b>	<b>181,2</b>

(FONTE: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2011)



Utilizando os dados de Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011 fornecidos pelo órgão SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS, vinculado a SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL que por sua vez é vinculada a MINISTÉRIO DAS CIDADES, verifica-se que para a cidade do Rio de Janeiro um consumo per capita de água potável na ordem de 298,1 L/hab/dia.

Um estudo criterioso do volume ideal de armazenamento é importante para tornar esse tipo de sistema viável economicamente, pois é justamente o reservatório que encarece o sistema de aproveitamento de água de chuva. Segundo Thomas (2004), o custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Usos da água potável tais como bacias sanitárias, lavagem de automóveis, lavagem de calçadas, rega de jardins, lava roupas, etc. podem ser substituídos por águas pluviais. No entanto, deve-se atentar para a necessidade dessa água passar por uma análise, a fim de se determinar o tipo de tratamento necessário para cada fim.

#### 4.4.2 – VOLUME APROVEITÁVEL

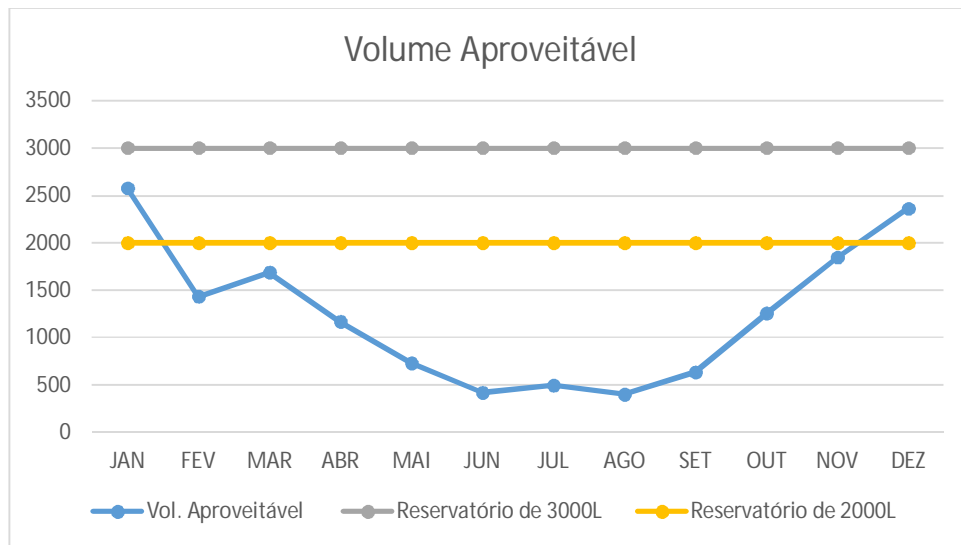
De acordo com NETO (2012) existem duas possibilidades para o reservatório que captará as águas drenadas pelo telhado verde, um de 3000 e outro de 2000 litros com regras de esvaziamento, porém o regime de chuvas não é uniforme o que pode tornar essa regra ineficiente e como há a possibilidade de que essa água não seja usada apenas para uma análise da eficiência do sistema, é necessário se verificar se o volume captado será suficiente para o consumo não potável de pessoas que ali trabalham e para uma rega de jardim.

Tabela 9 – Volume Aproveitável x Reservatórios Sugeridos por NETO(2012).

<b>MESES</b>	<b>VOLUME APROVEITAVEL PRECIPITADO (L)</b>	<b>RESERVATORIO EPOCA CHUVOSA (L)</b>	<b>RESERVATORIO EPOCA SECA (L)</b>
JAN	2577,14	3000	2000
FEV	1429,92	3000	2000
MAR	1685,32	3000	2000
ABR	1164,33	3000	2000
MAI	728,52	3000	2000
JUN	415,24	3000	2000
JUL	491,44	3000	2000
AGO	395,80	3000	2000
SET	632,62	3000	2000
OUT	1250,90	3000	2000
NOV	1844,38	3000	2000
DEZ	2360,53	3000	2000

(FONTE: NETO, 2012)

Gráfico 1 – Volume Precipitado e Reservatórios.



