

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - CAMPOS
MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

CARLOS SULZER PÊGO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAR E
AVALIAR A VIABILIDADE DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Maio de 2012

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - CAMPOS
MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

CARLOS SULZER PÊGO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAR E
AVALIAR A VIABILIDADE DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada no curso de Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, sob orientação do Profº Dr. Milton Erthal Junior.

Orientador: Prof. Milton Erthal Junior, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

2012

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAR E AVALIAR A VIABILIDADE DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada no curso de Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, sob orientação do Profº Dr. Milton Erthal Junior.

Avaliado em 26 de maio de 2012.

BANCA EXAMINADORA

PROFº Dr. Gilmar Santos Costa
IF Fluminense campus Campos-Guarus

PROFº Dr Eduardo Shimoda
Universidade Candido Mendes – Campos

PROFº Dr Dalessandro Soares Vianna
Universidade Candido Mendes – Campos

PROFº Dr PROFº Dr. Milton Erthal Junior
Orientador
Universidade Candido Mendes – Campos

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

2012

A Deus por permitir essa
graça e a minha família

AGRADECIMENTOS

Ao apoio dos meus pais, Carlos Sulzer Landivar, Maria Natália Pêgo Sulzer, *in memorian*, dos meus irmãos Armando Sulzer Pêgo e Dora Larisa Sulzer Pêgo, da minha namorada Kaynara Gabriel Campos, e amigos. Agradeço também ao meu orientador da dissertação o professor Doutor Milton Erthal Júnior e aos demais professores da Universidade Candido Mendes de Campos dos Goytacazes (UCAM-RJ), ao amigo Jocimar Fernandes, e principalmente a Deus por ter me concedido o dom da sabedoria.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAR E AVALIAR A VIABILIDADE DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A água vem se tornando um recurso cada vez mais escasso e valioso. No entanto, grande parte da população mundial ainda não se conscientizou e acaba por desperdiçá-la, ou até mesmo poluí-la. O crescimento populacional mundial, e sua má distribuição também contribuem para a diminuição per capita dos recursos hídricos. A proposta deste trabalho é a criação de um software capaz de analisar a viabilidade econômica e estimar o volume ideal do reservatório para um sistema de captação de águas pluviais nos municípios do estado do Rio de Janeiro. Na metodologia foi utilizado um banco de dados compreendendo a série histórica compreendida entre 1960 e 2009; esses dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Alguns dados foram extraídos do artigo *A Distribuição de Chuvas Anuais no Estado do Rio de Janeiro* de, que utiliza médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas. Para o cálculo do volume do reservatório destinado ao armazenamento da água de chuva, foi adotado o método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, e para análise da viabilidade econômica foi utilizado o método VPL (Valor Presente Líquido), uma função matemática que auxilia na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto, além do consumo de água com base na análise do consumo nos últimos 12 meses disponíveis. Dois projetos foram calculados, um para uma residência onde moram 5 pessoas mostrando-se inviável, e o outro para a Universidade Candido Mendes-RJ, onde o projeto mostrou-se viável.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; água de chuva; recursos hídricos; software.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE FOR THE FEASIBILITY SIZE AND EVALUATE USE OF RAINWATER IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

Water is becoming an increasingly scarce resource and valuable. However, much of the world's population still not conscious and ultimately spoil it, or even pollute it. The world population growth, and its poor distribution also contribute to reducing per capita water resources. The purpose of this work is the creation of a software able to analyze the economic feasibility and estimate the volume of the reservoir for an ideal system for capturing rainwater municipalities in the state of Rio de Janeiro. Methodology was used in a database comprising the series between 1960 and 2009, these data were obtained from the National Institute of Meteorology - INMET. Some data were taken from the article The Annual Rainfall Distribution in the State of Rio de Janeiro, which uses average monthly rainfall of 48 meteorological stations. To calculate the volume of the reservoir for the storage of rainwater, we adopted the method of Analysis of Reservoir Simulation, and economic viability analysis method was used NPV (Net Present Value), a mathematical function that assists in decision to accept or reject a project, and water consumption based on the analysis of consumption in the last 12 months available. Two projects were constructed, one for a home where five people live show to be viable, and the other for the Candido Mendes University, Rio de Janeiro, where the project was feasible

