



**Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE  
ÁGUA DE CHUVA EM UNIDADE HOSPITALAR**

**MÁRCIO DE CASTRO FONSECA**

Natal – RN

2016

**MÁRCIO DE CASTRO FONSECA**

# **ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UNIDADE HOSPITALAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Dr. Lúcio Flávio Ferreira  
Moreira

Natal – RN

2016

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Fonseca, Marcio de Castro.

Análise financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva em unidade hospitalar / Marcio de Castro Fonseca. - 2016. 101 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Natal, RN, 2016.

Orientador: Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira.

1. Água de chuva - Dissertação. 2. Lavanderia hospitalar - Dissertação. 3. Reservatório de armazenamento - Dissertação. 4. Sustentabilidade - Dissertação. I. Moreira, Lúcio Flávio Ferreira. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.1.037

# ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UNIDADE HOSPITALAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

## BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Lúcio Flávio Ferreira Moreira – Orientador  
Universidade Federal do Rio grande do Norte

---

Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto – Examinador UFRN  
Universidade Federal do Rio grande do Norte

---

Dr. Tarciso Cabral da Silva – Examinador Externo UFPB  
Universidade Federal da Paraíba

Natal, 2 de dezembro de 2016.

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado durante toda a minha trajetória acadêmica.

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, pela oportunidade de estar aqui e poder realizar essa pesquisa. A Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ao PPGES, por me acolher e proporcionar a conquista deste tão sonhado título. À minha esposa que sempre esteve do meu lado me apoiando em tudo e me dando forças para sempre continuar, inclusive pelo apoio e dedicação ao nosso filho, o que permitiu minha dedicação à dissertação. Ao meu filho João Gabriel por ser motivação para conclusão deste trabalho. Aos meus orientadores Prof. Arthur Mattos (in memoriam) e Prof. Lúcio Flavio pela credibilidade depositada em mim e pela oportunidade da realização deste trabalho. Aos meus amigos do Hospital Universitário Onofre Lopes, principalmente Antônio Calmon, que me auxiliaram durante o desenvolvimento dessa dissertação. Ao Hospital Universitário Onofre Lopes por liberação de dias de trabalho para me dedicar a esta redação. A minha mãe Lucilene de Castro Pereira pelo carinho e dedicação dedicados a mim. Ao meu pai Marcos Fonseca pelo incentivo ao estudo da engenharia. Aos amigos e a todos que, de certa forma, acabaram contribuindo para a realização deste trabalho.

**FONSECA, Márcio de Castro** Análise econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em unidade hospitalar. Dissertação de Mestrado. UFRN. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

## RESUMO

O uso de tecnologias de aproveitamento de água de chuva vem se consolidando cada vez mais como fonte alternativa de suprimento de água em diversos tipos de usos. A vantagem desta tecnologia se baseia na acessibilidade da água durante a estação seca, como também da utilização imediata com a possibilidade de substituição da água proveniente do abastecimento público. O objetivo deste estudo consistiu na análise financeira de dois projetos piloto de aproveitamento de água de chuva para o abastecimento de lavanderia em unidade hospitalar nas cidades de Natal e Caicó. Para isso, foi desenvolvido um modelo de simulação do comportamento hidrológico do sistema na escala diária. O estudo considerou a otimização do uso da água de chuva como forma de minimizar os custos de consumo da água do abastecimento público. Considerando as tecnologias atualmente disponíveis, como a utilização de reservatório semienterrado com revestido com geomembrana de PEAD (o uso desta tecnologia possibilita a construção de reservatórios de grande capacidade a um baixo custo, adequado para situações de alta demanda e irregularidades na distribuição da precipitação) foram realizadas simulações envolvendo diferentes cenários de aproveitamento de água de chuva, com a utilização em lavanderias das unidades hospitalares do Hospital Universitário Onofre Lopes (Natal) e do Hospital Regional do Seridó (Caicó). A escolha do reservatório adequado para cada situação foi realizada através da análise financeira conjunta do VPL, TIR e *payback* de SAACs com reservatórios com capacidade variando de 50 m<sup>3</sup> a 3000 m<sup>3</sup>. Os resultados obtidos para Natal demonstraram que o uso de um reservatório com capacidade de 500 m<sup>3</sup> possibilitaria economia anual de R\$ 81.143,10 (redução de 44% na conta de água), e *payback* do sistema de sete meses. Para Caicó, um reservatório com capacidade de 2.000 m<sup>3</sup> possibilitaria uma economia anual de R\$ 40.154,00 (redução de 68% na conta de água), e *payback* do sistema de 24 meses.

Palavras-chave: água de chuva; lavanderia hospitalar; reservatório de armazenamento; sustentabilidade.

**FONSECA, Márcio de Castro.** Financial analysis of a rainwater harvesting system in a hospital unit. Masters dissertation. UFRN. Postgraduate Program in Sanitary Engineering.

## **ABSTRACT**

The use of rainwater-harvesting technologies has been highly consolidated as an alternative source of water supply in several types of uses. The advantage on the use of this technology is based on the water accessibility during the dry season, and also for immediate use which makes possible to replace the water from the public supply system. The aim of this study was to financially investigate two rainwater-harvesting systems for the laundry supply in a hospital unit in the cities of Natal and Caicó. For this purpose, a simulation model of the system hydrologic behavior was developed in a daily scale. The study considered the optimization of the rainwater use as a way to minimize water consumption costs related to the public supply. Taking into account the current technologies, simulations involving several rainwater-harvesting scenarios of the Onofre Lopes University Hospital (Natal) and the Seridó Regional Hospital (Caicó) were carried out. Obtained results demonstrated that for the Natal unit a 500 m<sup>3</sup> reservoir capacity would produce R\$ 81,143.10 annual savings (44% water bill reduction), and a seven-month payback. For the Caicó unit, a 2,000 m<sup>3</sup> reservoir capacity would produce R\$ 40,154 annual savings (68% water bill reduction), and a 24-months payback.

Key-words: Rainwater; hospital laundry; reservoir capacity; sustainability.

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<b>FIGURA 01</b>	Dispositivo para desvio automático das primeiras águas das chuvas.	19
<b>FIGURA 02</b>	- Filtro vortex.....	21
<b>FIGURA 03</b>	- Filtro flutuante.....	22
<b>FIGURA 04</b>	- Cisterna em Concreto com telas de Arame.....	26
<b>FIGURA 05</b>	- Tanque de Geomembrana para cultivo de tilápia.....	27
<b>FIGURA 06</b>	- Reservatório de 1.500 m <sup>3</sup> para armazenamento de água.....	28
<b>FIGURA 07</b>	- Representação da instalação das bobinas de geomembrana.....	30
<b>FIGURA 08</b>	- Detalhe da Ancoragem Geomembrana.....	31
<b>FIGURA 09</b>	- Processo de soldagem por extrusão de PEAD.....	31
<b>FIGURA 10</b>	- Detalhe da tubulação de adução.....	32
<b>FIGURA 11</b>	- Vista em perspectiva do sistema.....	34
<b>FIGURA 12</b>	- Vista em corte do sistema sem líquido, mostrando os flutuadores e o lastro.....	34
<b>FIGURA 13</b>	- Vista em corte do sistema com líquido, mostrando os flutuadores e o lastro.....	35
<b>FIGURA 14</b>	- Vista em corte do sistema com líquido, mostrando a janela de visita.....	35
<b>FIGURA 15</b>	- Vista em corte do sistema com líquido, mostrando o sistema de captação e extração de água pluvial.....	35
<b>FIGURA 16</b>	- Demarcação da área a ser utilizada para construção do reservatório.....	41
<b>FIGURA 17</b>	- Demarcação das áreas que podem a ser utilizadas para o reservatório.....	44
<b>FIGURA 18</b>	- Segmentação das chuvas por volume precipitado na cidade de Natal para o ano de 2008.....	45
<b>FIGURA 19</b>	- Distribuição temporal das chuvas cidade de Natal entre 1961 e 2015.....	45
<b>FIGURA 20</b>	- Distribuição temporal das chuvas cidade de Caicó entre 1995 e 2015.....	46
<b>FIGURA 21</b>	- Segmentação das chuvas por volume precipitado na cidade de Caicó para o ano de 2009.....	47
<b>FIGURA 22</b>	- Representação esquemática do SAAC.....	48
<b>FIGURA 23</b>	- Fluxograma de funcionamento do Modelo.....	52
<b>FIGURA 24</b>	- Gráfico comparativo entre o tamanho do reservatório e o volume economizado.....	63
<b>FIGURA 25</b>	- Gráfico correlaciona o VPL com o tamanho do reservatório.....	65
<b>FIGURA 26</b>	- Gráfico comparativo entre tamanho reservatório e o volume economizado.....	67
<b>FIGURA 27</b>	- Gráfico correlaciona o VPL com o tamanho do reservatório.....	69
<b>TABELA 01</b>	- Métodos para dimensionamento do reservatório.....	25
<b>TABELA 02</b>	- Demanda diária da lavanderia do HUOL.....	40
<b>TABELA 03</b>	- Custo médio mensal da lavanderia do HUOL com água potável....	41
<b>TABELA 04</b>	- Demanda diária da lavanderia do HRS.....	42
<b>TABELA 05</b>	- Custo médio mensal da lavanderia do HRS com água potável.....	43
<b>TABELA 06</b>	- Análise da distribuição das chuvas em Natal.....	53
<b>TABELA 07</b>	- Quadro de taxas de títulos públicos.....	57

<b>TABELA 08</b> - Comparativo dos volumes economizado em função do tamanho do reservatório para o HRS.....	61
<b>TABELA 09</b> – Simulação gerada pelo modelo da economia em função do tamanho do reservatório.....	63
<b>TABELA 10</b> – Simulação financeiro para Caicó.....	64
<b>TABELA 11</b> – Comparativo dos volumes economizado em função do tamanho do reservatório.....	67
<b>TABELA 12</b> - Simulação gerada pelo modelo da economia em função do tamanho do reservatório para Natal .....	68
<b>TABELA 13</b> - Simulação financeiro para Natal.....	69
<b>TABELA 14</b> - Quadro tarifas água incluso tarifa esgoto.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS

CPATSA: Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semiárido

EBSERH: Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

SAAC: Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

HUOL: Hospital Universitário Onofre Lopes

HRS: Hospital Regional do Seridó

TIR: Taxa Interna de Retorno

VPL: Valor Presente Líquido

IAP: Índice de Ativação da Potencialidade

IUP: Índice de Utilização da Potencialidade

IUD: Índice de Utilização da Disponibilidade

UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

P1MC: Programa Um milhão de Cisternas

NBR: Norma Brasileira

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ONG: Organização não governamental

ASA: Articulação do Semiárido Brasileiro

CCD: Convenção de Combate à Desertificação

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

PEAD: Polietileno de Alta Densidade

PEDBDL: Polietileno de Baixa Densidade

PVC: Policloreto de Vinila

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

UTI: Unidade de Tratamento Intensivo

CAERN: Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

RN: Rio Grande do Norte

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
3.1 UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	16
3.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	17
<b>3.2.1. Principais componentes do SAAC</b> .....	18
3.3 CONSTRUÇÃO DOS SISTEMAS 24.....	23
<b>3.3.1 Área de captação</b> .....	22
<b>3.3.1.2. Runoff ou Coeficiente de Escoamento (C)</b> .....	22
<b>3.3.2 Condutores e calhas</b> .....	23
<b>3.3.3 Reservatório</b> .....	24
<b>3.3.3.1. Cisternas construídas no semiárido brasileiro</b> .....	25
<b>3.3.3.2. Reservatório de Geomembrana</b> .....	27
<b>3.3.3.2.1 Etapas de Execução reservatório em Geomembrana</b> .....	30
3.4 COBERTURA FLUTUANTE.....	34
3.5 ÂMBITO ECONÔMICO.....	36
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	38
4.1 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ANALISADOS.....	39
4.2 VANTAGENS DO USO DE ÁGUA DE CHUVA EM LAVANDERIA NO AMBIENTE HOSPITALAR.....	39
4.3 ÁREAS DE ESTUDO.....	40
4.3.1. Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL).....	40
4.3.2 Hospital Regional do Seridó (HRS).....	42
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO.....	44
4.5 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE ECONÔMICA DO SAAC.....	47
<b>4.5.1 Dimensionamento do reservatório para armazenamento de água de chuva</b> .....	47
4.5.2 Fluxograma de funcionamento do modelo de simulação.....	51
4.5.3 Redução de custos gerada pelo SAAC.....	52
4.6 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	54
4.7 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE e PAYBACK DESCONTADO.....	55
4.8 Metodologia financeira.....	57
4.8.1 Valor Presente Líquido (VPL) .....	57
4.8.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	59
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	61
5.1 HRS.....	61
5.2 HUOL.....	67
<b>6.0 CONCLUSÃO</b> .....	71
<b>7.0 REFERÊNCIAS</b> .....	72
ANEXO A – ORÇAMENTOS DOS SISTEMAS.....	81
ANEXO B – ANÁLISE FINANCEIRA.....	87

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). Nesse sentido, o valor da água está relacionado com o equilíbrio entre oferta e demanda: quanto maior for a sua escassez em determinada localidade, maior será seu valor (GARRIDO, 2000, p.58).

Diante de um cenário de escassez hídrica associada a fatores climáticos, os pesquisadores têm reconhecido a importância de estudar alternativas tecnológicas visando otimização econômica dos sistemas de captação e armazenamento da água de chuva. De acordo com May (2004), a viabilidade do uso da água de chuva é evidenciada pela redução da demanda de água de abastecimento público, com a incorporação de água de boa qualidade para uso doméstico.

De modo geral, um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC) é composto por uma superfície de captação (telhado), calhas, tubos condutores, dispositivos para descarte da água de lavagem do telhado, e reservatórios de armazenamento da água da chuva.

Segundo Santos et al. (2015) a viabilidade econômico-financeira de um SAAC é encarada, do ponto de vista do usuário, considerando-se dois fatores: a) capacidade de pagamento com a implantação do SAAC; b) economia gerada com o pagamento da água de abastecimento.

Na Holanda, o SAAC tem a função de reduzir o risco de transbordamento dos canais. Armazena-se a água e sua utilização ocorre no abastecimento de fontes ornamentais e na irrigação de lavouras. Na Alemanha, a coleta e aproveitamento da água propiciou a resolução de impasses relativos à baixa qualidade de água potável (PNUMA, 2001, apud MAY, 2004).

Segundo Fewkes (1999) no Reino Unido aproximadamente 1/3 do consumo de água potável residencial é referente à limpeza do vaso sanitário, de forma que a indução à utilização de água da chuva é incentivado devido a substituição da água potável por água da chuva, sendo possível instalar sistemas de armazenamento com a finalidade substitutiva.

Köhler e Schimidt (2003) declaram que, na Alemanha, o Estado efetua a cobrança de uma taxa, referente à inserção de água de chuva no sistema público de esgoto, sendo

um estímulo para os cidadãos, aos quais é apresentada a possibilidade de economia da aludida taxa quando promovem a instalação de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva.

Nos Estados Unidos, o aproveitamento de água da chuva ocorre com vistas a executar a higienização de automóveis e vasos sanitários, os processos de irrigação e o resfriamento evaporativo (MAY, 2004).

No Japão, segundo Kita et al. (1999), a água da chuva é coletada intensamente, devido aos reservatórios que abastecem a capital encontrarem-se a grandes distâncias de seu destino, assim como a impermeabilização do solo dificulta a absorção da água, impossibilitando a infiltração. Assim, são utilizados dois sistemas de coleta distintos: um consistindo em sistema de reservatório de água da chuva e o outro no sistema de valas de infiltração de água da chuva.

No Brasil, a escassez de água no semiárido do Nordeste brasileiro ressalta a importância do uso de SAAC visando ao aumento da oferta hídrica, dadas as condições climáticas na região. A disponibilidade e utilização dos recursos hídricos, no Nordeste brasileiro, permanecem como um problema elementar no que diz respeito ao seu desenvolvimento. Todos os dias, vultosos esforços vêm sendo empreendidos, com o objetivo de aplacar as terríveis consequências do desabastecimento hídrico e oferecer água suficiente para atender o abastecimento humano e dos demais animais, além de garantir a irrigação.

O primeiro programa desenvolvido pela Articulação do Semiárido (ASA) - organização que reúne 750 ONGs, no início dos anos 2000, visa atender a uma necessidade básica da população que vive no campo: água de beber. Com esse intuito nasce o Programa Um Milhão de Cisternas, o P1MC. Melhorar a vida das famílias que vivem na Região Semiárida do Brasil, garantir o acesso à água de qualidade é o principal objetivo do Programa. Através do armazenamento da água da chuva em cisternas construídas com placas de cimento ao lado de cada casa, as famílias que vivem na zona rural dos municípios do Semiárido passam a ter água potável sem necessidade de percorrer longas distâncias (ASA,2016).

Segundo Mattos et al (2014) o P1MC até 2014, construiu 523.654 sistemas de captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano. A qualidade da água de chuva em zonas rurais sem poluição atmosférica é, em geral, apropriada para usos nobres se cuidados sanitários são aplicados desde a coleta até o consumo.

A coleta e armazenamento de água da chuva é capaz de atenuar as implicações de

natureza humanitárias, advindas da escassez de água, todavia, é necessário que sejam empregadas técnicas modernas, com o objetivo de otimizar o processo de captação e a conservação da água. Kim (2011) mostrou em seu trabalho que através da utilização de técnicas adequadas de filtragem e reservatório subterrâneo é possível armazenar água pluvial, sem a adição de reagentes químicos, por períodos superiores a 100 dias.

Este estudo procura analisar os aspectos financeiros de SAACs aplicados em duas unidades hospitalares, o Hospital Universitário Onofre Lopes em Natal (litoral nordestino com 1600mm médio de chuva anual), e o Hospital Regional do Seridó em Caicó (Região do semiárido do RN com 600mm médio de chuva anual).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi analisar as variáveis financeiras de um sistema de aproveitamento de água de chuva para as regiões de Natal e Caicó. Para isso, foi desenvolvido um modelo de simulação do comportamento hidrológico do sistema na escala diária.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Otimizar a relação envolvendo os consumos da água de chuva e da concessionária com o objetivo de minimizar os custos, considerando que o custo de aquisição da água varia com o volume consumido;
- Otimizar o uso da água captada de modo a maximizar o retorno financeiro;
- Estimar o retorno financeiro com base na análise cenários do uso do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O uso não coordenado de recursos hídricos, no decorrer do tempo, tem determinado diversos problemas relativos ao esgotamento hídrico no mundo. A água potável tem se tornado cada vez mais difícil de ser obtida, o que eleva seu valor financeiro, diante da crescente falta de disponibilidade. A intensificação da demanda hídrica consiste num desafio, visto que a água disponível, em todas as regiões do mundo, apresenta-se em condições cada vez piores, inversamente proporcional ao crescimento populacional. Neste contexto, é necessária a prática de uma gestão responsável dos recursos hídricos, assim como a utilização de técnicas e políticas de utilização da água, com vistas a orientar e fiscalizar a utilização racional do referido recurso e proteger as bacias hidrográficas.

A cidade de Natal é abastecida por mananciais de origem superficial e subterrânea, dividido em duas regiões – norte e sul. A região norte, o abastecimento é provido por um conjunto de poços profundos e pela Lagoa de Extremoz. Na região sul, o ponto de captação da água de abastecimento está situado no rio Pitimbu, sendo complementado por um conjunto de poços profundos. Por sua vez, o abastecimento da água na cidade de Caicó é proveniente do Rio Piranhas-Açu (ANA, 2016).

Segundo (Rocha & Studart, 2014) Natal apresenta um elevado nível de heterogeneidade temporal e espacial de seu regime pluviométrico; pela ocorrência de anos com excesso de chuvas, em contraste com períodos anuais que apresentam grande escassez de precipitações. Em Natal, o período chuvoso estende-se de fevereiro a agosto, com totais mensais médios acima de 110 mm. O período seco, por sua vez, estende-se de outubro a dezembro, com totais mensais médios abaixo de 40mm. A precipitação média anual é de aproximadamente 1600 mm.

O município de Caicó está situado na microrregião do Seridó e é caracterizado pelos baixos índices pluviométricos. As temperaturas médias anuais variam entre 18°C e 33°C. Vale mencionar que a microrregião do município de Caicó está

enquadrada pela Convenção de Combate à Desertificação (CCD) como núcleo de desertificação, por apresentar baixos índices de umidade do solo, fato decorrente da alta evapotranspiração associado aos baixos índices pluviométricos. Estas áreas apresentam susceptibilidade aos processos de desertificação relacionados com a ação da variação climática e com as atividades antrópicas (VALADÃO et al. 2010). A precipitação média anual é de aproximadamente 600 mm.

### 3.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A água de chuva é coletada na América do Norte há cerca de quatro mil anos, ao passo que se registrou que tal técnica também foi posta em uso na China, há mais de seis mil anos, assim como foram encontrados resíduos de cisternas construídas há dois mil anos, no atual território ocupado por Israel (KRISHNA, 2005).

Segundo May (2004) há registros realizados pelos maias e astecas, a respeito da coleta de águas pluviais. Na África, estruturas arbóreas de porte grande foram usadas para o armazenamento hídrico, com capacidade entre 1.200 - 1.400 litros, com uso nos períodos de seca, para consumo humano.

A construção de reservatórios de armazenamento de água tem sido uma solução visando enfrentar o problema da escassez de recursos hídricos. O Nordeste brasileiro tem cerca de 70 mil açudes de superfície superior a 1.000 m<sup>2</sup>, construídos pelo poder público, visando basicamente o abastecimento humano irrigação. O Nordeste Brasileiro é a segunda região do mundo em quantidade de reservatórios. Desenvolvidos para suprir água durante os períodos de seca que atinge o clima semiárido brasileiro, a água armazenada é destinada ao suprimento do abastecimento humano, irrigação, pecuária, pesca.

O Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) é um exemplo da atuação da sociedade civil na execução de políticas públicas. A elaboração e execução do P1MC é responsabilidade da Articulação do Semiárido (ASA) - organização que reúne 750 ONGs, teve início a partir do ano 2000, com o objetivo de construir um milhão de cisternas para coleta de água da chuva para consumo humano na região semiárida

brasileira, abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí Ceará e Minas Gerais. Sua administração é realizada através de unidades gestoras, uma central e mais sessenta e quatro microrregionais distribuídas pelos estados acima citados. Em municípios onde o programa foi implantado são formadas comissões municipais compostas de representantes da sociedade civil, e uma dessas organizações é escolhida para ser a unidade gestora municipal. A essas comissões municipais cabe escolher as comunidades e cinco famílias que participarão do programa, mobilizar e organizar cursos de capacitação, supervisionar e monitorar a execução do programa pela unidade gestora municipal.

As escolhas de comunidades e famílias são realizadas a partir de critérios gerais pré-definidos. O programa é financiado com recursos do governo federal, principalmente, e também de outras organizações como a Febraban (Federação Brasileira dos Bancos) e exige contrapartidas das organizações filiadas à ASA.

As cisternas são construídas com placas de cimento pré-moldadas, são cobertas e, através de um sistema de calhas instaladas nos telhados, coletam e armazenam a água da chuva. Elas possuem capacidade para guardar aproximadamente dezesseis mil litros, que conforme cálculos da ASA, é o suficiente para fornecer uma média de 66 litros diários de água, considerado o bastante para uma família composta por seis membros beber e cozinhar durante oito meses, período médio de duração da estiagem no semiárido brasileiro. (ASA,2016)

Os Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva (SAAC) são comumente utilizados em edificações com o objetivo de coletar as águas pluviais captadas pelas superfícies dos estacionamentos e telhados.

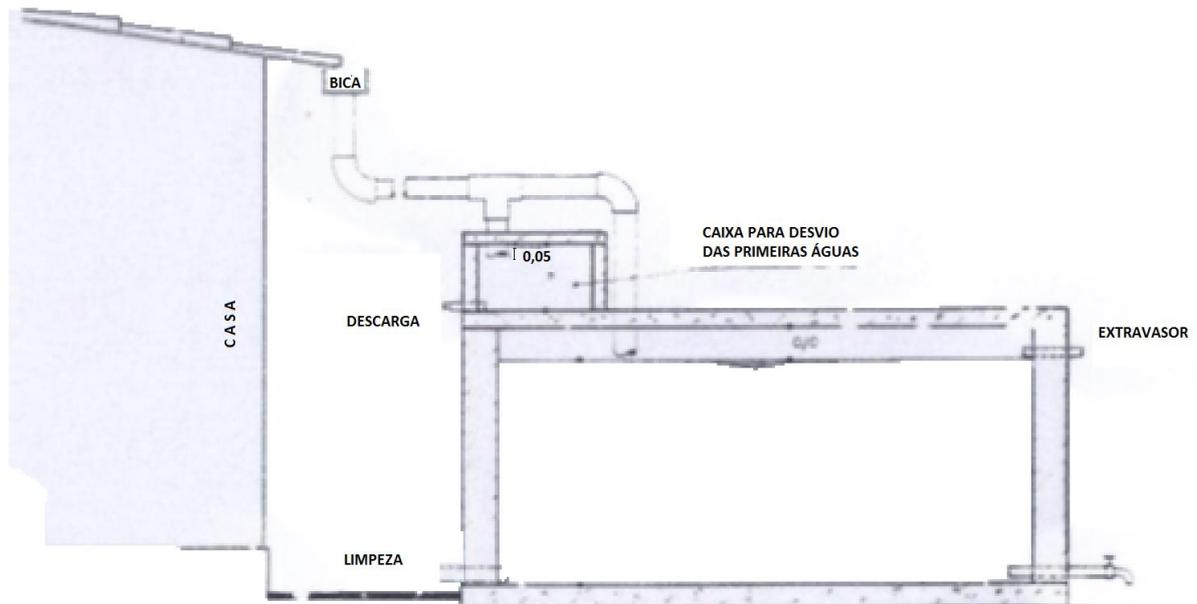
### **3.2.1. Principais componentes do SAAC**

Os componentes tradicionais dos sistemas de captação de água da chuva consistem em área de coleta/captação, sistema de condução da água e sistema de armazenamento.

O sistema de coleta / captação, segundo May (2004), consiste na região na qual ocorrerá a coleta da água da chuva. Em geral, tratam-se de lajes, pátios,

estacionamentos ou drenagem do solo, assim como os telhados das edificações estes são considerados como os elementos mais simples, produtores da melhor qualidade de água. A FIGURA 1 apresenta o dispositivo de desvio da água desenvolvido por Andrade Neto. Nessa solução, após a captação pelos telhados, as primeiras águas da chuva são desviadas automaticamente da linha de fluxo, para um pequeno reservatório, por meio de uma conexão tipo “tê” instalada na tubulação de entrada da cisterna. Como este tanque permanece fechado, os primeiros milímetros de chuva que promovem a lavagem da atmosfera e da área de captação ficam retidos no reservatório, propiciando assim a passagem da água mais limpa para o interior da cisterna.

**FIGURA 1** Dispositivo para desvio automático das primeiras águas das chuvas.



Fonte: ANDRADE NETO(2003)

O sistema de transporte consiste numa tubulação responsável pela condução das águas captadas para o reservatório. Machado (2015) registra que o referido sistema pode ser utilizado, paralelamente, como um sistema de captação, que é o caso das calhas, que recebem e ao mesmo tempo transportam a água da chuva que fora recepcionada no telhado.

O sistema de armazenamento é composto de um reservatório, o qual pode ser construído utilizando diversos tipos de materiais. Ele pode ser instalado no nível do terreno ou ser parcialmente enterrado, de forma que deve este item ser posicionado

no ponto mais próximo possível ao local de consumo, com vistas a debelar ou reduzir a utilização de sistema elevatório (MACHADO, 2015).

Além dos componentes descritos, os SAAC possuem alguns acessórios, conforme listados abaixo:

a) Dispositivo de descarte inicial

Os volumes iniciais de chuva promovem a limpeza das superfícies de captação e da atmosfera; devem, portanto, serem descartados. A limpeza dos contaminantes que se encontravam em suspensão na atmosfera, ocorrendo, neste primeiro momento, a deposição de sujidades, tais quais partículas, resíduos gasosos e aerossóis, assim como detritos contidos no telhado e nas calhas (Machado, 2015).

Assim, a função do dispositivo de descarte inicial é armazenar tais contaminantes e detritos químicos / biológicos, nos primeiros instantes da chuva, impedindo que tais impurezas sejam direcionadas ao reservatório. Silva (2006) registra que este mecanismo pode ser operado manualmente, através da desconexão da calha, ou de forma automatizada, por vias da instalação de um componente capaz de promover o desvio da água contaminada. De acordo com Andrade Neto (2013), há sujeira nos telhados, mesmo nos períodos caracterizados por constantes chuvas, entretanto, os primeiros minutos de cada evento pluviométrico são capazes de higienizar a área de captação, sendo necessário o volume de 1 a 2 L/m<sup>2</sup> de água pluvial, para que se efetue a limpeza da estrutura.

A norma NBR 15527/ABNT recomenda o descarte dos primeiros 2 mm de chuva, sendo o descarte executado por mecanismo, de preferência, automático (MACHADO, 2015).

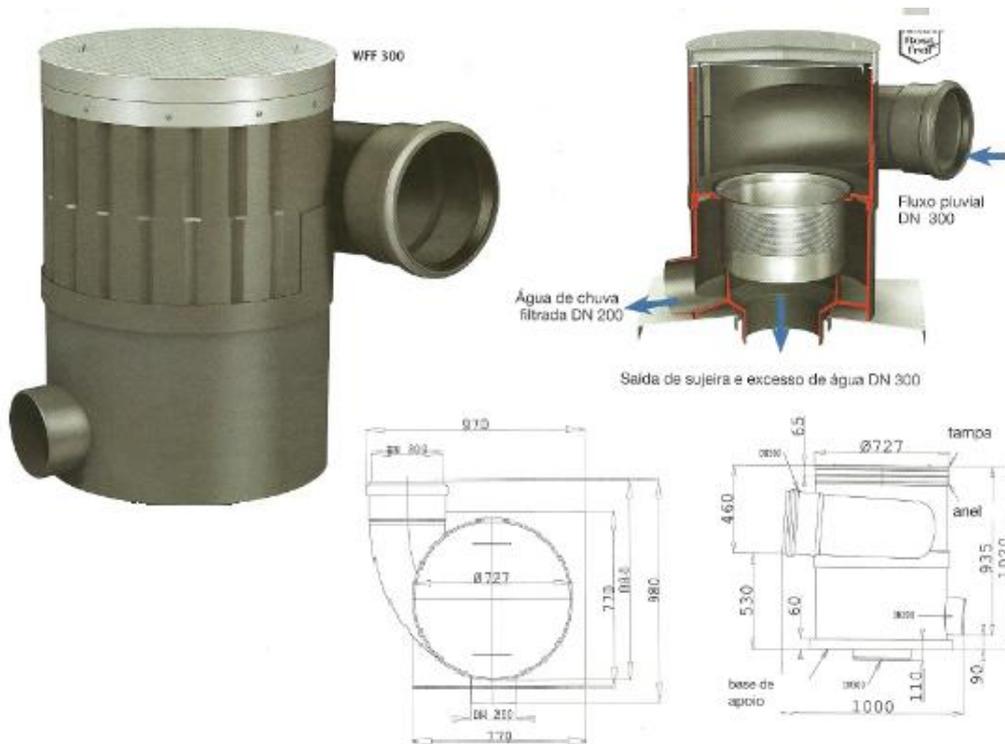
b) Mecanismo de filtragem da água pluvial

Sua função é filtrar a água da chuva, podendo sua instalação ser na descida da água, denominado, neste caso, de pré-filtro. O filtro também pode ser instalado no interior do reservatório, sendo denominado de filtro flutuante. Entre a variedade de filtros, existem aqueles que promovem a separação dos contaminantes no interior do tubo; existe também o filtro tipo centralizado, instalado posteriormente à junção dos tubos individuais de descida.

Machado (2015) registra que há, entre os pré-filtros, os do tipo vortex (

FIGURA ), de forma que sua instalação se dá na junção do tubo que realiza a drenagem da água, utilizando o princípio de tensão superficial, implicando em elevada eficiência e reduzida manutenção. O referido pesquisador também registra que há o pré-filtro de volume, o qual pode ser aplicado exclusivamente no tubo de descida, sendo sua função a retirada de detritos, através da segregação da água pluvial das sujidades provenientes das calhas e telhados; a utilização do referido tipo de filtro não significa a depuração da água, sendo sugerida a sua utilização para finalidades não potáveis.

**FIGURA 2- Filtro vortex.**

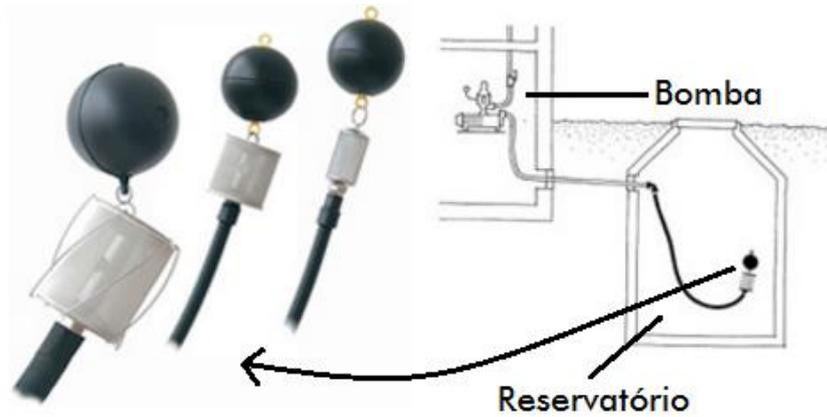


Fonte ENGEPLAS, 2015

FIGURA 3, localiza-se na entrada de água da bomba, a qual é responsável por captar a água do reservatório e direcionar aos locais onde esta será consumida; tais filtros promovem a retirada de contaminantes eventualmente constantes no reservatório, com vistas a proteger a bomba e a respaldar a qualidade da água. Estes filtros, registra Machado (2015), não realizam a sucção em pontos no fundo do reservatório, visando

a evitar sugar sedimentos ali depositados.

**FIGURA 3 - Filtro flutuante**



Fonte: AGUASTOCK, 2015

### 3.3 CONSTRUÇÃO DOS SISTEMAS

Pereira (2015) registra que deve ser seguida uma metodologia básica para o projeto dos concernidos sistemas, que consiste na determinação da precipitação média local; da área de coleta e do coeficiente de escoamento; na elaboração dos projetos dos sistemas de complementação; do reservatório de descarte; da seleção do sistema de tratamento; do planejamento da cisterna, da determinação da utilização da água e da descrição das características da qualidade da água da chuva.

#### 3.3.1 Área de captação

A área de captação é um dos principais elementos a ser considerado no dimensionamento de um SAAC, visto que tal área determina o volume de captação e aproveitamento da água. Ela concerne à integralidade das superfícies

impermeabilizadas. As superfícies devem ser inclinadas ou planas, visto que o material constituinte determinará a inclinação, devendo-se selecionar o material com a menor característica de absorção da água; tais materiais podem ser telhas de PVC, ferro galvanizado, zinco, fibrocimento ou em cerâmica, assim como superfícies compostas por manta asfáltica ou concreto armado, de acordo com May (2004).

### **3.3.1.2. Runoff ou Coeficiente de escoamento (C)**

As perdas determinam a ineficácia do aproveitamento da água da chuva, de forma que é utilizado o coeficiente de Runoff ou coeficiente de escoamento, que consiste na relação entre os volumes captados pela superfície e o volume precipitado da água precipitada (PETERS, 2006). De acordo com Tomaz (2003), o coeficiente de escoamento varia entre 0,67 e 0,90, havendo a indicação de determinado coeficiente em relação ao material empregado no sistema. O mencionado autor registra que, no Brasil, este coeficiente é  $C = 0,80$ .

### **3.3.2 Condutores e calhas**

A água deve ser transposta da área de coleta até o reservatório através de tubulações e calhas. A norma ABNT NBR 10844/89 de Instalações Prediais de Águas Pluviais, determina os cálculos e a execução, de forma que a vazão captada determina o dimensionamento. Estes podem ser constituídas de PVC, alumínio ou aço galvanizado, devendo apresentar resistência à corrosão, às alterações de temperatura, rigidez, superfície lisa e alta durabilidade, de acordo com Tomaz (2003).

### **3.3.3 Reservatório**

De acordo com Tomaz (2003), o reservatório consiste no item que determinará a qualidade da água, podendo posicionar-se sobre ou sob a superfície do terreno, ou ainda parcialmente enterrado. Material usado no reservatório pode ser aço galvanizado, madeira, alvenaria, concreto, fibra de vidro e plástico, dentre outros componentes. A seleção do material componente da cisterna implicará no custo e na qualidade da água a ser disponibilizada (TOMAZ, 2003).

Em geral, a cisterna é responsável pelo custo mais alto do sistema, devido ao volume necessário para acumulação de água pluvial durante o período de ocorrência de chuvas. Dessa forma, como as chuvas se concentram em alguns meses do ano, as cisternas teriam, para abastecer integralmente determinada demanda, que dispor de grandes volumes para acumular água durante o período chuvoso de forma a suprir a demanda durante a estação seca.

Além das médias de precipitação, o histórico pluviométrico, a demanda e a estiagem da região, o dimensionamento do reservatório exige que sejam consideradas as metodologias descritas na Norma ABNT NBR 15527. Na tabela 1, é possível observar os métodos para calcular o volume de um reservatório.

**TABELA.1** - Métodos para dimensionamento do reservatório.

MÉTODO	DESCRIÇÃO
Rippl	Consiste no cálculo do volume de armazenamento demandado para respaldar uma vazão regular e constante, no decorrer de períodos críticos de estiagem, consistindo em um método lastreado pelo diagrama de massa do sistema, sendo empregado no cálculo de reservatórios com a finalidade de armazenar água para fins hidrelétricos, irrigativos, abastecimento, normalização de cursos de água e controle de alagamentos (ANNECCHINI, 2005).
Interativo	Nada mais que a adaptação do Método de Rippl, que consiste na execução do cálculo do volume que pode ser captado mensal e anualmente pelo sistema, apresentando os resultados ao executor do programa, possibilitando a este o uso dos dados que impedir uma estimativa superior ao volume necessário.

Simulação de Monte Carlo	Baseia-se na simulação de variáveis aleatórias, sendo visto como uma maneira simples de calcular o dimensionamento; Lopes e Santos (2002) afirmam que tal método promove a geração de séries sintéticas de vhuca, partindo de séries históricas, apresentando volumes de reserva diversos, de acordo com os cálculos probabilísticos de satisfação da demanda.
Comportamental	Considera a utilização do reservatório em determinado período de tempo, através da simulação de fluxos de massa, empregando-se algoritmos, os quais apresentação o trabalho de determinado reservatório; intervalos de tempo são, segundo Annechhini (2005), os dados de entrada utilizados na simulação do fluxo de massa de água.

Fonte: PEREIRA, 2012.

A manutenção da cisterna é essencial para garantir a qualidade da água, devendo o componente em questão ser impermeável, não permissivo da inserção luminosa nem de insetos, sendo necessário efetuar inspeções periódicas para higienização (ANNECCHINI, 2005).

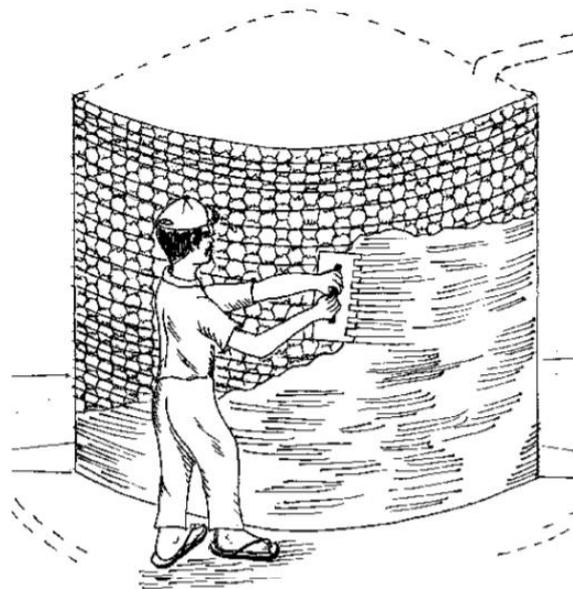
### 3.3.3.1. Cisternas construídas no semiárido brasileiro

Gnadlinger (2000) anotou que a cisterna de concreto com tela de arame mostrada na Figura 5 apresenta eficácia na coleta de água da chuva, possuindo, em sua parede, quatro camadas sucessivas de argamassa de cimento; no centro das referidas camadas, encontra-se uma tela metálica galvanizada, caracterizada a estrutura pelo baixo custo.

**FIGURA 4 - Cisterna em Concreto com telas de Arame.**

Fonte: GNANDLINGER (2000).

### 3.3.3.2. Reservatório de Geomembrana



A geomembrana é dos tipos mais comuns de geossintéticos e consiste de uma manta plástica elástica e flexível. Para sua fabricação são utilizados alguns polímeros, entre eles o polietileno de alta e de baixa densidade (PEAD e PEDBDL) e policloreto de vinila (PVC). Este material apresenta ótima performance para utilização como revestimento impermeabilizante sendo comumente utilizada na contenção de rejeitos líquidos e sólidos - desde água potável até resíduos perigosos ou radioativos. Alguns exemplos de sua utilização: lagoas artificiais de decantação, aterros de resíduos domésticos e industriais, lagoas de contenção e de tratamento de resíduos industriais, tanques e silos subterrâneos para armazenamento, canais de adução e irrigação, confinamentos de áreas contaminadas, lagoas para piscicultura / carnicultura e tanques para dejetos animais.

Segundo Lopes e Lopes (2009), as geomembranas de PEAD possuem espessura variando entre 0,13 mm e 5,10 mm e largura variando entre pode ir desde

0,90 m a 5,20 m. Elas são resistentes, tanto ao ataque químico, como à exposição aos raios UV, e por isso é utilizada em aplicações onde possa haver contato com elementos degradantes. Sua fabricação deve seguir as recomendações do Instituto de pesquisa de geossintéticos da Universidade de Drexel (Estados Unidos) para polietileno de alta densidade conforme norma GRI-GM 13 e do Manual de Controle de Fabricação para Geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). A Figura 5 apresenta mostra tanques para cultivo de tilápia construídos com telas metálicas revestidas por geomembrana de PEAD na Colômbia. A FIGURA 6 apresenta reservatório para armazenamento de 1.500 m<sup>3</sup> de água para combate a incêndio, revestido com geomembrana de PEAD no estado de São Paulo.

**FIGURA 5** - Tanque em geomembrana para o cultivo de Tilápia



Fonte: SOLOSTOCKS, 2016,

**FIGURA 6** - Reservatório de 1.500 m<sup>3</sup> para armazenamento de água



Fonte: NEOPLASTIC, 2016.

As geomembranas de polietileno de baixa densidade linear (PEBDL), e de policloreto de vinilla (PVC) têm como vantagem a flexibilidade, ou seja, capacidade de resistir a deformações e acomodar-se a superfícies irregulares. O PVC é o material utilizado mundialmente na fabricação de geomembranas tendo uma elevada capacidade de deformação fora do plano.

