



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *Lato Sensu*
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL**

Daniel Sarti Franco

**ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
USO VEICULAR**

BELÉM

2013

Daniel Sarti Franco

**ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
USO VEICULAR**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental.

Orientador: Francisco de Assis Matos de Abreu.

BELÉM

2013



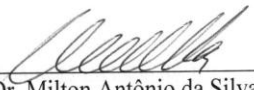
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS / FACULDADE DE GEOLOGIA
III CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL


ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

No dia doze de julho de dois mil e treze, com início às nove horas e trinta minutos, no laboratório GEOCART, do prédio de Pesquisa da Faculdade de Geologia, realizou-se a defesa de monografia, do III curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental, do (a) discente **Daniel Sarti Franco**, sob o título **“Estudo sobre a viabilidade de utilização da Água Pluvial, para uso veicular”**. Banca Examinadora foi composta por, Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta e Prof. MSc Igor Charles Castor Alves, examinadores e Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu. O (a) referido (a) aluno (a) apresentou, em aproximadamente trinta minutos, o seu trabalho, destacando os objetivos, a metodologia e os pontos relevantes do mesmo. A seguir, os avaliadores apresentaram suas análises, que foi complementada pelo (a) orientador (a) através de algumas observações e críticas pertinentes ao trabalho; mas destacando a importância da pesquisa realizada. Em seguida, o (a) aluno (a) teve oportunidade de manifestar-se, mais uma vez, respondendo aos analisadores. Por fim, a Banca Examinadora emitiu o parecer, atribuindo a monografia o conceito EXCELENTE

Belém, 12 de julho de 2013.


Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu


Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta


Prof. MSc. Igor Charles Castor Alves

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFPA

F825e Franco, Daniel Sarti
Estudo sobre a viabilidade de captação de água pluvial para uso veicular / Daniel Sarti Franco. Orientador: Francisco de Assis Matos de Abreu – 2013

73 f. : il.

Monografia (Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental, Belém, 2013.

1. Precipitação. 2. Consumo. 3. Autonomia. 4. *Pluviae box*. I. Abreu, Francisco de Assis Matos de, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 551.577

Dedico esse trabalho à Elis, aos nossos familiares e amigos.

“Cientistas deveriam se voltar para a simplicidade, para a observação dos elementos e das coisas óbvias”.

Robert Hooke (1665)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço aos que incentivaram o trabalho e acreditaram nos seus resultados.

Agradeço à Elis Watanabe Nogueira, que me acompanhou sempre e ajudou a concluir esse trabalho no qual ela sempre incentivou e participou.

Agradeço aos meus familiares e amigos pelas críticas e apoio.

Agradeço ao Wanderley Teixeira pelos arquivos CAD.

Agradeço aos professores da UFPA do curso de Pós Graduação em Gestão Hídrica e Ambiental em especial aos Professores Francisco de Assis Matos de Abreu e José Fernando Pina Assis.

Agradeço ao professor Alexandre Silveira da UNIFAL.

Agradeço à Lais Torres da Secretaria de Pós Graduação da GHA-UFPA.

Obrigado a todos.

RESUMO

Este trabalho pretende fornecer uma alternativa econômica e útil para o consumo de água em veículos, aproveitando, as águas pluviais. A pesquisa realizada visa estabelecer uma possibilidade onde cada indivíduo ao se deslocar com seu veículo, em um dia chuvoso, possa aproveitar a água da chuva no limpador de pára-brisas e sistema de arrefecimento entre outros. Toda Gestão do Recurso Hídrico em um sistema fechado, onde a partir do ciclo hidrológico, permita-se calcular a partir de índices pluviométricos da cidade de Belém do Pará, a viabilidade de se coletar uma fração insignificante da precipitação total, mas muito significativa para os reservatórios dentro dos veículos se justifica e assim conforme se pode comparar com o “coletor pluvial” para que o princípio funcione em automóveis, nesse caso utilizando um anteparo apropriado com características simples e análogas à calhas ou telhados “permeáveis”. A partir de gráficos de precipitação é possível prevê a quantidade de água coletada para utilização em um veículo, para isso são necessários (i) dados pluviométricos; (ii) captadores localizados nos tetos e capôs de veículos; (iii) reservatórios; (iv) estimativas de consumo e (v) comparações. O projeto dos captadores deve estar pronto, depois das conexões aos reservatórios e tendo em mãos os resultados das precipitações, analisar a eficiência através de gráficos de precipitação x consumo. Por fim, se buscou a organização dos dados sistematizados de forma a garantir uma abordagem que possa comprovar a viabilidade da proposta em discussão naquilo que se deseja adotar. A sociedade pode se beneficiar, criando uma consciência ambiental, na qual ela participa ativamente na conservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Precipitação. Consumo. Autonomia. *Pluviae box*.

ABSTRACT

This paper aims to provide an economical alternative and useful for water consumption in vehicles, taking advantage of the rainwater. The research aims to establish a possibility where each individual to move with your vehicle, on a rainy day, so you can take advantage of rainwater in the windshield wiper and cooling system among others. Every Resource Management in a closed system, where from the hydrological cycle, may be calculated from rainfall in the city of Belém do Pará, the feasibility of collecting an insignificant fraction of the total rainfall, but very significant for reservoirs inside vehicles is justified and so as to be compared with the "rain catcher" so that the principle works in cars, in this case using a bulkhead fitting with features simple and similar to gutters or roofs "permeable". From the graphs it is possible to provide for the precipitation amount of water collected for use in a vehicle, it is necessary to (i) the rainfall data, (ii) pickups located on roofs and hoods of vehicles, (iii) reservoirs (iv) estimates of consumption and (v) comparisons. The design of the pickups should be ready after the connections to the reservoirs and in the hands of precipitation results, analyze the efficiency of precipitation through graphs x consumption. Finally, it sought the organization of systematic data to ensure an approach that may prove the feasibility of the proposal under discussion in what you want to adopt. Society may benefit by creating environmental awareness, in which she actively participates in environmental conservation.

Keywords: Precipitation. Consumption. Autonomy. *Pluviae box*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 -	Elementos e Fatores Climáticos.	18
Quadro 2 -	Reuso e Aplicações Pluviais.	27
Quadro 3 -	Termos e Definições.	29
Quadro 4 -	Métodos para dimensionamento de reservatórios.	30
Quadro 5 -	Tipos de veículos e as diversas funções do <i>pluv.box</i> instalados.	40
Quadro 6 -	Condicionantes e Contingências.	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa da Zona de Convergência Intertropical.	19
Figura 2 - Circulação da atmosfera, células Hadley.	20
Figura 3 - Formação de nuvens, região equatorial, Brasil.	21
Figura 4 - Chuva na cidade de João Pessoa – PB.	23
Figura 5 - Mapa de localização de Belém.	31
Figura 6 - Crescimento da frota de veículos de Belém-PA, 2001-2011.	34
Figura 7 - Esquema da captação de água da chuva e distribuição no <i>Pluviae Box</i> .	36
Figura 8 - Anteparo de captação.	37
Figura 9 - <i>Pluv. box</i> em veículos, trem e navio.	39
Figura 10 - Equipamentos para captação e utilização no sistema de arrefecimento.	41
Figura 11 - Testes práticos do sistema <i>Pluv. box</i> .	43
Figura 12 - Pluviosidade da cidade de Belém.	45
Figura 13 - Dados pluviométricos semanais da cidade de Belém.	47
Figura 14 - Pluviosidade x Reservação x Consumo x Autonomia Favorável	49
Figura 15 - Gráfico de autonomia da chuva coletada.	50
Figura 16 - Pluviosidade x Reservação x Consumo x Autonomia Desfavorável	51
Figura 17 - Relação da chuva x eficiência do sistema. Cenário Otimista.	52
Figura 18 - Relação da chuva x eficiência do sistema. Cenário com pouca chuva.	53
Figura 19 - Veículos e relações de influência chuva e captadores.	53
Figura 20 - Foto aérea da cidade de Belém.	54
Figura 21 - Previsão do <i>Pluv. Box</i> nos veículos em Belém e seu potencial.	55
Figura 22 - Mapa da região Centro-Oeste e Tocantins.	57
Figura 23 - Precipitação Média x Consumo. C.O. e TO.	58
Figura 24 - Gráfico em barras da precipitação média x consumo. C.O e TO.	59
Figura 25 - Comparação gráfica de pluviosidade do C.O. e TO x Belém x Consumos.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Uso Múltiplo das Águas, BRASIL (1997).	28
Tabela 2 -	Potencial de captação.	38
Tabela 3 -	Descrição dos equipamentos.	40
Tabela 4 -	Cenários para consumo e autonomia de chuva coletada.	48
Tabela 5 -	Cenários para consumo e autonomia de chuva coletada.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivo Específico.....	16
3	REVISÃO CONCEITUAL.....	17
3.1	Clima e Tempo (circulação geral da atmosfera).....	17
3.2	Vento.....	18
3.3	Temperatura.....	20
3.4	Precipitação.....	21
3.5	Histórico do Pluviômetro.....	24
3.6	Captação de Água da Chuva em Residências.....	24
3.7	Reaproveitamento e Reuso da Água.....	26
3.8	Direito Ambiental dos Recursos Hídricos.....	28
3.9	Uso Múltiplo dos Recursos Hídricos.....	28
3.10	Água da chuva: NBR 15527.....	29
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
4.1	Localização.....	32
4.2	Solos.....	32
4.3	Vegetação.....	33
4.4	Topografia.....	33
4.5	Geologia e Relevo.....	33
4.6	Hidrografia.....	34
4.7	Clima.....	34
4.8	Transporte.....	35
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
5.1	Dados de pluviosidade cidade de Belém.....	36
5.2	Plotagem de Gráficos.....	37
5.3	Materiais: Concepção dos Equipamentos de Coleta e Distribuição.....	37
5.3.1	Captadores.....	38
5.3.2	Instalação, Formato dos Protótipos e Funções.....	39
5.3.3	Implementos do Captador.....	41
5.3.4	Testes de Funcionamento.....	43

5.4 Cálculos ABNT NBR 15527 (adaptados para veículos).....	44
5.5 Simulação da Capacidade de Reservação x Consumo x Autonomia	45
5.6 Discussão Sobre Viabilidade do Sistema.....	45
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	46
6.1 Conjuntura Favorável.....	49
6.2 Conjuntura Desfavorável.....	51
6.3 Eficiência do Sistema.....	53
7 APLICABILIDADE DO PLUVIAE BOX EM BELÉM DO PARÁ.....	55
8 APLICABILIDADE DO PLUV BOX NO C.O. E ESTADO DO TOCANTINS....	58
9 COMPARAÇÃO GRÁFICA DE PLUVIOSIDADE ENTRE BELÉM / TO E C.O.....	61
10 DISCUSSÕES FINAIS.....	63
10.1 Contingências Importantes.....	63
10.2 Viabilidade Ambiental.....	63
10.3 Captadores Móveis.....	64
11 CONCLUSÃO.....	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS.....	70

1 INTRODUÇÃO

Com o contínuo aumento do consumo de água, muitas alternativas para aproveitamento desse bem mineral, em um cenário mundial cada vez mais preocupado com o meio ambiente, obrigam a novas formas de utilização e gestão dos recursos hídricos. A utilização da água como recurso em diversos segmentos da economia e da própria subsistência das populações, pode gerar, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), um déficit, de água tratada e potável devido ao crescimento desorganizado e mal planejado, sem saneamento básico que permita uma renovação limpa da água em grandes centros urbanos.

Este trabalho apresenta uma proposta para a utilização das águas pluviais, para uso direto em veículos contribuindo no sentido de economizar água tratada bem como de indicar alternativas para o aproveitamento de águas pluviais.

Dessa forma, o problema central deste trabalho é estabelecer: “qual a viabilidade de se aproveitar a água da chuva em veículos?” E secundariamente, “como captar e armazenar a água para utilizá-la posteriormente?”

Identificados os índices pluviométricos na cidade de Belém do Pará onde as precipitações são constantes e volumosas, o sistema de captação da água pluvial em veículos (principalmente utilitários, ônibus e caminhões), implica positivamente a manutenção dos reservatórios de água veicular para limpadores de pára-brisas, limpeza do veículo, desaquecimento do sistema de arrefecimento, banheiros de ônibus e também na limpeza pública de ruas, gerando economia de água em escala local, onde as chuvas ocorrem com frequência.

A problemática que envolve a gestão dos recursos hídricos no Brasil, em escala regional ou local, promove diversas iniciativas em torno das melhores práticas para solucionar os problemas de saneamento básico e desperdício. Para minimizar ou esgotar os diversos prejuízos que isso acarreta para a sociedade sejam eles de saúde pública ou econômicos, boas iniciativas são indispensáveis para educar a população no sentido de utilizar racionalmente os recursos e deles tirar o melhor proveito sem prejuízo para o meio ambiente, de forma sustentável e com bom senso.

Dessa forma, ao criar uma alternativa limpa, segura, econômica, prática e funcional de aproveitamento de água pluvial em veículos, grande parcela da humanidade, vivendo em regiões com índices pluviométricos elevados podem usufruir melhor desse recurso hídrico.

Portanto, as águas pluviais aliadas à demanda constante de consumo de água podem em paralelo ao que ocorre, hoje em dia, na captação de água em residências e indústrias ser uma iniciativa ecologicamente bem aceita, de acordo com as características de necessidade de uso de água não potável no limpador de pára-brisas, sistema de arrefecimento, limpeza veicular e limpeza de vias públicas (caminhão pipa).

O aproveitamento direto das águas pluviais, realidade em condomínios e residências pode ser também uma realidade em veículos automotores, comprovada a viabilidade a que se pretende estabelecer nesse trabalho.

Devido às crescentes necessidades testemunhadas pelas populações quanto à necessidade de economia e uso consciente de água, o curso de Gestão Hídrica e Ambiental, oferecido pela Universidade Federal do Pará (UFPA), exerce influência muito positiva para capacitar tecnicamente propostas que visam planejar um futuro mais sustentável.

Não obstante, esse trabalho, visa concatenar todos os ensinamentos adquiridos, ao decorrer do curso, para formulação de um projeto inédito, ou pelo menos novo, que visa além da observação, uma análise crítica sobre as formas de coleta de água pluvial e suas aplicações especificamente para veículos. Hoje em dia, já existem muitos projetos de aproveitamento de água pluvial para residências com sucesso, inclusive observadas em normas como a NBR15527. No entanto, para veículos, ainda não há uma abordagem, nem mesmo norma específica, conhecida e difundida e, nesse intuito, o presente trabalho, visa também a discussão sobre a viabilidade de uma idéia, próxima à que já existe de fato, adaptada para veículos e suas diversas formas de aplicação.

À medida que a população adote essas medidas de aproveitamento de água pluvial em veículos, então o consumo de água da chuva tende a aumentar significativamente evitando a utilização de água tratada de postos de combustíveis, lava-jatos e domiciliar. Com isso, a economia será bem empregada de forma cômoda pelo usuário que não precisará mais se preocupar com que alguém abasteça seu veículo com água, uma vez que a chuva se encarrega disso sem nenhum esforço extra.

É grande a importância da água em nossas vidas, pois cada vez mais, a água é o centro de nossas atenções, pois não bastasse ser a maior constituinte do corpo humano, a idéia de sua escassez irá inviabilizar a vida humana, os benefícios do aproveitamento das águas de chuva esta nos pensamentos em todas as áreas, neste século XXI, devem estar voltados não só para um consumo responsável, mas também para novas formas de aproveitamento desse líquido tão importante e vital para todos os seres humanos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de água pluvial para o funcionamento do sistema de limpeza e arrefecimento veicular e enumerar demais aplicações secundárias ligados à economia de água tratada, através do dispositivo *pluviae box* instalado em veículos automotores.

2.2 Objetivos Específicos

- Revisar conceitos dos temas ligados ao clima e alguns exemplos de captação de água pluvial conhecidos;
- Pesquisar os índices pluviométricos da cidade de Belém do Pará;
- Avaliar a possibilidade de uso da água da chuva nos veículos;
- Apresentar protótipos que poderão ser instalados nos veículos e propor a implantação do sistema “Pluviae Box” incorporando ao formato do veículo sua função e forma;
- Identificar a quantidade necessária de água para abastecer reservatórios já existentes nos veículos fabricados e outros a serem implantados, para um consumo eficiente, conforme estimativas apresentadas;
- Fazer a comparação dos resultados dos gráficos de pluviosidade e estimar uma captação que possa suprir os reservatórios instalados;
- Fazer uma comparação com outras regiões onde o método pode ser aplicado com sucesso, visando o aproveitamento da água da chuva ao longo do ano sem precisar recorrer à outras fontes.

3 REVISÃO CONCEITUAL

3.1 Clima e Tempo (circulação geral da atmosfera)

De acordo com Costa, 1979, chama-se circulação geral da atmosfera à organização dos movimentos do ar que nela se produzem, à escala global, como resultado da distribuição de energia recebida do Sol sobre a superfície, das interações dessas temperaturas e da ação de duas leis físicas, gerais, acerca do movimento: Lei da força desviadora, ou Força de *Coriolis* e a Lei das Áreas (estabelecida pelo físico Kepler).

O tempo atmosférico é o estado da atmosfera num lugar e momento determinados, e descreve-se medindo os denominados fatores do tempo (pressão, temperatura, umidade e vento), aos quais há que juntar o nome dos fenômenos espaciais (meteoros) que tenham lugar no instante em questão, e a quantidade e o tipo das nuvens existentes (COSTA, 1979).

No entanto, apesar das delimitações das estações do ano, primavera, verão, outono e inverno, Weiner (1989) deixa claro que o clima não é tão constante e seguro como gostaríamos de pensar. Cientistas que estudam o clima presente e passado têm chegado à conclusão de que existem algumas épocas de mudança rápida e global e observam esse registro dinâmico nos leitos dos lagos, nas rochas, no gelo antigo dos pólos da Terra, em turbiditos existentes no fundo do mar. Muitos cientistas têm-se dedicado ao enigma do clima, tentando deduzir a evolução do clima da Terra no passado e sua evolução num futuro próximo.

O clima proporcionado pelas diversas condições atmosféricas no planeta é diferente em cada região do mundo. Ribeiro (1992) destaca que a integração de fenômenos num dado tempo e espaço criariam unidades, sendo que a cada nível escalar corresponderia uma abordagem específica, coerente com a extensão espacial, duração do fenômeno e técnicas analíticas empregadas.

A caracterização é baseada na análise de série de dados dos elementos do clima registrados em estações meteorológicas durante longos períodos. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomenda ser necessário no mínimo 30 anos de dados para estabelecer uma correta caracterização climática de uma área. Já o tempo pode mudar totalmente de um momento a outro. Num determinado dia pode amanhecer com chuva e frio, mas no decorrer do dia o céu pode mudar, ficando sem nuvens, ensolarado e quente. Em cada estação dominam certos tipos de tempo, porém podem ocorrer, de forma passageira, condições atmosféricas típicas de outras estações (VIANELLO; ALVES, 2002).

Para uma melhor compreensão dos diferentes climas do planeta, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apontam que os estudos em Climatologia são estruturados a fim de evidenciar os elementos climáticos e os fatores geográficos do clima. Esses elementos manifestam-se por meio de precipitações, ventos, nebulosidades, ondas de frio e calor, entre outros, que interagem na formação dos diferentes climas da Terra. Todavia, esses elementos, em suas diferentes manifestações, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos fatores geográficos do clima. A circulação e a dinâmica atmosférica superpõem-se aos elementos e fatores climáticos e imprimem ao ar uma permanente movimentação. A síntese desses elementos e fatores em interação exprime o clima de uma área (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Em Desastres Naturais, dos organizadores Tominaga et.al. (2009), a combinação dos elementos e fatores climáticos e do tempo atmosférico em um determinado lugar pode originar os desastres naturais (ABGE, 2011), considerando tanto aqueles deflagrados por algum(ns) elemento(s) do clima e notadamente ligado(s) a prejuízo(s).

Portanto, para melhores esclarecimentos quanto ao tema nesse trabalho, alguns conceitos de elementos e fatores climáticos podem ser enumerados resumidamente conforme mencionados no quadro 1, porém com intuito de entender a dinâmica e identificar benefícios.