KEY WORDS: Sustainability, rainwater, water resources

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Consumo de H ₂ O em diferentes atividades industriais.....	23
Tabela 2 – Vazão e Percentual de H ₂ O nas diferentes regiões do mundo.....	25
Tabela 3 - Produção hídrica de superfície da América do Sul.....	26
Tabela 4 - Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões.	28
Tabela 5 - Regiões do Brasil com áreas em Km ² e população.	28

Lista de Quadros

Quadro 1 – Equações usadas para calcular a viabilidade econômica do sistema de captação de água de chuva em uma residência e na universidade Candido Mendes	51
Quadro 2 – Equações usadas para se estimar o consumo mensal de água de chuva.	53
Quadro 3 – Estimativa de consumo de água mensal não potável de uma residência localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, onde residem cinco pessoas.....	54
Quadro 4– Estimativa de consumo de água mensal não potável na Universidade Candido Mendes localizada em Campos dos Goytacazes, RJ.	55
Quadro 5 - Tarifário cobrado pela empresa Águas do Paraíba por faixa de consumo.	84

Lista de Figuras

Figura 1 - Disponibilidade de água doce no mundo.	25
Figura 2 - Bacias hidrográficas do Brasil.	27
Figura 3 - Abanar comunitário, cisterna tradicional.	29
Figura 4 - Massada, Israel - cisterna escavada na rocha.	30
Figura 5 - Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva.	33
Figura 6 - Telhado da casa usado como área de captação.	34
Figura 7 – Telhado, Calha horizontal e Condutor.	34
Figura 8 - Filtro utilizado na purificação da água de chuva uso residencial.	35
Figura 9 - Filtro utilizado na purificação da água de chuva uso residencial.	35
Figura 10 - Filtro de retenção de partículas sólidas.	36
Figura 11 - By Pass integrado ao sistema de captação.	36
Figura 12 - Cisterna de tijolos e argamassa de cal enterrada utilizada no nordeste do Brasil.	38
Figura 13 - Sifão Ladrão 100mm 3P.	38
Figura 14 - Conjunto Flutuante de Sucção 3P.	39
Figura 15 - Freio D'água 3P.	39
Figura 16 - Sistemas de Realimentação 3P.	40
Figura 17 - Bomba de sucção - P-500 1/2 HP – Acqualimp.	40
Figura 18 - Desempenho da Bomba de sucção - P-500 1/2 HP.	41
Figura 19 – Sistema Completo.	41
Figura 20 - Precipitação média mensal no município de Campos dos Goytacazes, segundo estimativa do período de 1966 a 2009.	52
Figura 21 - Distribuição de chuvas anuais no Estado do Rio de Janeiro.	70
Figura 22 – Mapa Político e Pluviométrico do Estado do Rio de Janeiro.	71
Figura 23 – Tela Principal do Software “WaterSaving” – Cálculo do Reservatório.	77
Figura 24 – Tela Principal do Software “WaterSaving” – Cálculo da Viabilidade Econômica.	77
Figura 25 - Tela para escolha da forma da área de captação de água de chuva.	78
Figura 26 - Tela para informar medidas da área de captação de água de chuva.	78
Figura 27 - Tela para cadastro de várias áreas em m ²	79
Figura 28 - Tela para informar dados de consumo de água não potável.	79
Figura 29 - Tela para Cadastro de Contas de Consumo.	80
Figura 30 - Tela para Cadastro de Insumos do Reservatório.	81
Figura 31 - Tela para Cadastro de Insumos Medições.	82

Figura 32 - Tela para Cadastro de Insumos Medições.....	82
Figura 33 – Tarifas por faixa de consumo.	83
Figura 34 – Diagrama de Sequência do Programa WaterSaving.....	91