A alternativa tecnológica na construção do reservatório de armazenamento de concreto armado, amplamente utilizado, para o reservatório semienterrado com revestimento de geomembrana de PEAD torna viável, do ponto de vista econômico, reservatórios de grande volume em regiões onde o custo de aquisição da água é baixo, conforme demonstrado em Teixeira et al. (2016). Este estudo analisou a viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva numa indústria metal mecânica na região metropolitana de Curitiba. Concluiu-se que a demanda industrial é compatível com a proposta de utilização de água da chuva, entretanto, deve haver o apoio de outras fontes, durante os períodos não chuvosos, visto que o volume armazenado pode não suprir as demandas de modo integral. Os autores indicaram que a água da chuva é compatível com finalidades sanitárias e irrigação, sem necessidade de tratamento posterior, devido ao atendimento aos parâmetros necessários para estes fins. Afirmaram que a instalação de um reservatório de 1.000m<sup>3</sup> seria suficiente para atender a um consumo diário de 26m<sup>3</sup> de água. Contudo,

devido ao baixo custo de aquisição da água nesta região a construção do reservatório de 1.000 m<sup>3</sup> em concreto armado, com custo de R\$ 389.079,00 mostrou-se economicamente inviável. Os resultados obtidos com a análise *payback* mostraram que o investimento não se pagaria. Além disso, o VPL num horizonte de 20 anos foi negativo em R\$ 319.389,28. Por outro lado, utilizando a tecnologia alternativa de construção de um reservatório semienterrado com revestimento em geomembrana de PEAD a um custo de R\$ 25.359,46, apenas 6,51% do custo do reservatório em concreto, torna a utilização da água de chuva viável, com *payback* em 14 anos e um VPL de R\$ 5.360,93.

#### **3.3.3.2.1 Etapas de Execução reservatório em Geomembrana**

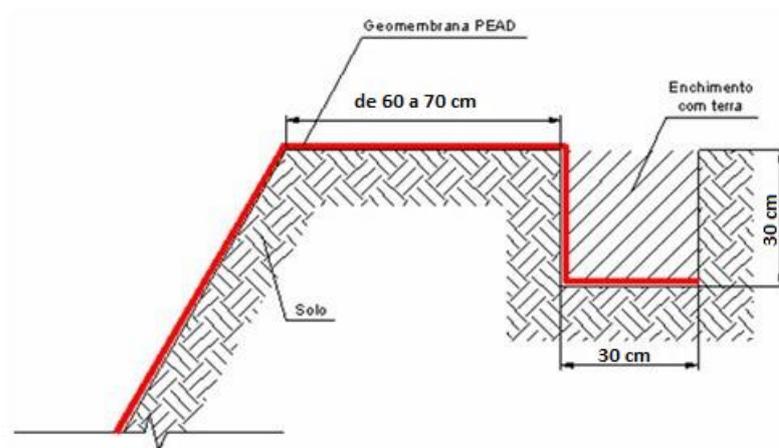
Para instalação da geomembrana, primeiramente deve-se preparar a superfície do terreno, ou seja, preparar o solo que será o lastro da geomembrana. A superfície deverá encontrar-se integralmente nivelada, inexistindo qualquer contundência à manda ou alterações repentinas na inclinação do solo, o qual deve ser compactado, conforme observa-se na FIGURA 7. Sugere-se a instalação da membrana imediatamente após a conclusão do preparo da superfície, com o objetivo de impedir alterações climáticas ou demais eventos que ocasionem alterações.

FIGURA 7 - Representação da instalação das bobinas de geomembrana.



Fonte CORSINI, 2011

Em seguida, a superfície é preparada para a ancoragem, de forma que as canaletas de ancoragem devem ser previamente executadas, com observância às dimensões constantes no projeto. É recomendável que se obedeça aos seguintes valores mínimos: 0,60 m de distância da borda do talude, 0,30 m de largura e 0,30 m de profundidade (IGS, 2015).

**FIGURA 08** – Detalhe da Ancoragem Geomembrana.

Fonte: SEAGRO, 2016

A aplicação das mantas deve ser realizada obedecendo as orientações do projeto, devendo ser executada a abertura das bobinas na crista dos taludes, observando para que não surjam áreas desniveladas e com rugosidades.

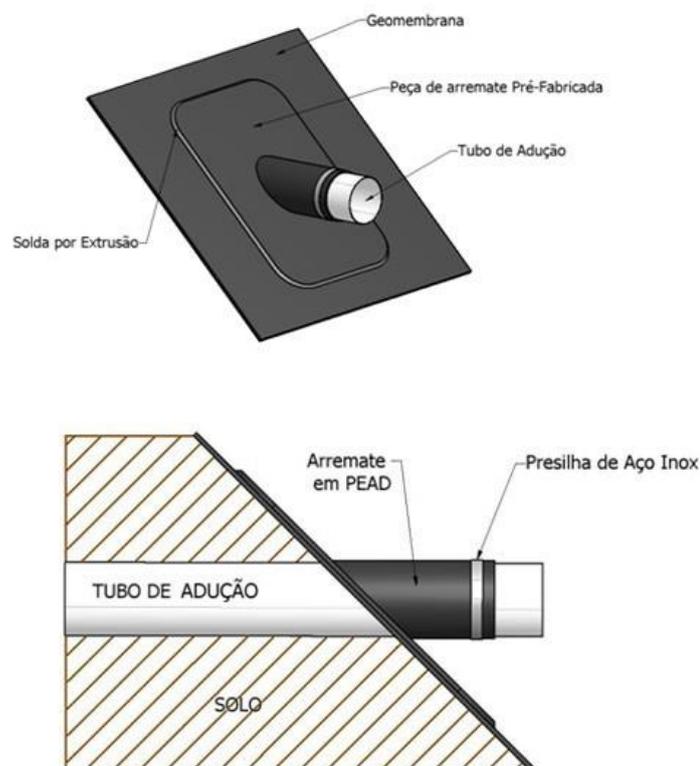
A soldagem das mantas ocorre através de extrusão de cordão de solda de PEAD, com traspasses de no mínimo 7,5 cm, FIGURA 09. Sugere-se que nas interseções e nos cantos, execute-se a menor quantidade possível de solda, assim como devem ser evitadas as emendas no sentido horizontal.

**FIGURA 09** - Processo de soldagem por extrusão de PEAD.

Fonte: INOVAGEO, 2015

As Tubulações emergentes nos taludes, tanto de entrada quanto de saída de efluentes, devem ser revestidas com uma peça de arremate pré-fabricada em PEAD, convencionalmente chamadas de camisa. Se a tubulação não for em PEAD, faz-se necessário a utilização de abraçadeira de aço inoxidável para a estanqueidade da interface geomembrana/tubo. Se o tubo for em PEAD, o arremate é feito por solda de extrusão conforme detalhe na Figura 10

**FIGURA 10** - Detalhe da tubulação de adução.



Fonte: SEAGRO, 2016

### 3.4 COBERTURA FLUTUANTE

A cobertura flutuante para o reservatório é composta basicamente por uma geomembrana flexível impermeável e se configura como uma superfície móvel flutuante. (REICHLER, 2006)

O sistema proposto por Reichler (2006) consiste em uma cobertura com barreira flutuante caracterizado por uma geomembrana flexível impermeável que isola

o líquido do ambiente externo. Essa cobertura poder configurada com quaisquer formas geométricas. O líquido é introduzido no reservatório por uma abertura entre a parede do tanque, aqui denominadas revestimento-base, e a geomembrana de cobertura denominada manta de cobertura. De acordo com as propriedades do líquido e as dimensões do reservatório, pode-se fazer necessário o uso de um ou mais acessórios do sistema, que são flutuadores ou lastros presos à manta de cobertura, janelas de visita e sistema de captação e drenagem da água pluvial.

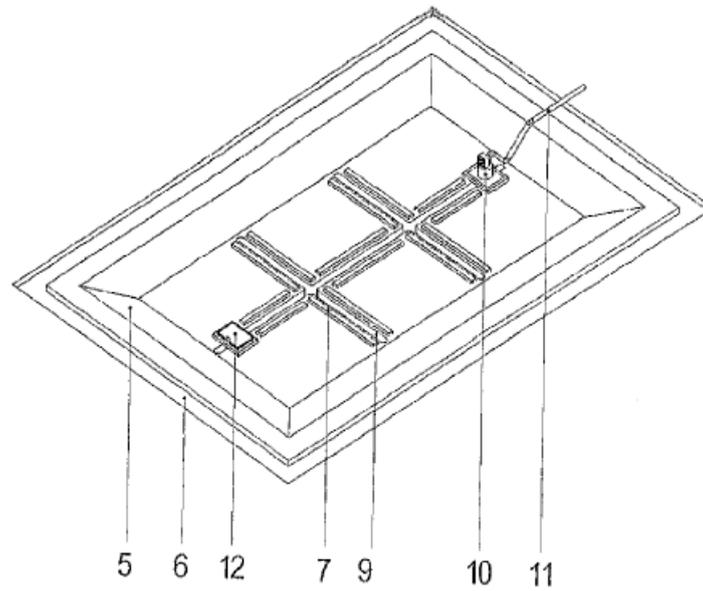
Os componentes do sistema são divididos em obrigatórios e acessórios e estão detalhados conforme Figuras 11 a 15.

Componentes obrigatórios:

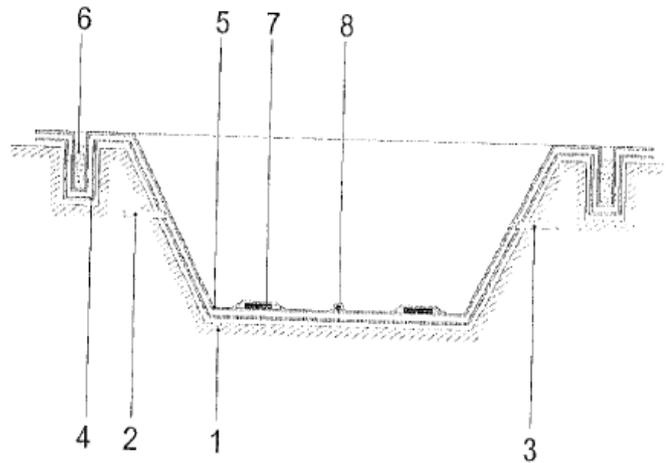
- 1 – Reservatórios;
- 2 – Sistema de entrada de líquidos;
- 3 – Sistema de saída de líquidos;
- 4 – Revestimento-Base;
- 5 – Manta de Cobertura;
- 6 – Sistema de fixação superior perimetral;

Componentes acessórios:

- 7 – Flutuador;
- 8 - Lastro de cobertura;
- 9 – Calha condutora de água pluvial;
- 10 – Bomba para extração de água pluvial;
- 11 – Mangueira de saída de água pluvial;
- 12 – Janela de visita;

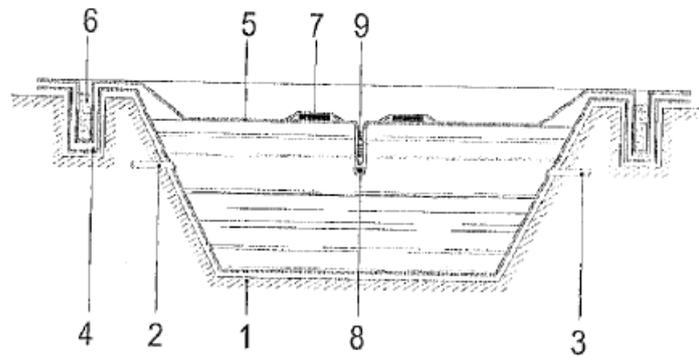
**FIGURA 11** – Vista em perspectiva do sistema

Fonte: REICHLER, 2006

**FIGURA 12** – Vista em corte do sistema sem líquido, mostrando os flutuadores e o lastro

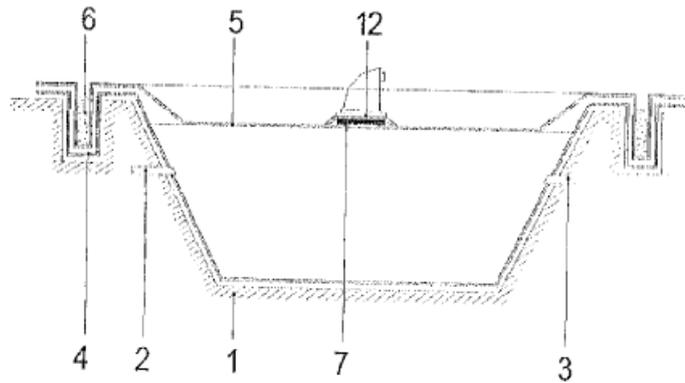
Fonte: REICHLER, 2006

**FIGURA 13** – Vista em corte do sistema com líquido, mostrando os flutuadores e o lastro



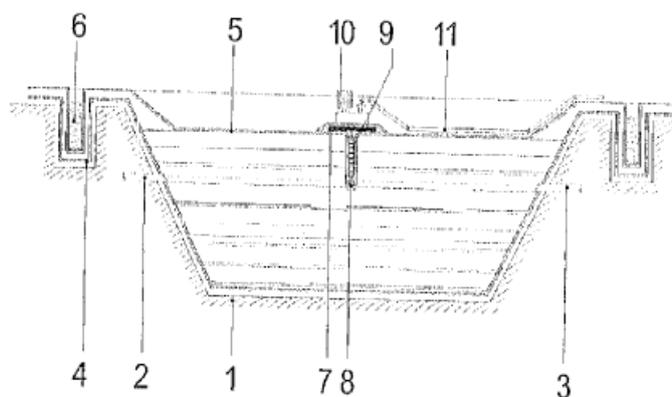
Fonte: REICHLER, 2006

**FIGURA 14**- Vista em corte do sistema com líquido, mostrando a janela de visita



Fonte: REICHLER, 2006

**FIGURA 15**- Vista em corte do sistema com líquido, mostrando o sistema de captação e extração de água pluvial



Fonte: REICHLER, 2006

De acordo com Reichler (2006) o sistema é utilizado na cobertura de reservatório que armazenam líquidos, garantindo a sua estanqueidade com relação ao ambiente externo. A cobertura do reservatório se adapta, acompanhando a variação do volume do líquido dentro do mesmo. Para a sua instalação, prepara-se uma vala no solo com quaisquer dimensões ou geometria, de acordo com as necessidades particulares de cada caso; essa vala, para receber o sistema, deve ser previamente compactada e isenta de detritos. No presente trabalho optou-se pelo revestimento do reservatório com geomembrana de PEAD. Val citar que essa técnica pode ser utilizada em reservatórios de concreto. O revestimento é denominado no sistema de Reichler de revestimento-base, e está identificado nas figuras 11 a 15 pelo número 4. O reservatório já com o revestimento-base recebe a manta de cobertura que é confeccionada no local também com geomembrana que no caso em estudo será em PEAD, identificado nas figuras 11 a 15 pelo número 5. No fundo do reservatório são esticados os rolos da geomembrana, dispostos de maneira a cobrir toda extensão do reservatório e então soldados uns aos outros configurando o formato exato do leito do reservatório. A manta de cobertura é ancorada no perímetro do reservatório através do sistema de fixação superior perimetral, identificado nas figuras 11 a 15 pelo número 6. Isso vai permitir que a manta fique firmemente presa nas bordas do reservatório. Os itens acessórios devem ficar presos a manta de cobertura. Os lastros possibilitam o ajuste da cobertura se ao volume do líquido contido no reservatório. Ou seja, à medida que o reservatório se enche o lastro afunda levando com ele as sobras de cobertura. Essa valeta formada pelo lastro pode ser utilizada como dreno da água pluvial, conforme identificada nas figuras 11 a 15 pelo número 9. A água da chuva é drenada em direção aos pontos de retirada por bombeamento, conforme figuras 11 a 15 pelo número 10. Nesse caso, essa bomba é acionada automaticamente quando a água de chuva atinge determinada cota. Neste estudo, propõe-se que a água pluvial seja drenada para um reservatório de desvio e que, uma vez cheio, a água pluvial seja bombeada para o reservatório de armazenamento SAAC. A bomba para extração de água permanecerá na superfície com a ajuda de flutuadores. Caso haja necessidade de visita pode ser instalado janela de visita, identificado nas figuras 11 a 15 pelo número 12, que permanecem na superfície com a ajuda dos flutuadores instalados em sua borda.

### 3.5 ÂMBITO ECONÔMICO

Antes de implementar qualquer obra de engenharia, é necessário fazer uma detalhada análise financeira para determinar a viabilidade do projeto. Pois pode ser que os custos iniciais e a rentabilidade gerada não compensem o investimento.

Segundo Zanella (2015) um dos métodos que podem ser utilizados para verificar a viabilidade econômico-financeira de implantação do sistema é a comparação entre a rentabilidade que seria obtida com os recursos utilizados na instalação do sistema, caso eles fossem aplicados no mercado financeiro comparada com o valor economizado na conta de água causada pela substituição da água potável nos usos possíveis. Outra forma bastante utilizada para verificação da viabilidade econômica é o cálculo do tempo necessário para a recuperação do investimento aplicado no SAAC, o que é feito com base na economia gerada pela substituição de fontes. Em ambos os casos, são desprezados aspectos mais amplos, como os impactos associados à coleta direta e o aproveitamento de água de chuva em edificações, que poderiam colaborar para tornar o sistema individual mais atraente pelos benefícios que propicia ao meio urbano; parâmetros que só são devidamente considerados quando o foco de análise é ampliado, alterado do benefício individual, facilmente identificado pelo usuário do sistema para o benefício coletivo que o sistema tem potencial de atingir, mas que dificilmente poderia ser considerado por um usuário individual.

Segundo Chilton et al. (1999), o tempo médio para ocorrer o retorno financeiro de um SAAC é de 10 anos. Entretanto, Pereira (2015) relata que o retorno financeiro, embora caracterizado pela demora, deve ser desconsiderado, quando a utilização dos sistemas ocorre em circunstâncias de escassez de água e nas regiões semiáridas.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ANALISADOS

Numa etapa inicial, foram analisadas estatísticas de precipitação nas duas regiões objeto deste estudo. Foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) séries temporais de precipitações diárias para cidade de Natal (entre 1961 e 2015) e Caicó (entre 1995 e 2015). Tais séries apresentam períodos distintos devido a disponibilidade de dados do INMET. Por outro lado, o cálculo da demanda das lavanderias seguiu as recomendações estabelecidas na RDC 50 (Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde) levando em consideração o número de leitos da unidade de saúde.

O método de simulação descrito na norma NBR 15527/ABNT (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) foi utilizado com o objetivo de dimensionar o reservatório para armazenamento da água de chuva, tendo em vista que esse método é adequado para simulação do balanço hídrico do reservatório com base em dados históricos, pois os dados históricos são considerados representativos de condições futuras.

O dimensionamento do sistema de recalque e reservatório da lavanderia obedeceu a norma NBR 5626 (Instalação predial de água fria).

O estudo de viabilidade econômica do SAAC foi realizado utilizando o aplicativo Orcafascio<sup>1</sup>. Esse aplicativo é utilizado na elaboração dos orçamentos, com a base de dados Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), divulgadas mensalmente no site da Caixa Econômica Federal. Foram elaborados orçamentos para reservatórios variando entre 50 m<sup>3</sup> e 3000 m<sup>3</sup>.

A análise financeira foi realizada utilizando planilha eletrônica do MS Excel.

---

1 Criado por Antônio Fascio Terceiro e Fábio Santos em 2012, o Orcafascio é um aplicativo capaz de realizar elaboração rápida e precisa de orçamentos na área de Engenharia Civil, incluindo insumos e composições da Tabela Sinapi, cronogramas financeiro e físico, medição de obra, relatórios e possibilidade de utilização por múltiplos usuários (SELESNAFES, 2016).

Para isso, foram calculados o Valor presente líquido (VPL), Taxa Interna de retorno (TIR) e o *payback*. Foram considerados, no cálculo, os custos de implantação e de manutenção do SAAC. Na análise contábil do sistema, foram consideradas as receitas e a redução nos custos de aquisição da água, junto à Concessionária (GONÇALVES, 2006).

#### 4.2 VANTAGENS DO USO DE ÁGUA DE CHUVA EM LAVANDERIA NO AMBIENTE HOSPITALAR

De um modo geral, a utilização aceitável para usos não potáveis do SAAC são as descargas de bacias sanitárias, a irrigação e a lavanderia.

Estudou-se a implantação de SAAC em edificações existentes, de forma que se optou em concentrar a utilização em um único setor hospitalar, selecionando-se a lavanderia, devido a ser o ambiente mais propício. Isso se justifica pelo fato de que a lavanderia exige uma demanda hídrica uniforme, no decorrer do ano. A lavanderia possui um alto consumo hídrico, que representa em média 17% da demanda. Nesse sentido, o SAAC propicia uma redução das despesas associadas a esse centro de custos na contabilidade hospitalar.

Outro benefício de utilizar água do SAAC, na lavanderia, é a redução do uso do sabão, pois a água de chuva apresenta dureza inferior à água potável fornecida pela concessionária (FARRENY et al, 2011). Além disso, a utilização de água de maior dureza favorece a formação de resíduos do sabão insolúveis, que associados aos detritos de gordura, aderem ao tecido, necessitando de uma maior quantidade de sabão para reagir com o Magnésio e o Cálcio, para que seja produzida espuma (BLUMBERG; AZEVEDO, 1987).

A concentração do uso da água pluvial proveniente do SAAC em um único setor hospitalar possibilita a redução do investimento em adaptações das instalações hidráulicas.

### 4.3 ÁREAS DE ESTUDO

#### 4.3.1. Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL)

O Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), situado na Avenida Nilo Peçanha, nº 620, Petrópolis, Natal/RN, é uma instituição que faz parte da Universidade do Rio Grande do Norte (UFRN), sendo administrado atualmente pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH).

O HUOL possui uma área física de 31.569,45 m<sup>2</sup>, 267 leitos de internação, sendo 22 de UTI adulta e 5 de UTI pediátrica, 84 consultórios ambulatoriais, 12 salas cirúrgicas, 02 auditórios e um Centro de diagnóstico por imagem.

Nesse caso, o SAAC do HUOL, é composto pelos seguintes componentes: superfície de captação (telhado), calhas e tubos (já instalados), além dos seguintes componentes, novos: reservatório de desvio composto por polietileno, com capacidade volumétrica de 5000 L, reservatório inferior, conjunto motor bomba e quadro automatizado para recalque, tubulações de sucção e recalque, reservatório superior, com capacidade volumétrica de para 15.000 L, composto por fibra de vidro.