Quadro 1 - Elementos e Fatores Climáticos.

Elementos do Clima	Fatores Geográficos do Clima
- Umidade	- Latitude
	- Altitude
- Pressão Atmosférica	- Continentalidade / Maritimidade
	- Vegetação
- Temperatura	- Atividades Humanas

Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007).

3.2 Vento

O vento é o ar atmosférico em movimento. A força principal para o deslocamento do ar atmosférico é o movimento de rotação da Terra, enquanto que as diferenças de pressão atmosférica na superfície do globo controlam a direção dos ventos (COSTA, 1979).

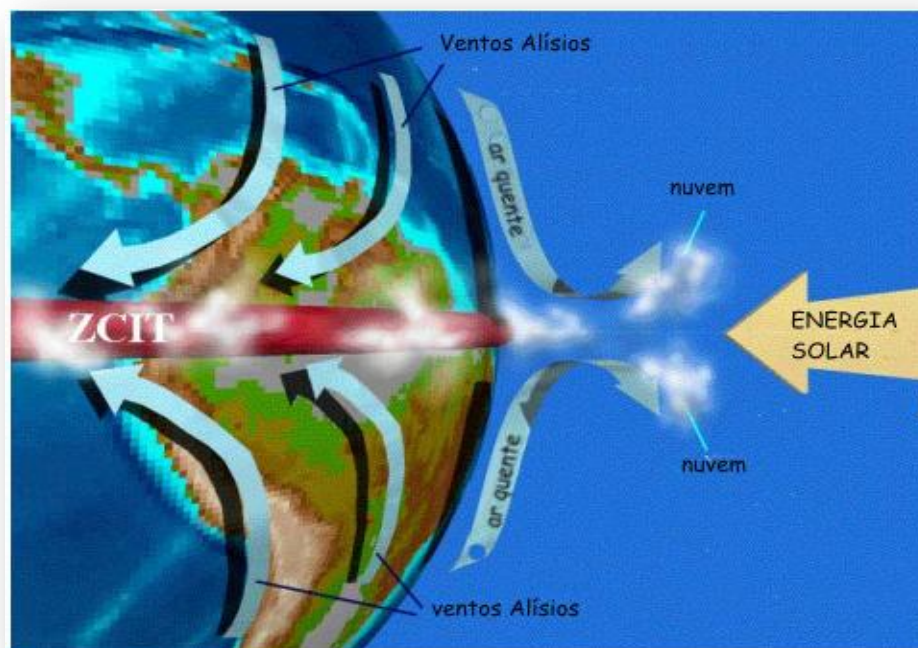
A atmosfera move-se, e a energia que a faz se mover provém do Sol. A luz solar aquece a superfície terrestre de modo geral (rochas, florestas, mares), que depois irradiam parte dessa energia aquecendo o ar que está por cima deles. Do mesmo modo que o ar aquecido por uma estrada asfaltada no verão, ou por um radiador no inverno, sobe, também o

aquecimento da superfície da Terra pelo Sol provoca correntes de ar ascendentes. O ar mais frio desce, tomando seu lugar, é aquecido e depois sobe. À noite, os movimentos ascendentes e descendentes de ar podem tornam-se visíveis através da cintilação das estrelas (WEINER, 1989).

O objetivo global da atmosfera é o equilíbrio. Dessa forma procede-se a esfriar o equador e aquecer os pólos. Apesar dos padrões de circulação serem altamente complexos, analogamente, seu movimento é devido ao mesmo tipo de processo convectivo que faz mover o mar no interior de suas bacias, e que provoca a deriva dos continentes da Terra (processos convectivos). Portanto, os ventos constituem apenas uma pequena parte do esforço contínuo da atmosfera para equilibrar as temperaturas da superfície terrestre. Comparando, pode-se dizer que os moinhos de vento e as grandes caravelas são, de fato, movidos à energia solar motivado pelo aquecimento desigual da Terra (WEINER, op.cit.).

Na região equatorial ocorre o encontro dos ventos Alísios (massas de ar que fluem dos trópicos para o equador) oriundos do hemisfério norte, chamados Alísios de Nordeste (SILVA et.al., 2011) com os originados do hemisfério sul, chamados Alísios de Sudeste, formando a Zona de Convergência Intertropical, ou ZCIT, figura 1, que influencia significativamente a pluviosidade na região equatorial, inclusive na cidade de Belém (MONTEIRO, 1991).

Figura 1: Zona de Convergência Intertropical.



Fonte: Wikimedia Commons (2010).

Existem ainda os ventos continentais, que sopram periodicamente para o mar ou vice-versa. Podemos citar o exemplo das brisas que mudam de direção entre o dia e a noite. Durante o dia a brisa sopra do mar para o continente, pois as rochas continentais aquecem mais rapidamente que as massas de água oceânicas. Assim, sobre o continente temos a ascensão de ar quente e por isso menos denso. Esse espaço é ocupado por massas de ar frio que se deslocam horizontalmente do mar para o continente. Durante a noite esse comportamento se inverte. O oceano aquecido transfere calor para as massas de ar imediatamente acima dele, produzindo a subida do ar. Assim, ocorre a migração das massas de ar já esfriadas do continente para o oceano (KOBİYAMA et.al., 2006).

3.3 Temperatura

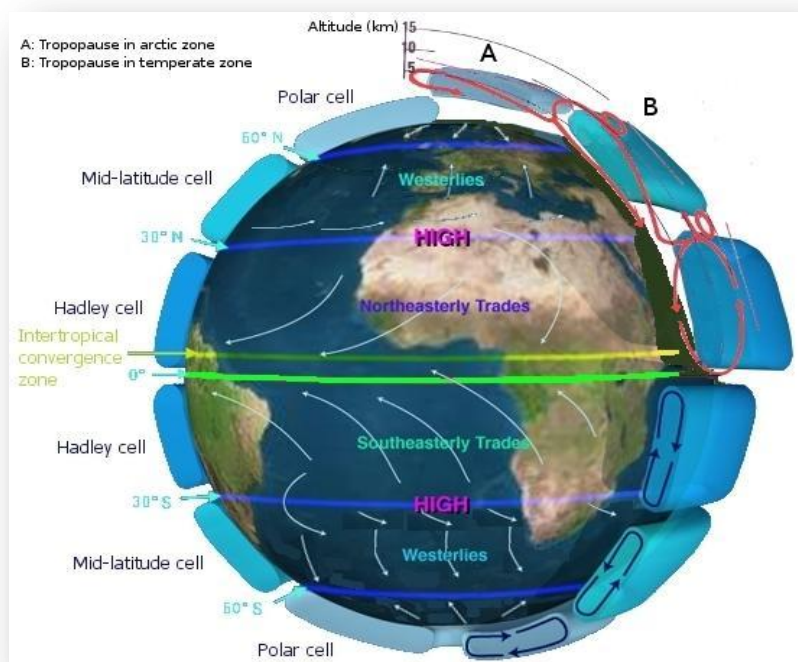
Corresponde a quantidade de energia absorvida pela troposfera após a difusão do calor absorvido pelo planeta nas porções sólidas e líquidas. É importante destacar que a atmosfera não é aquecida pelos raios solares quando emitidos diretamente pelo sol e, sim, após reagirem com as superfícies sólidas e líquidas do planeta, ou seja, a troposfera é aquecida pela irradiação vinda da superfície do planeta Terra (KOBİYAMA, op.cit.).

A circulação geral da atmosfera é desencadeada pela desigual distribuição de energia sobre a superfície terrestre, iniciando-se pela movimentação da energia acumulada nos trópicos em direção aos pólos. Essa movimentação forma três células de circulação em cada hemisfério: tropical, temperada e polar. Como exemplo, o ar que sobe na linha do equador (0°) resfria-se e torna-se pesado em altitude, descendo a 30° de latitude (célula Hadley). Nessa faixa, o ar desloca-se na superfície tanto para norte quanto para sul. Ao retornar para o equador (norte), completa a célula de circulação tropical. Esse mesmo processo também ocorre nas latitudes temperadas (30° e 60°) e nas latitudes polares (60° e 90°), formando as células de circulação temperada e polar, respectivamente (figura 2). As faixas de altas e baixas pressões, decorrentes da divergência (saída) e convergência (encontro) do ar, são interrompidas, devido à diferença de aquecimento entre terras e águas, formando centros de baixas e altas pressões, sobre os continentes e oceanos. Como as terras aquecem e resfriam mais rapidamente que as águas, os centros de pressão alternam suas posições em função das estações do ano (KOBİYAMA op.cit.).

Este modelo, em escala local, explica a brisa marinha e terrestre. Durante o dia a costa aquece mais rapidamente que o mar. O ar sobe na costa, formando uma baixa pressão e desce sobre o mar dando origem a uma alta pressão. O ar que se acumula sobre o mar se

desloca para o continente dando origem à brisa marinha. À noite as águas mantêm-se mais aquecidas do que o continente. O ar sobe sobre o mar e desce sobre a superfície terrestre. Da alta pressão que se forma sobre a terra mais fria ocorre divergência do ar, ou seja, o ar sai do continente para o oceano originando a brisa terrestre (VIANELLO; ALVES, 2002).

Figura 2 - Circulação da Atmosfera, células Hadley.



Fonte: Wikimedia Commons (2010).

3.4 Precipitação

A Chuva é o principal tipo de precipitação que ocorre no Brasil, conforme figura 3, uma vez que a precipitação de neve está restrita às áreas serranas da região sul em ocorrências ocasionais. Por isso é comum o termo precipitação ser utilizado para a chuva – o elemento climático que deflagra os principais desastres naturais no Brasil: as inundações e os escorregamentos (ABGE, 2011).

A quantidade de precipitação é normalmente expressa em termos da espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com 1m² de área. A unidade adotada é o milímetro, que corresponde à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre:

$$1 \text{ litro/m}^2 = 1\text{dcm}^3/100\text{dcm}^3 = 0,1\text{cm} = 1\text{mm}$$

Figura 3: Formação de nuvens, região equatorial, Brasil.



Fonte: Imagem de Satélite GOES -13, SOMAR (2013).

Isso significa que uma precipitação de 50 mm equivale à queda de 50 litros de água por metro quadrado de terreno, ou 500.000 litros por hectare. A precipitação é ainda caracterizada por sua duração (diferença de tempo entre os instantes de início e término) e por sua intensidade, definida como a quantidade de água caída por unidade de tempo e usualmente expressa em mm por hora. Os instrumentos de leitura direta usados para quantificar a precipitação são chamados pluviômetros, cuja boca deve estar a 1,5m do solo; e aos registradores chamam-se pluviógrafos, capazes de determinar a intensidade e duração da chuva. As chuvas são classificadas de acordo com sua formação, que é resultado do tipo de processo que controla os movimentos de elevação do ar geradores das nuvens das quais se precipitam, assim diferenciadas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007):

A Chuva de origem térmica ou convectiva resulta do forte aquecimento do ar, movimentos ascensionais turbilhonares e vigorosos, que elevam o ar úmido. Com a continuidade do aquecimento e atingindo a saturação, expressa pela temperatura do ponto de orvalho (TPO), ocorre a formação de pequenas nuvens cumulus, que tendem a se transformar em cumulonimbus, gerando a precipitação, e não raras vezes os aguaceiros tropicais de final de tarde (“chuva de verão”). Ocorrem no encontro de massas de ar de características distintas (ar quente + ar frio). São caracterizadas por serem contínuas, apresentarem intensidade baixa a moderada e abrangem grande área. Essa é uma das maneiras com que as frentes quentes e frentes frias se distribuem, originando a precipitação (chuva).

As chuvas de origem orográficas ou de relevo ocorrem por ação física do relevo, que atua como uma barreira à advecção livre do ar, forçando-o a ascender. O ar quente e

úmido, ao ascender próximo às encostas, resfria-se adiabaticamente devido à descompressão promovida pela menor densidade do ar nos níveis mais elevados. O resfriamento conduz à saturação do vapor, possibilitando a formação de nuvens estratiformes e cumuliformes, que, com a continuidade do processo de ascensão, tendem a produzir chuvas. Dessa forma, as vertentes a barlavento são comumente mais chuvosas que aquelas a sotavento, onde o ar, além de estar menos úmido, é forçado a descer, o que dificulta a formação de nuvens e a distribuição da chuva é mais constante.

Portanto, as chuvas orográficas são originadas quando uma massa de ar úmido que se desloca, encontra uma barreira topográfica (serra, montanha, etc), e é forçada a elevar-se, ocorrendo queda de temperatura seguida da condensação do vapor d'água e formação de nuvens. Chuvas orográficas apresentam pequena intensidade, e longa duração (SILVA et.al., 2011).

As chuvas litorâneas (figura 4) causadas pelo movimento de massas de ar mais quentes que sobem e condensam, ou chuvas convectivas ocorrem principalmente, devido à diferença de temperatura nas camadas próximas da atmosfera terrestre. São caracterizadas por serem de curta duração, porém de alta intensidade e abrangem pequenas áreas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Figura 4: Chuva na cidade de João Pessoa – PB.



Fonte: Foto de Valéria Sinésio (2012).

A Chuva de origem frontal forma-se pela ascensão forçada do ar úmido ao longo das frentes. As frentes frias, que gerarem movimentos ascensionais mais vigorosos, tendem a formar nuvens cumuliformes mais desenvolvidas. A intensidade das chuvas nelas geradas, bem como sua duração, será influenciada pelo tempo de permanência da frente no local, pelo teor de umidade contido nas massas de ar que a formam, pelos contrastes de temperatura entre as massas e pela velocidade de deslocamento da frente. Nas frentes quentes, a ascensão é mais lenta e gradual, gerando nuvens preferencialmente do tipo estratiforme (SILVA et.al., 2011).

3.5 Breve Histórico do Pluviômetro

A concepção de pluviômetro remonta ao séc. XV. A Coréia era um lugar seco, e o rei Sejong (1397-1450) desejava cobrar os impostos territoriais com base numa estimativa de produção agrícola. Dessa forma, foi criada uma rede de medição das chuvas, e os magistrados de cada vilarejo receberam ordens de relatar o índice pluviométrico para o governo central (CHALLONER, 2010).

Em 1441, todos os vilarejos receberam um recipiente cilíndrico padronizado, com 43 cm de altura e 17 cm de largura, preso a um suporte; uma régua especial foi usada para medir a profundidade da água que entrava no recipiente durante determinado tempo. Seu inventor foi um cientista e funcionário público chamado Jang Yeong-Sil. O método de medição da chuva não requeria muito trabalho. Os chineses, por sua vez, usavam uma técnica semelhante para medir a quantidade de neve desde 1247 (CHALLONER, op.cit.).

Em 1662, Christopher Wren (1623-1723) inventou o pluviógrafo, um medidor de chuvas mecânico, que se esvaziava automaticamente e que tinha recipientes basculantes que coletavam a chuva em seqüência (CHALLONER, op.cit.).

3.6 Captações de Água da Chuva em Residências

Diversos estudos relacionados à captação de água pluvial e seus diversos aproveitamentos estão sendo a cada dia, cada vez mais, estudados. Hoje a utilização da água da chuva em residências é bem conhecida.

Segundo estudo realizado por Santos et.al. (2007), no condomínio localizado em João Pessoa-PB, a aceitabilidade por parte dos condôminos é percebida uma vez que a utilização de sistemas de captação e armazenamento de água da chuva para fins não potáveis é

uma realidade que obteve êxito na economia de água, devido ao alto consumo praticado pelos moradores, o que pode ser verificado, em diversas outras situações em diversos outros condomínios.

No citado trabalho, foram aplicadas técnicas apresentadas no meio acadêmico de aplicação de um método capaz de satisfazer os moradores que contribuíram por meio de respostas à questionários e verificou-se que o aproveitamento da água da chuva é de grande valia para a sociedade.

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas (ZAVATTINI, 2004). É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para sua utilização pelos organismos. Eles devem conter substâncias essenciais à vida além de estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos deletérios aos organismos que compõem as cadeias alimentares. Assim, disponibilidade de água significa que ela está presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também que sua qualidade deve ser satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos (biota).

Atualmente, com o aumento da demanda devido ao crescimento populacional, a água tem se tornado um recurso natural cada vez mais escasso. Uma das maneiras viáveis para a minimização do problema é a captação de água de chuva, onde a água captada pode ser utilizada para fins domésticos, tais como descargas em vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagens de roupas, de calçadas, automóveis e até para o consumo humano, desde que receba o devido tratamento. Com um sistema de captação de água de chuva é possível reduzir o consumo de água potável e conseqüentemente os gastos, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e ainda preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos, além de minimizar o arraste de lixos e resíduos de automóveis para os corpos hídricos através das águas pluviais (ZAVATTINI, op.cit.).

As águas de chuva sofrem um processo natural de diluição e autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, nem sempre suficiente para realmente depurá-la. Uma pesquisa da Universidade da Malásia concluiu que após o início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que normalmente pouco tempo após a mesma já adquire características de água destilada, que pode ser coletada

em reservatórios fechados. Em resumo, a água de chuva sofre uma destilação natural muito eficiente e gratuita. Esta utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. O custo baixíssimo da água nas cidades, pelo menos para residências, inviabiliza qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para ingestão (LORENZETE et.al., 2011).

Uma prática cada vez mais freqüente nas construções é o aproveitamento de águas pluviais para fins não-potáveis, como lavagem de jardins e calçadas e descarga de vasos sanitários. Devemos nos conscientizar sobre a importância em se ter um tratamento de qualidade, pois, apesar de ser uma boa iniciativa, o cidadão que fizer uso de tal sistema deve se lembrar de que a água não tratada, quando em contato com a pele humana, pode causar alergias e infecções, por isso, recomenda-se que a água armazenada seja tratada (LORENZETE op.cit.).

Com o sistema de captação de água de chuva é possível armazenar a água e utilizá-la de acordo com as necessidades da residência. Com a captação de água de chuva é possível economizar água potável, uma vez que serviços gerais como lavagem de quintal, carros, descargas em vasos sanitários podem ser feitos com a água armazenada que poderá ser consumida a qualquer momento (CETESB, 2010).

3.7 Reaproveitamento e Reuso da Água

Outra possibilidade bem sucedida, apresentada no trabalho de Tabosa (2003), é o aproveitamento da água para limpeza de veículos em postos de gasolina, onde os veículos, através de um sistema de recirculação da água são limpos. O sistema de floculação/flotação, chamado de sistema FF, é responsável pelo reaproveitamento da água através de equipamento patenteado, capaz de recircular a água da lavagem de veículos e mais tarde ser empregado novamente para o mesmo fim, fazendo assim um lava-jato sustentável, ecologicamente capaz de economizar água.

O trabalho inclui atividades de pesquisa e desenvolvimento e aplicação de um processo de tratamento e reciclagem da água na lavagem de veículos. O equipamento, batizado de FF (floculação-flotação) é uma inovação onde a floculação é assistida por bolhas de ar e pela hidrodinâmica do equipamento, gerando flocos aerados que carregam os poluentes. O sistema de Floculação-Flotação apresenta custos de implantação (construção do equipamento) e custos operacionais. Entretanto, o sistema demonstrou proporcionar uma elevada clarificação da água tratada, comparada com o efluente, o que possibilita a sua

reutilização sem ocasionar problemas. Outra vantagem deste sistema é a eliminação completa do efluente líquido da lavagem dos ônibus, ou seja, proporciona a emissão zero de agentes poluidores junto à lavagem de veículos. Acredita-se que o FF será utilizado em inúmeras aplicações em outros efluentes poluídos e permitirá o reuso e depuração das águas.

Além dos trabalhos citados, diversos tipos de reuso de água e suas respectivas aplicações podem ser observados no quadro 2.

Quadro 2 - Reuso e Aplicações Pluviais.