Lista de Siglas e Abreviaturas

.NET – Dot Net

ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

C# - C Sharp

CPATSA - Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano

IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, Seção Água e Clima

ONU - Organização das Nações Unidas

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura

UNIAGUA - Universidade da Água

VB - Visual Basic

VPL - Valor Presente Líquido

C_u – Custo Médio

C_a – Custo Mensal Médio de Água

C_m – Consumo Medio Mensal

E_a – Economia Monetária Anual

Q_e – Total do Volume de Chuva Mensal

R\$ - Real

US\$ - Dolar

Σ - Somatório

C – Coeficiente de Runnof

RJ – Rio de Janeiro

% - Percentual

KM – Kilômetro

DED - Diagrama de Estrutura de Dados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	18
2 OBJETIVO	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	21
3.1.1 PARA O CONSUMO HUMANO E INDUSTRIAL	22
3.1.2 GERAÇÃO DE ENERGIA	23
3.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO MUNDO	24
3.3 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL	26
3.4 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	29
3.5 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO	29
3.6 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL	31
3.7 ASPECTOS LEGAIS	31
3.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	32
3.9 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	32
3.9.1 MÉTODOS E EQUIPAMENTOS PARA COLETA E ARMAZENAMENTO DE H ₂ O DE CHUVA	34
4 TRABALHOS	42
4.1 DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA COLETA E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ	42
4.1.1 RESUMO	43
4.1.2 ABSTRACT	44
4.1.3 INTRODUÇÃO	45
4.1.4 OBJETIVO	47
4.1.4.1 OBJETIVO GERAL	47
4.1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	47
4.1.5 METODOLOGIA	48
4.1.5.1 ASPECTOS INICIAIS	48
4.1.5.2 COLETA DE DADOS	48
4.1.5 DEMONSTRAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANALÍTICO E EFICIÊNCIA PARA DEMANDA CONSTANTE E CHUVAS MENSAIS	49
4.1.5 CUSTO DA ÁGUA	51
4.1.6 RESULTADOS	52
4.1.6.1 ASPECTOS INICIAIS E HISTÓRICOS	53
4.1.6.2 CONSUMO	54
4.1.6.2 CONSUMO NA RESIDÊNCIA	54
4.1.6.2.2 CONSUMO NA UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES	54

4.1.7 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA A RESIDÊNCIA.....	55
4.1.8 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA A UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES	56
4.1.9 DISCUSSÃO	59
4.1.10 CONCLUSÃO.....	60
4.1.11 REFERÊNCIAS.....	62
4.2 DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	63
4.2.1 RESUMO.....	64
4.2.2 ABSTRACT	65
4.2.3 INTRODUÇÃO	66
4.2.3.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	67
4.2.4 OBJETIVO.....	68
4.2.4.1 OBJETIVO GERAL	68
4.2.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	68
4.2.5 METODOLOGIA	69
4.2.5.1 ASPECTOS INICIAIS.....	69
4.2.5.2 COLETA DE DADOS	69
4.2.5.3 LINGUAGEM E AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO.....	73
4.2.5.4 ENGENHARIA DE SOFTWARE	74
4.2.6 RESULTADOS.....	76
4.2.7 DISCUSSÃO	84
4.2.8 CONCLUSÃO	86
4.2.9 REFERÊNCIAS.....	87
4.2.10 APÊNDICES	88
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	108
6 REFERÊNCIAS.....	109

1 INTRODUÇÃO

Durante muitos anos a água foi considerada como um recurso inesgotável. No entanto com o passar do tempo, pesquisas revelaram que é possível perceber que a água não é um recurso infinito, e é preciso quebrar esse falso conceito (ANA, 2011)

Os oceanos ocupam cerca de 2/3 da superfície do planeta. O volume de água no planeta é estimado em cerca de 1,35 milhões de quilometro cúbicos, sendo que 97,5% da água da superfície da terra encontram-se em oceanos e mares, 2,493% é de água doce, porém se encontra em geleiras e aquíferos (águas subterrâneas), onde o acesso se torna difícil. Apenas 0,007 da água doce é de fácil acesso para o ser humano, onde encontra-se em rios e na atmosfera. Atualmente, o mau uso da água, aliado à crescente demanda por este recurso natural, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo decréscimo da disponibilidade de água potável na terra (UNIÁGUA, 2010).