A partir da tabela de consumo 6 e do gráfico acima, podemos estimar quantas pessoas podem ser atendidas com o volume aproveitável, assim:

Vaso Sanitário – Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário – Frequência	Descarga/hab/dia	3 a 6

Tomando como base o mês de janeiro de 2014 que possui 31 dias, e por se tratar de uma edificação comercial serão desconsiderado os finais de semana, dessa forma há apenas 23 dias de utilização de uma vaso sanitário hipotético, logo o volume necessário para suprir a necessidade de apenas uma pessoa será de:

$$\text{Demanda} = \text{Volume} \times \text{Frequência} \times \text{dias} \times \text{hab}$$

$$\text{Demanda} = 6 \text{ [L/descarga]} \times 6 \text{ [descarga/hab/dia]} \times 23 \text{ [dia]} \times 1 \text{ [hab]}$$

$$\text{Demanda} = 828 \text{ L}$$

Assim encontra-se que para suprir a demanda mensal de uma pessoa em um mês será necessário 828 L.

#### 4.4.3 – QUALIDADE DA ÁGUA COLETADA

Como dito no capítulo referente a qualidade da água, os dados a serem analisados seriam a qualidade da água precipitada e a qualidade da água drenada pelo telhado verde.

Com relação a qualidade da água precipitada foi desenvolvido nos anos de 2003 e 2004, um projeto da UFRJ e UFF através de um contrato firmado com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Prefeitura do Rio de Janeiro que consistia em um monitoramento semanal das águas das chuvas na cidade (MAIA; DE MELLO, 2004). Esse projeto visava caracterizar com mais detalhes o quão comprometida estava a atmosfera urbana do Rio de Janeiro, seja por poluentes primários ou secundários.

O surgimento de chuvas ácidas foi considerado premente tanto na cidade do Rio de Janeiro quanto nos municípios vizinhos face às inúmeras fontes de emissões de NOx e SO<sub>2</sub>. A questão mereceu atenção pelo fato de não se ter conhecimento de qualquer tipo de monitoramento prévio que pudesse esclarecer quanto aos níveis de qualidade do ar, bem como da ocorrência ou não de chuvas contaminadas por ácido sulfúrico e/ou ácido nítrico na cidade do Rio de Janeiro (ABREU, 2005).

Através da instalação de coletores automáticos de chuvas, marca Graseby/GMW modelo APS78100, conforme apresentado na figura 49, nos mesmos locais onde foram instaladas as estações fixas de monitoramento da qualidade do ar da SMAC: Copacabana (Praça Cardeal Arco Verde), Tijuca (Praça Saens Peña), Centro (Largo da Carioca) e São Cristóvão. Essa instalação dos coletores em pontos distintos de monitoramento das precipitações, foi de grande importância pois caracterizava a atmosfera local e assim

evitando a mistura de águas de sistemas distintos e uma caracterização físico-químicas mais fieis por região.



Figura 49 – Coleta Automática de Deposição Úmida e Seca.

(FONTE: de MELLO; MAIA(2004))

Após 12 meses de monitoramento, os registros foram compiladas e também serviriam para o estabelecimento das devidas correlações com os resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas nas 4 (quatro) estações fixas de monitoramento da qualidade do ar da SMAC, toda essa tarefa ficou a cargo do Laboratório de Estudos em Poluição do Ar do Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Os resultados da caracterização dessa atmosfera encontra-se na tabela 10.

Tabela 10 – Resultado das Análises da Qualidade do Ar.

<b>Parâmetros</b>	<b>São Cristóvão</b>	<b>Tijuca</b>	<b>Centro</b>	<b>Copacabana</b>
pH	4,33	4,36	4,91	4,67
H <sup>+</sup>	47,0	43,3	12,4	21,5
Na <sup>+</sup>	30,4	38,1	42,0	56,0
K <sup>+</sup>	3,6	5,9	4,0	5,3
Mg <sup>2+</sup>	26,6	20,8	20,9	33,7
Ca <sup>2+</sup>	8,1	11,0	11,7	6,6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	28,9	23,9	26,8	16,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,0	15,5	12,8	11,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	29,2	25,4	27,4	21,4
Cl <sup>-</sup>	50,1	51,7	54,5	86,9

(FONTE, MAIA; DE MELLO, 2004)

#### 4.4.3.1 – TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Quando a área de captação utilizar materiais convencionais de acordo com a norma NBR 15527 faz-se necessário o descarte dos primeiros 2mm de chuva. Esse procedimento conhecido como *first flush*, e necessário para que os poluentes existentes na cobertura não sejam levados para o reservatório.