TIPOS DE REUSO	APLICAÇÕES
Irrigação Paisagística	Parques, campos de golfe, faixas de domínio de auto-estradas, campi universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.
Irrigação de campos para cultivos	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.
Usos Industriais	Refrigeração, resfriamento de caldeiras, lavagem de gases, água de processamento.
Recarga de Aquíferos	Recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.
Usos urbanos não potáveis	Irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga em vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos , lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.
Finalidades Ambientais	Aumento de vazão em cursos d'água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústria de pesca.
Usos Diversos	Aqüicultura, fabricação de neve, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

Fonte: Crook (1993) apud Medeiros Leitão (1999) apud Tabosa (2003).

Os mais importantes tipos de reuso incluem a lavagem de veículo. Pode-se acrescentar a essas aplicações, outras importantes aplicações descritas nos capítulos a seguir, onde pretende-se descrever o sistema de captação da chuva e sua utilização veicular. De qualquer forma é importante enumerar as outras inúmeras aplicações que servem de subsídio para adaptações na captação e aplicação dos recursos hídricos pluviométricos como o que se apresenta nesse trabalho. Portanto, conforme a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (1992) apud Morelli (2005) as diversas formas de reuso são divididas

em potável e não potável, sendo que a utilização de água pluvial enquadra-se na categoria de reuso não potável. Porém a conotação “reuso” aqui apresentado, deve-se ao caráter do aproveitamento racional do ciclo hidrológico, do uso direto da chuva, na verdade, e não propriamente como reaproveitamento ou reuso. Partindo desse pressuposto, entende-se que as aplicações são diversas e ainda muito pouco utilizadas, no cotidiano. Assim os trabalhos apresentados por Tabosa (2003) é dispensável para a purificação da água no uso pluvial para alguns fins que não dependem de recirculação, onde o consumo é reduzido.

3.8 Direito Ambiental dos Recursos Hídricos

Os recursos hídricos de acordo com Sirvinskas (2008), no Manual de Direito Ambiental, refere-se à água como um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência do homem e da Terra e a pressão sobre ela está cada vez mais intensa. A água “é essencial às funções vitais e existe na biosfera na forma líquida (salgada e doce), sólida (doce) e de vapor (doce). A sua forma líquida constitui cerca de 97,72% encontrada na biosfera, sendo que desse percentual 97% é salgada e somente 0,72% é doce”. Registre-se, apenas por curiosidade, que desde que houve o resfriamento da Terra, há muitos milênios (4,5 bilhões de anos), permanece a mesma quantidade de água, ou seja, 1,4 bilhão de metros cúbicos (salgada e doce).

Somente 90 milhões de quilômetros cúbicos (doce) encontram-se prontos para beber, mas nem todo este estoque está disponível na natureza, e só podemos utilizar os recursos renováveis pelas chuvas, reduzindo-se para 34 milhões de quilômetros cúbicos anuais, correspondendo a 0,002% das águas do planeta. O aumento do consumo duplicará nos próximos trinta e cinco anos, chegando no limite da disponibilidade da água. Atualmente, perto de 70% da água do mundo é utilizada para a agricultura, 22% para as Indústrias e 8% para residências (SIRVINSKAS, 2008).

3.9 Uso Múltiplo dos Recursos Hídricos

A regra fundamental é de que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, Lei n. 9.433/97, art 1º, IV). Portanto, segundo o Manual de Direito Ambiental, entende-se por uso múltiplo os itens na tabela 1:

Tabela 1 - Uso Múltiplo das Águas.

Itens	Uso das águas
1	o consumo humano direto;
2	a dessedentação de animais;
3	o abastecimento público e privado;
4	a diluição dos esgotos;
5	o aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
6	o transporte;
7	a irrigação;
8	os esportes;
9	o lazer;
10	a pesca.

Fonte: (BRASIL, 1997)

3.10 Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis: NBR 15527

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da portaria nº 518 de 25/03/2004 estabelece normas junto ao Ministério da Saúde para qualidade das águas para consumo, onde se encontram diversas normas, inclusive a NBR12203 (1992) que visa o projeto de captação de superfície para abastecimento público englobando vários tipos de uso.

A NBR nº15527 de 24/07/2011 estabelece parâmetros de uso para água da chuva, em áreas urbanas, para residências, prédios, galpões e Indústrias, incluindo em seu escopo a NBR 12203. Porém, para uso veicular não existe uma Norma específica, portanto a que mais se aproxima do objetivo a que se pretende este projeto é a própria NBR15527, e demais normas agregadas pertinentes ao assunto, onde se faz necessários as definições do quadro 3.

Em condições gerais outras Normas devem ser atendidas: as ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844. Nos estudos deve constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida no sistema. Incluem-se na

concepção as séries históricas e sintéticas das precipitações da área de estudo onde será aplicado o projeto.

Quadro 3 - Termos e Definições.

Termos	Definições
Água de chuva	Resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos e animais.
Água não potável	Água que não atende à Portaria nº 2.914 de dezembro de 2011: que não serve para ser ingerida.
Área de Captação	Área em m ² , projetadas na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.
Coefficiente de runoff	Coefficiente que apresenta a relação entre o volume total precipitado, variando conforme superfície.
Conexão Cruzada	Qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra de qualidade desconhecida ou não potável.
Demanda	Consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis.
Escoamento Inicial	Água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.
Suprimento	Fonte alternativa de água para complementar o reservatório da água de chuva.

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007).

Além dos itens acima enumerados que fazem parte da Norma, o dimensionamento e características das calhas e condutores são mencionadas assim como os reservatórios, a qualidade da água, o bombeamento e a manutenção desses equipamentos.

Para efeito de cálculos são descritos 06 (seis) métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios para uso efetivo, conforme quadro 4.

Dependendo das contingências que se encontrem deve-se aplicar um dos métodos citados, onde as variáveis estão relacionadas com: $S_{(t)}$ – volume de água no reservatório no tempo t ; $S_{(t-1)}$ – volume de água no reservatório no tempo $(t - 1)$; $Q_{(t)}$ – volume de chuva aproveitável; $D_{(t)}$ – demanda ou consumo no tempo t ; V – volume do reservatório; C – coeficiente de escoamento superficial; P – valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm); T – valor numérico de massa de pouca chuva ou seca; A – valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em m²; V^* - valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório em (L); I – interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm.

Os fundamentos dentro de cada fórmula são importantes para tomada de decisão nos cálculos a serem executados para evidenciar a eficácia do método. A abordagem pode sofrer alguma variação ou adaptações dependendo do objetivo que se queira alcançar. Todos esses cálculos e medidas são propostos pela ABNT NBR 15527, e não menciona o uso em veículos, mas sim em prédios, residências e Indústrias, conforme mencionado anteriormente.

Quadro 4 - Métodos para dimensionamento de reservatórios.

Métodos	Fórmulas
Rippl	$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$ $Q_{(t)} = C \times \text{precipitação}_{(\text{chuva}(t))} \times \text{área captação}$ $V = \sum S_{(t)}$, somente para valores $S_{(t)} > 0$ sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$
Simulação	$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$ $Q = C \times \text{precipitação}_{(\text{chuva}(t))} \times \text{área captação}$ Sendo que: $0 \leq S \leq V$.
Azevedo Neto	$V = 0,042 \times P \times A \times T$
Prático Alemão	$V_{\text{adotado}} = \min(V; D) \times 0,06$
Prático Inglês	$V = 0,05 \times P \times A$
Prático Australiano	$Q = A \times C \times (P - I)$ $V^* = V_{(t-1)} + Q - D_{(t)}$

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

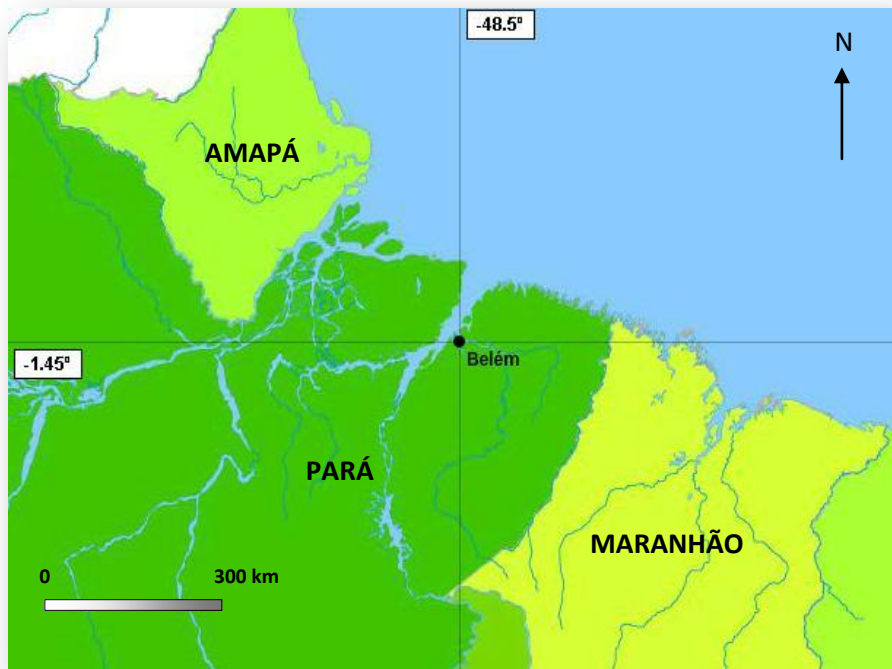
Ocupando uma área de 1.065 km², Belém conta atualmente com 1.437.600 habitantes, é a segunda cidade mais populosa da Amazônia, um dos principais mercados exportadores de minério (IDESP, 2011).

A sede Municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°27'20" de latitude Sul e 48°30'15" de longitude a Oeste de Greenwich (IBGE, 2011), figura 5.

Os limites territoriais e suas respectivas divisas são definidos, conforme adiante pode-se enumerar:

- Ao Norte - Baía do Marajó;
- A Leste - Municípios de Ananindeua, Santo Antônio do Tauá e Santa Bárbara do Pará;
- Ao Sul - Município de Acará;
- A Oeste - Baía do Guajará e Baía do Marajó.

Figura 5 - Mapa de localização de Belém.



Fonte: (Modificado do IBGE, op.cit.)

4.2 Solos

Os solos do Município estão caracterizados pelos mesmos solos da região Bragantina. Estão presentes: Latossolo Amarelo distrófico, textura média, concrecionários,

lateríticos indiscriminados, textura indiscriminada; gleys eutrófico e distrófico, e aluvial eutrófico e distrófico, texturas indiscriminadas e Hidromórficos indiscriminados, eutróficos e distróficos, em associações (IDESP, 2011).

4.3 Vegetação

A cobertura vegetal do Município compõe-se de Florestas Secundárias ou capoeiras que substituíram a antiga Floresta Densa dos baixos platôs, da qual alguns testemunhos ainda são encontrados em Mosqueiro, em Caratateua e áreas adjacentes (IBGE, 2011).

A vegetação dos mangues e siriubais acompanham as porções fluviais e semilitorâneas do setor estuarino, enquanto a Floresta Ombrófila domina os tratos marginais dos cursos d'água e as baixadas, onde prevalecem formações herbáceas, subarbustivas e arbustivas (IDESP, op. cit.).

4.4 Topografia

No Município, a topografia é pouco variável com cotas que variam de 5 à 20 m, atingindo 25 metros na ilha de Mosqueiro, ponto de altitude máxima (Sousa, 2010). Na área urbana da cidade de Belém, grandes áreas estão abaixo da cota de 5 metros, sofrendo influência das marés altas e tendo dificuldade no escoamento das águas da chuva. São as Chamadas “baixadas de Belém” (IDESP, op. cit.).

4.5 Geologia e relevo

As camadas de solo superficiais são praticamente constituídos por argilas quaternárias, cobertas pelo horizonte húmico (CPRM, 2011).

O contato das argilas provenientes principalmente da drenagem dos principais rios tributários (Guamá, Tocantins e Amazonas) em direção ao interior e região sudeste se faz com Argila Belterra. Portanto, a cobertura argilosa é bastante persistente na cobertura sendo sobreposta a sedimentos dos Grupos: Barreiras e mais continentais, Grupo Itapecuru; lateritas ferruginosas e arenitos arcoseanos consolidados e incosolidados, seixos e conglomerados (KOTCHOUBEY et.al., 2006).

Como citado anteriormente, o território do município de Belém é constituído por restos da Formação Barreiras e terrenos do Quaternário Subatual e do Recente. Refletindo a litologia, suas formas de relevo caracterizam-se pelos baixos platôs e planícies litorâneas, fazendo parte neste contexto, junto com áreas limítrofes, na unidade morfoestrutural Planalto Rebaixado do Amazonas, Baixo Amazonas (IDESP, 2011).

4.6 Hidrografia

Os principais acidentes geográficos são caracterizados pela baía do Marajó, ao norte, e Guamá, à oeste. Nesta última deságua o rio Guamá que contribui para conformação peninsular do município. Na baía do Guajará deságuam os igarapés, Bacuri, Val-de-Cães, Uma e Furo do Maguari que separa a ilha de Carateteua (Outeiro) do continente (IDESP, op.cit.).

Em frente à baía do Marajó, situa-se a ilha de Mosqueiro, onde toda sua orla, a noroeste, é constituída por praias, como: Chapéu Virado, Farol, Ariramba, Murubira e muitas outras. Esta Ilha é separada do continente através da baía do Sol e pelo furo das Marinhas. Entre as ilhas de Mosqueiro e Carateteua, encontra-se a baía de Santo Antônio, onde deságuam os rios Pratiquará e Marí-Marí. No rio Guamá, desembocam os igarapés Tucunduba e Água Preta. Este faz limite natural com Ananindeua, a sudeste. Na foz do Guamá, aparecem três grandes ilhas que são: Cumbú, do Marinheiro, Grande ou Paulo Cunha (IDESP, op.cit.).

4.7 Clima

O clima é quente e úmido com precipitação média anual alcançando os 2.834 mm. A temperatura média é de 25°C, em fevereiro e 26°C, em novembro. Está na zona climática Af_i (classificação de Köppen), que coincide com o clima de floresta tropical, permanentemente úmido, com ausência de estação fria, e temperatura do mês menos quente, acima de 18°C (IBGE, 2011).

A cidade de Belém reúne características próprias que lhe garantem altos índices pluviométricos: a posição geográfica, latitudes perto do Equador; a influência da vegetação Amazônica que confere evapotranspiração e precipitações típicas das regiões Amazônicas; a proximidade com o litoral; e a interferência das correntes ZCIT, além de outros fatores climáticos já citados. Dessa forma, a cidade de Belém do Pará possui índices pluviométricos

bastante altos, que podem ultrapassar à 3.000mm/ano. Possui médias pluviométricas também altas e uma distribuição de chuvas satisfatória em todo o percurso do ano (IDESP, 2011).

4.8 Transporte

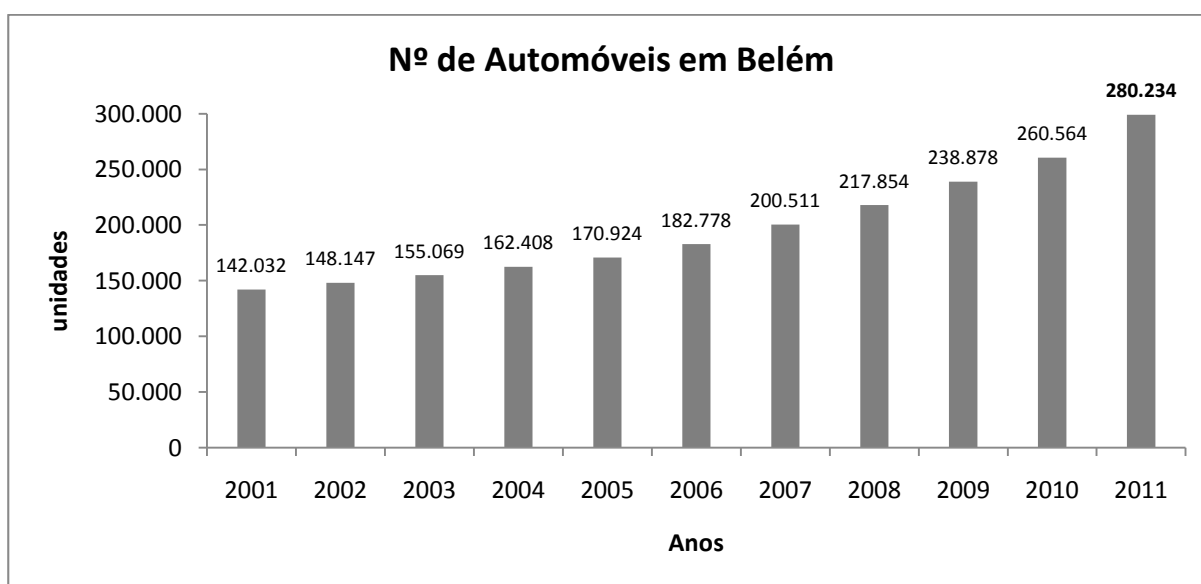
Estudos realizados pelo Instituto de Ciência e Tecnologia do Observatório das Cidades revelam que a cidade de Belém possui uma frota de aproximadamente 280.234 automóveis, com uma taxa de motorização de aproximadamente 20 carros para cada 100 habitantes (RODRIGUES, 2011).

A cidade de Belém em relação às demais metrópoles brasileiras não é a menos populosa, mas apresenta a menor frota de veículos, logo a maior relação habitante/veículo, conforme dados DENATRAN (2011, apud RODRIGUES, op.cit.).

As estatísticas apontam um franco crescimento na frota de veículos, de 2001 à 2011 conforme pode-se observar na figura 6. Não está contabilizado o número de motocicletas no gráfico.

Nota-se que de 2001 à 2011 houve um crescimento de 138.202 veículos, correspondendo quase ao dobro dos veículos registrados em 2001, totalizando uma frota de 280.234, um dos maiores índices de crescimento entre as metrópoles, chegando a 92% (DENATRAN, 2011).

Figura 6 - Crescimento da frota de veículos de Belém-PA, 2001-2011.



Dados: (DENATRAN, op.cit.)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas e simulações com testes de vazão/precipitação.

Para que o planejamento resulte em bons resultados, primeiramente, buscou-se fazer o projeto dos captadores, das conexões aos reservatórios e tendo em mãos os resultados das precipitações da cidade de Belém, analisar a eficiência principalmente da captação.

A partir de gráficos de precipitação é possível prevê a quantidade de água coletada para utilização em um veículo, para isso são necessários os itens a seguir:

- dados históricos de pluviosidade mensal, semanal e diário da cidade de Belém em 2011;
- plotagem de gráficos;
- materiais: concepção dos equipamentos de coleta e distribuição.
- cálculos ABNT NBR 15527 adaptados para veículos;
- simulação da capacidade de reservatórios x consumo x autonomia;
- estimativas para comprovar viabilidade em Belém do Pará;
- consulta e comparações sobre precipitações no Centro-Oeste e Estado do Tocantins.

Assim, seguem os itens conforme enumerados acima:

5.1 Dados Históricos de Pluviosidade Mensal, Semanal e Diário da Cidade de Belém

Para obtenção dos dados de pluviosidade foram realizadas visitas ao Instituto Nacional de Meteorologia da cidade de Belém. Pesquisas através de artigos e trabalhos acadêmicos fornecidos pelo curso de Gestão Hídrica e Ambiental da UFPA e demais Instituições Federais, Estaduais e Municipais.

Foram coletadas via portal *on line* do INMET as tabelas com os índices de pluviosidades requeridas para a pesquisa e organizadas segundo ordem cronológica.

Em seguida os dados foram filtrados para determinar os dias de estiagem.

Para uma melhor abordagem foram filtrados os dados pluviométricos e mantidos apenas àqueles ligados ao longo do ano de 2011.

Em relação ao ano de 2011, foram delimitados os meses mais chuvosos e os menos chuvosos, com enfoque naqueles com índices pluviométricos máximos e mínimos, para caracterização da autonomia por simulação.