Segundo levantamentos feitos pela Organização das Nações Unidas (ONU) cerca de 250 milhões de indivíduos, em 26 países, têm problemas para obter água. Se a demanda pelo consumo de água continuar crescendo desta maneira, acredita-se que em 2050, mais de 45% dos seres humanos do planeta viverá em países que não serão capazes de garantir a cota diária mínima, que é de 50 litros de água por pessoa dia, que são necessárias para atender as suas necessidades básicas (MIERZWA, 2005).

No Brasil programas envolvendo o uso racional da água estão sendo estimulados pelo poder público, iniciativa privada e a sociedade de forma geral. Um

exemplo é o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), sobre coordenação do Governo Federal, com a finalidade de incentivar o uso racional da água potável nas cidades brasileiras. O objetivo do PNCDA é promover a melhora da saúde pública e do saneamento ambiental (PNCDA, 2010).

Vários pontos positivos são agregados ao uso sustentável da água pluvial, como redução do consumo de água potável, diminuição dos gastos com obtenção de água por meio de empresas do setor, diminuição dos riscos de enchentes e preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

As reservas de água doce no nosso planeta estão sendo ameaçadas, devido ao crescimento da população mundial, ao aumento da demanda, e ao alto índice de poluição dos mananciais. Poucos conhecem esta realidade preocupante de uma possível crise de água potável, onde este recurso essencial, pode tornar-se mercadoria tão cara quanto o petróleo, causando disputas e guerras futuras por fontes e reservas d'água (SOUZA, 2003).

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Com a escassez de água potável, e a falta de conhecimento necessário para a construção de um reservatório de captação de água de chuva, e dos métodos necessários para estimativa de custos do projeto, foi proposto este trabalho, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão, através da utilização de dados históricos da pluviometria do Estado do Rio de Janeiro.

Analisando o lado econômico, o presente estudo mostra grandes possibilidades de diminuição nos gastos com aquisição de água pelas empresas fornecedoras, e uma melhora significativa na qualidade de vida, uma vez que a água utilizada, é um bem natural proveniente de chuvas e pode ser assumir vários fins, desde irrigação até descargas em bacias sanitária.

O presente estudo além de fornecer informações técnicas, traz dados que conscientizam e incentivam a preservação do meio ambiente, fornecendo uma melhor qualidade de vida para a população.

2 OBJETIVO

A água é um recurso que se torna mais escasso com o passar dos anos, fazendo com que o seu reuso seja cada vez mais necessário.

O objetivo desse capítulo é apresentar os dados relevantes que auxiliam a análise da viabilidade econômica do sistema, e o cálculo do tamanho do reservatório, utilizando o método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, e a criação do software “WaterSaving” com a utilização da linguagem de programação C#. É esperado após a conclusão do trabalho que ele possa ser usado como ferramenta de apoio na tomada de decisão, tanto econômica, quanto operacional.

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um software capaz de calcular o tamanho do reservatório para armazenamento de água da chuva de fins não potáveis nos municípios do Estado do Rio de Janeiro, bem como a sua viabilidade econômica, e demonstração dos métodos e equipamentos utilizados na estimativa de volume do reservatório, e o valor para a sua construção.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Reunir uma base de dados pluviométricos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro;
- b) A partir dos dados médios de pluviometria mensal, calcular o tamanho do reservatório e sua eficiência no uso da água coletada;

- c) Verificar a utilização do Método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, aplicado em uma residência e em uma Universidade.
- d) Desenvolver um software que execute os cálculos de dimensionamento do reservatório, além dos benefícios financeiros de se implantar o sistema de coleta de águas pluviais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo demonstra a importância da água para o consumo humano, para o consumo industrial, para a preservação da fauna e flora, para geração de energia, e para o transporte, bem como sua disponibilidade no estado do Rio de Janeiro, no Brasil e no mundo. Demonstra ainda, a utilização de água pluvial no Brasil e no mundo, e apresenta o sistema de aproveitamento de água pluvial e seus principais aspectos, como, área de captação, telhas, calhas, condutores, filtros, reservatórios, extravasores, além de outros materiais necessários para a implantação de rede de coleta de água pluvial.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

Estima-se que apenas 2,5% do total de água do planeta seja potável, ou seja, água doce, e que grande parte dela não seja de fácil acesso, por estarem em rios, lagos e reservatórios, e que o restante esteja na biomassa e na atmosfera em forma de vapor (UNIÁGUA, 2010).