A demanda de água foi determinada conforme a RDC 50 - ANVISA, considerando a quantidade e a indicação de uso de cada leito, Tabela 2. Assim, para a lavanderia do HUOL, estima-se um consumo diário de 33,66 m<sup>3</sup> de água potável ou 1.009,8 m<sup>3</sup>/mês.

**TABELA 2 – Demanda diária da lavanderia do HUOL**

Tido de leito	Quantidade de leitos	Consumo de roupa em kg/pessoa Dia	Total em Kg
Internações clínicas médicas, cirúrgicas e pediátricas	240	4	960
Internação intensiva adulta	22	6	132
Internação intensiva pediátrica	5	6	30
Total em Kg			1122
Consumo diário água para lavagem(30l/kg) em litros			33660

Fonte: EBSERH, 2015.

O sistema de tarifação da concessionária CAERN (Companhia de água e esgotos do Rio Grande do Norte), estabelece que para consumos mensais maiores

que 21 m<sup>3</sup> o valor do unitário do metro cúbico da água é R\$ 14,98. Sendo assim, o custo deste insumo é de R\$15.126,80, conforme apresentado na Tabela 3.

**TABELA 3** – Custo médio mensal da lavanderia do HUOL com água potável

Descrição	Unidade	Valor
Consumo diário da Lavanderia	m <sup>3</sup>	33,66
Quantidade de dias de funcionamento no mês	dias	30
Preço por m <sup>3</sup>	R\$	14,98
<b>Custo mensal lavanderia com concessionária água</b>	<b>R\$</b>	<b>15.126,80</b>

Fonte: EBSEH, 2015.

O HUOL possui uma área de 550m<sup>2</sup>, onde pode ser utilizada para construir o reservatório para armazenamento de água pluviais.

**FIGURA 16** - Demarcação da área a ser utilizada para construção do reservatório.



Fonte: Google, 2016.

#### 4.3.2 Hospital Regional do Seridó (HRS)

O Hospital Regional do Seridó (HRS), apresentado na Figura 12, está situado na Estrada Perímetro Irrigado do Sabugi, Paulo VI, Caicó/RN, faz parte Secretário Estadual de Saúde do Rio Grande do Norte. Apresenta 88 leitos, dos quais 35 são destinados à cirurgia geral, 38 utilizados na clínica médica, 8 disponibilizados à psiquiatria e 2 a serem utilizados em unidade de isolamento, assim como conta a unidade com uma UTI, com capacidade de 5 leitos. Também há atendimento ambulatorial ortopédico.

A proposta de SAAC estudada para o Hospital Regional do Seridó (HRS), é composta por superfície de captação (existente), calhas e tubos (existentes) e das seguintes estruturas, novas: reservatório de desvio em polietileno, com capacidade volumétrica de 5.000 L, reservatório inferior, conjunto motor bomba e quadro automatizado para recalque, tubulações de sucção e recalque, reservatório superior, com capacidade volumétrica de 5.000 L, em fibra de vidro.

A demanda de água foi determinada conforme a RDC 50 - ANVISA, considerando a quantidade e a indicação de uso de cada leito, Tabela 4. Assim, para a lavanderia do HRS, estima-se um consumo diário de 10,86 m<sup>3</sup> de água potável ou 325,80 m<sup>3</sup>/mês. O custo médio mensal do HRS com água potável é de R\$ 4.880,48 conforme demonstrado na tabela 5.

**TABELA 4 – Demanda diária da lavanderia do HRS.**

Tido de leito	Quantidade de leitos	Consumo de roupa em kg/pessoa Dia	Total em Kg
internações clínicas médicas, cirúrgicas e pediátricas	83	4	332
internação intensiva adulta	5	6	30
Total em Kg			362
Consumo diário água para lavagem(30l/kg) em litros			10860

**Fonte: HRS, 2015.**

**TABELA 5** - Custo médio mensal da lavanderia do HRS com água potável

Descrição	Unidade	Valor
Consumo diário da Lavanderia	m <sup>3</sup>	10,86
Quantidade dias de funcionamento no mês	dias	30
Preço por m <sup>3</sup>	R\$	14,98
Custo mensal lavanderia com concessionária água	R\$	4.880,48

Fonte: HRS, 2015.

O Seridó possui características climáticas ocasionadoras de alta variabilidade na oferta de água dos reservatórios de abastecimento. Em períodos de estiagem há uma redução da qualidade da água à medida que os nutrientes são concentrados com a perda do volume de água pela evaporação, com conseqüente concentração de íons e em alguns casos moderada salinização (VIEIRA, 1998). Em virtude de os solos serem geralmente rasos e de cobertura vegetal relativamente escassa (NOBRE et al, 2004), são facilmente erodidos pela ação das fortes chuvas que se concentram em alguns poucos dias do ano.

O resultado da intensa erosão dos solos, associada às grandes áreas de captação das bacias, é a elevação da carga de sólidos em suspensão carreados para os reservatórios, o que aumenta a turbidez. Além disso, também ocorre o enriquecimento do manancial com os nutrientes lixiviados, o que favorece a eutrofização do corpo d'água (FREITAS et al., 2011).

A escassez de água no Seridó decorre da distribuição irregular dos eventos pluviométricos, sendo agravada pelos longos períodos de tempo, característicos da seca, de maneira que os métodos de captação e armazenamento de água pluvial são de imperiosa relevância no que alude à situação de baixa oferta dos recursos hídricos nas suas mais variadas aplicações.

Face ao exposto, o SAAC possibilitaria uma ampliação da oferta hídrica, reduzindo a dependência da concessionária e o risco da falta de água.

A Figura 17, apresenta duas possíveis áreas para instalação do SAAC no HRS, a serem utilizadas para instalação do reservatório de armazenamento. A primeira, localizada a esquerda da imagem, possui uma área de 2.000 m<sup>2</sup>. A segunda, localizada a direita, possui 4.800 m<sup>2</sup>.

**FIGURA 17** - Demarcação das áreas que podem a ser utilizadas para o reservatório.



Fonte: Google, 2016

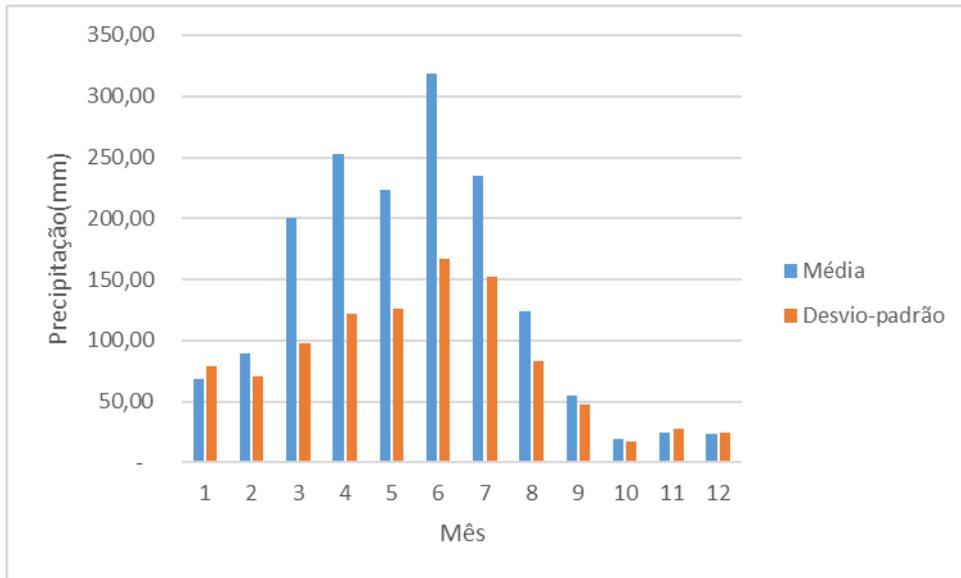
#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO

O tratamento e manipulação dos dados de precipitação foram realizados utilizando planilha eletrônica. Para análise do comportamento da distribuição temporal da chuva foram calculados as médias e o desvio-padrão da precipitação mensal. A Figura 18 apresenta gráfico com os valores da média e desvio-padrão das precipitações na cidade de Natal entre os anos 1961 a 2015, que proporciona uma boa ideia da distribuição mensal da precipitação ao longo do ano. Pode-se perceber que a cidade de Natal concentra as chuvas entre os meses de março e julho.

Os históricos de precipitações para a cidade de Natal entre os anos de 1961 e 2015 foram separadas em sete faixas sendo elas: sem precipitação, até 10mm;  $>10 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$ ;  $> 20 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm}$ ;  $> 30 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$ ;  $> 40 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm}$ ;  $> 50 \text{ mm}$ . Na mesma série foi feita contagem dos dias sem chuva, o período máximo sem chuva, consecutiva, onde o período mais longo sem chuva foi de 42 dias. A Figura 19 apresenta o resultado da segmentação de dados pode-se perceber que a primeira faixa analisada dias sem chuva representa 55,39% do total de dias no período.

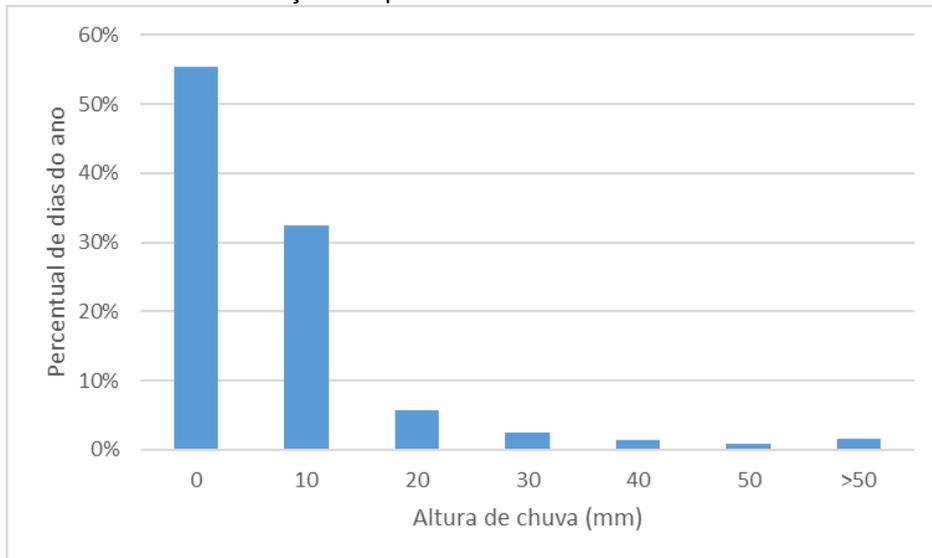
Foram analisados três cenários: a) ano mais chuvoso da série (2008); b) ano menos chuvoso da série (1993) e c) série completa.

**FIGURA 18**– Segmentação das chuvas por volume precipitado na cidade de Natal para o ano de 2008



Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 19**– Distribuição temporal das chuvas cidade de Natal entre 1961 e 2015



Fonte: Dados da pesquisa

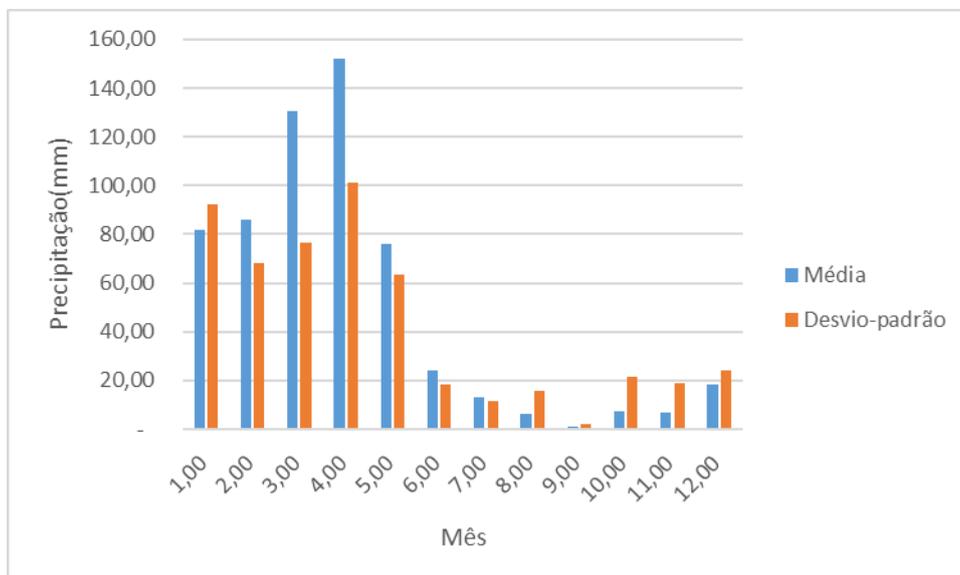
Semelhante análise foi realizada para a cidade de Caicó utilizando a serie temporal de chuva entre os anos 1995 a 2015. A Figura 20 apresenta gráfico com os valores da média e desvio-padrão das precipitações na cidade de Caicó. Pode-se

observar que a cidade de Caicó concentra as chuvas entre os meses de janeiro e maio. O desvio-padrão alto nesses meses indica uma alta variação no comportamento da precipitação. Isso explica a necessidade de armazenamento de água de chuva para suprimento das demandas.

A Figura 21 mostra a separação dos dias em função da quantidade precipitada. Em 81,49% dos dias não houve chuva e o período máximo sem chuva foi de 153 dias.

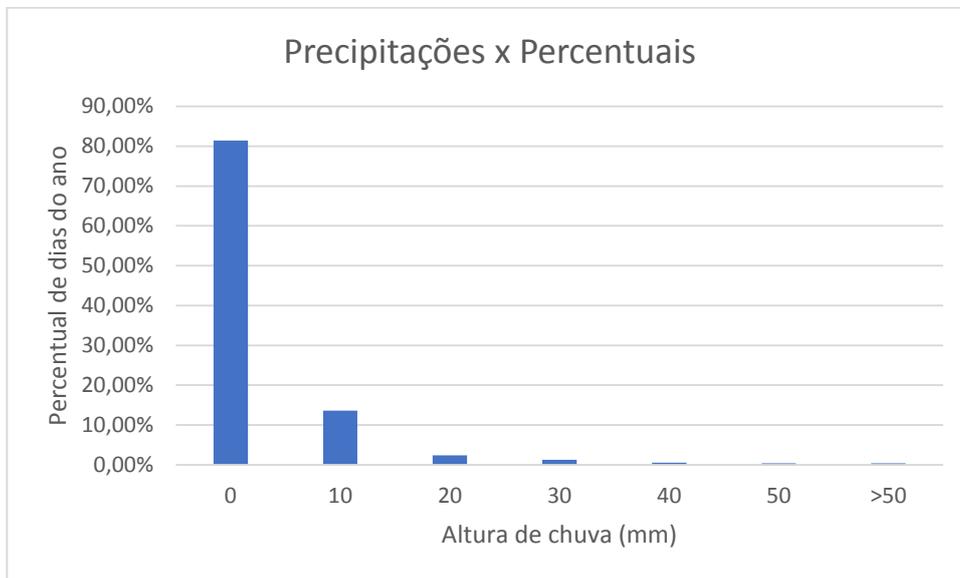
Foram analisados três cenários: a) ano mais chuvoso da série (2009); b) ano menos chuvoso (1998); c) série completa.

**FIGURA 20** - Distribuição temporal das chuvas cidade de Caicó entre 1995 e 2015.



Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 21-** Segmentação das chuvas por volume precipitado na cidade de Caicó para o ano de 2009



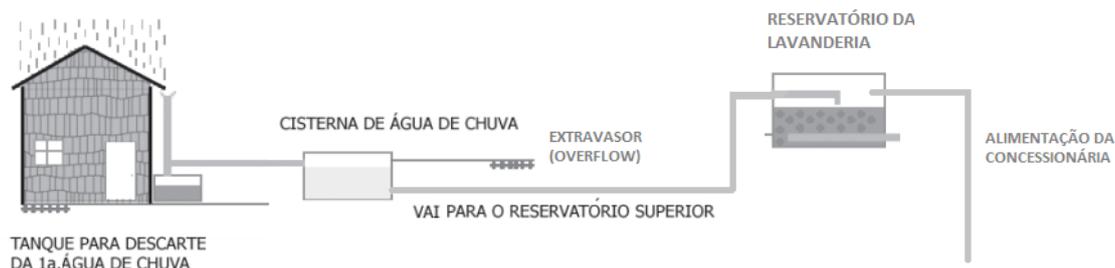
Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.5 DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE ECONÔMICA DO SAAC

No presente trabalho foi desenvolvida ferramenta computacional em plataforma MS Excel, que possibilita a análise do balanço hídrico, do reservatório de armazenamento de água de chuva.

##### 4.5.1 Dimensionamento do reservatório para armazenamento de água de chuva

A Figura 22, mostra de forma esquemática o SAAC proposto neste trabalho.

**FIGURA 22**– Representação esquemática do SAAC

O objetivo da simulação é determinar o volume ideal do reservatório.

Uma vez estabelecido as variáveis de entrada: área do telhado, volume do reservatório, demanda hídrica diária, coeficiente de runoff e série histórica de chuva, o modelo calcula o volume de água de chuva efetivamente utilizado no sistema (lavanderia) para o período simulado. Esse cálculo permitia quantificar a efetividade do SAAC (quanto da água de chuva foi usada na lavanderia em comparação com a água fornecida pela concessionária) e o impacto econômico considerando a contabilidade no período (receita menos despesas)

Foram feitas simulações do comportamento do SAAC considerando os três cenários, citados no item 4.4 deste trabalho, como o objetivo de analisar o SAAC nas situações mais favoráveis (ano mais chuvoso), mais desfavorável (ano menos chuvoso), na média histórica. O modelo simula a variação de volume armazenado no reservatório e o aproveitamento da água diariamente. Foram realizadas simulações considerando o uso de reservatórios com volumes variando entre de 50 m<sup>3</sup> a 3000 m<sup>3</sup>, para cada cenário de precipitação. A simulação considerou o período da série temporal de precipitação, obteve-se o a redução total no volume consumido da concessionária caso o sistema tivesse sido implantado no início da série histórica e o consumo fosse constante. Este valor foi dividido por o número de anos da série dessa forma foi obtido volume médio anual precipitado aproveitado.

Para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento, variou-se as vazões de entrada utilizando a escala diária e a demanda fixa, de acordo com área de cobertura e com índice pluviométrico da região estudada.

O volume de precipitação diária, vazão de entrada, pode ser calculado com base na equação 1

$$V_{chuva} = P \cdot Ce \cdot \frac{A_{telhado}}{1000} \quad (1)$$

Onde,

$V_{chuva}$  = Volume da chuva (m<sup>3</sup>);

$A_{telhado}$  = Área em planta do telhado (m<sup>2</sup>);

Ce = Coeficiente de runoff;

P = Precipitação (mm);

O modelo de simulação foi usado para calcular o volume de água no reservatório na escala diária, bem como a ocorrência de transbordamento. As simulações foram realizadas para diversos cenários, considerando os seguintes volumes de armazenamento do reservatório: 50 m<sup>3</sup>, 75 m<sup>3</sup>, 100 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup>, 250 m<sup>3</sup>, 500 m<sup>3</sup>, 750 m<sup>3</sup>, 1000 m<sup>3</sup>, 2000 m<sup>3</sup> e 3000 m<sup>3</sup>. Os resultados obtidos nas simulações foram usados na análise do comportamento das variáveis econômicas do SAAC, com os seguintes objetivos:

1. Analisar o percentual de redução de despesas com o custo de água utilizada pela lavanderia. Uma questão a ser analisada no estudo foi a economia gerada com a instalação do SAAC;
2. Considerando o fato de que o volume do reservatório de armazenamento de água tem influência direta na ocupação de área disponível para outros usos, o dimensionamento ótimo do reservatório do ponto de vista econômico torna-se um aspecto ~~parte~~ importante.

A equação 2 calcula o volume de água armazenado no reservatório a nível diário

$$h(t) = h(t - 1) + V_{P(t)} \cdot Ce - C(t) \quad (2)$$

Onde,

$h(t)$  = altura da lamina d'água no reservatório no tempo t

$h(t-1)$  = altura do lamina d'água no reservatório no tempo t-1

$V_{P(t)}$  = Volume precipitado no tempo t

$C(t)$  = Consumo no tempo t

$C_e$  = Coeficiente de runoff (Adimensional)

Nesta planilha são considerados dois tipos de variáveis:

- I) Variáveis fixas:
  - Área de cobertura ( $m^2$ );
  - Precipitação diária (mm);
  - Coeficiente de runoff;
  - Área de captação ( $m^2$ );
  - Demanda ( $m^3$ /dia).
- II) Variável de simulação :
  - Volume do reservatório ( $m^3$ ).

A aplicação da lei de conservação da massa (balanço hídrico) considerando o volume de controle do reservatório, permitiu quantificar a nível diário o volume de água no reservatório. O modelo considerou as seguintes hipóteses relativas ao uso da água fornecida pela Concessionária:

- I) A oferta de água da CAERN é constante ao longo do ano.
- II) O fornecimento de água da CAERN para lavanderia é interrompido durante o período em que o SAAC tem oferta de água maior do que zero.

O consumo total é dado pela equação 3.

$$C_{total} = C_{concessionária} + C_{ch} \quad (3)$$

Onde,

$C_{total}$  = Consumo total ( $m^3$ );

$C_{ch}$  = Consumo da água de chuva ( $m^3$ );

$C_{concessionária}$  = Consumo de água fornecida pela concessionária ( $m^3$ ).

O modelo considerou a condição de que, quando o volume armazenado ~~ser~~ excede o volume do reservatório, haverá extravasamento conforme equação 4.

$$Se \forall > V_{max} \text{ então } Of = \forall - V_{max} \quad (4)$$

Onde,

$V$  - Volume a ser reservado ( $m^3$ );

$V_{max}$  – Volume do reservatório inferior ( $m^3$ );

$Of$  – Volume drenado (overflow) ( $m^3$ ).