5.2 Plotagem de Gráficos

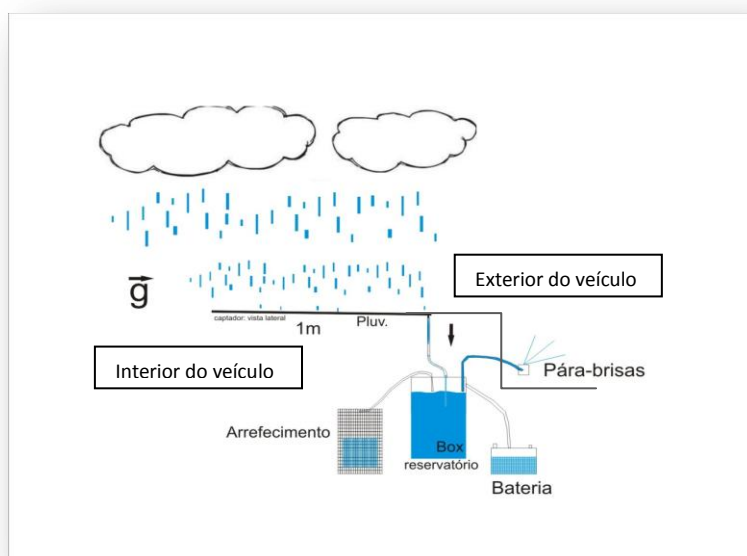
Para melhor visualizar os resultados, as tabelas adquiridas no INMET foram transformadas em gráficos através de planilhas EXCEL, onde uma melhor visualização foi possível estabelecer considerando volume de precipitações x tempo. Além dos dados pluviométricos medidos em milímetros, foram adicionadas outras variáveis: reservação, em litros; consumo, em litros e; autonomia, em dias ou litros. Foi possível trabalhar com gráficos com medidas de volumes proporcionais.

Por fim, utilizou-se nos gráficos dados semanais e mensais do ano de 2011 para melhor visualização, embora os dados diários estejam inclusos nos lançamentos dos volumes de chuva.

5.3 Concepção dos Equipamentos de Coleta e Distribuição.

Os princípios físicos utilizados para abastecer os reservatórios, ou *Pluv. Box* são: gravidade e hidráulica. A mesma energia potencial que garante com que a água caia das nuvens é a energia que a levará para os reservatórios nos veículos, dessa vez chamada energia cinética. A água será captada por recipientes e conduzida, por gravidade, para os reservatórios, preenchendo os espaços vazios e pelo princípio dos vasos comunicantes encherá o reservatório, a mangueira e até mesmo o captador caso a quantidade de chuva ultrapasse o volume estabelecido pelo dispositivo conforme visualizado na figura 7.

Figura 7 - Esquema da captação de água da chuva e distribuição no *Pluviae Box*.



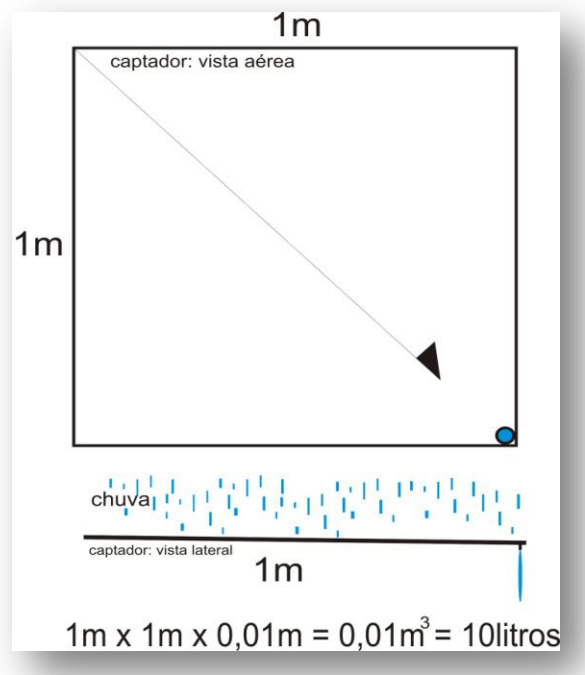
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.3.1 Captadores

O dimensionamento do captador foi escolhido a partir de tentativas e a melhor escolha a partir de cálculos volumétricos foi estabelecida de forma a simular um pluviômetro para facilitar os cálculos de captação e reservatórios, mesmo para aliar os dados pluviométricos existentes ao anteparo de captação.

Propõe-se que a área a ser exposta à chuva corresponda à 1m^2 com bordas de 1cm , totalizando um volume de $0,01\text{m}^3$. O escoamento da água, indicado pela seta flui para uma saída que depois será, através de mangueira, conduzida à um a reservatório de limpador de pára-brisas e/ou do sistema de arrefecimento e/ou do auto-clean. É importante salientar que a placa receptora não ficará cheia, pois o escoamento/vazão será mais rápido que a lâmina d'água acumulada. Assim somente quando os reservatórios estiverem cheios a placa estará no seu limite de $0,01\text{m}^3$ ou 10 litros (conforme lustrado na figura 8).

Figura 8 - Anteparo de captação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A tabela 6, a partir de simulações, permite visualizar qual o potencial de captação de água da chuva, considerando uma área de captação de 1m^2 , para períodos diversos, de dias, semanas, meses e ano. Verifica-se que é diretamente proporcional à medida da precipitação e dessa forma, o *Pluvia box*, simula um pluviômetro e as medidas são proporcionais aos índices de chuva.

Para facilitar os cálculos isso corresponde a dizer que se em uma cidade choveu 100 mm, então pode-se constatar que um caminhão que contenha um reservatório com a mesma capacidade, poderá então aproveitar 100 litros de água.

É importante salientar que é o mesmo princípio utilizado para medir a quantidade da água da chuva, assim como um pluviômetro ou pluviógrafo.

Tabela 2 - Potencial de captação.

Precipitação	Período	Captação Máxima
1 mm	Manhã	1 litro
5mm	Tarde	5 litros
6mm	Noite	6 litros
8mm	No dia	8 litros
10mm	Semanal	10 litros
55mm	15 dias	55 litros
200mm	20 dias	200 litros
500mm	Mês	500 litros
2500mm	Anual	2500 litros

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.3.2 Instalação, Formato dos Protótipos e Funções

A instalação do anteparo ou *Pluv. Box* pode, de forma independente, portanto, com características portáteis, ser instalado no teto, capô ou carroceria dos veículos, ou mesmo internamente caso seja possível fazer furos na lataria, para entrada de água. Levando-se em consideração que cada tipo de veículo possui um design próprio, o *pluv. box* pode ser “encaixado” em qualquer que seja seu formato, pois o molde pode ser adaptado para cada situação e modelo.

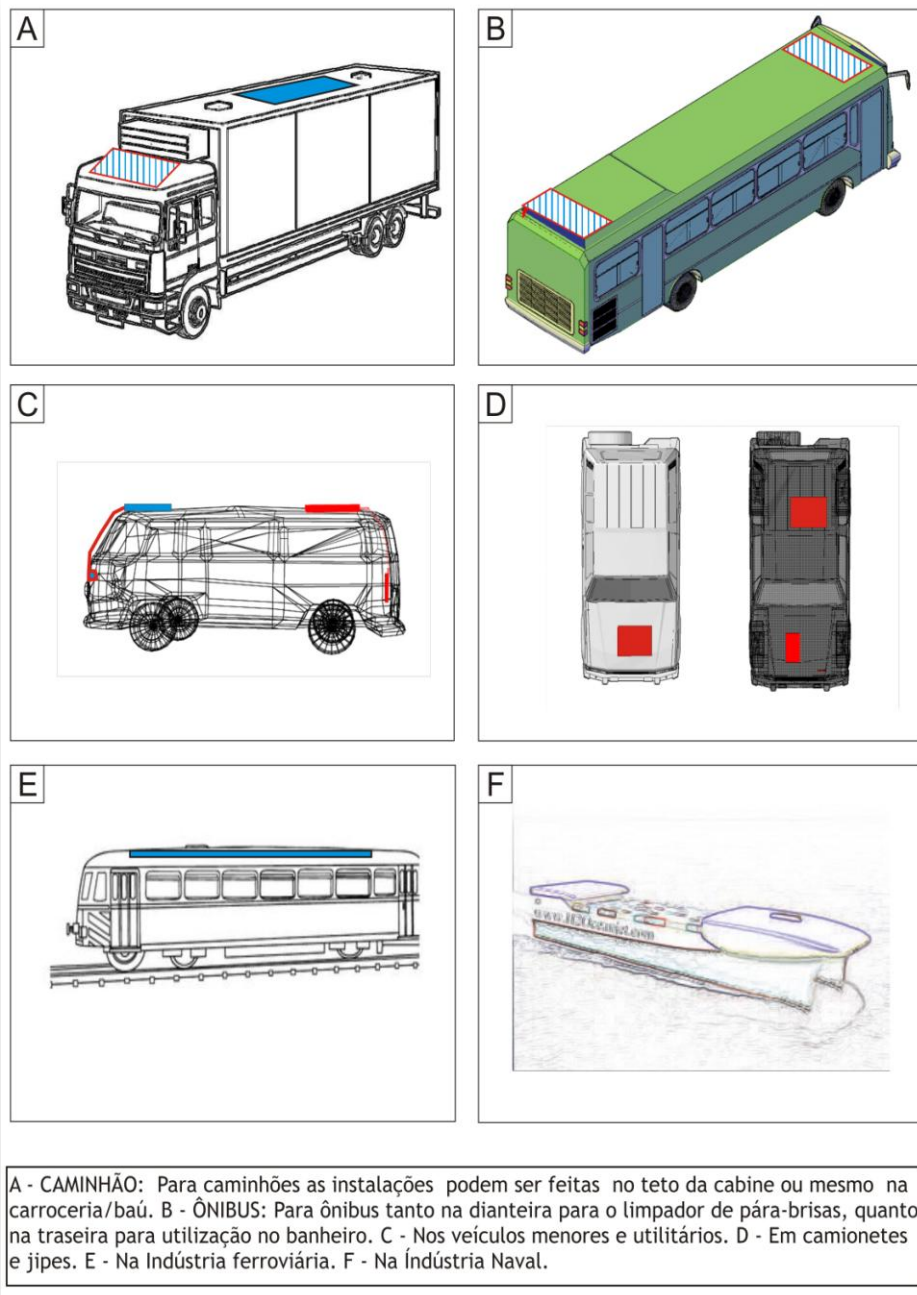
Considera-se mais apropriado por sua eficiência a instalação do equipamento em veículos utilitários como caminhões, ônibus e secundariamente para veículos de passeio. Logicamente que em ambiente terrestre essa situação pode se estender a outros veículos, inclusive trens ou marítimos, inclusive navios.

Nas ilustrações seguintes (figura 9) seguem alguns exemplos de veículos com *pluv. box* instalado e suas características para cada exemplo. Em A, o equipamento pode ser instalado na cabine e no baú de caminhões; em B, pode ser instalado na parte dianteira e traseira de ônibus, respectivamente para utilização no limpador de pára-brisas, sistema de arrefecimento; e banheiros; em C, têm-se um exemplo em veículos utilitários onde adaptações podem ser feitas para melhor adequá-las a cada uso; em D, outro exemplo de veículo utilitário

com carroceria ou não, em E, pode ser utilizado em ferrovias e em F, para embarcações em diversos usos propostos no quadro 5.

É importante salientar que o equipamento é portátil e de uso externo. Adaptações estruturais podem ser realizadas no veículo para uma melhor exposição em área, aproveitando o formato do carro, associado à nova aerodinâmica. Fazendo as adaptações pertinentes podem ser colocados abaixo da funilaria, que deverá ser furada para entrada d'água, para um melhor formato e aerodinâmica.

Figura 9 - *Pluviaie box* em veículos, trem e navio.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A aplicação destes dispositivos tem potencial mais abrangente e serão utilizados em inúmeras atividades, além daquelas sugeridas anteriormente, conforme propostos adiante no quadro 5:

Quadro 5 - Tipos de veículos e as diversas funções do *pluv.box* instalados.

Tipo de Transporte com <i>Pluv. Box</i>	Função: Abastecer com água da chuva:
Ônibus	Limpador de pára-brisas, Sistema de Arrefecimento, bateria e banheiros.
Caminhões	Limpador de pára-brisas, Sistema de Arrefecimento, bateria, auto-clean*.
Veículos Utilitários	Limpador de pára-brisas, Sistema de Arrefecimento, bateria, auto-clean*.
Veículos de Passeio	Limpador de pára-brisas, Sistema de Arrefecimento, bateria.
Caminhão Pipa**	Para manutenção dos reservatórios de água para limpeza das vias públicas e na mineração para auxiliar no controle da poeira nas vias de acesso à mina.
Carro de Bombeiro**	Para manutenção dos reservatórios de água.
Trens**	Para utilização nas cabines, limpeza e banheiros.
Navios**	Para utilização na limpeza do convés e banheiros.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

* Limpeza do próprio veículo, para reservatórios maiores.

** Necessário reservatórios de maior dimensão daqueles propostos.

5.3.3 Implementos do Captador

Além do captador citado anteriormente, e inclusive ele, os equipamentos necessários para a captação pluvial veicular são basicamente os citados na tabela 3:

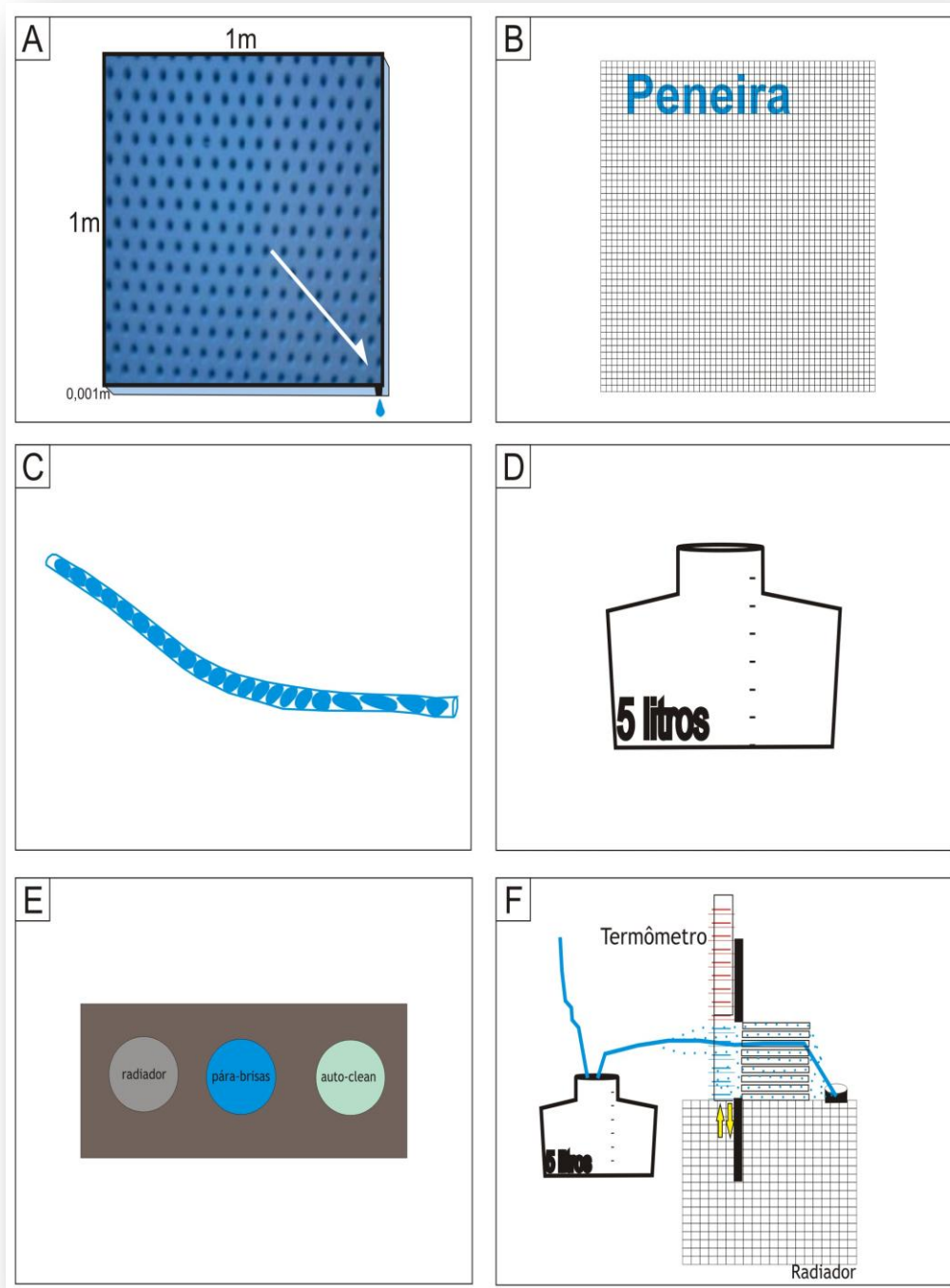
Tabela 3 - Descrição dos equipamentos.

Itens	Descrição
A	Anteparo metálico 1m x 1m x 0,01m – “Box out”;
B	Peneira de 200 #;
C	Mangueiras de 5mm;
D	Reservatório – “Box in”;
E	Dispositivo de acionamento;
F	Termômetro para refrigerador.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

De forma bastante simples, estão ilustrados os componentes do *Pluviae box*, os quais são essenciais para o funcionamento do sistema (figura 10).

Figura 10 - Equipamentos para captação e utilização no sistema de arrefecimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme pode-se observar na figura 9, temos em A uma peneira que pode ser revestida de material plástico ou inerte de durabilidade à ação do tempo, sol e chuva, e que

deve ser bastante permeável, embora com poros capazes de bloquear partículas de sujeira, como poeira, folhas e outros tipos de particulados, comuns sobre veículos. Em B, detalhe da peneira que fica acoplada abaixo da superfície de plástico. Em C, um exemplo da mangueira utilizada que conduz a água até o reservatório. Em D, reservatório dimensionado para capacidade de 5 litros. Em E, dispositivo capaz de direcionar a água para a função específica, e por fim F, onde um sistema de termômetros x arrefecimento é capaz de prever, quando o radiador está frio, para receber a água da chuva e suprir a quantidade de água no sistema.

Como inferem os desenhos e em seus pormenores, podemos observar que o reservatório para captação e distribuição de água pluvial aplicado em veículos automotores caracterizado por um reservatório confeccionado em alumínio, formado a partir de uma base receptora, provida de cavidade, dotada de tela metálica, sobre a qual, é acondicionada uma peneira, para evitar o transporte de sujeira para dentro dos reservatórios, enquanto o fundo detém furos de escoamento, dotados de niples conectados a mangueiras que abastecem o reservatório de água do pára-brisa e o sistema de arrefecimento, podendo o reservatório ser provido de tampa ligada a um sistema de dutos de captação, além de bóia de nível para bloquear quando necessário a entrada/saída d'água.

5.3.4 Teste de Funcionamento

A realização de testes é necessária para comprovar a viabilidade. Para tanto foi confeccionada uma placa de zinco com dimensões (1m x 1m x 0,01m) iguais às planejadas e identificadas nos itens anteriores de modo a justificar a implantação das placas nos veículos.