O descarte das primeiras águas já é considerado um pré-tratamento. E dependendo da qualidade que se deseja para o uso dessa água poderá haver ou não a necessidade de um tipo de tratamento mais aprimorado.

Dependendo do uso da cobertura, a finalidade da água reservada pode ser classificada.

Tabela 11 – Classificação da Pureza da Água Coletada pelo uso da Área de Captação.

<b>Classificação do grau de pureza</b>	<b>Tipo de área de coleta</b>	<b>Usos aconselháveis</b>
A	Telhados não utilizados por pessoas e animais	Sanitários e rega de jardim. E se purificadas, podem ser consumidas.
B	Telhados utilizados por pessoas e animais	Sanitários e rega de jardim. Não podem ser consumidas.
C	Estacionamentos e jardins Artificiais	Sanitários e rega de jardim. Não podem ser consumidas, e a água necessita de algum tipo de tratamento mais avançado.
D	Superfícies pavimentadas (Estradas, rodovias, ruas e ferrovias)	Sanitários e rega de jardim. Não podem ser consumidas, e a água necessita de algum tipo de tratamento mais avançado.

(FONTE: COSCARELLI, 2010)

Tabela 12 – Tratamento Recomendado pela NBR 13969 de acordo com a classe de uso.

<b>CLASSE DE USO</b>	<b>TRATAMENTO RECOMENDADO</b>
CLASSE 1	Necessário o uso de tratamento aeróbio, seguido de filtração convencional (areia e carvão ativado) e finalmente cloração
CLASSE 2	Um tratamento biológico aeróbio é satisfatório, seguido de filtração de areia e desinfecção. A filtração convencional pode ser substituída por membranas filtrantes
CLASSE 3	Tratamento aeróbio seguido de filtração e de desinfecção é satisfatório
CLASSE 4	Tratamento pode ser dispensável desde que os coliformes fecais estejam em um nível inferior a 5000 NMP/100 ml e o oxigênio dissolvido (OD) acima de 2,0 mg/L. Sua aplicação deve ser interrompida 10 dias antes do manuseio

(FONTE: ABNT NBR 13969/97)

O tratamento da água captada pode ser feito em todo o sistema de aproveitamento, conforme tabela 13.



Tabela 13 – Tipos de Tratamento nas Etapas do Sistema de Aproveitamento.

<b>TÉCNICAS DE TRATAMENTO</b>		
<b>Método</b>	<b>Local</b>	<b>Resultado</b>
Telas e grades	Calhas e tubo de queda	Previne entrada de folhas e galhos no sistema
Sedimentação	No reservatório	Sedimenta matéria particulada
<u>Filtração</u>		
Na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
<u>Desinfecção</u>		
Fervura/destilação	Antes do uso	Elimina micro-organismos
Tratamento químico (cloro ou lodo)	No reservatório ou no bombeamento (líquido, tablete/pastilha ou granulado)	Elimina micro-organismos
Luz ultravioleta	Sistemas de luz ultravioleta devem estar localizados após passagem por filtro	Elimina micro-organismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina micro-organismos

(FONTE: COSCARELLI, 2010)

Caso a sedimentação no reservatório não seja suficiente para oferecer uma melhoria significativa na qualidade da água adota-se filtros de areia como alternativa para a redução de impurezas, especialmente cor e turbidez.

Para o dimensionamento dos filtros deve-se considerar os critérios estabelecidos na ABNT NBR 13.969/97 e basear-se na bibliografia sobre tratamento de água.

Quando se requer a água para consumo humano, em geral, somente utilizar-se da filtragem com areia não é suficiente. Nesses casos, recomenda-se a desinfecção da água através de filtros com carvão ativado, por serem mais eficientes.

De acordo com a ABNT NBR 15527/2007, para a desinfecção pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros, desde que o residual de cloro se concentre entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

A norma alemã DIN 1989-1:2001-10 (1989) (*apud* ABNT) indica a floculação, flotação e separação por membranas como uma sequência de etapas eficientes de tratamento até para áreas de coleta como pátios com trânsito de veículos (estacionamentos).

Ressalta-se que qualquer método de tratamento deve ser avaliado quanto à sua aplicabilidade em cada caso específico, através do planejamento, da execução e da operação, observando-se as técnicas correspondentes.