Para tornar viável o aproveitamento da água pluvial, é necessário ainda o descarte do que é chamado de “primeira água de chuva”, ou “água de lavagem do telhado”, para eliminação da maior carga de contaminantes. Para isso, o sistema deve ser munido de um reservatório auxiliar, com dreno no fundo, que tem a função de descartar essa água contaminada durante um período de tempo pré-estabelecido, impedindo que a mesma siga para o reservatório principal. Segundo Andrade Neto (2013) o descarte automático do primeiro milímetro é suficiente para eliminação desses contaminantes. O cálculo do volume do reservatório de desvio é apresentado pela equação 5.

$$Rd = Ac / 1000 \quad (5)$$

Onde,

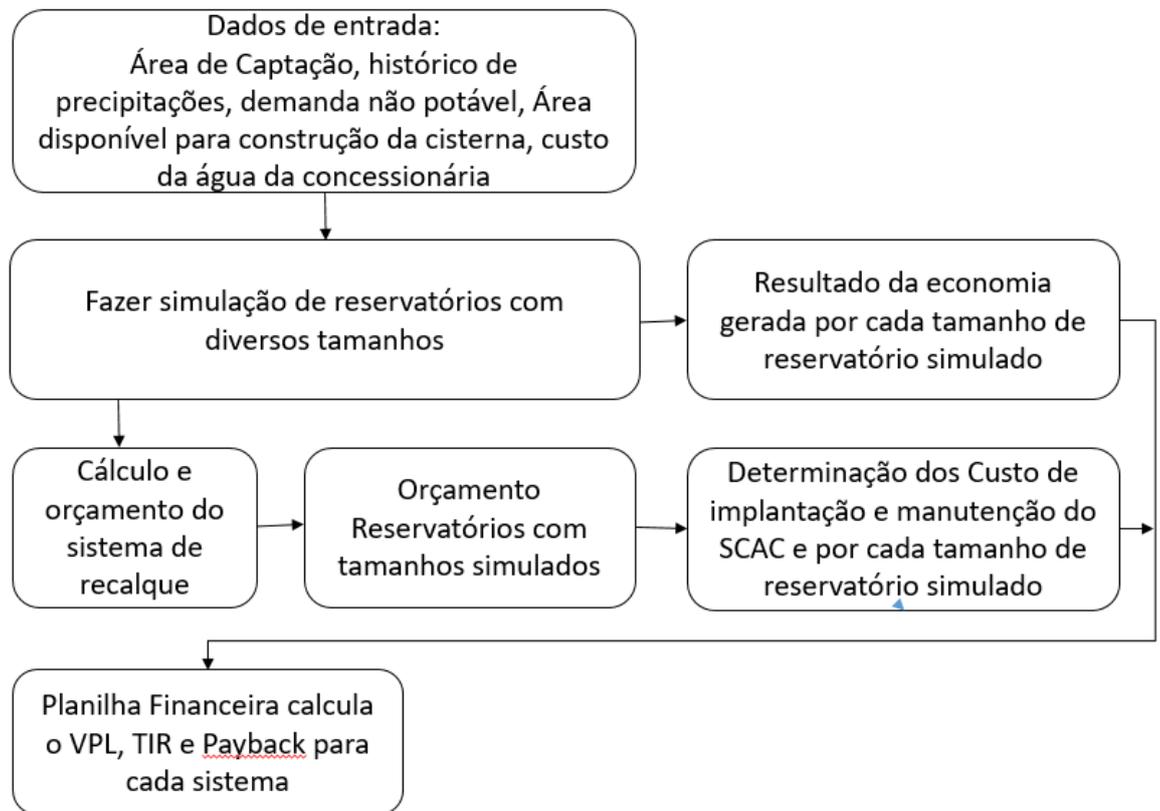
$Rd$  = Volume do reservatório de desvio ( $m^3$ );

$Ac$  = Área de Captação ( $m^2$ );

#### 4.5.2 Fluxograma de funcionamento do modelo de simulação

A Figura 23 apresenta de forma esquemática o funcionamento do modelo de simulação do volume de armazenamento de água de chuva desenvolvido nesse estudo. Foram elaborados três modelos. O primeiro modelo de simulação apresenta os dados dos volumes armazenados e extravasados. O segundo permitirá a realização da análise do volume ótimo do reservatório para cada cenário. O terceiro modelo é a fase de análise financeira.

**FIGURA 23**– Fluxograma de funcionamento do Modelo



Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.5.3 Redução de custos gerada pelo SAAC

Através da análise do histórico pluviométrico diário da cidade de Natal no período de 1961 a 2015 (Tabela 6), foi possível perceber que em apenas 2,46% dos dias choveu 37,17% da chuva média anual, portanto para que a análise da variação do volume do reservatório do SAAC fosse precisa optou-se por elaborar a planilha com dados das precipitações diárias.

**TABELA 6** – Análise da distribuição das chuvas em Natal

Descrição	Unidade	Valores
Período		1961 a 2015
Quantidade de dias na base de dados	dias	14849
Precipitação Acumulada	mm	66751
Quantidade de dias na base de dados com precipitação maior igual a 40mm	dias	365
Precipitação Acumulada dias com precipitação maior ou igual a 40mm	mm	24809
Quantidade de dias com chuva	dias	6624
Percentual de dias que chovem	%	44,61%
Percentual de dias que chovem mais que 40mm	%	2,46%
Percentual de precipitações em dias que chuveram mais que 40mm/Precipitação total	%	37,17%

Fonte: Dados da pesquisa

O modelo de simulação realiza o balanço hídrico conforme detalhado no item 4.5.1. e tem como variáveis de entrada a demanda diária não potável que se deseja atender, histórico pluviométrico do período desejado, o volume da cisterna, coeficiente de escoamento, tarifa da concessionária. Os cálculos foram feitos em duas etapas.

A primeira etapa realiza análise volumétrica

1. Para cada dia foi calculado o volume de chuva aproveitável;
2. Caso esse volume seja inferior a demanda diária a diferença é suprida por água do sistema pública;
3. Caso seja superior a demanda diária a mesma é suprida pela SAAC;
4. Havendo excedente será armazenado na cisterna;
5. Caso o volume excedente acumulado seja superior ao volume

da cisterna o excedente será descartado (overflow);

6. Ao final são totalizados os volumes aproveitados, descartados e utilizados da concessionária

A segunda etapa o modelo realiza a análise financeira conforme etapas a seguir:

1. Como bases nos dados obtidos na etapa anterior totaliza-se qual volume foi utilizado da concessionária e aproveitado pelo SAAC em escala mensal.
2. Calcula-se a redução mensal nas despesas com a concessionária levando em consideração a variação do valor do preço da água em função das faixas de consumo utilizadas;
3. Calcula-se a redução proporcionada pelo SAAC de acordo com o período analisado;
4. Calcula-se a redução financeiro absoluta proporcionada pelo SAAC e o percentual que representa do consumo da lavanderia.

#### 4.6 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Comparando o valor do reservatório em concreto orçado por Teixeira et al. (2016) R\$ 389.079,00 para um reservatório com 1000m<sup>3</sup> com o valor de um reservatório semienterrado revestido com geomembrana de PEAD, com o mesmo volume, R\$ 42.015,87, orçado neste estudo com os preços dos serviços com base na tabela SINAPI detalhado no Anexo A, pode perceber que a opção em geomembrana é 89% mais barata, sendo assim foi adotado este modelo.

Essa solução consiste na execução de uma escavação no terreno e utilização do material escavado para construção de um dique ao longo do perímetro da escavação, de tal modo a se garantir o balanço de massa entre escavação e aterro. Isto é, todo e somente o volume do material escavado será utilizado para a construção do dique perimetral. Com isso, se evita a necessidade de áreas de empréstimo e de bota-foras, minimizando os impactos ambientais e reduz o custo para adquirir material

de empréstimo e bota-fora.

Na parte interna, o reservatório deve ser revestido com geomembrana de PEAD, com 1,5 mm de espessura, garantindo a sua impermeabilização. A cobertura do reservatório é feita utilizando um sistema de cobertura flutuante, constituído por uma geomembrana de PEAD e material flutuante, como poliestireno expandido. Este sistema de cobertura é fixado no entorno do reservatório, porém é livre para se movimentar verticalmente, em função da posição do nível d'água no interior do reservatório.

O fabricante da geomembrana informa uma durabilidade estimada de 20 anos para as de PEAD estabilizadas quimicamente. Afim de que, após esse período, haverá a necessidade de substituição da cobertura. Existe também uma possibilidade maior de necessidade de manutenções periódicas na cobertura, quando confrontada com a solução em concreto armado

#### 4.7 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE E PAYBACK DESCONTADO

De acordo com Sviench e Mantona (2013) o requisito básico de um projeto de investimento é a geração de retorno econômico, com compensação do custo de capital e dos riscos envolvidos no investimento. Para tanto, os métodos de análises de investimentos geralmente levam em consideração uma taxa de desconto denominada taxa mínima de atratividade (TMA), utilizada na comparação e análise deste retorno. Normalmente as empresas utilizam como TMA os custos dos financiamentos ou os índices econômicos, levando em conta também o risco dos projetos.

De acordo com Casarotto e Koppitke (2000), a TMA representa a taxa atrativa que os investidores esperam obter de um projeto e que seja equivalente à rentabilidade de outras aplicações realizadas e de pouco risco.

Logo, a TMA é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que uma pessoa se propõe a pagar quando faz um financiamento.

Esta taxa é formada a partir de 3 componentes básicas:

- Custo de oportunidade: remuneração obtida em alternativas que não as analisadas, ou seja, é o valor de outras oportunidades não escolhidas. Exemplo: caderneta de poupança, fundo de investimento, etc.
- Risco do negócio: o ganho tem que remunerar o risco inerente de uma nova ação. Quanto maior o risco, maior a remuneração esperada.
- Liquidez: capacidade ou velocidade em que se pode sair de uma posição no mercado para assumir outra.

Outro indicador importante considerado pelos investidores é o Payback Descontado, que é o período de tempo necessário para recuperar o capital investido (GITMAN, 2002), através do qual é possível estimar o tempo necessário para que o capital investido seja retornado ao investidor. Nesse sentido, o prazo de retorno é o período de tempo necessário para que os benefícios oriundos de um investimento possam cobrir os custos a uma TMA adequada (HIRSCHEFELD, 1989). Então, o método do Payback descontado serve para calcular o prazo necessário para cobrir o capital investido, com a aplicação de uma TMA desejada como desconto para atualizar o fluxo de caixa obtido pelo projeto. Para Laponi (2000), o Payback é considerado um método fácil e direto de avaliação, que especifica o tempo necessário para recuperação do investimento, complementar aos métodos VPL e TIR.

Neste estudo, considerou-se a vida útil de 20 anos da Geomembrana em PEAD utilizada na impermeabilização dos reservatórios estudados neste trabalho. A análise financeira foi feita considerando este tempo de retorno.

A economia de água gerada pelo SAAC foi considerada como remuneração do investimento. Admitiu-se que a tarifa cobrada pela concessionária será corrigida anualmente pela inflação.

Foi escolhida a TMA equivalente a taxa de juros paga pelo governo nos títulos públicos pós-fixados e indexados ao IPCA (índice que mede inflação oficial). A Tabela 7 apresenta a taxa de juros pelo governo federal em agosto de 2016.

**TABELA 7** - Quadro de taxas de títulos públicos.

Preços e Taxas dos títulos públicos disponíveis para compra		
Título	Vencimento	Taxa % a.a.
Indexados ao IPCA		
Tesouro IPCA+ com juros semestrais 2017(NTNB)	15/05/2017	6,22
Tesouro IPCA+ com juros semestrais 2024(NTNB)	18/08/2024	5,86
Tesouro IPCA+ com juros semestrais 2035(NTNB)	15/05/2035	5,75
Tesouro IPCA+ com juros semestrais 2045(NTNB)	15/05/2045	5,82
Tesouro IPCA+ com juros semestrais 2050(NTNB)	15/08/2050	5,78
Prefixados		
Tesouro prefixado com juros semestrais 2017(NTNF)	01/01/2017	14,01
Tesouro prefixado com juros semestrais 2021(NTNF)	01/01/2021	11,93
Tesouro prefixado com juros semestrais 2025(NTNF)	01/01/2025	11,80
Tesouro prefixado com juros semestrais 2027(NTNF)	01/01/2027	11,85
Indexados ao IGPM		
Tesouro IGPM+ com juros semestrais 2017 (NTNC)	01/07/2017	6,20
Tesouro IGPM+ com juros semestrais 2021 (NTNC)	01/04/2021	6,08
Tesouro IGPM+ com juros semestrais 2031 (NTNC)	01/01/2031	5,74

Fonte: Ministério Fazenda, 2016(adaptada pelo autor)

Com base na Tabela 7, como o título público com vencimento para 20 anos NTNB para 2035 rende 5,71% a.a. (ao ano) acrescido do IPCA, adotou-se a TMA 6% a.a. acrescido da inflação.

Assim, considerando-se a correção anual da tarifa de água igual a inflação, a análise financeira foi feita com TMA 6% a.a. e tarifa com valor fixo.

#### 4.8 Metodologia financeira

O estudo de viabilidade econômica de projetos, realizado pela Engenharia Econômica, leva em consideração que os empreendimentos, de maneira geral, esperam render aos investidores um retorno de capital maior que o montante investido.

Para determinar qual sistema é mais adequado do ponto de vista financeiro foram feitas três análises financeira: VPL, TIR e Payback, através da análise conjunto dos dados obtidos fez a escolha do reservatório que apresenta melhor relação benefício custo.

##### 4.8.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL), também conhecido como valor atual líquido

(VAL) ou método do valor atual, é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, uma vez deduzido o custo do investimento inicial. Basicamente, é o cálculo de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial estariam valendo atualmente. Para o cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a TMA como taxa de desconto.

A fórmula para cálculo deste indicador é a seguinte,

$$VPL_{(i)} = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0$$

- Onde:
- ***i*** é a taxa de desconto;
- ***j*** é o período genérico ( $j = 0$  a  $j = n$ ), percorrendo todo o fluxo de caixa;
- ***FC<sub>j</sub>*** é um fluxo genérico para  $t = [0... n]$  que pode ser positivo (ingressos) ou negativo (desembolsos);
- ***VPL(i)*** é o valor presente líquido descontado a uma taxa  $i$ ; e
- ***n*** é o número de períodos do fluxo.
- ***I<sub>0</sub>*** é o investimento inicial

De acordo com Sviench e Mantona (2013) o critério de decisão, quando o VPL é usado para tomar decisões do tipo “aceitar-rejeitar”, é baseado no seguinte: Se o VPL for positivo, ou seja, quando a somatória dos fluxos futuros, descontada a taxa mínima de atratividade for maior que o investimento inicial, o projeto é aceito; no caso de ser negativo (somatória dos fluxos futuros descontada a taxa mínima de atratividade menor que o investimento inicial), rejeita-se o projeto. Esse critério garante que a empresa esteja, pelo menos, recuperando o capital inicial investido.

- **VPL > 0:** Significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior que o valor presente das saídas de caixa;
- **VPL = 0:** O investimento é indiferente, uma vez que o valor presente das entradas de caixa é igual ao valor presente das saídas de caixa;
- **VPL < 0:** Indica que o investimento não é economicamente viável, já que o valor presente das entradas de caixa é menor que o valor presente das saídas de caixa.

Entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver o maior Valor Presente Líquido.

#### 4.8.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. Desta forma, a TIR é a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto seja zero.

De acordo com Evangelista (2006), as principais vantagens encontradas no método da TIR são: a) serve como decisão na escolha de alternativas de investimentos no julgamento da viabilidade econômica de alternativas isoladas, frente à TMA; b) muito utilizada pela facilidade e compreensão do cálculo; c) o resultado é uma taxa de juros, de fácil entendimento e comparação.

A fórmula para cálculo deste indicador é:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (1)$$

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (2)$$

$$I_0 = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Onde:

- $FC_j$  é o valor presente das entradas de caixa;
- $I_0$  é o investimento inicial;
- $i$  é o taxa de desconto (igual ao custo de capital de empresa);
- $t$  é o tempo de desconto de cada entrada de caixa;
- $n$  é o tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Conforme Sviench e Mantona (2013) o critério de análise, quando a TIR é usada para tomar decisões do tipo “aceitar-rejeitar”, é o seguinte: Se a TIR for maior que o custo de capital (taxa mínima de atratividade), aceita-se o projeto; se for menor, rejeita-

se o projeto. Esse critério garante que a empresa esteja obtendo, pelo menos, sua taxa requerida de retorno.

- **TIR > TMA:** Significa que o investimento é economicamente viável;
- **TIR = TMA:** O investimento está em uma situação econômica de indiferença;
- **TIR < TMA:** O investimento não é economicamente atrativo.

Entre duas alternativas com TIR diferentes, a que apresentar maior taxa representa o investimento com maior retorno.

Existem autores que criticam a utilização da TIR. Casarotto Filho e Kopitkke (2000) afirmam que existem possibilidades de determinados investimentos admitirem a existência de múltiplas TIRs, isto quando no fluxo de investimento existir mais de uma inversão de sinais. Consequentemente, pode ser utilizada a TIR que não apresenta a real taxa de retorno do investimento estudado. No caso da análise do SAAC estudado nesse trabalho como não existe inversão de sinais no fluxo de caixa estudado pois o investimento acontece apenas na implantação do projeto a TIR calculada é única.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O aproveitamento de águas pluviais é um tema de grande relevância, o que justifica a realização de estudos de viabilidade.

### 5.1 Hospital Regional do Seridó

Para o SAAC do HRS, cuja área de cobertura totaliza 5.740 m<sup>2</sup>, dividida entre várias edificações, apresentando uma demanda de água para lavanderia de 10,86 m<sup>3</sup>/dia. No cálculo foi considerada a área total de 5.740m<sup>2</sup>, em função da proximidade das edificações e a característica. A precipitação utilizada foi série completa em escala diária.

Os valores de entrada adotados para a simulação realizada foram:

Fixos:

- Área de cobertura: 5.740 m<sup>2</sup>;
- Dados diários de precipitação;
- Coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8 (adimensional) e;
- Demanda a ser atendida 10,86 m<sup>3</sup>/dia;

Variável:

- Volume do reservatório de 50 a 3000 m<sup>3</sup>.

Com base nestes dados foi elaborada uma planilha em Excel®, para a obtenção do volume anual de água economizada, considerando-se o balanço de vazões no reservatório.

A Tabela 8 e a Figura 19 mostram as simulações realizadas utilizando o modelo para a cidade de Caicó. A Figura 19 correlaciona o volume do reservatório com o volume (m<sup>3</sup>) de água economizado no período de um ano para os três cenários estudados.

Conforme o gráfico do ano de 1998 (menor incidência de chuva), para condições de reservatórios maiores do que 250 m<sup>3</sup> não há incremento no volume de

água economizado. Isso ocorre, porque neste ano não houveram chuvas que permitissem acúmulo da água proveniente do SAAC, toda água captada foi utilizada.

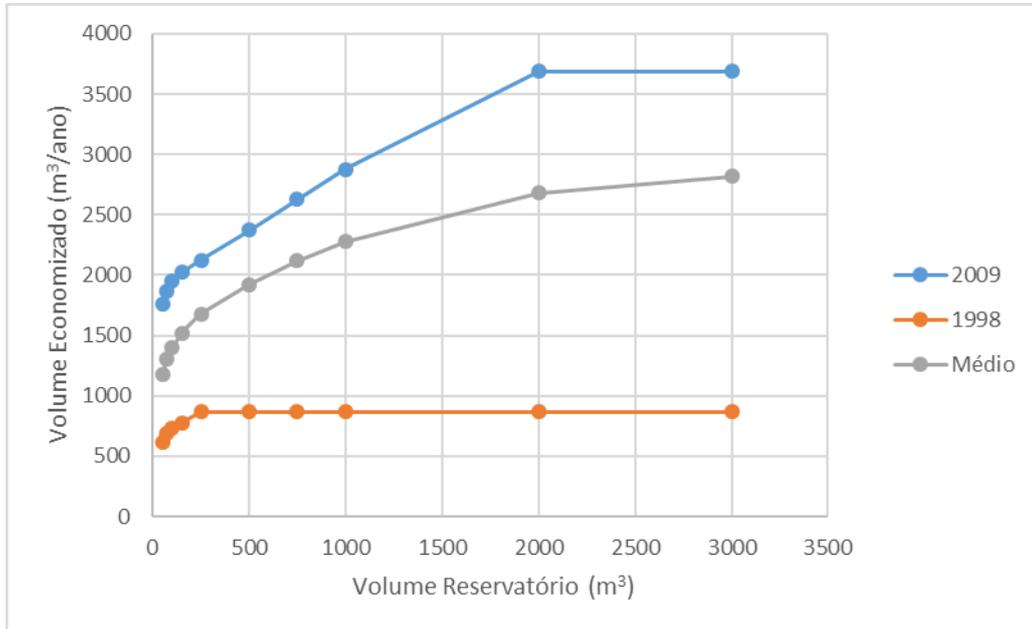
Para o ano de 2009 (ano com maior incidência de chuva), percebe-se que há incremento no volume de água economizada, com reservatórios variando até 2.000 m<sup>3</sup>. Entretanto, para reservatórios maiores que 2000 m<sup>3</sup>, o volume de água economizada anualmente não aumenta, situação semelhante ao observado para o ano de 1998 para reservatórios superiores 250 m<sup>3</sup>.

Na simulação da chuva média, obtida através da série completa dividido pelo número de anos analisados, pode ser visto que o aumento do tamanho do reservatório gera um incremento no volume de água economizada (para todos os tamanhos de reservatório analisados), o que a primeira vista pode demonstra-se ser vantajosa a utilização de reservatórios com volumes maiores que 2.000 m<sup>3</sup>. Contudo para se escolher o reservatório que apresenta melhor retorno será necessário levar em consideração os aspectos financeiros e de ocupação do terreno.