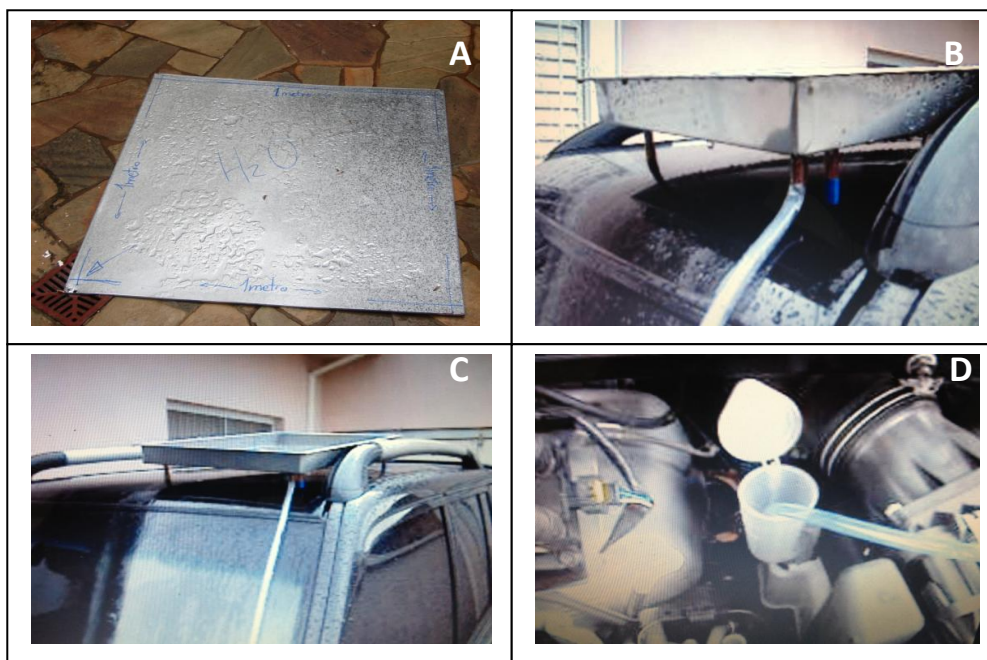
É importante salientar que não foram feitos testes aerodinâmicos nem mesmo aperfeiçoamentos nos designs dos protótipos. Embora esteticamente não tenham um bom visual, a eficiência é determinante, pois atende ao propósito para o qual foi produzido.

Na figura 11 é possível visualizar as etapas de montagem do anteparo, *pluv. box* sobre o veículo e a ligação do mesmo até o reservatório de limpador de pára-brisas, via mangueira transparente.

A figura 11 apresenta da esquerda para direita uma sucessão de fotos que caracterizam alguns dos materiais citados tanto do captador quanto dos implementos. São eles: captador, de material metálico com tubo de saída com peneira, niples de saída e sustentação; e mangueira transparente que escoar a água captada até o reservatório de limpador de pára-brisas.

Pretende-se, no entanto, que os componentes estejam bem fixados e de preferência instalados dentro da lataria de forma a “mascarar” os dispositivos para um melhor acabamento estético. Para isso são necessárias reformas estruturais nos veículos, inclusive para o captador que pode ser interno com teto perfurado.

Figura 11: Testes práticos do *Pluv. box*. (A) Anteparo captador 1mx1mx0,001m; (B) Plataforma com nipples no teto do veículo; (C) Visão espacial do dispositivo metálico exposto; (D) Abastecimento do reservatório.



Fonte: Fotos do Autor.

5.4 Cálculos ABNT NBR 15527 (adaptados para veículos)

Embora não exista uma Norma Específica para coleta de água veicular, a Norma ABNT NBR 15527 é a que mais se aproxima de uma realidade a qual a demanda do projeto exige, pois os princípios físicos envolvidos (dinâmica da captação) são os mesmos. A Norma prevê cálculos para captações prediais, residenciais e industriais, no entanto os princípios de coleta e dimensionamento de reservatórios podem muito bem servir para outros fins, inclusive para veículos.

Analisou-se os métodos que mais se adequaram à proposta do trabalho, principalmente o método de rippl e simulação (NBR 15527), na sua forma conceitual. Não foram utilizados os coeficientes de escoamento superficial e de evaporação, respectivamente para os métodos citados.

5.5 Simulação da Capacidade de Reservatórios x Consumo x Autonomia

Os reservatórios dos veículos são os mesmos utilizados pelo reservatório de água do limpador de pára-brisas. Os automóveis, principalmente de passeio e utilitários possuem reservatórios com capacidade que não excedem 3 (três) litros de água. A maioria possui a capacidade de 3 litros, porém a proposta para aumentar a eficiência do método são reservatórios de 5 litros e para veículos maiores, como ônibus e caminhões, reservatórios com capacidade de 20 litros.

O consumo máximo é diretamente proporcional à capacidade máxima dos reservatórios. Dessa forma, admitiram-se quatro situações de consumo d'água: 0,5litro/dia; 3 litros/dia; 5 litros/dia e 20 litros/dia. Após um evento de chuva a capacidade máxima do reservatório será o máximo consumo possível até a chegada de outro evento de chuva, possibilitando o cálculo da autonomia. Portanto, a autonomia (A) será a medida (x), subtraído o consumo e somado a quantidade de chuva do período, no caso, o período é igual a (1) um dia. Resumindo, autonomia é: $A = \text{quantidade de água no reservatório} - \text{consumo} + \text{chuva captada (mm)}$. Esta fórmula é a mesma do reservatório pelo método de simulação, onde:

$[S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}]$ onde $[Q = C \times \text{precipitação}_{(\text{chuva}(t))} \times \text{área captação}]$. Sendo que: $0 \leq S \leq V$.

5.6 Discussão Sobre Viabilidade do Sistema

Algumas estimativas foram realizadas para ratificar a viabilidade de captar água e consumi-la nos veículos.

Para tanto, utilizou-se as simulações de captação e consumo aliado ao Σ da área de captação de cada um dos dispositivos supostamente instalados nos veículos que trafegam numa determinada via pública, por certo tempo.

Com uma determinada precipitação é possível calcular o volume da captação, e com o somatório do volume dos reservatórios, é possível calcular o volume total economizado pela frota.

Para comprovação da viabilidade da aplicação dos dispositivos *pluv. box*, foram feitas comparações da pluviosidade da cidade de Belém com a Região Centro-Oeste e Estado do Tocantins. Os dados de pluviosidade foram retirados do trabalho de Marcuzzo et.al., 2012. Além disso, foi comparada a magnitude das precipitações e a relação da pluviosidade e armazenamento d'água nos reservatórios para consumo de 0,5 litro/dia; 3 litros/dia e 5 litros/dia.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

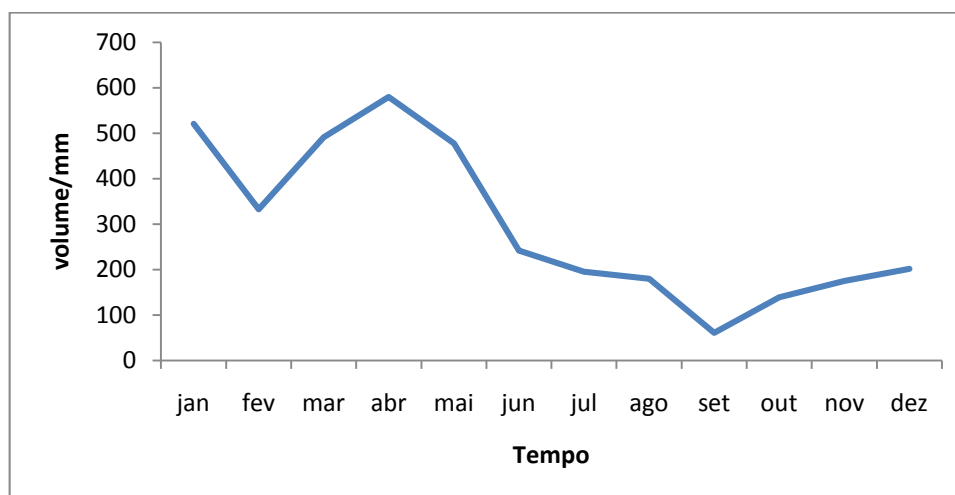
Com os gráficos obtidos na pesquisa puderam-se comparar os comportamentos favoráveis e desfavoráveis ao longo do ano, para precipitações no ano de 2011, na cidade de Belém do Pará. O mês de abril foi o mês com maior pluviosidade (579,40 mm/mês), e o mês com precipitações menores foi o mês de setembro (60,30 mm/mês).

Observando essa disparidade nos índices, procurou-se estabelecer conjunturas favoráveis e desfavoráveis afim de se estabelecer quais os melhores ajustes necessários para que o projeto tivesse uma autonomia mínima que pudesse melhor resolver as contingências estabelecidas pelo tempo/clima.

A pluviosidade observada no ano de 2011 superou a média e atingiu o índice de 3.592 mm/ano. A figura 12 demonstra esses dados coletados no Instituto Nacional de Meteorologia de Belém (INMET-Belém).

A partir da pluviosidade de 2011 é possível determinar quais as áreas onde houve maior concentração de chuvas, qual o período mais chuvoso, quais os meses mais propícios às precipitações observadas através do gráfico.

Figura 12: Pluviosidade da cidade de Belém.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia de Belém (INMET-Belém).

Observa-se no gráfico que o mês de setembro de 2011 foi o mês com menor precipitação e dessa forma, pode-se determinar um consumo estimado para este mês. Assim como nos meses com maior precipitação, dessa vez em um cenário mais otimista. Nota-se que a partir de dados coletados pelo INMET, a precipitação em Belém é bastante alta, sendo que

os dias de estiagem foram de 106 dias, ou seja, choveu 259 dias no ano de 2011, equivalente a 72% do ano, com chuva.

Para uma melhor visualização, o gráfico adiante, figura 13, expõe os dados por semana. Para incremento das informações temos a média de pluviosidade de 9,85mm/dia ou quase 300mm/mês, o que garante um volume considerável de chuva. Foi estipulado um consumo constante de 0,5 litro/dia apenas para visualizar a possibilidade de utilização e sua correlação com o volume de chuva, que apenas nos 106 dias de estiagem ficaram abaixo da reta do consumo, não prejudicando a autonomia requerida para utilização das águas pluviais.

É possível perceber que as precipitações são muitas vezes superiores ao consumo estimado de 0,5 litro/dia. Isso garante uma eficiência de captação bastante positiva ao longo do ano exemplificado pela reta de consumo constante no gráfico.

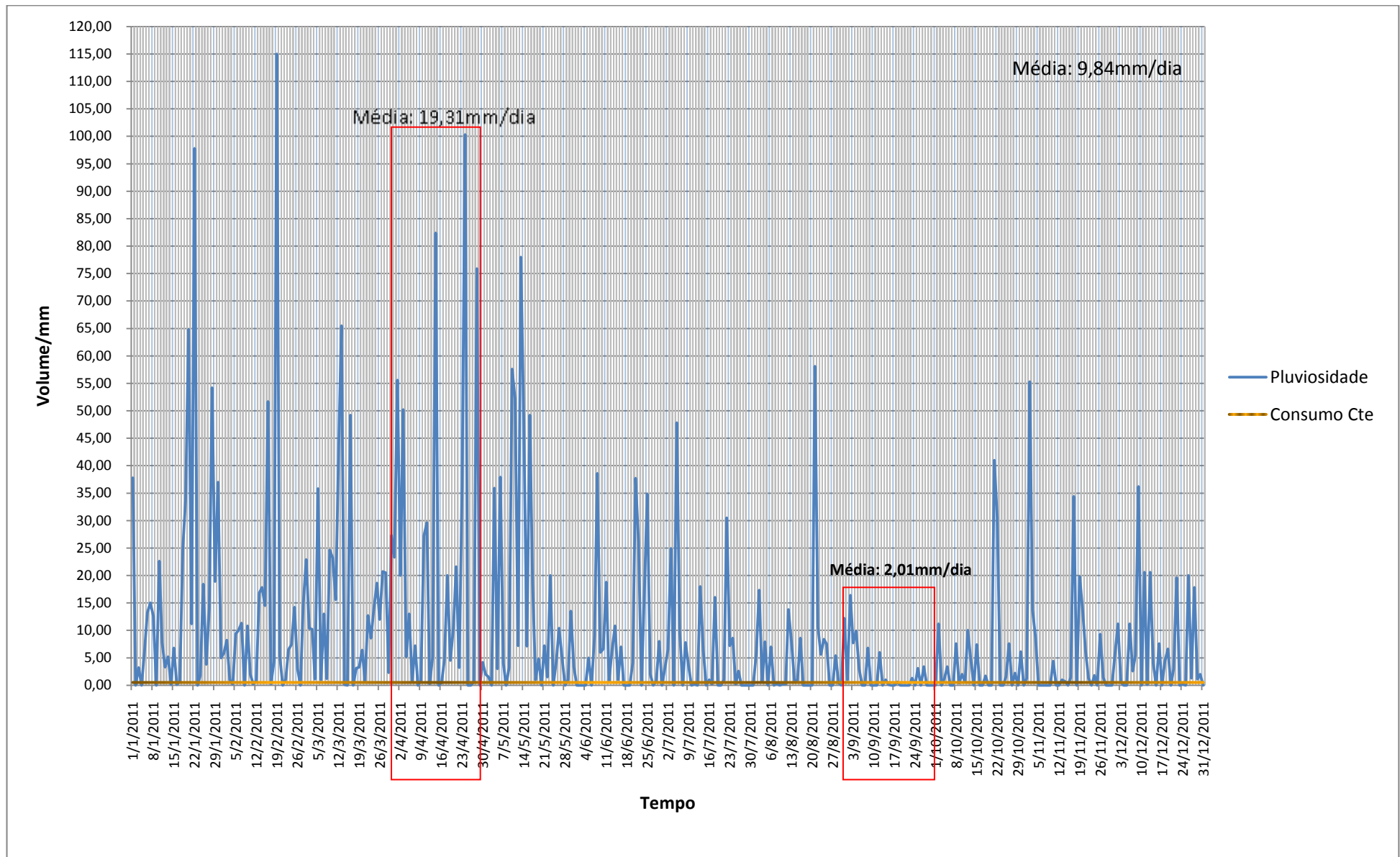
Observa-se que apesar do mês de abril ser o mês com a maior média pluviométrica, é o mês de fevereiro onde apresenta-se o dia com maior índice pluviométrico perto de 115 mm, onde a capacidade de captação é de 115litros. Por outro lado, o menor índice pluviométrico, com 10 mm, nos meses de janeiro, março, novembro e dezembro foi superado, apenas pelos dias que não choveram.

A planilha de dados (ANEXO) apresenta pluviosidade diária, mas para uma melhor visualização do gráfico, no eixo das abscissas, foram reduzidos os números de dias, sendo demonstradas as 52 semanas do ano de 2011, (de 01/01/2011 à 31/12/2011).

A capacidade máxima do reservatório terá influência direta na autonomia independentemente de pluviosidade acima de sua capacidade, mas se a pluviosidade for menor que a capacidade máxima do reservatório, então a determinante direta é a quantidade de chuva. É importante salientar que os meses de maior precipitação (abril) e de menor precipitação (setembro) em 2011 estão destacados em vermelho no gráfico (figura 13) e serão os meses cuja abordagem se fará necessária para demonstração das contingências em cenários favoráveis ou desfavoráveis.

Importante salientar que os meses de março e de novembro são de fato, para pluviosidades registradas em Belém no que se referem às médias pluviométricas, meses antagônicos quanto à quantidade de chuva, portanto, obedecendo a média histórica é possível estabelecer que março é o mês mais chuvoso e novembro o mês com maior estiagem, conforme pode-se constatar no trabalho de MATTA (2002). No entanto, para este trabalho procurou-se estabelecer pluviosidades bastante atuais e que representam a quantidade de chuva naquele espaço de tempo determinado em dias, semanas e no ano de 2011, que de certa forma foge à regra, pois o mês mais chuvoso foi abril e o menos chuvoso, setembro.

Figura 13: Dados pluviométricos semanais da cidade de Belém.



Fonte: INMET, 2011.

6.1 Conjuntura Favorável

Os melhores índices observados estão relacionados com o mês de abril (média de 19, 31mm/dia) e, portanto, é o mês que melhor pode-se aproveitar as águas das chuvas.

Dessa forma, obtêm-se um gráfico com a quantidade de chuva precipitada para o mês de abril e as possibilidades de aproveitamento dessa chuva, considerando reservatórios de 20 litros, conforme apresentado na figura 14.

Verifica-se que mesmo para reservatórios com capacidade alta, e com cinco dias de estiagem no mês não consecutivos, apenas no dia 09/04/2011 o reservatório ficará vazio, para um consumo de 5 litros/dia. Ou seja, se tivermos uma autonomia maior que esta, então não teremos dias com reservatório vazio no mês de abril para um reservatório de 20 litros. Outra possibilidade é diminuirmos o consumo para uma realidade próxima do cotidiano (tabela 4/cenário 06), assim não teremos problemas com reservatórios secos.

Tabela 4 - Cenários para consumo e autonomia de chuva coletada I.

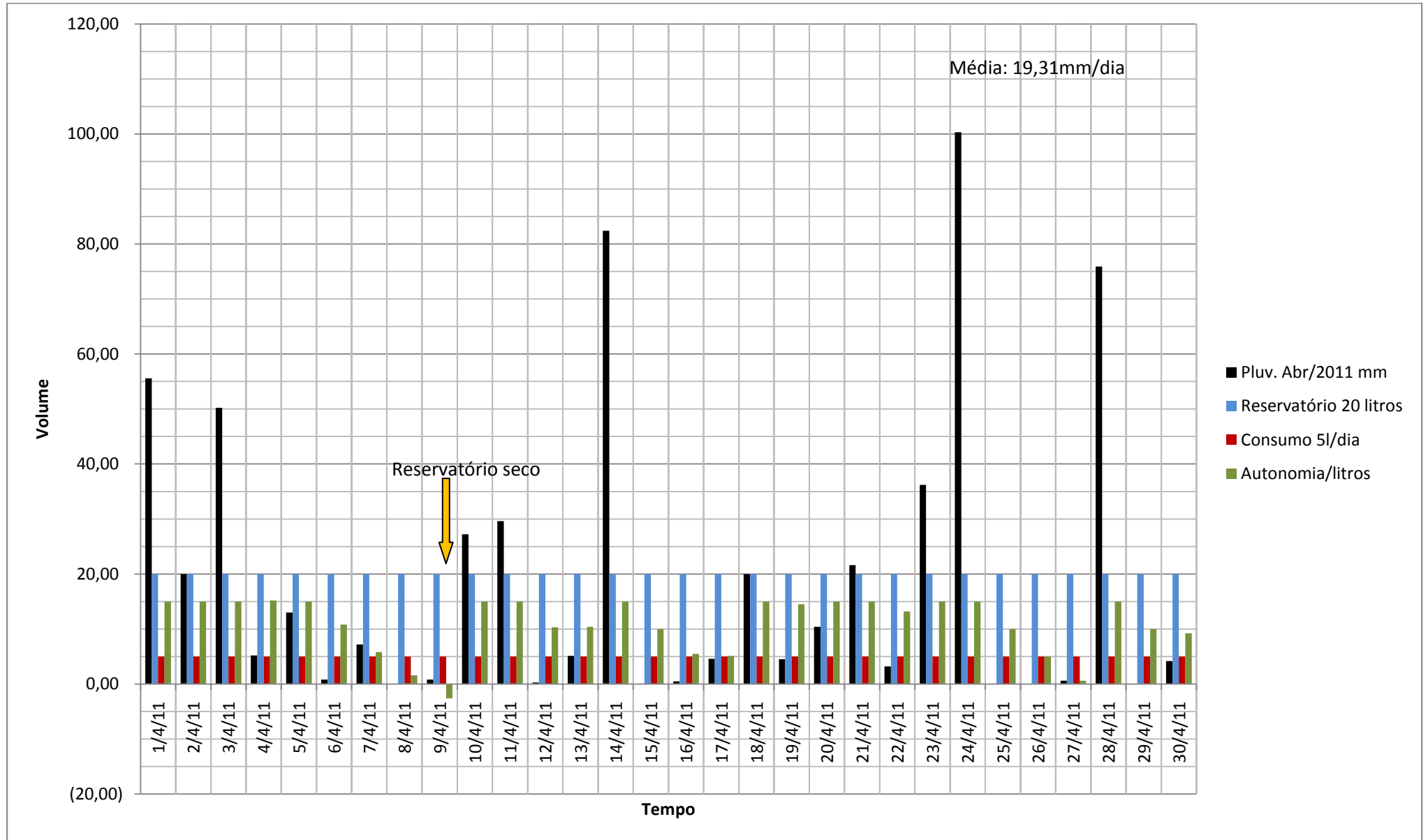
Cenário	Reservatório/capacidade	Consumo/dia	Autonomia
1	20 litros	5 litros	4 dias
2	20 litros	1 litro	20 dias
3	5 litros	0,5 litro	10 dias
4	5 litros	1 litro	5 dias
5	3 litros	0,5 litro	6 dias
6	3 litros	300 ml	10 dias

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Importante é perceber que mesmo que o reservatório oscile seu nível d'água em alguns dias, dependendo do consumo, ele pode estar sendo abastecido a qualquer momento. Pretende-se, portanto, que se mantenha um equilíbrio sustentável entre precipitação e captação; captação e consumo.