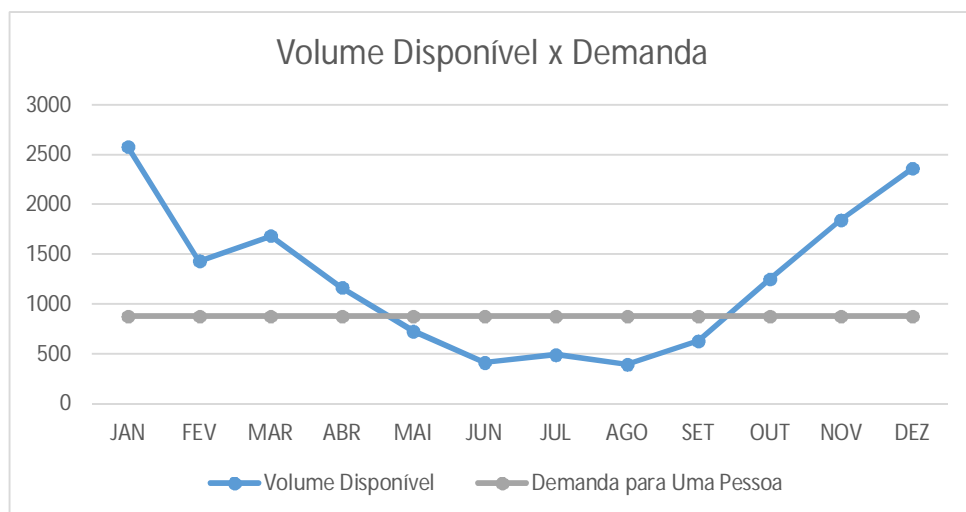
## 5.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo estudar o aproveitamento pluvial através de uma cobertura com telhado verde. Observando se o volume aproveitável seria capaz de servir como complementação a um sistema potável para atender o consumo humano e expor a qualidade que essa água deve ter para tal destino.

Caso essa água captada seja aproveitada para um consumo humano não potável existe a necessidade do uso de um filtro de acordo com a qualidade que se deseja atingir e que durante os meses de estiagem (de abril a outubro), o sistema deverá ser complementado com a água potável fornecida pela CEDAE.

Caso seja apenas de caráter experimental, para se determinar a qualidade e capacidade de água drenada, não há necessidade de filtro e a mesma pode ser utilizada apenas para rega de plantas.

.Gráfico 2 – Volume Disponível x Consumo para uma pessoa



De acordo com Neto (2012) há duas possibilidades de reservatório para reservar a água drenada, uma de 3000 litros e outro de 2000 cada um com sua regra de esvaziamento.

Após a análise do volume mensal aproveitável drenado chega-se à conclusão que um reservatório de 2000 litros seria suficiente para reservar esse volume e dar um futuro uso não potável a essa água, seja ela rega de um jardim ou uso em descargas.

A área de captação e volume do reservatório são fatores importantíssimos quando se fala de aproveitamento da água de chuva.

### 5.1 - LIMITAÇÃO

No Brasil existem poucos estudos acerca desta tecnologia, especificamente sobre composição de substratos.

Não foi feito nenhum estudo da qualidade da água drenada pelo telhado verde selecionado pois o mesmo ainda está em processo de instalação no módulo experimental do IVIG, logo não foi possível avaliar a eficiência filtrante do substrato.

Não há nenhuma informação sobre os benefícios do substrato selecionado quando se fala de retenção hídrica e capacidade filtrante (retenção de poluentes) que possibilite fazer alguma análise sobre a qualidade da água que irá ser drenada através do telhado verde e qual valor se esperar.

### 5.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realizar simulações de precipitação no teste de colunas para investigar a liberação de nutrientes na água de escoamento ao longo de um período de tempo maior e analisar a concentração dos parâmetros.

Através do teste de batelada e usando substratos mais conhecidos do mercado fazer o teste com diferentes proporções dos componentes para investigar a influência destes materiais

nas características físico-químicas e fazer análise qualitativa da água em contato com cada componente dos substratos.

Estudo de caso de implantação de telhados verdes em escolas proporcionando de maneira direta educação ambiental e conscientização da sociedade para os benefícios do uso deste tipo de cobertura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. OCORRÊNCIA DE CHUVA ÁCIDA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA URBANAS – ESTUDO DE CASO NO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA – RIO DE JANEIRO – RJ. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2005.