**TABELA 8** – Comparativo dos volumes economizado em função do tamanho do reservatório para o HRS

Ano	Reservatórios (m <sup>3</sup> )									
	50	75	100	150	250	500	750	1000	2000	3000
2009	1766	1870	1954	2026	2126	2376	2626	2876	3691	3691
1998	615	689	728	778	868	868	868	868	868	868
Médio	1181	1306	1396	1522	1681	1921	2117	2279	2681	2818

Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 24** – Gráfico comparativo entre o tamanho do reservatório e o volume economizado

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 9 são apresentados os resultados das simulações para volumes de reservatório variando de 50 m<sup>3</sup> a 3000 m<sup>3</sup>, considerando a demanda de 10,86 m<sup>3</sup>/dia (consumo médio da lavanderia), bem como estimativas de custo do SAAC, no Anexo A consta detalhamento dos orçamentos utilizados na Tabela 9.

**TABELA 9** – Simulação gerada pelo modelo da economia em função do tamanho do reservatório para Caicó

Volume Resertatório (m3)	Custo do Reservatório (R\$)	Custo do Sistema (R\$)	Custo Unitário (R\$/m3)	Percentual Substituído	Economia (R\$/ano)
50	9.879,78	16.525,80	330,52	30%	17.689,00
75	10.727,56	17.373,58	231,65	33%	19.565,00
100	11.891,19	18.537,21	185,37	35%	20.913,00
150	14.020,80	20.666,82	137,78	38%	22.796,00
250	18.435,69	25.081,71	100,33	42%	25.174,00
500	27.968,65	34.614,67	69,23	48%	28.781,00
750	35.266,30	41.912,32	55,88	53%	31.717,00
1000	42.015,87	48.661,89	48,66	58%	34.142,00
2000	65.379,87	72.025,89	36,01	68%	40.154,00
3000	86.581,16	93.227,18	31,08	71%	42.218,00

Fonte: Dados da pesquisa

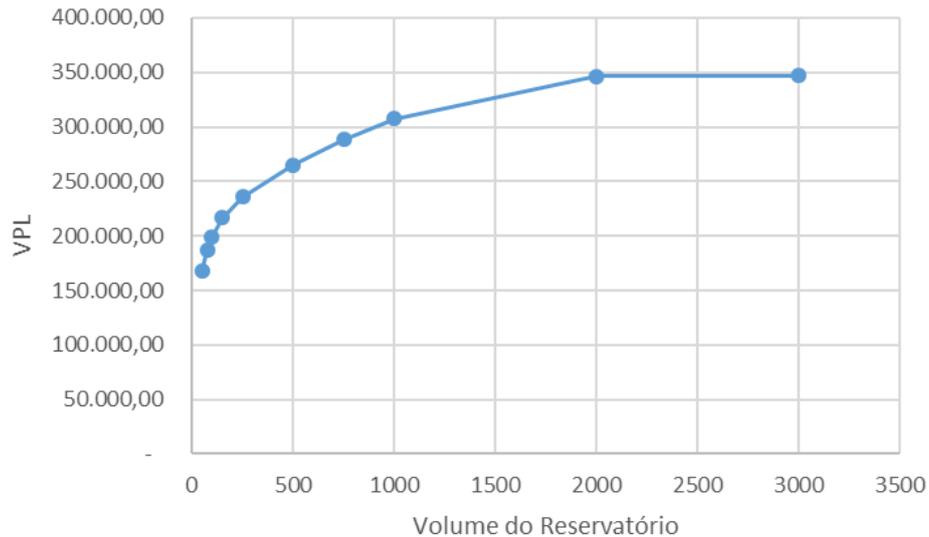
Como a vida útil da geomembrana é de 20 anos, faz-se necessário que o retorno financeiro ocorra neste prazo. A Tabela 10 mostra, de forma comparativa, a análise financeira pela VPL, TIR e Tempo de retorno do investimento (payback) para o HRS. Analisando os dados da Figura 20 verifica-se que, o VPL no volume anual de água coletada cresce de acordo com uma função logarítmica. Para reservatórios com volume entre 50 m<sup>3</sup> e 150 m<sup>3</sup> o tempo de amortização é o mesmo, a TIR apresenta valores semelhantes e o VPL é crescente, a análise conjunta desses dois métodos demonstra que existe uma grande vantagem na utilização do reservatório 150 m<sup>3</sup>, para reservatórios entre 250 m<sup>3</sup> e 3000 m<sup>3</sup>, existe um aumento do tempo de amortização, porém o VPL é sempre crescente e a TIR é sempre maior que a TMA de 0,5% a.m., contudo o VPL do reservatório de 3000 m<sup>3</sup> é equivalente ao reservatório de 2.000 m<sup>3</sup>, de onde se pode concluir que reservatório maiores que 2.000 m<sup>3</sup> para esse cenário não apresentam vantagem. Com base nos dados econômicos e no cenário de escassez hídrica da cidade de Caicó o reservatório com 2.000 m<sup>3</sup> se mostra mais adequado para o SAAC do HRS. No Anexo B consta detalhamento da análise financeira utilizados na Tabela 10.

**TABELA 10** – Simulação financeiro para Caicó

Volume Resertatório (m3)	Custo do Sistema (R\$)	Tempo de Amortização (meses)	VPL (R\$)	TIR (% a.m)	VPL/Deman da diária
50	16.525,80	12,00	167.813,45	8,03	15.452,44
75	17.373,58	12,00	186.511,20	8,45	17.174,14
100	18.537,21	12,00	199.394,77	8,46	18.360,48
150	20.666,82	12,00	216.889,98	8,27	19.971,45
250	25.081,71	14,00	235.932,11	7,15	21.724,87
500	34.614,67	16,00	265.354,12	6,24	24.434,08
750	41.912,32	17,00	288.675,55	5,68	26.581,54
1000	48.661,89	19,00	307.271,60	5,26	28.293,89
2000	72.025,89	24,00	346.341,72	4,17	31.891,50
3000	93.227,18	29,00	346.823,56	3,39	31.935,87

Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 25** - Gráfico correlaciona o VPL com o tamanho do reservatório



Fonte: Dados da pesquisa

## 5.2 HUOL em NATAL

Para o SAAC do HUOL, cuja área de cobertura totaliza 5.590 m<sup>2</sup>, dividida entre várias edificações, apresentando uma demanda de água para lavanderia de 33,6 m<sup>3</sup>/dia. No cálculo para o SAAC foi considerada uma área 4.710 m<sup>2</sup>, em função da proximidade das edificações aos setores com maior demanda de água. A precipitação utilizada foi série anual completa.

Os valores de entrada adotados para a simulação realizada foram:

Fixos:

- Área de cobertura: 4.710 m<sup>2</sup>;
- Dados diários de precipitação;

- Coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8 (adimensional) e;
- Demandas a ser atendida 33,6 m<sup>3</sup>/dia;

Variável:

- Volume do reservatório de 50 a 3000 m<sup>3</sup>.

Com base nestes dados foi elaborada uma planilha em Excel®, para a obtenção do volume anual de água economizada, considerando-se o balanço de vazões no reservatório.

A Tabela 11 e a Figura 27 mostram as simulações realizadas utilizando o modelo para a cidade de Natal. Apesar de não existir espaço disponível para reservatórios maiores que 500 m<sup>3</sup> foram feitas simulações para reservatórios com até 3000 m<sup>3</sup> com o intuito de utilizar os mesmos parâmetros nas duas localidades e verificar qual seria o comportamento para reservatórios com grandes dimensões. A Figura 26 correlaciona o volume do reservatório com o volume (m<sup>3</sup>) com o volume de água economizado no período de um ano para os três cenários estudados

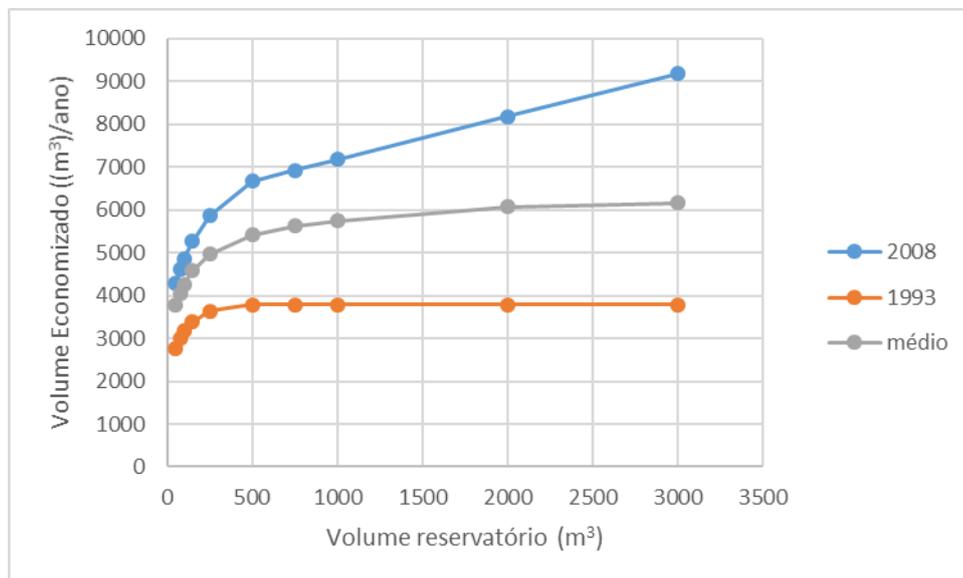
Conforme o gráfico do ano de 1993 (menor incidência de chuva), para condições de reservatórios maiores do que 250 m<sup>3</sup> não há incremento no volume de água economizado. Isso ocorre, porque neste ano não houveram chuvas que permitissem acúmulo da água proveniente do SAAC, toda água captada foi utilizada, de forma semelhante ao observado na cidade de Caicó.

Para o ano de 2008 (ano com maior incidência de chuva) e chuva média, percebe-se que há incremento no volume de água economizada, com reservatórios para todos os tamanhos analisados. Contudo para o ano de 2008 o comportamento do gráfico da Figura 26, a partir de volumes de reservatório maiores que 750m<sup>3</sup>, observa-se que existe um crescimento de forma linear, o que demonstra que existe vantagem na utilização de reservatórios, mesmo com volumes superiores a 3000 m<sup>3</sup>. Já quando se trata da série completa pode-se perceber claramente que o gráfico apresenta crescimento na forma de parábola, sendo o aumento do aproveitamento para reservatórios com tamanho superior a 1000 m<sup>3</sup> muito pequeno. Contudo para se escolher o reservatório que apresenta melhor retorno será necessário levar em consideração os aspectos financeiros e de ocupação do terreno.

**TABELA 11** – Comparativo dos volumes economizado em função do tamanho do reservatório

Ano	Reservatórios (m <sup>3</sup> )									
	50	75	100	150	250	500	750	1000	2000	3000
2008	4291	4617	4868	5268	5869	6678	6928	7178	8178	9178
1993	2752	2999	3181	3382	3638	3795	3795	3795	3795	3795
Médio	3766	4055	4273	4585	4963	5416	5622	5748	6077	6167

Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 26** - Gráfico comparativo entre tamanho reservatório e o volume economizado

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das simulações para volumes de reservatório variando de 50 m<sup>3</sup> a 3000 m<sup>3</sup>, considerando a demanda de 33,60 m<sup>3</sup>/dia (consumo médio da lavanderia), bem como estimativas de custo do SAAC.

**TABELA 12** - Simulação gerada pelo modelo da economia em função do tamanho do reservatório para Natal

Volume Reservatório (m <sup>3</sup> )	Custo do Reservatório (R\$)	Custo do Sistema (R\$)	Custo Unitário (R\$/m <sup>3</sup> )	Percentual Substituído	Economia (R\$/ano)
50	9.879,78	24.894,81	497,90	31%	56.420,41
75	10.727,56	25.742,59	343,23	33%	60.747,70
100	11.891,19	26.906,22	269,06	35%	64.023,85
150	14.020,80	29.035,83	193,57	37%	68.695,89
250	18.435,69	33.450,72	133,80	40%	74.353,57
500	27.968,65	42.983,68	85,97	44%	81.143,10
750	35.266,30	50.281,33	67,04	46%	84.224,89
1000	42.015,87	57.030,90	57,03	47%	86.263,20
2000	65.379,87	80.394,90	40,20	49%	91.038,55
3000	86.581,16	101.596,19	33,87	50%	92.394,65

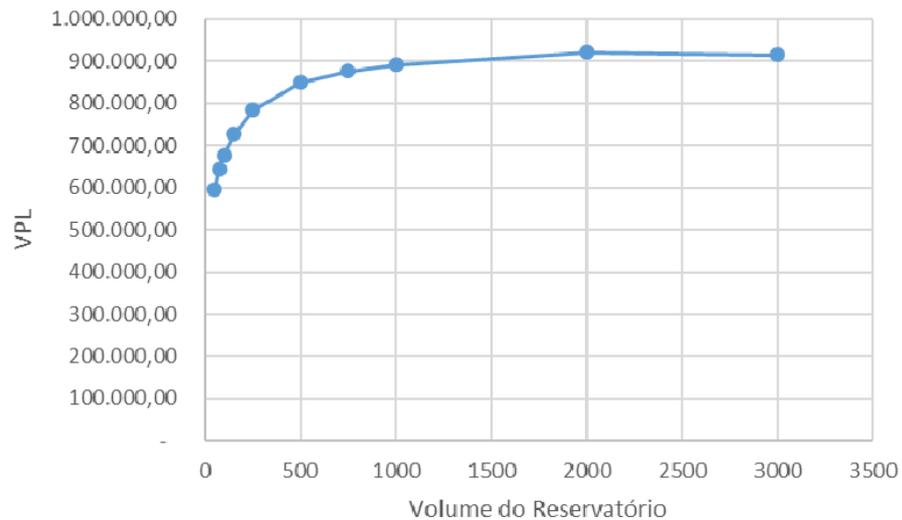
Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 13 mostra de forma comparativa a análise financeira pela VPL, TIR e Tempo de retorno do investimento (Payback) para o HUOL. Analisando-se os dados da Figura 25, verifica-se que o VPL no volume anual de água coletada cresce de acordo com uma função logarítmica. Para reservatórios com volume entre 50 m<sup>3</sup> e 250 m<sup>3</sup> o tempo de amortização é o mesmo, a TIR apresenta valores semelhantes e o VPL é crescente, a análise conjunta desses dois métodos demonstra que existe uma grande vantagem na utilização do reservatório de 250 m<sup>3</sup>, pois apresenta o mesmo tempo de retorno de investimento com um melhor retorno financeiro. Para reservatórios entre 500 m<sup>3</sup> e 2000 m<sup>3</sup>, existe incremento no VPL, com o aumento do volume do reservatório. Contudo, se comparado com o custo sistema pode-se perceber que o investimento para o reservatório de 2000 m<sup>3</sup> é praticamente o dobro do investimento para o reservatório de 500 m<sup>3</sup>, porém o VPL é apenas 8,36% maior. O reservatório de 3000 m<sup>3</sup> apresenta VPL inferior ao de 2000 m<sup>3</sup>, o que demonstra não ser interessante utilizar reservatórios superiores a 2000 m<sup>3</sup>, para o HUOL. Dessa forma, deve-se adotar para o HUOL o reservatório de 500 m<sup>3</sup>, em virtude da limitação de espaço.

**TABELA 13** - Simulação financeiro para Natal

Volume Reservatório (m <sup>3</sup> )	Custo do Sistema (R\$)	Tempo de Amortização (meses)	VPL (R\$)	TIR (% a.m)	VPL/Deman da diária (R\$)
50	24.894,81	6,00	596.922,37	17,98	17.765,55
75	25.742,59	6,00	642.316,69	18,68	19.116,57
100	26.906,22	6,00	677.180,67	18,84	20.154,19
150	29.035,83	6,00	726.431,52	18,73	21.619,99
250	33.450,72	6,00	782.915,14	16,92	23.301,05
500	42.983,68	7,00	849.411,13	14,94	25.280,09
750	50.281,33	8,00	876.036,90	13,26	26.072,53
1000	57.030,90	9,00	891.729,06	11,97	26.539,56
2000	80.394,90	12,00	920.989,28	8,96	27.410,40
3000	101.596,19	14,00	914.804,02	7,20	27.226,31

Fonte: Dados da pesquisa

**FIGURA 27** - Gráfico correlaciona o VPL com o tamanho do reservatório

Fonte: Dados da pesquisa

Como os dois estudos de caso analisados a água do SAAC atendeu apenas parte da demanda não potável o volume aproveitado gera uma economia fixa de R\$ 14,98/m<sup>3</sup> de chuva utilizado, pois o custo de aquisição de água potável para grandes consumidores no estado do RN é alto, de forma que o consumo acima de 21 m<sup>3</sup> a tarifa é de 14,98/m<sup>3</sup>, de acordo com a Tabela 14, quando somado ao baixo custo de construção dos reservatórios semienterrados (com movimento de terra com corte e aterros compensados) e revestidos de geomembrana de PEAD geraram uma Excelente viabilidade financeira, com um baixíssimo período de equivalência financeira (*payback*). No HUOL, na cidade de Natal, o SAAC estudado com 500 m<sup>3</sup>,

aproveita 88% do volume coletado, quando simulado em toda série histórica, com um payback de apenas 7 meses, uma TIR de 14,94% ao mês e um VPL de R\$ 849.411,13.

Isso foi passível devido ao baixo investimento de implantação do SAAC. Uma vez que para os 500 m<sup>3</sup> o investimento foi de R\$ 42.983,68. Mesmo no HRS do município de Caicó, que apresenta baixa pluviosidade (média 600mm por ano), o SAAC sugerível mostrou-se altamente viável. Considerando-se um sistema com capacidade 2000 m<sup>3</sup>, simulando seu funcionamento na série histórica, apresenta-se um payback de 24 meses, TIR 4,17% ao mês, VPL de R\$ 346.341,72 e um investimento de implantação de R\$ R\$ 72.025,89, aproveitado 95% do volume coletado.

**TABELA 14** - Quadro tarifas água incluso tarifa esgoto.

CLASSE DE CONSUMO	COTA		VALOR DA		
	BÁSICA (m <sup>3</sup> )		TARIFA MÍNIMA		
	(Medido/Ñ Medido)		(Medido/Ñ Medido)		
● RESIDENCIAL SOCIAL	R\$ 10,00		R\$ 12,00		
● RESIDENCIAL POPULAR	R\$ 10,00		R\$ 37,81		
● RESIDENCIAL	R\$ 10,00		R\$ 59,52		
● COMERCIAL	R\$ 10,00		R\$ 91,56		
● INDUSTRIAL	R\$ 20,00		R\$ 199,68		
CONSUMOS EXCEDENTES PARA OS MEDIDOS (m <sup>3</sup> )					
11—15m <sup>3</sup>	16—20m <sup>3</sup>	21—30m <sup>3</sup>	31—50m <sup>3</sup>	51—100m <sup>3</sup>	> 100m <sup>3</sup>
R\$/m <sup>3</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$/m <sup>3</sup>
R\$ 6,63	R\$ 7,84	R\$ 8,84	R\$ 10,17	R\$ 13,18	R\$ 14,98
R\$ 6,63	R\$ 7,84	R\$ 8,84	R\$ 10,17	R\$ 13,18	R\$ 14,98
R\$ 6,63	R\$ 7,84	R\$ 8,84	R\$ 10,17	R\$ 13,18	R\$ 14,98
R\$ 11,56	R\$ 12,39	R\$ 14,98	R\$ 14,98	R\$ 14,98	R\$ 14,98
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 16,46	R\$ 16,46	R\$ 16,46	R\$ 16,46

Fonte CAERN, 2016(adaptado pelo autor)

## 6.0 CONCLUSÃO

Para o Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), as simulações demonstraram viabilidade financeira para construção de reservatórios até 2.000 m<sup>3</sup>, pois em todos os reservatórios simulados a TIR foi maior que a TMA, o VPL foi sempre positivo e o Payback foi menor que a vida útil do sistema. Entretanto em virtude da limitação física, é inviável a construção de um reservatório com mais de 500 m<sup>3</sup>. Assim, mesmo considerando que esse volume não atenda aos resultados da análise financeira, o reservatório possibilita uma economia anual de R\$ 81.143,10 ou uma redução de 44% na conta de água referente ao consumo da lavanderia. Além disso o Payback do sistema é de apenas 7 meses.

Para o Hospital Regional do Seridó (HRS) foi constatada viabilidade financeira para construção de reservatórios de até 3.000 m<sup>3</sup>. Apesar disso, o VPL do reservatório de 3.000 m<sup>3</sup> é igual ao do reservatório de 2.000 m<sup>3</sup> e apresentam investimento inicial 32% maior, assim, é possível observar que a instalação de reservatórios com capacidade superior a 2.000 m<sup>3</sup> para esse cenário não representam vantagem. Com base nos dados econômicos e no cenário de escassez hídrica da cidade de Caicó o reservatório com 2.000 m<sup>3</sup> se mostra mais adequado para o SAAC. Essa possibilitara uma economia anual de R\$ 40.154,0, com redução de 68% na conta de água referente ao consumo da lavanderia. Além disso o Payback do sistema é de apenas 24 meses.

Este estudo propõe a construção de reservatórios semienterrados com revestimento em PEAD em detrimento dos reservatórios em concreto armado, em especial no semiárido nordestino, por apresentar custo menor. Com a utilização do sistema construtivo proposto no presente estudo muda-se o paradigma que o custo de construção do reservatório é o limitador do SAAC. Por apresentar custo de implantação inferior, essa tecnologia torna viável a construção de SAAC com reservatórios de grande volume, capazes de diminuir o descarte por overflow. Contudo, a limitação do tamanho do reservatório continua a existir, principalmente pelo espaço disponível para sua construção.

## 7.0 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri e LEROY, Jean P. **Novas premissas da sustentabilidade democrática**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 1, 2001.