Para o exemplo aqui representado deve-se considerar que o reservatório de 20 litros exige uma maior autonomia, ao contrário dos reservatórios menores que com certeza ficariam vazios em um número maior de dias no mês de abril. Tudo depende da relação capacidade de reservatório e dias consecutivos de chuva.

Figura 14: Pluviosidade x Reservação x Consumo x Autonomia Favorável.



Fonte: INMET, 2011.

6.2 Conjuntura Desfavorável

Conforme observado, no mês de setembro temos o pior cenário quanto às precipitações ocorridas em Belém (média de 2 mm/dia). Dessa forma, procurou-se traçar com base na figura 15, em um cenário onde os reservatórios possuam 3litros, que é a capacidade máxima dos reservatórios de limpador de pára-brisas da maioria dos veículos de passeio em circulação, temos para um consumo de 0,5 litro/dia uma autonomia de 6 dias. Se observarmos a figura 16, nos dias 21 e 22 de setembro de 2011 os reservatórios ficaram secos, pois os dias de estiagem que antecederam esta data foi de 4 dias e o saldo anterior era somente de 200 ml para o período. Mas se o reservatório tivesse uma capacidade maior, maior também seria a autonomia e menor dependência da chuva para aproveitamento posterior da água, conforme pode-se observar na tabela 5 de reservação x consumo x autonomia.

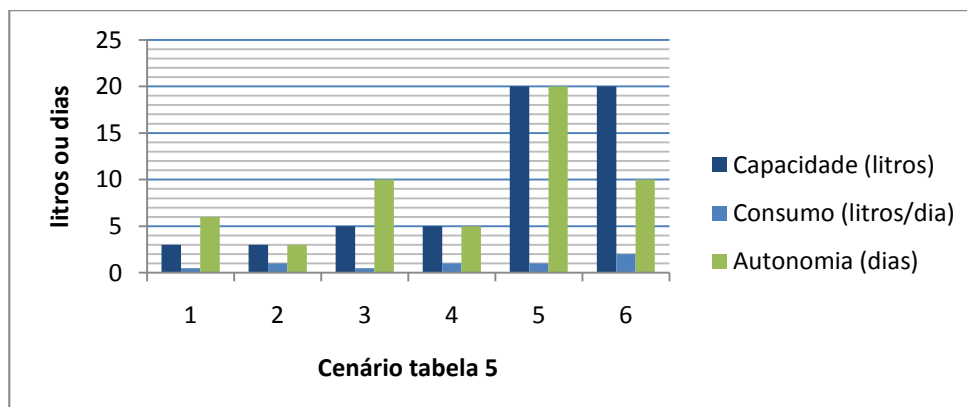
Tabela 5 - Cenários para consumo e autonomia de chuva coletada II.

Cenário	Reservatório/capacidade	Consumo/dia	Autonomia
1	3 litros	0,5 litro	6 dias
2	3 litros	1,0 litro	3 dias
3	5 litros	0,5 litro	10 dias
4	5 litros	1,0 litro	5 dias
5	20 litros	1,0 litro	20 dias
6	20 litros	2,0 litros	10 dias

Fonte: Elaborado pelo Autor.

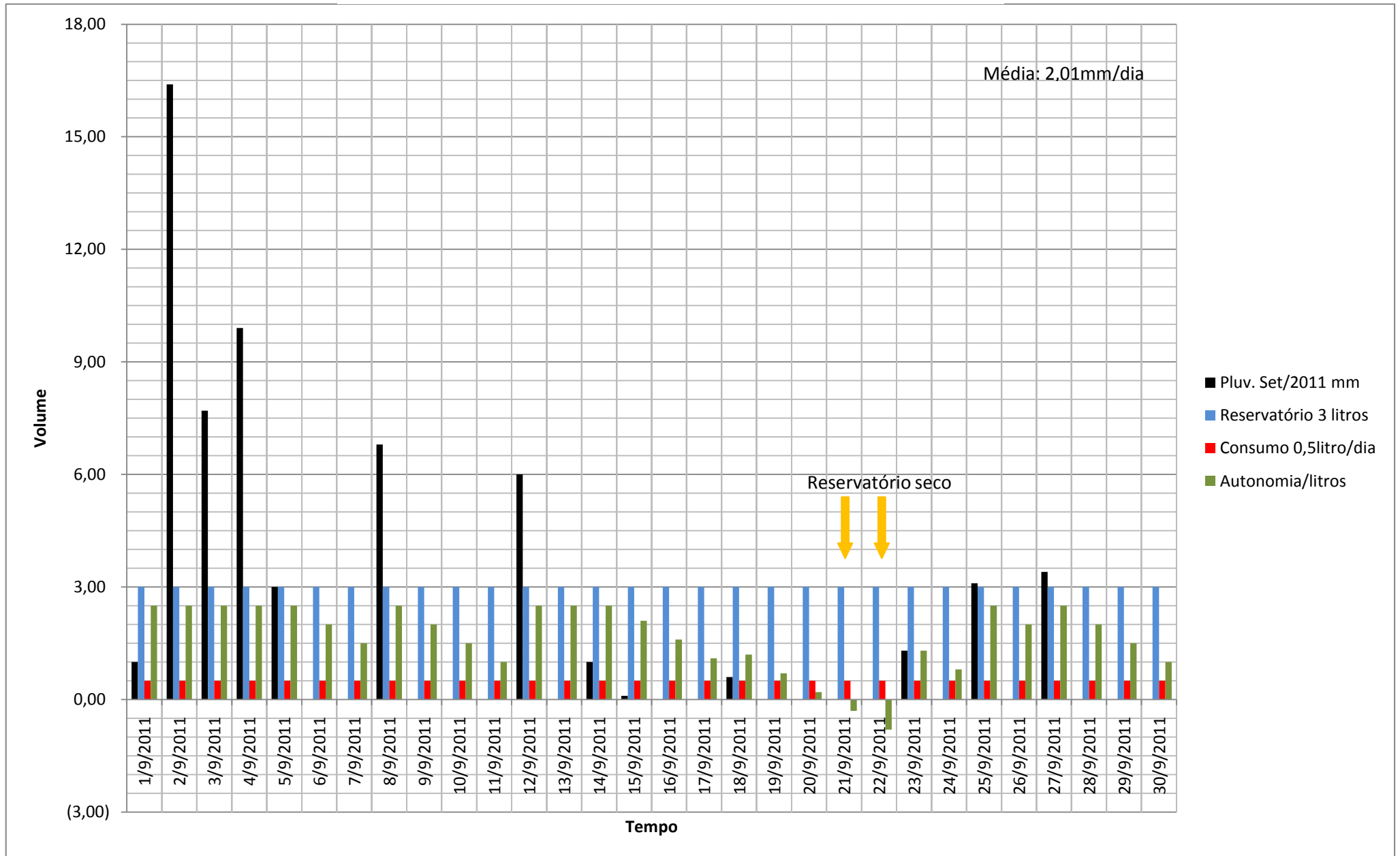
A partir da tabela 5 é possível traçar o gráfico (figura 15) que relaciona os três itens capacidade do reservatório, consumo por dia e autonomia; e conforme constata-se, quanto maior o reservatório, maior será a autonomia, no entanto ao se dobrar o consumo, a autonomia também cai pela metade, conforme cenário 6.

Figura 15 - Gráfico de autonomia da chuva coletada.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 16: Pluviosidade x Reservação x Consumo x Autonomia Desfavorável.



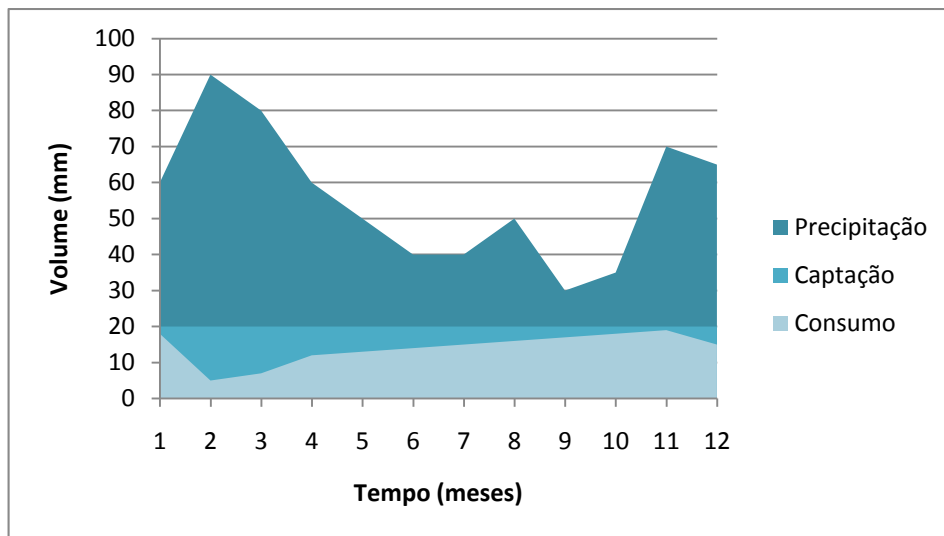
Fonte: INMET, 2011.

6.3 Eficiência do Sistema

Um importante fator que se mostra eficaz é a área de exposição dos veículos ao tempo, corredores de pluviosidade nas ruas, avenidas e rodovias, ou seja, importante estabelecer os índices pluviométricos nas vias de acesso. O dimensionamento da placa coletora é outro fator importante, muito embora seja possível aproveitar as próprias canaletas de escoamento de água dos veículos com adaptações para sua coleta e escoamento.

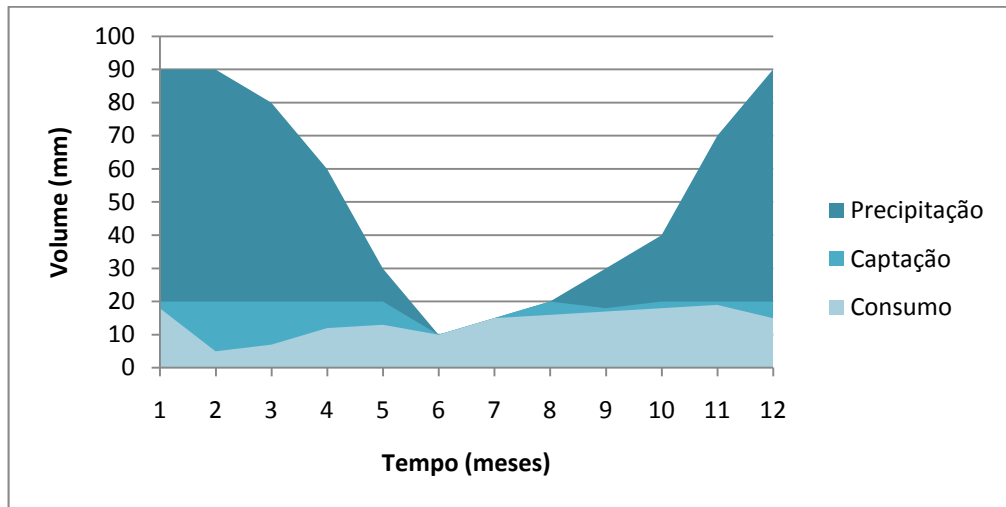
A eficiência está ligada a precipitação proporcional à capacidade de captação e o dimensionamento/capacidade do reservatório. Espera-se, em um cenário ótimo que a precipitação seja maior que a capacidade do reservatório. O reservatório tem uma capacidade, por exemplo, de 20 litros. Sendo assim, a quantidade de água coletada será constante e não ultrapassa 20 litros. Portanto, espera-se uma constante também na média pluviométrica acima de 20l/mês, conforme figura 17, que simula o comportamento da precipitação, captação constante de 20 litros e consumos diversos que não ultrapassem essa quantidade.

Figura 17 - Relação da chuva x eficiência do sistema. Cenário otimista.



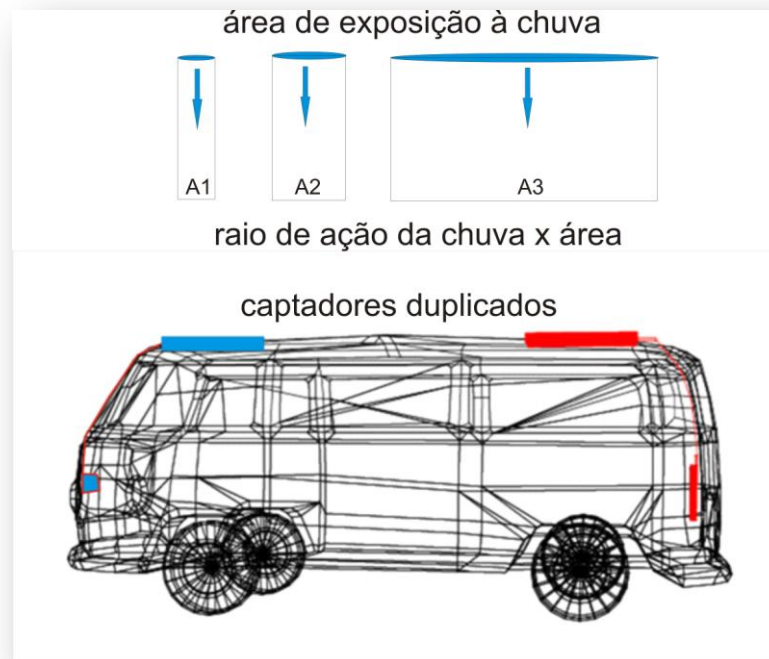
Por outro lado, se a precipitação não for constante acima da capacidade do reservatório, então a determinante do consumo x autonomia deixa de ser a quantidade de água no reservatório e passa a ser exatamente a quantidade de chuva precipitada naquele local (precipitação = captação = consumo). Isso é bem perceptível na figura 18. Outros condicionantes como área de exposição do veículo ao tempo/clima também podem interferir no sistema/eficiência.

Figura 18: Relação da chuva x eficiência do sistema. Cenário com pouca chuva em junho.



Dois fatores importantes que interferem na autonomia e eficiência do sistema é a área de exposição à chuva e a área de captação. Quanto maior a área, maior a captação. Assim se duplicarmos a área de influência, a área de captação, também se duplica a eficiência conforme observa-se na figura 19. Assim, um maior número de veículos pode ser contemplado, com maior eficiência.

Figura 19 - Veículo e relação de influência chuva e captadores.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

7 APLICABILIDADE DO PLUVIAE BOX EM BELÉM DO PARÁ

A cidade de Belém do Pará fica às margens da baía do Guajará (figura 20), possui uma população bem expressiva, acima de 1.400.000 habitantes (IBGE, 2011), e uma urbanização típica de metrópole, com a maior malha viária do Estado, possuindo uma frota de 280.234 veículos (DENATRAN, 2011).

Figura 20: Foto aérea da cidade de Belém.



Fonte: Foto Aérea captada pelo Autor.

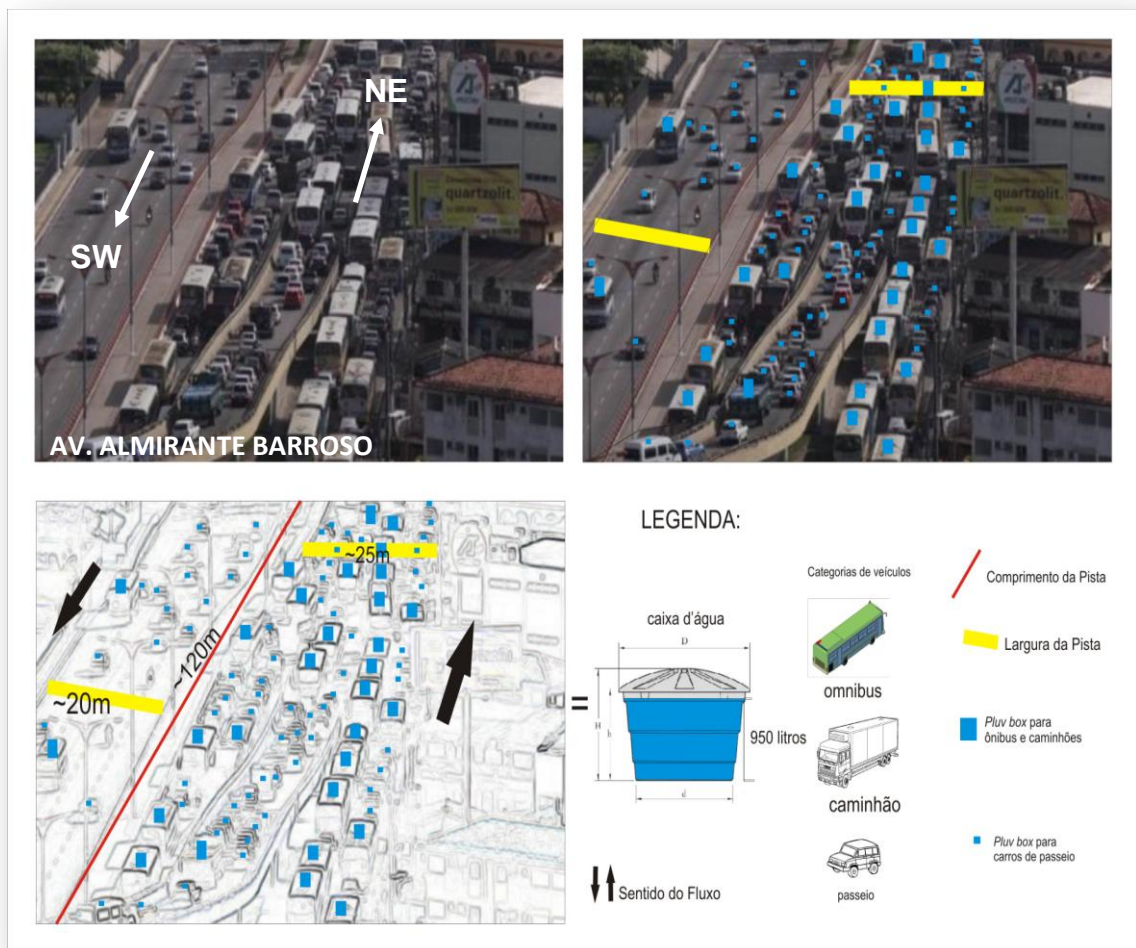
A metrópole possui diversas avenidas onde o fluxo de veículos é bastante intenso, dessa forma, as precipitações constantes na cidade podem ser captadas de forma eficiente pela frota de veículos. Portanto, é importante determinar quais as vias de maior fluxo de veículos para calcular a eficiência do método proposto conforme se pretende. Com isso, basta contabilizar o número de veículos que transitam por uma via movimentada para se ter uma idéia da viabilidade de se captar água e a quantidade potencial de armazenamento e consumo.

Em um dia de bastante movimento na Avenida Almirante Barroso (avenida principal de acesso à cidade de Belém), conforme figura 21, observa-se que independentemente do fluxo, a quantidade de veículos na capital paraense é elevada. Considerando a largura da pista e seu comprimento pode-se estimar a quantidade de veículos que circulam nesse trecho. Dessa forma, tendo como hipótese que todos os veículos têm

instalados o *Pluv. Box*, então é fácil calcular a capacidade de armazenamento que todos os veículos teriam em um dia de chuva.

Tomando como base o gráfico de pluviosidade de Belém (figura 13) exatamente no dia 10/05/2011, temos 57,60mm de precipitação neste dia (dados INMET – ANEXO). Conforme figura 21, temos aproximadamente 100 veículos (30 caminhões e ônibus e 70 carros) capazes de armazenar certa quantidade de água. Considerando que os caminhões e ônibus, possuam maiores reservatórios (com capacidade para 20 litros) e os veículos de passeio ou utilitários menores reservatórios (com capacidade de 5 litros).