ANNECCHINI, K. P. Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES). Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2005.

CARVALHO, G. S. Análise de uma Proposta de um Sistema de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva para Uso em Bacias Sanitárias com Caixa Acoplada em Residências Unifamiliares. Monografia para o curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro SP, 2007.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. BAHIA ANÁLISE & DADOS, Salvador, v. 13, n. especial, p. 371-382, 2003.

COSCARELLI, A. P. F. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída, Rio de Janeiro, RJ. Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2010.

CUNHA, A.P. S. R. Experimento Hidrológico para Aproveitamento de Águas de Chuva Usando Coberturas Verdes (CVL). Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC). Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2004.

DE OLIVEIRA, C. C. Substratos para uso em telhados verdes: Avaliação da retenção hídrica e qualidade da água de escoamento. Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2012.

DE PAULA, H. M. Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório. Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

FERRAZ, Iara Lima; LEITE, Brenda Chaves Coelho. Amendoim no telhado: O comportamento da grama-amendoim (*Arachis repens*) na cobertura verde extensiva. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitória, 2011.

HANSEN, S. Aproveitamento da Chuva em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1996.

KOENIG, K. Rainwater harvesting public need or private pleasure? *Water* 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V. Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas (Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos). Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005.

KÖHLER, M., SCHMIDT, M. Study of an Extensive “Green Roofs” in Berlin. Part. III: Retention of Contaminants. Berlin, 2003.

MAIA, L.F.P.G e DE MELLO, W.Z., Monitoramento da Qualidade das Águas das Chuvas na Cidade do Rio de Janeiro – Relatório Final, Fundação José Pelúcio Ferreira – PCRJ/SMAC, 2004.

MacMILLAN, M. York University Rooftop Garden Stormwater Quantity and Quality Performance Monitoring Report, 2004.

MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

MARTINI, F. Potencial de Economia de Água Potável por Meio do Uso de Água de Chuva em São Miguel do Oeste – SC. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2009.

MARTISON, B. e THOMAS, T. Quantifying the First-flush Phenomenon. Development Technology Unit. School of Engineering, University of Warwick.

MORAN, A., HUNT, B., JENNINGS, G. A North Carolina Field Study to Evaluate Green roof Runoff Quantity, Runoff Quality and Plant Growth, 2004.

NBR 15527: Água de chuva -Aproveitamento de em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis -Requisitos. 2007.



NETO, P. S. G. Telhados Verdes Associados com Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva: Projeto de Dois Protótipos para Futuros Estudos Sobre esta Técnica Compensatória em Drenagem Urbana e Prática Sustentável na Construção Civil. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997.

NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais , 1989.

ROLA, Sylvia Meimaridou. A natureza como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: Estudo da capacidade do sistema de natureza em filtrar a água de chuva. Doutorado em Ciências em Planejamento Energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, abr. 2008.

SILVEIRA, F. A. Viabilidade Técnica Para o Aproveitamento da Água da Chuva em Rio Negrinho/SC. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2008.

TEEMUSK, A., MANDER, U., Rainwater Runoff Quantity and Quality Performance from a Green roof: The Effects of Short-Term Events, Ecol. Eng., 2007.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

VASCONCELOS, A. F. Análise da Qualidade da Água Pluvial para Sistemas de Aproveitamento com Separadores Automáticos. Trabalho de Conclusão de curso em

Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo  
– USP, 2008.

VECCHIA, Francisco. Cobertura verde leve (CVL): Ensaio experimental. In:  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO  
(ENCAC) E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO  
AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC). Maceió. Anais.2005.

## REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

[https://moodle.ufsc.br/file.php/26564/artigos/artigo\\_07\\_captacao\\_agua\\_da\\_chuva.pdf](https://moodle.ufsc.br/file.php/26564/artigos/artigo_07_captacao_agua_da_chuva.pdf);  
acesso em 20 de janeiro de 2014

<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/olaya.pdf>; acesso em 20 de janeiro  
de 2014

<http://www.ecoagua.pt/sbo/files/DIN1989.pdf>; acesso em 20 de janeiro de 2014

<http://www.meioambienteagua.pbworks.com/w/page/20725600/Porcentagem>; acesso  
em 20 de janeiro de 2014

[http://www.revistaplaneta.terra.com.br/secao/meio-ambiente/agua-doce-o-ouro-do-  
seculo-21](http://www.revistaplaneta.terra.com.br/secao/meio-ambiente/agua-doce-o-ouro-do-seculo-21); acesso em 20 de janeiro de 2014