AHMAD, Farooq. Runoff farming in reducing rural poverty in Cholistan desert. Department of Geography, University of the Punjab, Lahore, PAKISTAN. 2008.

ALLEN, J. E.; HAARHOFF, J. **A proposal for the probabilistic sizing of rainwater tanks for constant demand**. J. S. Afr. Inst. Civ. Eng. vol.57 n.2 Midrand Apr./Jun. 2015

ANA. Agência Nacional de Águas, disponível em:< <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=19>, 2016.

ANDRADE NETO, Cícero O. de **Segurança sanitária das águas de cisternas rurais**. 2003

ANDRADE NETO, Cícero O. de. (2013). **Aproveitamento imediato de água de chuva**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, GESTA, v. 1, n. 1, p. 067-080, 2013.

ANNECCHINI, Karla P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental. UFES. Vitória. 2005.

ASA. Articulação Semiárido Brasileiro. Disponível em:< <http://www.asabrasil.org.br/>, 2016.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva; GURGEL, Idê Gomes Dantas; CÂMARA NETO, Henrique Fernandes; MELO, Carlos Henrique de; COSTA, André Monteiro. **O contexto global frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. Ciênc. Saúde coletiva vol.17 no.6 Rio de Janeiro Jun. 2012.

BARBOSA, Gisele Silva. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Revista Visões 4ª Edição, N°4, Volume 1 - Jan/Jun 2008.

BENI, M. C. **Análise Estrutural do Turismo**. São Paulo: SENAC, 2007.

BAIYEGUNHI, Lloyd James. **Determinants of rainwater harvesting technology (RWHT) adoption for home gardening in Msinga**, KwaZulu-Natal, South Africa. SAEES - Discipline of Agricultural Economics, University of KwaZulu-Natal, P. Bag X01, Scottsville 3209, Pietermaritzburg, South Africa. 2009.

BASTOS, Fernanda Pereira. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. Dissertação. Mestrado. UFES. 2007.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações. Dissertação.** Mestrado. Faculdade de Engenharia do Porto. Porto. 2006.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BLUMBERG, Estanislau. AZEVEDO, José M. de. **Alcalinidade e dureza das águas naturais.** Revista DAE. 1987.

BRASIL. Ministério da Educação. **Regimento interno do comitê de ética em pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes.** Natal. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Brasília. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº357, de 17 de março de 2005.** Classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais para seu enquadramento, condições e padrões de lançamentos de efluentes. Brasília. 2005.

CARVALHO, Raquel Saravy de Carvalho. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina.** Monografia. UFPR. Apucarana. 2010.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de Investimentos.** 9.ed. São Paulo: Atlas.2000.

CECIN, J. A. **Aproveitamento de água de chuva em escola municipal de ensino básico - Estudo de caso.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 2012. (Dissertação de Mestrado).

CHE-ANI, A. I.; SHAARI, N.; SAIRI, N.; ZAIN, M. F. M.; TAHIR, M. M. **Rainwater Harvesting as an Alternative Water Supply in the Future.** European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X Vol.34 No.1 (2009), pp.132-140.

**CHILTON, J. C. et al. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with large roof.** Urban Water, v. 1, n. 4, p. 345-354, 1999.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CIRILO, J.A., GÓES, V.C. & ASFORA, M.C. 2007. **Integração das águas superficiais e subterrâneas.** In: Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Ferreira, J.P.L., Oliveira, M.J.P.M., Leitão, T.E., Montenegro, S.M.G.L. & Góes, V.C. (orgs.). O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas. ABRH, Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco. p. 167-175

CORSINI, R. **Geomembranas para aterros**. Infraestrutura Urbana. Editora Pini, São Paulo, 2011.

DOBROWSKY, P. H.; MANNEL, D.; KWAADSTENIET, M. De; PROZESKY, H.; KHAN, W.; CLOETE, T.E. **Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond**, South Africa. Water SA vol.40 n.3 Pretoria Jun. 2014

EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método vpl e o de opções reais: o caso cooperativa de crédito - Sicredi Noroeste**. 163 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. **Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods**. Resources, Conservation and Recycling. Volume 55, Issue 7, May 2011, Pages 686–694.

FERNANDES, Roberto José Amorim Rufino. **Instrumentos para a Avaliação da Sustentabilidade Hídrica em Regiões Semi-Áridas**. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo. SP. 2002.

FERNANDES, D. R. M.; NETO, B. D. M.; MATTOS, K. M. D. C. **VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA ÁGUA DA CHUVA: UM ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DE CISTERNA NA UFRN/RN**. XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR: [s.n.]. 2007.

FEWKES, A. **The use of rainwater for wc flushing: the field testing of a collection system**. Build and Environment. 1999; 34: 765-772.

FONSECA, Jacqueline Evangelista. **Armazenamento de água de chuva e seus impactos na saúde infantil: um estudo de corte em Berilo e Chapada do Norte**. Minas Gerais. Dissertação. Mestrado. UFMG. Belo Horizonte. 2012.

FREITAS, Francisco Rafael Sousa; RIGHETTO, Antônio Marozzi; ATTAYDE, José Luiz. **Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro**. CEP, v. 59072, p. 970, 2011.

GALIZONI, Flávia Maria. RIBEIRO, Eduardo Magalhães. **Notas sobre água e chuva: o Programa Um Milhão de Cisterna no semi-árido mineiro**. XIV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, ABEP. Caxambú. 20-24 de Setembro de 2004. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/site\\_eventos\\_abep/PDF/ABEP2004\\_244.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/site_eventos_abep/PDF/ABEP2004_244.pdf)>. Acesso em 30 setembro 2016.

GARCEZ, L. N.; ALVARES, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo. Edgard Blucher. 1988.

GARRIDO, R. Considerações sobre a formação de preços para a cobrança pelo uso da água no Brasil. In: Thame, A. C. M. (Org.). **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: Igual, 2000. p.57-91.

GIACOMETTI, L. **Qualidade microbiológica, concentração de nitratos em águas de consumo alternativo (minerais e de poços) da cidade de Jaboticabal-SP**. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2001.

GITMAN, L. J. Princípios da Administração Financeira. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em 11 julho 2016.

GUILHERME, Lumenna de Barros. **Aproveitamento das águas de chuva na cidade de Natal para fins potáveis**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRN. Natal. 2006.

GOES, Gustavo Antiqueira; MORAES, Angélica Gois. **Gestão pública e sustentabilidade: desafios, ações e possibilidades**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental de Alta Paulista. Dilemas da Sustentabilidade Urbana. Vol. 9. n. 4. 2013.

GOMES, E. G. M. **Gestão por resultados e eficiência na administração pública: uma análise à luz da experiência de Minas Gerais**. 2009. 187f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2009.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo. **Água em situação de escassez: água de chuva para quem?** Tese. Doutorado. Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia. UFMG. Belo Horizonte. 2012.

GONÇALVES. Eugênio Celso. **Contabilidade Geral**. 6 ed. Atlas. 2006.

HIRSCHFELD, Henrique. Engenharia Econômica e análise de Custos. 4 ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1989

JACOBI, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de pesquisa, v. 118, n. 1, p. 189-205, 2003.

LAPPONI, Juan Carlos. Projetos de Investimento: Construção e Avaliação do Fluxo de Caixa. São Paulo: Lapponi, 2000.

NEVES, Gabriel França. LIMA, Marcus Vinícius Aquiles Vasconcelos. **Aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais multifamiliares na cidade de Águas Claras - Distrito Federal**. 32 f. Monografia (Engenharia Civil). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

KIM, Chul-Kyung. **A Study on the Rainwater Quality Monitoring and the Improvement, Collection and Storage System.** *Clean Technology*. The Korean Society of Clean Technology. Vol. 17.4. 211. p.353-362.

KIM, K.; YOO, C. **Hydrological Modeling and Evaluation of Rainwater Harvesting Facilities.**

*J. Hydrol. Eng.*, 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.000000. 2009. p.545-561.

KITA I. et al. **Local government's financial assistance for rainwater utilisation in Japan.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. 1999. Petrolina. Anais eletrônicos. Petrolina: EMBRAPA. 1999. Disponível em: <[www.cpatsa.embrapa.catalogo/start\\_inicio.html](http://www.cpatsa.embrapa.catalogo/start_inicio.html)>, Acesso em 09 julho 2016.

KÖHLER, M., SCHMIDT, M. **Study of a Extensive “Green Roofs” in Berlin. Part III: Retention of Contaminants.** Berlin, 2003. Disponível em: <<http://www.roofmeadow.com/Water%20Quality%20Benefits.pdf>> Acesso em 14 julho 2016.

KRISHNA, H. J. Development Of Alternative Water Resources In The Usa: **Progress With Rainwater Harvesting.** International Rainwater Catchment Systems Association. 2007.

LOPES, M. P.; LOPES, D. L. **A durabilidade de Geosintéticos.** Porto: Feup Edições, 2009.

LOPES, J. E. G.; SANTOS, R. C. P. **Capacidade de reservatórios.** 2002. Disponível em: <[http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706\\_Reservatorios.pdf](http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_Reservatorios.pdf)>. Acesso em 05 agosto 2016.

LOMBARINHAS, D.; GOMES, R.; LIMA, A.; FERREIRA DA SILVA, J; **Determinação da interface água doce/água salgada no litoral de Viana do Castelo (NW de Portugal) com recurso ao método da resistividade eléctrica. Comunicação apresentada no VI Congresso do Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa.** Ilha da Boa Vista. Cabo Verde. 2011.

MACHADO, Andréia G.; JAQUES, Aline V.; SEHN, Letícia; SCMITT, Lilian; OLIVEIRA, Letícia P. de. **Captação da água da chuva e suas potencialidades como recurso pedagógico em atividades interdisciplinares - Contribuições do projeto Escola Sustentável/PUCRS.** Encontro de Ciências em Educação para a Sustentabilidade. Canoas. 2015.

MATIAS, J. A. B. **Cisternas de placas pré-moldadas.** 3 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO. PARAIBA: [s.n.]. 2001.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação. Mestrado. São Paulo. 2004.

MOLINA-GALARZA, Sandra; TORRES, Andrés; LARA-BORRERO, Jaime; MÉNDEZ-FAJARDO, Sandra; SOLARTE, Laura; GONZÁLEZ, Leonardo. **Towards a Constructed-Wetland/Reservoir-Tank System for Rainwater Harvesting in an Experimental Catchment in Colombia**. Ing. Univ. vol.19 no.2 Bogotá July/Dec. 2015

MONTES, M. P. **Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México**. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, n.3, p. 39-57. 2008.

MOREIRA NETO, Ronan Fernandes. **Avaliação do aproveitamento de água pluvial em complexos aeroportuários**. Dissertação. Mestrado. Viçosa. 2011.

MATTOS, Arthur; MATTOS, Karen Maria da Costa, **Projeto Mevemuc: Monitoramento da Evaporação e as Mudanças Climáticas**. João Pessoa, 2014. 580 p.

MARTINS, G. de A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo; Atlas; 2008. 101 p. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.

NOBRE, Carlos A.; OYAMAN, Marcos; CARDOSO, Manoel; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis; LAPOLA, David; COSTA, Marcos. **Environmental Changes in Amazonia Amazonia and the and the Hypothesis of Hypothesis of ‘Savannization Savannization’**. CPTEC/INPE, Cachoei CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista. 2004.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no campus da Universidade Federal de Ouro Preto**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2008.

PEREIRA, Marcelo de Paula. **Projeto Preservado as águas de Pedro Leopoldo**. Pedro Leopoldo: Meio Ambiente. 45 P. 3º Relatório Técnico. 2015.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PHILLIP JR., Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo, Manole, 2005.

REICHLER, Guillermo - SISTEMA DE COBERTURA COM BARREIRA FLUTUANTE

PARA RESERVATÓRIOS DE LÍQUIDOS, PI 0603299-0, INPI, SÃO PAULO, 2006

RIBEIRO FILHO, José Francisco. **Modelo Gerencial para a Eficácia de Hospitais Públicos: Análise do âmbito de uma Entidade de Ensino e Assistência. 2002.** Dissertação. Doutorado em Ciências Contábeis. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. 2002.

RICHARDSON, R. J. et alii. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 4. ed. rev. e aum. 8. reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

ROCHA, Sérgio Rodrigues da; STUDART, Ticiania Marinho de Carvalho. **A pegada hídrica das exportações agrícolas de Pernambuco.** Revista de Geografia. Recife. Vol. 31, No 3. 2014.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI.** In: MENDES, Armando Dias; BURSZTYN, Marcel. Para pensar o desenvolvimento sustentável. 2ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 29-56.

SANTOS, Odirlei Joel dos. COZER, Luan. **Controle da qualidade da água para consumo humano e uso na indústria alimentícia.** Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 2013.

SANTOS, Delfran Batista dos. MEDEIROS, Salomão de Sousa. BRITO, Luiza Teixeira de Lima. GNADLINGER, Johann. COHIM, Eduardo. PAZ, Vital Pedro da Silva. GHEYI, Hans. **Captação, manejo e uso de água de chuva.** INSA. Campina Grande. PB. 2015.

SATTERTHWAITE, David. **Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável.** In: MENEGAT, Rualdo e ALMEIDA, Gerson (org.). Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades, Estratégias a partir de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS Editora, pp. 129-167, 2004.

SCHETS, F. M.; ITALIAANDER, H. H. J. L; VAN DEM BERG, A. M.; DE RODA HUSMAN, M. **Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands.** IWA Publishing.2010. p.224-235.

SEAGRO. SEAGRO Soluções Ambientais Disponível em: <http://www.seagro.com.br/detalhes-executivos/>. Acesso em 10 de setembro de 2016.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico.** 24.ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2011.

SILVA, Gilmar da. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública - estudo de caso.** Tese de doutorado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas. 2007.

SILVA, Lílian Simone Aguiar; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto**. Gestão & produção, v.13, n.3, p.385-395, set.-dez. 2006.

SLYS, Daniel. **Potential of rainwater utilization in residential housing in Poland**. Water and Environment Journal. Volume 23, Issue 4, pages 318–325, December 2009.

SVIECH, Vinicius; MANTOVAN, Edson Ademir. **Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos**. Percurso, v. 13, n. 1, p. 270-298, 2013.

TACHIZAWA, Takeshy. POZO, Hamilzon. **Gestão socioambiental e desenvolvimento sustentável: um indicador para avaliar a sustentabilidade empresarial**. Revista eletrônica do Prodema. Fortaleza. V. 1. n. 1. 35.57. Dez. 2007.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja; ZATTONI, Gleidiston Tadeu; NAGALLI, André; FREIRA, Flávio Bentes; TEIXEIRA, Sidnei Helder Cardoso. **Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba, PR**. Gest. Prod., São Carlos. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. 1 ed. São Paulo: Navegar. 2003.

TUNDISI, J.G. **Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado**. Gestão das águas p.31-33, 2003. Disponível em: [www.esalq.usp.br](http://www.esalq.usp.br). Acesso em 11/07/2016.

VALADÃO, C. E. A. et al. **Classificação climática da Microrregião do Seridó/RN. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas**. Natal. Disponível em: <[www.cbmet2010.com/anais/artigos/584\\_23902.pdf](http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/584_23902.pdf)> Acesso em 11 setembro 2016.

VIEIRA, J. P.; PEREIRA, L.E.; CASTELO, J.P. **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Rio Grande. Ed. Ecocientia. 1998.

VIEIRA, V. P. B.; VIEIRA, L. A. A. **Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Nordeste**. In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 11., Recife, 1995. Anais. ABRH, Porto Alegre, RS, 1996. Vol. 2, p.17-23.

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

WATANABE, Marcos Djun Barbosa. **Mata nativa e cana de açúcar: cálculo do valor dos serviços ecossistêmicos vinculados aos ciclos da água, do carbono e do nitrogênio, utilizando a análise emergética**. Dissertação. Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2008.

WUNG, Tsai-Chung; LIN, Shih-Hsin; HUANG, Shyh-Meng. **Rainwater reuse supply**

**and demand response in urban elementary school of different districts in Taipei.**

Resources, Conservation and Recycling. Volume 46, Issue 2, February 2006, Pages 149–167.

YIN, R. K. **Applications of Case Study Research.** SAGE. Third Edition, 2011.

ZAINEN, M.; URAKAWA, T.; MATSUMOTO, Y.; TAKAI, H. **The collection of rainwater from dome stadius in Japan Urban Water.** Volume 1, Issue 4, December 2000, Pages 355–359.

ZANCANELLA, R. **Aproveitamento de água de chuva: comparação econômica entre reservação superior e inferior em edificação comercial de múltiplos pavimentos.**

Monografia. Graduação em Engenharia Civil. Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

ZANELLA, L. (2015). Viabilidade técnica e econômica da captação de água de chuva no meio urbano. Capítulo 7; p. 151. In: SANTOS, D. B. & MEDEIROS, S. S.(editores) et al. **Captação, manejo e uso de água de chuva.** INSA. Campina Grande, 2015.

ZHANG, Xingqi; HU, Maochuan; CHEN, Gang; XU, Youpeng. **Urban Rainwater Utilization and its Role in Mitigating Urban Waterlogging Problems - A Case Study in Nanjing, China.** Water Resour Manage (2012) 26: 3757.

doi:10.1007/s11269-012-0101-6.

## ANEXO A – ORÇAMENTOS DOS SISTEMAS

<b>Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 75m3</b>				
Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	1.100,00	1.100,00
Desmatamento e limpeza	m2	158,00	1,30	205,40
Escavação em solo 1a categoria	m3	53,00	2,72	144,16
Transporte DMT 0,2km	m3	74,00	0,58	42,92
Execução de aterro compactado	m3	54,00	5,50	297,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	190,00	18,30	3.477,00
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	67,00	19,80	1.326,60
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>8.793,08</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>10.727,56</b>

<b>Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 100 m3</b>				
Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	1.100,00	1.100,00
Desmatamento e limpeza	m2	187,00	1,30	243,10
Escavação em solo 1a categoria	m3	65,00	2,72	176,80
Transporte DMT 0,2km	m3	91,00	0,58	52,78
Execução de aterro compactado	m3	69,00	5,50	379,50
Geomembrana para impermeabilização	m2	217,00	18,30	3.971,10
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	82,00	19,80	1.623,60
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>9.746,88</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>11.891,19</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 150m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	1.100,00	1.100,00
Desmatamento e limpeza	m2	236,00	1,30	306,80
Escavação em solo 1a categoria	m3	92,00	2,72	250,24
Transporte DMT 0,2km	m3	129,00	0,58	74,82
Execução de aterro compactado	m3	90,00	5,50	495,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	266,00	18,30	4.867,80
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	111,00	19,80	2.197,80
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>11.492,46</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>14.020,80</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 250m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	1.100,00	1.100,00
Desmatamento e limpeza	m2	547,00	1,30	711,10
Escavação em solo 1a categoria	m3	211,00	2,72	573,92
Transporte DMT 0,2km	m3	295,00	0,58	171,10
Execução de aterro compactado	m3	195,00	5,50	1.072,50
Geomembrana para impermeabilização	m2	306,00	18,30	5.599,80
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	186,00	19,80	3.682,80
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>15.111,22</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>18.435,69</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 500m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	2.200,00	2.200,00
Desmatamento e limpeza	m2	763,00	1,30	991,90
Escavação em solo 1a categoria	m3	385,00	2,72	1.047,20
Transporte DMT 0,2km	m3	539,00	0,58	312,62
Execução de aterro compactado	m3	337,00	5,50	1.853,50
Geomembrana para impermeabilização	m2	459,00	18,30	8.399,70
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	299,00	19,80	5.920,20
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>22.925,12</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>27.968,65</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 750m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	2.200,00	2.200,00
Desmatamento e limpeza	m2	950,00	1,30	1.235,00
Escavação em solo 1a categoria	m3	536,00	2,72	1.457,92
Transporte DMT 0,2km	m3	751,00	0,58	435,58
Execução de aterro compactado	m3	498,00	5,50	2.739,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	589,00	18,30	10.778,70
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	397,00	19,80	7.860,60
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>28.906,80</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>35.266,30</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 1000m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	2.200,00	2.200,00
Desmatamento e limpeza	m2	1.122,00	1,30	1.458,60
Escavação em solo 1a categoria	m3	700,00	2,72	1.904,00
Transporte DMT 0,2km	m3	978,00	0,58	567,24
Execução de aterro compactado	m3	610,00	5,50	3.355,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	710,00	18,30	12.993,00
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	493,00	19,80	9.761,40
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>34.439,24</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>42.015,87</b>

---

**Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 2000m3**


---

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	2.200,00	2.200,00
Desmatamento e limpeza	m2	1.640,00	1,30	2.132,00
Escavação em solo 1a categoria	m3	1.343,00	2,72	3.652,96
Transporte DMT 0,2km	m3	1.880,00	0,58	1.090,40
Execução de aterro compactado	m3	966,00	5,50	5.313,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	1.125,00	18,30	20.587,50
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	829,00	19,80	16.414,20
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>53.590,06</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>65.379,87</b>

### Reservatório Semienterrado revestido e coberto com geomembrana 3000m3

Serviço	Unidade	Quant	R\$ unit.	R\$ total
Mobilização	vb	1,00	2.200,00	2.200,00
Desmatamento e limpeza	m2	2.101,00	1,30	2.731,30
Escavação em solo 1a categoria	m3	1.943,00	2,72	5.284,96
Transporte DMT 0,2km	m3	2.720,00	0,58	1.577,60
Execução de aterro compactado	m3	1.312,00	5,50	7.216,00
Geomembrana para impermeabilização	m2	1.491,00	18,30	27.285,30
Geomembrana para cobertura flutuante	m2	1.135,00	19,80	22.473,00
Instalações hidráulicas	vb	1,00	650,00	650,00
Filtro	und	1,00	1.550,00	1.550,00
<b>Total</b>				<b>70.968,16</b>
<b>Total com BDI 22%</b>				<b>86.581,16</b>