Figura 21: Previsão da utilização do *Pluv. Box* em veículos na cidade de Belém e seu potencial.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dessa forma, temos que no trecho de avenida em destaque de aproximadamente 120 m de comprimento a quantidade de água armazenada por 100 veículos no dia referente para uma precipitação de 57,60 mm é de **950** litros de água. Há que se admitir que os veículos estejam em movimento, e a precipitação ocorra em minutos, horas ou ao longo de todo o dia e o cenário para efeito de cálculo é estático, como se os veículos estivessem parados (como em

um congestionamento) para cálculo do volume, conforme ilustrado, pelos veículos e pela caixa d'água, na figura 21.

É preciso considerar fatores como precipitação, horário da precipitação, fluxo de veículos, área de exposição dos captadores, que respectivamente estão de acordo com a proposta sendo os valores de 57,60 mm/dia, distribuídos por todo o dia, em áreas urbanas densas com captadores de 1m². Com isso é possível estimar uma captação suficiente para encher uma caixa d'água de 950 litros.

A quantidade d'água coletada pode ser alcançada em questões de minutos, caso a quantidade de chuva esteja concentrada, exemplo das chuvas de verão, ou pancadas de chuva que ocorrem de forma localizada, mas que em muitos casos chegam a marca de 90 mm/h, por exemplo. Mais que suficientes para encher todos os reservatórios dos veículos em um espaço curto de tempo. Portanto a distribuição não é linear, ou constante, há variações na quantidade de captação, dependendo da mobilidade dos veículos, por isso considera-se a média de precipitação de uma região para estimativas.

Uma hipótese a ser levantada considerando um reservatório com capacidade fixa para qualquer tipo de veículo, da ordem de 5 litros por semana, considerando que a autonomia dos reservatórios excedam os dias de estiagem, então, podemos estimar, para cidade de Belém, que:

Frota de veículos x consumo (litros/semana) x 52 semanas (1ano) = (280234 x 5 x 52) = **72.860.840** litros de água ou aproximadamente 73.000m³ de água. Isso equivale a 38,4% do consumo de água utilizado pela população da cidade de Belém em um dia, incluindo o consumo Industrial.

Possivelmente esses índices podem ser melhorados ao passo que os reservatórios tenham maiores capacidades (ex. 20 litros), portanto fazendo esse cálculo acrescentando a frota de ônibus e caminhões da cidade de Belém, temos:

{[(251234) (frota de carros) . (5) (litros) . (52) (semanas)] + [(29.000) (frota de caminhões e ônibus) . (20)(litros) . (52)(semanas)]} = **95.480.840** litros correspondendo a aproximadamente 50% do consumo de água da população de Belém em um dia, incluindo consumo Industrial.

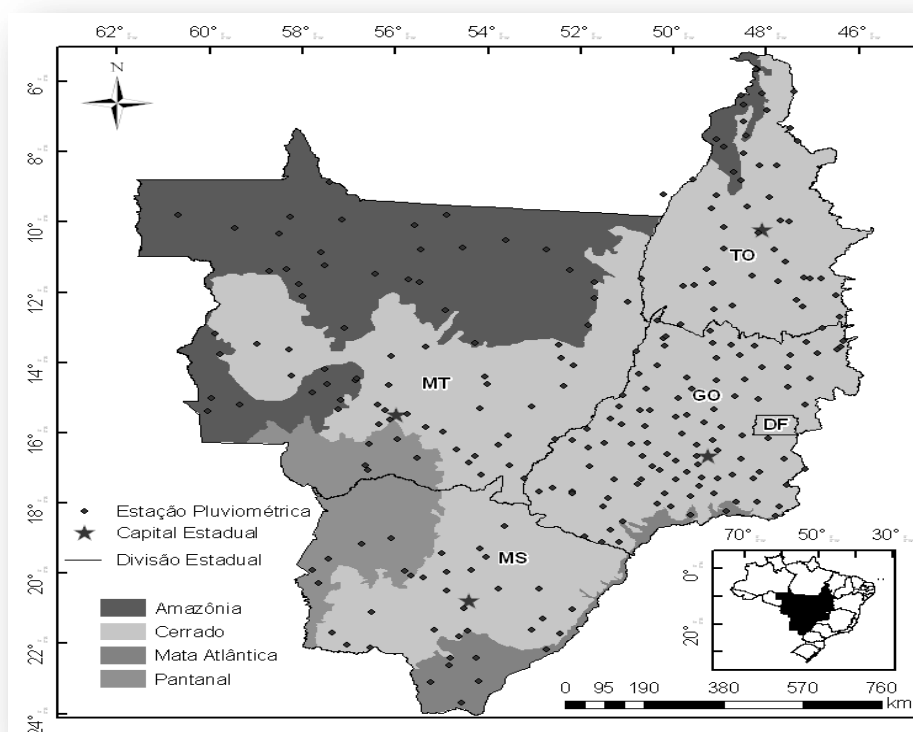
Destaca-se, que para atingir os 950 litros, basta que chova 20 mm, equivalente ao limite máximo de 20 litros nos reservatórios em caminhões e ônibus.

Veja que o cenário mais otimista, tomando o *pluv. box* como um pluviômetro móvel, a capacidade máxima (potencial) de armazenamento por ano é equivalente à mesma quantidade de chuva precipitada, estabelecida pelos índices pluviométricos ou 3.592 litros/veículo/ano.

8 APLICABILIDADE DO PLUVIAE BOX NO CENTRO-OESTE E TOCANTINS

Na região Centro-Oeste e Estado do Tocantins conforme histórico de pluviosidade de 1977 à 2006, apresentado no trabalho realizado por Marcuzzo, et.al., 2012 cujas médias de precipitação distribuídas ao longo do ano permite estabelecer a viabilidade de captação de água pluvial. Essas médias foram coletadas a partir de 261 estações pluviométricas espalhadas pela região conforme ilustração de mapa *in* Marcuzzo, et.al., 2012 (figura 22).

Figura 22: Mapa da região Centro-Oeste e Tocantins, evidenciando a posição dos 261 pluviômetros espalhados pela região, apud Marcuzzo et. al. (2012) - na íntegra.



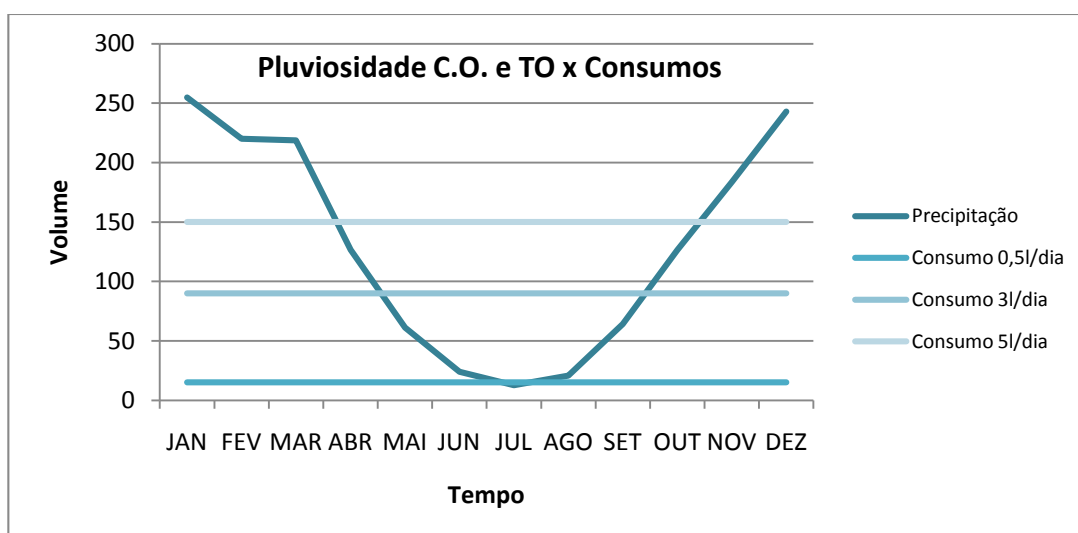
As médias de precipitação na região Centro-Oeste, mostram que as precipitações médias mensais são mal distribuídas ao longo dos 12 meses, pois nos meses de junho, julho e agosto os índices são baixos, conforme pode ser constatado na figura 23 que relaciona a média de pluviosidade na região Centro-Oeste e Estado do Tocantins, por trinta anos com a captação e o consumo de água pluvial, estimado em 15 litros/mês; 90litros/mês e 150litros/mês, equivalentes, respectivamente à 0,5litro/dia; 3litros/dia e 5litros/dia (figura 23).

Guardadas as proporções, a região em destaque mostra índices pluviométricos aceitáveis, com precipitações médias anuais da ordem de 1.555,53mm/ano (Marcuzzo et.al., 2012). Em comparação com a cidade de Belém, os índices médios são bem menores, mas

ainda assim apresentam um comportamento no qual a utilização dos dispositivos propostos neste trabalho serão bem sucedidos, gerando economia de água tratada, para os veículos.

Os índices pluviométricos na região Centro-Oeste e Estado do Tocantins aplicam na região maiores contingências do que àquelas observadas na cidade de Belém. Dessa forma, considera-se que os dias de estiagem na região Centro-Oeste serão mais numerosos e conseqüentemente os reservatórios terão uma menor autonomia, com mais dias secos. Verifica-se que dependendo dos consumos, os reservatórios ficarão vazios em alguns dias ou semanas, principalmente nos meses de maio à outubro. Somente para o consumo de 0,5litro/dia, os reservatórios permanecerão cheios quase todos os meses do ano com exceção de julho.

Figura 23: Gráfico: Precipitação Média x Consumo.

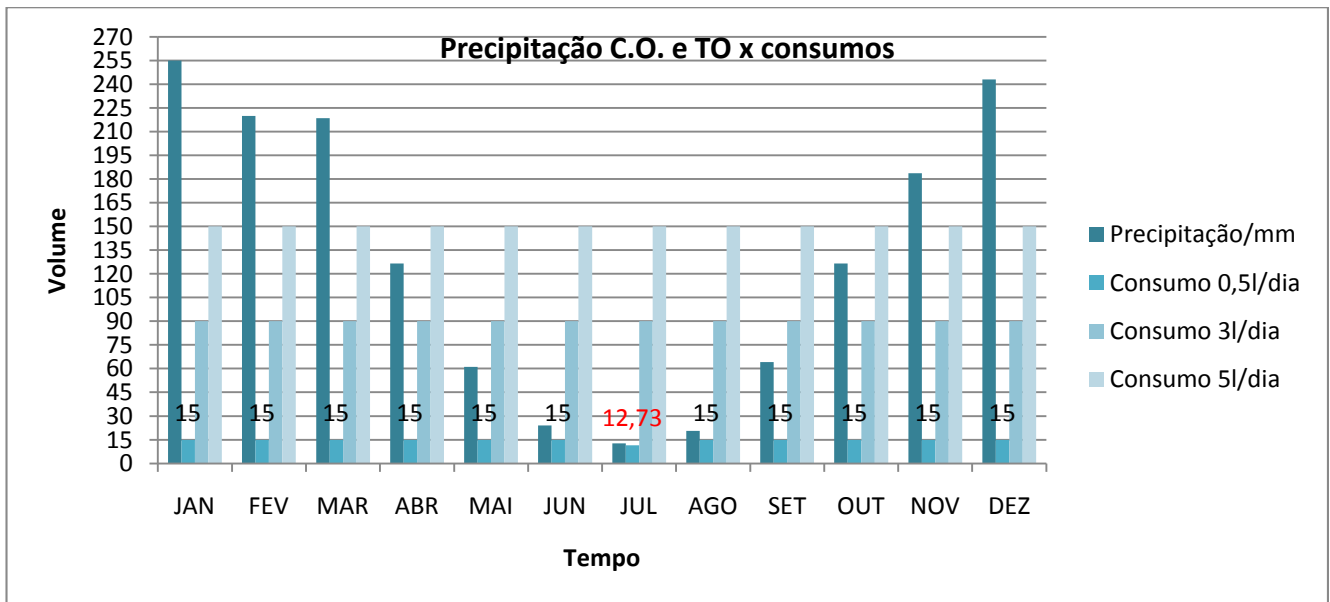


Dados da precipitação: Marcuzzo et. al. (2012).

Verifica-se que o consumo estimado de 15litros/mês, ultrapassa a precipitação nos meses de junho, julho e agosto. Portanto, obedecendo-se as médias para esses meses, estabelece-se um consumo forçadamente menor nos meses onde a estiagem foi maior. Sendo assim, o consumo deve ser considerado a partir da precipitação nos meses menos chuvosos abaixo dos 15litros/mês estabelecidos, que segundo a figura 23, ficará em torno de 12litros/mês em julho.

Para um consumo de água pelo sistema *pluv. box*, maior, da ordem de 150 litros/mês ou 5 litros/dia, os reservatórios não permanecerão cheios nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, conforme visualiza-se na figura 24. Sendo os meses mais críticos de junho, julho e agosto, correspondendo ao inverno, seco para essa região.

Figura 24: Gráfico da precipitação média x consumo. Notar os meses de consumo reduzido.



Dados da precipitação: Marcuzzo et.al., 2012.

Considerando um consumo acumulado de 15 litros/mês para veículos em geral, pode-se constatar que a demanda de chuva é bem superior à de captação, sendo eficiente principalmente nos meses de setembro à maio.

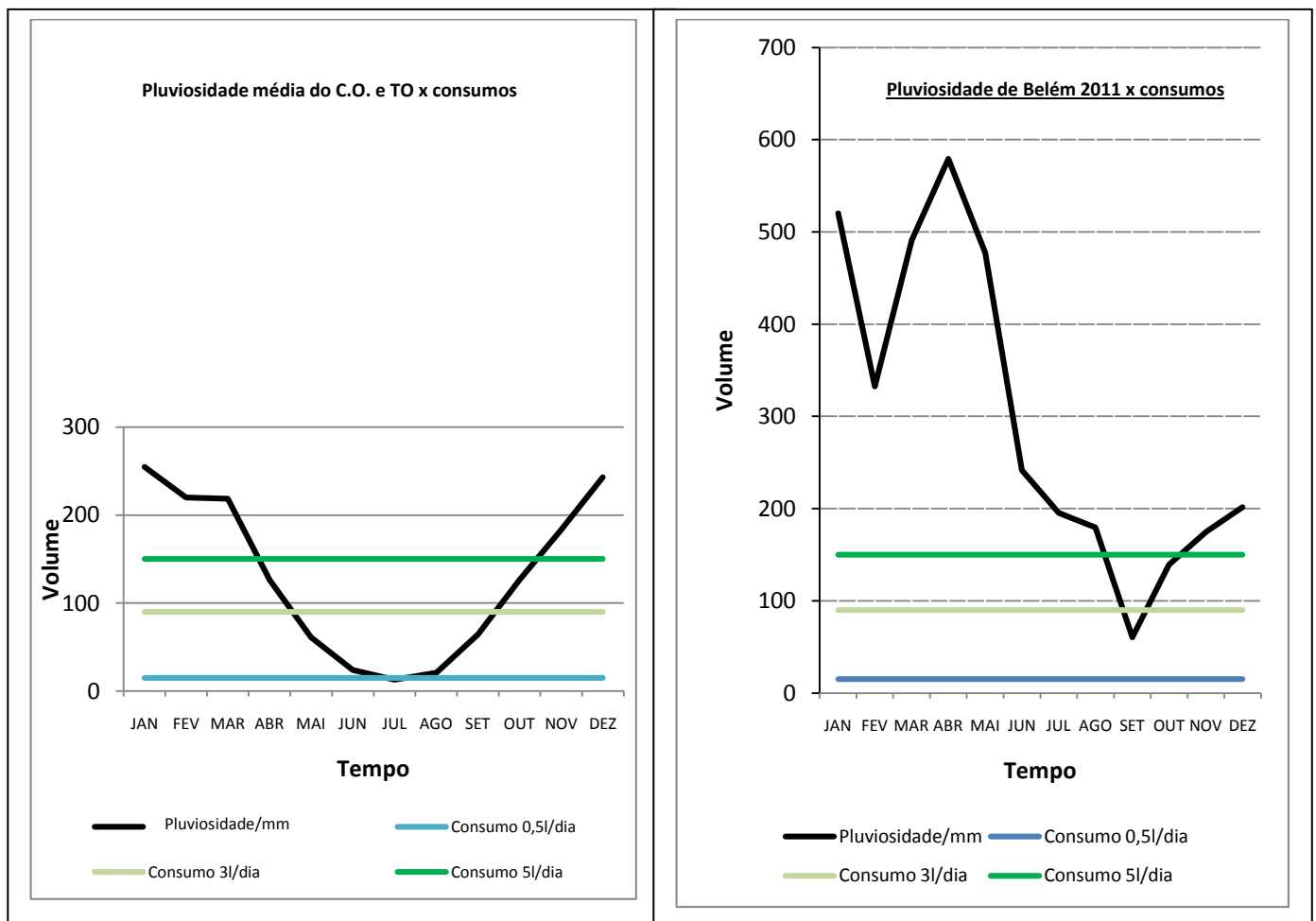
Nota-se que o mês de julho apresenta apenas 12,73 mm evidenciando que o consumo deverá ficar abaixo do mínimo estabelecido dos 15 mm esperados. Mesmo assim, os demais meses revelam-se satisfatórios para esse consumo.

9 COMPARAÇÃO GRÁFICA DE PLUVIOSIDADE ENTRE BELÉM / CENTRO-OESTE E TOCANTINS.

Sendo Belém-PA, uma cidade que possui índices pluviométricos altos conforme foram apresentados faz-se necessário, uma abordagem comparativa, para diminuir as contingências e visualizar os índices pluviométricos diferentes em termos de médias anuais, identificando dentre outros itens os fenômenos climáticos que interferiram em uma precisão de coleta e apresentação de dados entre índices anuais e médias históricas.

Comparações gráficas permitem deduzir que a cidade de Belém tem um potencial muito superior em relação à região Centro-Oeste e Estado do Tocantins, conforme pode ser observado através dos índices de pluviosidade de 3.529 mm para o primeiro caso e de 1.555 mm/ano para o segundo, conforme ilustra a figura 25, principalmente nos primeiros meses do ano para qualquer consumo considerado.

Figura 25: Comparação gráfica de pluviosidade do Centro Oeste e TO x Belém 2011 x Consumos.



Fonte: Marcuzzo et.al. (2012) e INMET-Belém (2011), da esquerda para direita, respectivamente.

Observa-se que o consumo de água através do sistema *pluv. box* deve ser muito mais moderado para as condições climáticas que o Centro-Oeste e Estado do Tocantins apresentam em relação aos índices pluviométricos da cidade de Belém-PA.

É perceptível que a curva de pluviosidade intercepta as três retas de consumo para o cenário do Centro-Oeste e Estado do TO, porém para a cidade de Belém, a curva de pluviosidade não intercepta a reta de consumo mínimo e, portanto, revela-se mais eficiente, principalmente para os primeiros meses do ano onde a oferta de chuva ultrapassa muito a do consumo máximo. A fase com o pior cenário são os meses de agosto, setembro e outubro para o ano de 2011 em Belém, possivelmente esse cenário poderá ser repetido nos anos subsequentes com pequenas mudanças na sazonalidade para os meses de março e novembro conforme pode ser também ratificado pelo trabalho de MATTA (2002), para verificação dos índices pluviométricos históricos da região.

10 DISCUSSÕES FINAIS

10.1 Contingências Importantes

A definição de contingências como parâmetro lógico permite verificar por tentativas e condicionantes alguns itens relevantes quanto à aplicabilidade ou não do método proposto, conforme resultados apresentados. Dessa forma, algumas considerações são necessárias para delimitar de que forma mais adequada pode ser empregado o método proposto.

O quadro 6 reúne as informações as quais os condicionantes se aplicam na utilização do *pluv. box* e algumas contingências verificadas.

Quadro 6 - Condicionantes e Contingências.