<http://www.coladaweb.com/historia/a-agua-na-historia-do-homem>; acesso em 20 de  
janeiro de 2014

[http://www.fdamiaonoticias.blogspot.com.br/2012/10/semarh-comecara-construcao-de-  
1300.html](http://www.fdamiaonoticias.blogspot.com.br/2012/10/semarh-comecara-construcao-de-1300.html); acesso em 20 de janeiro de 2014

<http://www.conceitoverde.com.br/produtos/telhado-verde/>; acesso em 24 de janeiro de  
2014

[http://www.acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-amazonas-amazonia-Governo-investe-  
programa-Agua-para-todos-interior\\_0\\_881311876.html](http://www.acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-amazonas-amazonia-Governo-investe-programa-Agua-para-todos-interior_0_881311876.html); acesso em 24 de janeiro de 2014

<http://www.caatinga.org.br/>; acesso em 24 de janeiro de 2014

<http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecotelhado/default.aspx>; acesso em 4 de fevereiro de 2014

[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2012-1/coberturas/coberturas.pdf](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2012-1/coberturas/coberturas.pdf); acesso em 4 de fevereiro de 2014

[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_plinio\\_agua.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf); acesso em 6 de fevereiro de 2014

[http://www.arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011\\_02\\_01\\_archive.html](http://www.arquiteturapaisagismo.blogspot.com.br/2011_02_01_archive.html); acesso em 6 de fevereiro de 2014

<http://www.transasom.net/uso-de-telhado-verde-pode-reduzir-impactos-de-ilhas-de-calor/>; acesso em 8 de fevereiro de 2014

<http://www.fgempredimentos.blogspot.com.br/2012/07/brasil-ocupa-4-lugar-no-mundo-em.html>; acesso em 16 de fevereiro de 2014

<http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/platb/2009/12/16/a-virada-de-cubatao/>; acesso em 17 de fevereiro de 2014

<http://biologobichosolto.blogspot.com.br/2011/04/chuva-acida-formacao-prejuizos-e.html>; acesso em 17 de fevereiro de 2014

<http://veja.abril.com.br/301209/6-responsabilidade-p-250.shtml>; acesso em 19 de fevereiro de 2014

[http://www.protop.com.br/2010\\_turma42/?p=591](http://www.protop.com.br/2010_turma42/?p=591); acesso em 20 de fevereiro de 2014

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>; acceso em 20 de fevereiro de 2014

<http://www.cemacon.com.br/docs/suporte/7373d9345e3eecf583c3391d65bebd98.pdf>;  
acesso em 20 de fevereiro de 2014

<http://www.memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-26/rio-amplia-monitoramento-do-ar-e-dias-com-qualidade-boa-caem-10-pontos-percentuais>; acesso em; acesso em 21 de fevereiro de 2014

<http://www.noticias.r7.com/rio-de-janeiro/noticias/poluicao-do-ar-no-rio-e-quase-duas-vezes-mais-toxica-que-em-sao-paulo-diz-oms-20110926.html>; acesso em 21 de fevereiro de 2014

<http://www.educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/PoluentesAtmosfericos.htm>; acesso em 22 de fevereiro de 2014

<http://www.colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2012/08/21/brasil-e-o-segundo-maior-poluidor-da-america-latina/>; acesso em 22 de fevereiro de 2014

<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/Quem-sao-os-grandes-emissores-de-gases-de-efeito-estufa-/16/7>; acesso em 22 de fevereiro de 2014

<http://www.horizontegeografico.com.br/exibirMateria/1384/uniao-europeia-divulga-ranking-dos-maiores-emissores-de-co2>; acesso em 22 de fevereiro de 2014.

<http://www.interplanus.com/APROVEITAMENTO.pdf>; acesso em 22 de fevereiro de 2014

[http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523\\_155633.pdf](http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf); acesso em 22 de fevereiro de 2014

<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>; acesso em 24 de fevereiro de 2014

<http://www.inea.proderj.rj.gov.br/>; acesso em 1 de março de 2014

<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-de-qualidade-do-ar>; acesso em 1 de março de 2014

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>; acesso em 7 de março de 2014

<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/ivig/paginas/Default.aspx>; acesso em 9 de março de 2014