Orçamento Sistema recalque para Huol									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	
1	89447	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	M	212,0	6,15	7,50	1.590,00	
2	94675	SINAPI	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016_P	UN	6,0	8,10	9,88	59,28	
3	73795/010	SINAPI	VÁLVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL Ø 32MM (1.1/4") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,0	110,27	134,53	134,53	
4	94690	SINAPI	TÊ, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016_P	UN	1,0	7,47	9,11	9,11	
5	73796/003	SINAPI	VÁLVULA DE PÉ COM CRIVO Ø 40MM (1.1/2	UN	2,0	72,97	89,02	178,04	
5	94650	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016_P	M	16,0	12,91	15,75	252,00	
6	88547	SINAPI	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA SUPERIOR 10A/250V - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	2,0	55,95	68,26	136,52	
7	94793	SINAPI	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1 1/4", COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	2,0	121,98	148,82	297,64	
8	89570	SINAPI	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM X 1.1/2	UN	4,0	5,70	6,95	27,80	
9	83645	SINAPI	BOMBA RECALQUE 3HP	UN	2,0	1.312,58	1.601,35	3.202,70	
10	00000025	Próprio	Quadro comando bomba 3hp	und	1,0	929,48	1.133,97	1.133,97	
11	00000023	Próprio	Caixa de agua 15000l instalada	und	1,0	6.552,00	7.993,44	7.993,44	
<b>Total sem BDI</b>								<b>R\$ 12.307,94</b>	
<b>Total do BDI</b>								<b>R\$ 2.707,09</b>	
<b>Total Geral</b>								<b>R\$ 15.015,03</b>	

## Orçamento Recalque para HRS

Planilha Orçamentária Sintética									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com	Total	
1	94648	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016_P	M	190,0	6,08	7,42	1.409,80	
2	83648	SINAPI	BOMBA RECALQUE D'AGUA TRIFASICA 0,5 HP	UN	2,0	635,81	775,69	1.551,38	
3	73796/002	SINAPI	VÁLVULA DE PÉ COM CRIVO Ø 25MM (1") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2,0	47,97	58,52	117,04	
4	0000026	Próprio	Quadro comando bomba 1/2hp	und	1,0	603,04	735,71	735,71	
5	0000027	Próprio	Caixa de agua 5000l instalada	und	1,0	1.690,58	2.062,51	2.062,51	
6	89383	SINAPI	ADAPTADOR CURTO COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM X 3/4", INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	4,0	3,85	4,70	18,80	
7	73796/002	SINAPI	VÁLVULA DE PÉ COM CRIVO Ø 25MM (1") - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2,0	47,97	58,52	117,04	
7	89410	SINAPI	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	6,0	4,94	6,03	36,18	
8	73795/009	SINAPI	VALVULA DE RETENCAO HORIZONTAL Ø 25MM (1) - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	1,0	79,04	96,43	96,43	
8	73795/009	SINAPI	VALVULA DE RETENCAO HORIZONTAL Ø 25MM (1) - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	1,0	79,04	96,43	96,43	
9	85195	SINAPI	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA	UN	2,0	50,96	62,17	124,34	
9	94792	SINAPI	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1" COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO -FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	UN	2,0	93,15	113,64	227,28	
10	94691	SINAPI	TÊ DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32 MM X 25 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016_P	UN	2,0	9,31	11,36	22,72	
11	89489	SINAPI	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014_P	UN	6,0	4,15	5,06	30,36	
						<b>Total sem BDI</b>		<b>R\$ 5.447,18</b>	
						<b>Total do BDI</b>		<b>R\$ 1.198,84</b>	
						<b>Total Geral</b>		<b>R\$ 6.646,02</b>	

ANEXO B – ANÁLISE FINANCEIRA<sup>2</sup>

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-24.894,81	
1	4.711,87	235,59	4.476,27	- 20.543,01
2	4.711,87	235,59	4.476,27	- 16.169,45
3	4.711,87	235,59	4.476,27	- 11.538,43
4	4.711,87	235,59	4.476,27	- 6.884,26
5	4.711,87	235,59	4.476,27	- 2.206,81
6	4.711,87	235,59	4.476,27	2.494,02
239	4.711,87	235,59	4.476,27	2.078.018,50
240	4.711,87	235,59	4.476,27	2.093.120,46

Reservatório	50m3
Local	HUOL
TIR mensal	17,98%
VPL	R\$ 596.922,37
PAYBACK	6

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-25.742,59	
1	5.062,31	253,12	4.809,19	- 21.062,11
2	5.062,31	253,12	4.809,19	- 16.358,23
3	5.062,31	253,12	4.809,19	- 11.377,71
4	5.062,31	253,12	4.809,19	- 6.372,29
5	5.062,31	253,12	4.809,19	- 1.341,84
6	5.062,31	253,12	4.809,19	3.713,76
239	5.062,31	253,12	4.809,19	2.235.875,31
240	5.062,31	253,12	4.809,19	2.252.116,99

Reservatório	75m3
Local	HUOL
TIR mensal	18,68%
VPL	R\$ 642.316,69
PAYBACK	6

2 Nesta seção foram expostas linhas da planilha até que o fluxo descontado se tornasse positivo, com o intuito de evidenciar o período de *payback* do sistema.

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-26.906,22	
1	5.335,32	266,77	5.068,55	- 21.972,20
2	5.335,32	266,77	5.068,55	- 17.013,50
3	5.335,32	266,77	5.068,55	- 11.763,25
4	5.335,32	266,77	5.068,55	- 6.486,74
5	5.335,32	266,77	5.068,55	- 1.183,86
6	5.335,32	266,77	5.068,55	4.145,54
239	5.335,32	266,77	5.068,55	2.357.197,08
240	5.335,32	266,77	5.068,55	2.374.318,38

Reservatório	100m3
Local	HUOL
TIR mensal	18,84%
VPL	R\$ 677.180,67
PAYBACK	6

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-29.035,83	
1	5.724,66	286,23	5.438,42	- 23.742,58
2	5.724,66	286,23	5.438,42	- 18.422,87
3	5.724,66	286,23	5.438,42	- 12.790,33
4	5.724,66	286,23	5.438,42	- 7.129,62
5	5.724,66	286,23	5.438,42	- 1.440,61
6	5.724,66	286,23	5.438,42	4.276,84
239	5.724,66	286,23	5.438,42	2.528.662,51
240	5.724,66	286,23	5.438,42	2.547.030,48

Reservatório	150m3
Local	HUOL
TIR mensal	18,73%
VPL	R\$ 726.431,52
PAYBACK	6

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 34.792,72	
1	6.196,17	309,81	5.886,36	- 29.080,33
2	6.196,17	309,81	5.886,36	- 23.339,37
3	6.196,17	309,81	5.886,36	- 17.259,90
4	6.196,17	309,81	5.886,36	- 11.150,03
5	6.196,17	309,81	5.886,36	- 5.009,62
6	6.196,17	309,81	5.886,36	1.161,50
239	6.196,17	309,81	5.886,36	2.725.850,18
240	6.196,17	309,81	5.886,36	2.745.675,60

Reservatório	250m3
Local	HUOL
TIR mensal	16,92%
VPL	R\$ 782.915,14
PAYBACK	6

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0			-	42.983,68
1	6.761,92	338,10	6.423,82	- 36.774,78
2	6.761,92	338,10	6.423,82	- 30.534,83
3	6.761,92	338,10	6.423,82	- 23.925,59
4	6.761,92	338,10	6.423,82	- 17.283,30
5	6.761,92	338,10	6.423,82	- 10.607,80
6	6.761,92	338,10	6.423,82	- 3.898,92
7	6.761,92	338,10	6.423,82	2.843,50
239	6.761,92	338,10	6.423,82	2.958.222,57
240	6.761,92	338,10	6.423,82	2.979.775,60

Reservatório	500m3
Local	HUOL
TIR mensal	14,94%
VPL	R\$ 849.411,13
PAYBACK	7

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 50.281,33	
1	7.018,75	350,94	6.667,81 -	43.864,92
2	7.018,75	350,94	6.667,81 -	37.416,44
3	7.018,75	350,94	6.667,81 -	30.584,77
4	7.018,75	350,94	6.667,81 -	23.718,94
5	7.018,75	350,94	6.667,81 -	16.818,79
6	7.018,75	350,94	6.667,81 -	9.884,13
7	7.018,75	350,94	6.667,81 -	2.914,80
8	7.018,75	350,94	6.667,81	4.089,37
239	7.018,75	350,94	6.667,81	3.051.923,64
240	7.018,75	350,94	6.667,81	3.074.202,01

Reservatório	750m3
Local	HUOL
TIR mensal	13,26%
VPL	R\$ 876.036,90
PAYBACK	8

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 57.030,90	
1	7.188,58	359,43	6.829,15 -	50.486,90
2	7.188,58	359,43	6.829,15 -	43.910,18
3	7.188,58	359,43	6.829,15 -	36.941,15
4	7.188,58	359,43	6.829,15 -	29.937,27
5	7.188,58	359,43	6.829,15 -	22.898,37
6	7.188,58	359,43	6.829,15 -	15.824,28
7	7.188,58	359,43	6.829,15 -	8.714,82
8	7.188,58	359,43	6.829,15 -	1.569,81
9	7.188,58	359,43	6.829,15	5.610,92
239	7.188,58	359,43	6.829,15	3.107.547,38
240	7.188,58	359,43	6.829,15	3.130.273,70

Reservatório	1000m3
Local	HUOL
TIR mensal	11,97%
VPL	R\$ 891.729,06
PAYBACK	9

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-	80.394,90
1	7.586,55	379,33	7.207,22	- 73.589,66
2	7.586,55	379,33	7.207,22	- 66.750,39
3	7.586,55	379,33	7.207,22	- 59.497,59
4	7.586,55	379,33	7.207,22	- 52.208,53
5	7.586,55	379,33	7.207,22	- 44.883,03
6	7.586,55	379,33	7.207,22	- 37.520,90
7	7.586,55	379,33	7.207,22	- 30.121,96
8	7.586,55	379,33	7.207,22	- 22.686,02
9	7.586,55	379,33	7.207,22	- 15.212,91
10	7.586,55	379,33	7.207,22	- 7.702,43
11	7.586,55	379,33	7.207,22	- 154,39
12	7.586,55	379,33	7.207,22	7.431,38
13	7.586,55	379,33	7.207,22	15.055,08
239	7.586,55	379,33	7.207,22	3.213.026,60
240	7.586,55	379,33	7.207,22	3.236.678,28

Reservatório	2000m3
Local	HUOL
TIR mensal	8,96%
VPL	R\$ 920.989,28
PAYBACK	12

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 101.596,19	
1	7.699,55	384,98	7.314,58	- 94.789,59
2	7.699,55	384,98	7.314,58	- 87.948,97
3	7.699,55	384,98	7.314,58	- 80.689,16
4	7.699,55	384,98	7.314,58	- 73.393,05
5	7.699,55	384,98	7.314,58	- 66.060,46
6	7.699,55	384,98	7.314,58	- 58.691,21
7	7.699,55	384,98	7.314,58	- 51.285,11
8	7.699,55	384,98	7.314,58	- 43.841,98
9	7.699,55	384,98	7.314,58	- 36.361,64
10	7.699,55	384,98	7.314,58	- 28.843,89
11	7.699,55	384,98	7.314,58	- 21.288,56
12	7.699,55	384,98	7.314,58	- 13.695,44
13	7.699,55	384,98	7.314,58	- 6.064,37
14	7.699,55	384,98	7.314,58	1.604,86
239	7.699,55	384,98	7.314,58	3.195.000,46
240	7.699,55	384,98	7.314,58	3.218.675,02

Reservatório	3000m3
Local	HUOL
TIR mensal	7,20%
VPL	R\$ 914.804,02
PAYBACK	14

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-	20.666,82
1	1.899,67	189,97	1.709,70	- 19.060,45
2	1.899,67	189,97	1.709,70	- 17.446,06
3	1.899,67	189,97	1.709,70	- 15.633,62
4	1.899,67	189,97	1.709,70	- 13.812,12
5	1.899,67	189,97	1.709,70	- 11.981,52
6	1.899,67	189,97	1.709,70	- 10.141,76
7	1.899,67	189,97	1.709,70	- 8.292,80
8	1.899,67	189,97	1.709,70	- 6.434,60
9	1.899,67	189,97	1.709,70	- 4.567,10
10	1.899,67	189,97	1.709,70	- 2.690,27
11	1.899,67	189,97	1.709,70	- 804,06
12	1.899,67	189,97	1.709,70	1.091,59
13	1.899,67	189,97	1.709,70	2.996,72
14	1.899,67	189,97	1.709,70	4.911,37
239	1.899,67	189,97	1.709,70	802.153,57
240	1.899,67	189,97	1.709,70	808.064,00

Reservatório	150m3
Local	HRS
TIR mensal	8,27%
VPL	R\$ 216.889,98
PAYBACK	14

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 26.423,71	
1	2.097,83	209,78	1.888,05 -	24.667,78
2	2.097,83	209,78	1.888,05 -	22.903,07
3	2.097,83	209,78	1.888,05 -	20.919,75
4	2.097,83	209,78	1.888,05 -	18.926,51
5	2.097,83	209,78	1.888,05 -	16.923,31
6	2.097,83	209,78	1.888,05 -	14.910,10
7	2.097,83	209,78	1.888,05 -	12.886,81
8	2.097,83	209,78	1.888,05 -	10.853,42
9	2.097,83	209,78	1.888,05 -	8.809,85
10	2.097,83	209,78	1.888,05 -	6.756,06
11	2.097,83	209,78	1.888,05 -	4.692,01
12	2.097,83	209,78	1.888,05 -	2.617,64
13	2.097,83	209,78	1.888,05 -	532,89
14	2.097,83	209,78	1.888,05	1.562,28
239	2.097,83	209,78	1.888,05	873.970,72
240	2.097,83	209,78	1.888,05	880.438,40

Reservatório	250m3
Local	HRS
TIR mensal	7,15%
VPL	R\$ 235.932,11
PAYBACK	14

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-	34.614,67
1	2.398,42	239,84	2.158,58	- 32.629,17
2	2.398,42	239,84	2.158,58	- 30.633,74
3	2.398,42	239,84	2.158,58	- 28.388,49
4	2.398,42	239,84	2.158,58	- 26.132,02
5	2.398,42	239,84	2.158,58	- 23.864,26
6	2.398,42	239,84	2.158,58	- 21.585,17
7	2.398,42	239,84	2.158,58	- 19.294,67
8	2.398,42	239,84	2.158,58	- 16.992,73
9	2.398,42	239,84	2.158,58	- 14.679,28
10	2.398,42	239,84	2.158,58	- 12.354,26
11	2.398,42	239,84	2.158,58	- 10.017,61
12	2.398,42	239,84	2.158,58	- 7.669,28
13	2.398,42	239,84	2.158,58	- 5.309,21
14	2.398,42	239,84	2.158,58	- 2.937,34
15	2.398,42	239,84	2.158,58	- 553,61
16	2.398,42	239,84	2.158,58	1.842,04
239	2.398,42	239,84	2.158,58	984.687,08
240	2.398,42	239,84	2.158,58	992.008,93

Reservatório	500m3
Local	HRS
TIR mensal	6,24%
VPL	R\$ 265.354,12
PAYBACK	16

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 41.912,32	
1	2.643,08	264,31	2.378,78	- 39.743,11
2	2.643,08	264,31	2.378,78	- 37.563,05
3	2.643,08	264,31	2.378,78	- 35.107,78
4	2.643,08	264,31	2.378,78	- 32.640,23
5	2.643,08	264,31	2.378,78	- 30.160,35
6	2.643,08	264,31	2.378,78	- 27.668,07
7	2.643,08	264,31	2.378,78	- 25.163,33
8	2.643,08	264,31	2.378,78	- 22.646,06
9	2.643,08	264,31	2.378,78	- 20.116,21
10	2.643,08	264,31	2.378,78	- 17.573,71
11	2.643,08	264,31	2.378,78	- 15.018,49
12	2.643,08	264,31	2.378,78	- 12.450,50
13	2.643,08	264,31	2.378,78	- 9.869,67
14	2.643,08	264,31	2.378,78	- 7.275,93
15	2.643,08	264,31	2.378,78	- 4.669,23
16	2.643,08	264,31	2.378,78	- 2.049,49
17	2.643,08	264,31	2.378,78	583,34
240	2.643,08	264,31	2.378,78	1.080.737,45

Reservatório	750m3
Local	HRS
TIR mensal	5,68%
VPL	R\$ 288.675,55
PAYBACK	17

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		-	48.661,89
1	2.845,58	284,56	2.561,03	- 46.344,17
2	2.845,58	284,56	2.561,03	- 44.014,87
3	2.845,58	284,56	2.561,03	- 41.389,36
4	2.845,58	284,56	2.561,03	- 38.750,72
5	2.845,58	284,56	2.561,03	- 36.098,90
6	2.845,58	284,56	2.561,03	- 33.433,81
7	2.845,58	284,56	2.561,03	- 30.755,39
8	2.845,58	284,56	2.561,03	- 28.063,59
9	2.845,58	284,56	2.561,03	- 25.358,32
10	2.845,58	284,56	2.561,03	- 22.639,53
11	2.845,58	284,56	2.561,03	- 19.907,14
12	2.845,58	284,56	2.561,03	- 17.161,10
13	2.845,58	284,56	2.561,03	- 14.401,32
14	2.845,58	284,56	2.561,03	- 11.627,74
15	2.845,58	284,56	2.561,03	- 8.840,30
16	2.845,58	284,56	2.561,03	- 6.038,91
17	2.845,58	284,56	2.561,03	- 3.223,53
18	2.845,58	284,56	2.561,03	- 394,06
19	2.845,58	284,56	2.561,03	2.449,55
239	2.845,58	284,56	2.561,03	1.143.263,31
240	2.845,58	284,56	2.561,03	1.151.825,21

Reservatório	1000m3
Local	HRS
TIR mensal	5,26%
VPL	R\$ 307.271,60
PAYBACK	19

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 72.281,04	
1	3.346,17	334,62	3.011,55 -	69.630,90
2	3.346,17	334,62	3.011,55 -	66.967,50
3	3.346,17	334,62	3.011,55 -	63.956,17
4	3.346,17	334,62	3.011,55 -	60.929,78
5	3.346,17	334,62	3.011,55 -	57.888,27
6	3.346,17	334,62	3.011,55 -	54.831,54
7	3.346,17	334,62	3.011,55 -	51.759,53
8	3.346,17	334,62	3.011,55 -	48.672,16
9	3.346,17	334,62	3.011,55 -	45.569,36
10	3.346,17	334,62	3.011,55 -	42.451,04
11	3.346,17	334,62	3.011,55 -	39.317,13
12	3.346,17	334,62	3.011,55 -	36.167,55
13	3.346,17	334,62	3.011,55 -	33.002,22
14	3.346,17	334,62	3.011,55 -	29.821,06
15	3.346,17	334,62	3.011,55 -	26.624,00
16	3.346,17	334,62	3.011,55 -	23.410,95
17	3.346,17	334,62	3.011,55 -	20.181,84
18	3.346,17	334,62	3.011,55 -	16.936,58
19	3.346,17	334,62	3.011,55 -	13.675,10
20	3.346,17	334,62	3.011,55 -	10.397,31
21	3.346,17	334,62	3.011,55 -	7.103,13
22	3.346,17	334,62	3.011,55 -	3.792,48
23	3.346,17	334,62	3.011,55 -	465,27
24	3.346,17	334,62	3.011,55	2.878,57
239	3.346,17	334,62	3.011,55	1.294.781,95
240	3.346,17	334,62	3.011,55	1.304.602,03

Reservatório	2000m3
Local	HRS
TIR mensal	4,17%
VPL	R\$ 346.341,72
PAYBACK	24

Meses	Geração de Caixa	Custo Manutenção	Líquido	Fluxo descontado
0	Investimento		- 93.403,90	
1	3.518,17	351,82	3.166,35 -	90.704,57
2	3.518,17	351,82	3.166,35 -	87.991,74
3	3.518,17	351,82	3.166,35 -	84.913,53
4	3.518,17	351,82	3.166,35 -	81.819,94
5	3.518,17	351,82	3.166,35 -	78.710,87
6	3.518,17	351,82	3.166,35 -	75.586,26
7	3.518,17	351,82	3.166,35 -	72.446,02
8	3.518,17	351,82	3.166,35 -	69.290,08
9	3.518,17	351,82	3.166,35 -	66.118,37
10	3.518,17	351,82	3.166,35 -	62.930,79
11	3.518,17	351,82	3.166,35 -	59.727,28
12	3.518,17	351,82	3.166,35 -	56.507,75
13	3.518,17	351,82	3.166,35 -	53.272,12
14	3.518,17	351,82	3.166,35 -	50.020,32
15	3.518,17	351,82	3.166,35 -	46.752,25
16	3.518,17	351,82	3.166,35 -	43.467,85
17	3.518,17	351,82	3.166,35 -	40.167,02
18	3.518,17	351,82	3.166,35 -	36.849,69
19	3.518,17	351,82	3.166,35 -	33.515,77
20	3.518,17	351,82	3.166,35 -	30.165,18
21	3.518,17	351,82	3.166,35 -	26.797,84
22	3.518,17	351,82	3.166,35 -	23.413,66
23	3.518,17	351,82	3.166,35 -	20.012,56
24	3.518,17	351,82	3.166,35 -	16.594,46
25	3.518,17	351,82	3.166,35 -	13.159,27
26	3.518,17	351,82	3.166,35 -	9.706,90
27	3.518,17	351,82	3.166,35 -	6.237,26
28	3.518,17	351,82	3.166,35 -	2.750,28
29	3.518,17	351,82	3.166,35	754,13
239	3.518,17	351,82	3.166,35	1.304.000,88
240	3.518,17	351,82	3.166,35	1.314.039,05

Reservatório	3000m3
Local	HRS
TIR mensal	3,39%
VPL	R\$ 346.823,56
PAYBACK	29