Condicionantes	Contingências
Quantidade de Chuvas	Depende das condições atmosféricas.
Tamanho dos reservatórios	A eficiência está ligada ao tamanho e às condições atmosféricas que lhe garantem maior ou menor autonomia. Quanto maior, maior a autonomia.
Porcentagem de Captação	Depende da exposição do veículo ao tempo/clima, sendo reduzido quando o mesmo permanece em garagens com coberturas em dias de chuva.
Regiões Desérticas	A eficiência é muito reduzida ou quase nula.
Evaporação	A taxa de evaporação pode interferir na autonomia.
Escoamento Superficial	Pode interferir quanto à autonomia e também no transporte aquoso de particulados sólidos.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

10.2 Viabilidade Ambiental

Assim como as soluções para a demanda energética no mundo serão regionais, haja vista, as diferentes realidades geológicas e atmosféricas, tanto para combustíveis como para biocombustíveis, produtos, respectivamente ligados à reservatórios sedimentares e plantações de cana-de-açúcar, ou mesmo dos parques eólicos localizados especificamente em áreas litorâneas – as formas de utilização da água também depende dos fatores onde esse recurso esteja mais disponível.

Considerando de forma análoga essa situação onde a interação dos fatores no Sistema Terra, tem suas peculiaridades regionais, a utilização do *pluv. box*, por sua vez, também será bem sucedida em áreas onde as precipitações sejam elevadas. Portanto, a delimitação de corredores ou regiões de altos índices pluviométricos será determinante para a utilização de equipamentos cuja função esteja ligada aos diversos aproveitamentos da água de precipitação.

Não obstante, é fundamental que a interação atmosfera, veículo e ser humano estejam vinculados aos condicionantes regionais. Dessa forma, a utilização do *pluv. box* pode ser eficiente em algumas cidades e em outras não, mas pode mesmo assim criar mercados antes inexistentes e o mais importante, uma consciência ambiental de economia dos recursos hídricos visando uma sustentabilidade muito positiva.

A viabilidade ambiental vai além da utilização do sistema *pluv. box* pois com esse sistema é possível criar aplicativos tecnológicos para medição e previsões atmosféricas e criar créditos para o usuário que utiliza do aparato contribuindo para a política de conservação ambiental semelhantes às praticadas nos municípios com Selo Verde ou mesmo semelhantes à obtenção do crédito de carbono, nesse contexto, para economia de água tratada.

É importante salientar que, a captação das águas de chuva pelos dispositivos *pluv. box*, não interferem na irrigação de plantações ou do solo em geral, uma vez que o volume captado pelos reservatórios embora somados, não é significativo do ponto de vista do volume total da precipitação.

10.3 Captadores Móveis

Consoante aos trabalhos de Carvalho (1999) e Santos et.al. (2007) é possível conceber uma utilização para água da chuva nas cidades, em condomínios e sua eficiência, em paralelo temos também os trabalhos de Tabosa (2003) e Morelli (2005) para reuso da água de lavagem de veículos. Embora estes trabalhos tragam inúmeras e importantes informações, a proposta em questão agrega os conhecimentos de uma forma específica de captação da água da chuva, de forma fixa como aquelas observadas no condomínio de João Pessoa – PB (Santos, op.cit.) para uma captação móvel, realizada em veículos, cujo princípio é o mesmo, diferindo, por conseguinte, nem tanto a forma de captação, mas a cinemática da captação. Isso corresponde a dizer que os captadores deixam de ser imóveis, ou nos imóveis e passam a ser móveis ou veiculares.

11 CONCLUSÃO

No estudo realizado, levando em consideração os índices pluviométricos da cidade de Belém, observou-se uma distribuição de chuva bastante significativa durante todo o ano, garantindo a partir de hipóteses uma autonomia de utilização da água da chuva. A comparação com outras regiões comprovou não só a eficiência do sistema, mas também a viabilidade de aplicação, principalmente na cidade de Belém do Pará que apresentou uma autonomia bastante alta.

Para melhor visualizar os resultados, os gráficos apresentados permitiram traçar situações e comparações diversas que apoiaram a viabilidade de coleta da chuva, em termos numéricos.

Em termos práticos, a concepção dos dispositivos foi formulada e as propostas equacionadas de maneira a facilitar a captação e ao mesmo tempo calcular a eficiência e autonomia dos reservatórios.

Com base no descrito e ilustrado podemos dizer que o reservatório para captação e distribuição de água pluvial aplicado em veículos automotores, traz grandes vantagens, pois permite sua utilização na área automotiva, atuando como acessório para veículos fechados: carros, camionetes e caminhões. Por ser um produto bastante funcional e simples que independe da ação humana a todo o momento para abastecimento do reservatório de água do pára-brisa e o sistema de arrefecimento basta instalá-lo que sua função estará ligada às condições climáticas. Por isso é econômico e ambientalmente favorece o gerenciamento da água no planeta, além da praticidade, economia e gerenciamento hídrico e ambiental necessários para as demandas globais.

As simulações realizadas serviram para comprovar a eficiência do aparato, o método utilizado e a viabilidade do uso de água da chuva para utilização em veículos, principalmente na cidade de Belém-PA e também em outros locais com características semelhantes.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <<http://www.abes-dn.org.br>> Acesso em: 22 de junho de 2012.

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Disponível em: <<http://www.abge.com.br>> Acesso em: 22 de março de 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527. Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis – Requisitos, 2007.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Disponível em: <www.cprm.gov.br> Acesso em 1 de novembro de 2011.

CARVALHO, Edézio Teixeira de. Geologia Urbana para Todos: Uma Visão de Belo Horizonte – Belo Horizonte 1999.176 p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ciclo das Águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/ciclo>> Acesso em outubro de 2010.

CHALLONER, Jack. 1001 Invenções que Mudaram o Mundo. RJ, Sextante, 2010. p.161.

COSTA, P.S.M da. A atmosfera e a Previsão do Tempo. Biblioteca Salvat de Grandes Temas, 1979, p. 32-96.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br>>. Acesso em: 10 de março de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2012.

IDESP – Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Estatística Municipal, 2011. 72p.

IMAGEM DE SATÉLITE GOES – 2013, SOMAR. Formação de Nuvens, região Equatorial, Brasil. Disponível em: <<http://tempoagora.com.br/satelite/html>>. Acesso em 13/06/2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados de pluviosidade de Belém, 2011. Disponível em: <<http://www.inmet.com.br>>. Acesso em: 05/01/2012.

KOBIYAMA, Masato, MENDONÇA, M., MORENO, D. A., MARCELINO, I.P.V.O., MARCELINO, E.V., GONÇALVES, E.F., BRAZETTI, L.L.P., GOERL, R.F., MOLLERI, G.S.F., RUDORFF, F.M. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Santa Catarina, Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

KOTCHOUBEY, Basile, CALAF, J.M., LOBATO, A.C.C., LEITE, A.S., AZEVEDO, C.H.D. Caracterização e Gênese dos Depósitos de Bauxita da Província Bauxitífera de Paragominas, Noroeste da bacia do Grajaú, Nordeste do Pará/Oeste do Maranhão. Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia. 2006, Capítulo XI, pag. 661-777.

LORENZETE, Helber H. de Oliveira, BRUNO, R. L. Estudo da Vantagem da Captação de Água da chuva. Revista Meio Ambiente Industrial. FAAL, 2011.

MARCUZZO, Francisco F.N., OLIVEIRA, Nayhara L., FILHO, Ricardo F.P. Chuvas na Região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: Análise Histórica e Tendências Futuras, 2012, CPRM, IFG, UFG.

MATTA, M. A. S., 2002. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. Belém, Universidade Federal do Pará. Tese de Doutorado. Centro de Geociências. 2002. 292p.

MENDONÇA, Francisco A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções Básicas e Climats do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MONTEIRO, C.A.F. Clima e Excepcionalismos: Conjecturas Sobre o Desempenho da Atmosfera Como Fenômeno Geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241p.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. Reúso de Água na Lavagem de Veículos. Monografia de Mestrado apresentado à Escola Politécnica de São Paulo – SP, 2005.

RIBEIRO, A. G. As escalas do Clima. Boletim Geografia Teorética. Rio Claro, 1992. p. 288-294.

RODRIGUES, J.M. Crescimento da Frota de Automóveis e Motocicletas nas Metrôpoles Brasileiras 2001/2011. Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia (INCT). Observatório das Metrôpoles, 2011.

SANTOS, Celso A.G., MAGNO, Klissia, PALMEIRA, Mellyne, DANTAS, Renan, BRAGA, Isabelle Y.L.G. Aproveitamento de Água de Chuva Para Fins Não Potáveis. Centro de Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil/PROBEX. X Encontro de Extensão, 2007.

SILVA, Fernando Moreira, CHAVES, Marcelo dos Santos, LIMA, Zuleide M. C. Geografia Física II. Disciplina ofertada no curso à distância da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. 2ed. Natal, 2011. 294p.

SIRVINSKAS, Luis Paulo. Manual de Direito Ambiental. Capítulo do Uso Múltiplo das Águas. 2008, 956p.

SOUSA, C. Aranha. Contribuição ao Mapeamento Geotécnico da cidade de Belém-PA. Confirmação de Zonas de Ocorrência de Camadas Competentes de Solo. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). UNAMA, CCET, 2010.

TABOSA, Érico Oliveira. Tratamento e Reuso das Águas de Lavagem de Veículos. XIX Prêmio Jovem Cientista. UFRS, Porto Alegre –RS, 2003.

TOMINAGA, L. K., Santoro, J., Amaral, R. Desastres Naturais: Conhecer Para Prevenir. São Paulo (2009). Instituto Geológico. 2009.196p .

VIANELLO, R. L. ; ALVES, A. R. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária (2ª reimpressão), 2002, 449p.

WEINER, Jonathan. O Planeta Terra. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1989, 361p.

WIKIMEDIA COMMONS – Disponível em <http://pt.wikipwdia.org/wiki/Ficheiro:Earth_Global_Circulation.jpg> Acesso em 10/11/2010.

ZAVATTINI, João Afonso. Estudos do clima no Brasil. Campinas: Editora Alínea, 2004, 398p.

ANEXO

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA CIDADE DE BELÉM, 2011 / INMET, PORTAL *on line*.

DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm
1/1/2011	37,80	1/2/2011	5,80	1/3/2011	22,90	1/4/2011	55,60
2/1/2011	0,00	2/2/2011	8,20	2/3/2011	10,40	2/4/2011	20,00
3/1/2011	3,20	3/2/2011	1,00	3/3/2011	10,20	3/4/2011	50,20
4/1/2011	0,00	4/2/2011	0,20	4/3/2011	1,10	4/4/2011	5,20
5/1/2011	6,40	5/2/2011	9,40	5/3/2011	35,80	5/4/2011	13,00
6/1/2011	13,20	6/2/2011	10,00	6/3/2011	1,00	6/4/2011	0,80
7/1/2011	15,00	7/2/2011	11,30	7/3/2011	13,00	7/4/2011	7,20
8/1/2011	12,60	8/2/2011	0,00	8/3/2011	1,20	8/4/2011	0,00
9/1/2011	0,00	9/2/2011	10,80	9/3/2011	24,60	9/4/2011	0,80
10/1/2011	22,60	10/2/2011	2,00	10/3/2011	23,20	10/4/2011	27,20
11/1/2011	7,80	11/2/2011	0,20	11/3/2011	15,60	11/4/2011	29,60
12/1/2011	3,30	12/2/2011	0,80	12/3/2011	43,40	12/4/2011	0,30
13/1/2011	5,20	13/2/2011	16,80	13/3/2011	65,50	13/4/2011	5,10
14/1/2011	0,10	14/2/2011	17,80	14/3/2011	0,10	14/4/2011	82,40
15/1/2011	6,80	15/2/2011	14,50	15/3/2011	0,00	15/4/2011	0,00
16/1/2011	0,10	16/2/2011	51,70	16/3/2011	49,20	16/4/2011	0,50
17/1/2011	0,70	17/2/2011	0,30	17/3/2011	0,00	17/4/2011	4,60
18/1/2011	24,90	18/2/2011	4,30	18/3/2011	3,10	18/4/2011	20,00
19/1/2011	33,70	19/2/2011	115,00	19/3/2011	3,30	19/4/2011	4,50
20/1/2011	64,80	20/2/2011	5,30	20/3/2011	6,40	20/4/2011	10,40
21/1/2011	11,20	21/2/2011	0,00	21/3/2011	0,80	21/4/2011	21,60
22/1/2011	97,80	22/2/2011	1,10	22/3/2011	12,70	22/4/2011	3,20
23/1/2011	0,00	23/2/2011	6,50	23/3/2011	8,60	23/4/2011	36,20
24/1/2011	1,80	24/2/2011	7,40	24/3/2011	14,10	24/4/2011	100,30
25/1/2011	18,40	25/2/2011	14,20	25/3/2011	18,60	25/4/2011	0,00
26/1/2011	3,80	26/2/2011	3,00	26/3/2011	12,00	26/4/2011	0,00
27/1/2011	14,00	27/2/2011	0,00	27/3/2011	20,70	27/4/2011	0,60
28/1/2011	54,20	28/2/2011	14,80	28/3/2011	20,50	28/4/2011	75,90
29/1/2011	18,90			29/3/2011	2,30	29/4/2011	0,00
30/1/2011	37,00			30/3/2011	27,30	30/4/2011	4,20
31/1/2011	5,00			31/3/2011	23,30		

DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm
1/5/2011	2,00	1/6/2011	0,00	1/7/2011	3,20	1/8/2011	5,60
2/5/2011	1,50	2/6/2011	0,00	2/7/2011	6,50	2/8/2011	17,30
3/5/2011	0,00	3/6/2011	0,00	3/7/2011	24,90	3/8/2011	0,60
4/5/2011	35,90	4/6/2011	0,00	4/7/2011	0,00	4/8/2011	7,90
5/5/2011	3,00	5/6/2011	5,00	5/7/2011	47,80	5/8/2011	0,00
6/5/2011	37,90	6/6/2011	0,00	6/7/2011	9,60	6/8/2011	7,00
7/5/2011	4,00	7/6/2011	9,00	7/7/2011	0,00	7/8/2011	0,00
8/5/2011	0,00	8/6/2011	38,60	8/7/2011	7,80	8/8/2011	0,30
9/5/2011	3,20	9/6/2011	6,00	9/7/2011	3,60	9/8/2011	0,00
10/5/2011	57,60	10/6/2011	6,60	10/7/2011	0,00	10/8/2011	0,20
11/5/2011	52,20	11/6/2011	18,80	11/7/2011	0,20	11/8/2011	0,20
12/5/2011	7,20	12/6/2011	0,80	12/7/2011	0,00	12/8/2011	13,80
13/5/2011	78,00	13/6/2011	6,40	13/7/2011	18,00	13/8/2011	8,10
14/5/2011	47,70	14/6/2011	10,80	14/7/2011	6,40	14/8/2011	0,80
15/5/2011	7,10	15/6/2011	1,00	15/7/2011	0,00	15/8/2011	0,80
16/5/2011	49,20	16/6/2011	7,00	16/7/2011	1,00	16/8/2011	8,60
17/5/2011	18,60	17/6/2011	0,00	17/7/2011	0,20	17/8/2011	0,00
18/5/2011	1,00	18/6/2011	0,00	18/7/2011	16,00	18/8/2011	0,00
19/5/2011	4,80	19/6/2011	0,00	19/7/2011	0,00	19/8/2011	0,00
20/5/2011	0,00	20/6/2011	4,10	20/7/2011	0,00	20/8/2011	0,00
21/5/2011	7,20	21/6/2011	37,70	21/7/2011	1,00	21/8/2011	58,10
22/5/2011	1,50	22/6/2011	26,20	22/7/2011	30,50	22/8/2011	10,60
23/5/2011	20,00	23/6/2011	0,00	23/7/2011	7,20	23/8/2011	5,60
24/5/2011	0,00	24/6/2011	17,90	24/7/2011	8,60	24/8/2011	8,40
25/5/2011	4,40	25/6/2011	34,80	25/7/2011	0,20	25/8/2011	7,50
26/5/2011	10,40	26/6/2011	2,00	26/7/2011	2,60	26/8/2011	0,00
27/5/2011	5,00	27/6/2011	0,00	27/7/2011	0,00	27/8/2011	0,00
28/5/2011	0,00	28/6/2011	0,80	28/7/2011	0,00	28/8/2011	5,40
29/5/2011	1,00	29/6/2011	8,00	29/7/2011	0,00	29/8/2011	0,40
30/5/2011	13,50	30/6/2011	0,00	30/7/2011	0,00	30/8/2011	0,00
31/5/2011	3,40			31/7/2011	0,00	31/8/2011	12,20

DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm	DATA	mm
1/9/2011	1,00	1/10/2011	0,00	1/11/2011	1,30	1/12/2011	5,60
2/9/2011	16,40	2/10/2011	11,20	2/11/2011	55,30	2/12/2011	11,20
3/9/2011	7,70	3/10/2011	0,00	3/11/2011	13,70	3/12/2011	0,50
4/9/2011	9,90	4/10/2011	1,20	4/11/2011	8,80	4/12/2011	0,00
5/9/2011	3,00	5/10/2011	3,40	5/11/2011	0,00	5/12/2011	0,00
6/9/2011	0,00	6/10/2011	0,00	6/11/2011	0,00	6/12/2011	11,20
7/9/2011	0,00	7/10/2011	0,00	7/11/2011	0,00	7/12/2011	2,60
8/9/2011	6,80	8/10/2011	7,60	8/11/2011	0,00	8/12/2011	5,50
9/9/2011	0,00	9/10/2011	0,40	9/11/2011	0,00	9/12/2011	36,20
10/9/2011	0,00	10/10/2011	2,00	10/11/2011	4,40	10/12/2011	0,00
11/9/2011	0,00	11/10/2011	0,60	11/11/2011	0,00	11/12/2011	20,60
12/9/2011	6,00	12/10/2011	10,00	12/11/2011	0,00	12/12/2011	0,10
13/9/2011	0,00	13/10/2011	4,70	13/11/2011	1,00	13/12/2011	20,60
14/9/2011	1,00	14/10/2011	0,00	14/11/2011	0,70	14/12/2011	4,00
15/9/2011	0,10	15/10/2011	7,40	15/11/2011	0,00	15/12/2011	0,00
16/9/2011	0,00	16/10/2011	0,00	16/11/2011	1,40	16/12/2011	7,60
17/9/2011	0,00	17/10/2011	0,00	17/11/2011	34,40	17/12/2011	0,00
18/9/2011	0,60	18/10/2011	1,70	18/11/2011	0,00	18/12/2011	4,40
19/9/2011	0,00	19/10/2011	0,00	19/11/2011	19,80	19/12/2011	6,60
20/9/2011	0,00	20/10/2011	0,00	20/11/2011	13,60	20/12/2011	0,00
21/9/2011	0,00	21/10/2011	41,00	21/11/2011	6,40	21/12/2011	3,00
22/9/2011	0,00	22/10/2011	30,40	22/11/2011	1,30	22/12/2011	19,60
23/9/2011	1,30	23/10/2011	0,00	23/11/2011	0,00	23/12/2011	0,00
24/9/2011	0,00	24/10/2011	0,00	24/11/2011	1,80	24/12/2011	0,20
25/9/2011	3,10	25/10/2011	1,60	25/11/2011	0,00	25/12/2011	0,00
26/9/2011	0,00	26/10/2011	7,60	26/11/2011	9,30	26/12/2011	20,00
27/9/2011	3,40	27/10/2011	0,00	27/11/2011	1,40	27/12/2011	1,30
28/9/2011	0,00	28/10/2011	2,20	28/11/2011	0,00	28/12/2011	17,80
29/9/2011	0,00	29/10/2011	0,00	29/11/2011	0,00	29/12/2011	1,10
30/9/2011	0,00	30/10/2011	6,10	30/11/2011	0,00	30/12/2011	2,00
		31/10/2011	0,00			31/12/2011	0,00

DADOS HISTÓRICOS DA REGIÃO CENTRO-OESTE E ESTADO DO TOCANTINS, DE 1977 À 2006.

MARCUZZO et.al., 2012.

Tempo	Precipitação média (mm)
JAN	254,88
FEV	219,97
MAR	218,55
ABR	126,55
MAI	61,01
JUN	23,94
JUL	12,73
AGO	20,64
SET	64,12
OUT	126,52
NOV	183,62
DEZ	243,02