No decorrer da história da humanidade percebe-se que a água foi um elemento fundamental para o desenvolvimento. As grandes colonizações em todo mundo ocorreram nas margens dos oceanos e rios, como é o caso do Brasil e outros países Americanos. Com o crescimento populacional e industrial houve também aumento da utilização da água que passou a ser usada sem nenhum critério como se fosse um recurso abundante e inesgotável (MIERZWA, 2005).

Segundo levantamentos feitos pela Organização das Nações Unidas (ONU) cerca de 250 milhões de indivíduos, em 26 países, têm problemas para obter água. Se a demanda pelo consumo de água continuar crescendo desta maneira, acredita-

se que em 2050, mais de 45% dos seres humanos do planeta viverá em países que não serão capazes de garantir a cota diária mínima, que é de 50 litros de água por pessoa/dia, que são necessárias para atender as suas necessidades básicas

Durante muitos anos a água foi considerada um recurso inesgotável. No entanto, com o passar do tempo, pesquisas revelaram que é possível perceber que a água não é um recurso infinito, e que é preciso quebrar esse falso conceito (ANA, 2011)

A água potável é inversamente proporcional à população mundial, que cresce cada dia mais reduzindo significativamente a disponibilidade da água potável. Outro fator que tem influência na redução da água potável é a poluição dos mananciais hídricos do planeta (MIERZWA, 2005). Isso já é uma realidade como no Nordeste.

As indústrias são responsáveis pela utilização de grandes quantidades de água, principalmente as que dependem diretamente deste recurso, com as alimentícias, de bebidas e automotivas.

3.1.1 Para o consumo humano e industrial

A água é um elemento fundamental para a sobrevivência humana. O seu consumo se dá pela ingestão, como bebida, na higiene pessoal, na lavagem de alimentos como forma de prevenção de doenças, na lavagem de roupas e utensílios. Sendo assim a água se torna um recurso indispensável para o desenvolvimento humano (MIERZWA, 2005).

A água tem seus padrões de qualidade regidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Antes de chegar às casas, a água passa por estações de tratamento, onde são realizados processos de limpeza e purificação para a retirada de matérias orgânicas (restos vegetais, lixo e microorganismos patogênicos) que a tornam potável, estando então apta para o consumo humano (MIERZWA, 2005).

A água sofre rigorosos testes para especificação de seus padrões de qualidade, pois dependendo de como será utilizada na indústria, precisará possuir um elevado grau de pureza, como no caso da indústria farmacêutica e alimentícia, onde é incorporada ao produto final, ou entram em contato com elementos químicos em alguma etapa da produção, sendo mais restrito o seu uso do que em casos onde é usada para o consumo humano direto (MIERZWA, 2005).

Na produção industrial, a água é um elemento essencial e possui variadas funções como: processar, lavar e resfriar o maquinário manufaturador. Quanto maior for a indústria, maior será o consumo de água, como é o caso das produtoras de alimentos, papel, substâncias químicas, refinamento de petróleo, as produtoras de metais básicos, entre outros (SELBORNE, 2001). Os dados são demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de H₂O em diferentes atividades industriais

TIPO DE INDÚSTRIA	CONSUMO M ³	
LAMINAÇÃO DE AÇO	85	POR TONELADA DE AÇO
REFINAÇÃO DE PETRÓLEO	290	POR BARRIL REFINADO
CERVEJARIA	20	POR M ³ DE CERVEJA
INDÚSTRIA TÊXTIL	1.000	POR TONELADA DE TECIDO
USINAS DE AÇÚCAR	75	POR TONELADA DE AÇÚCAR
PAPEL	250	POR TONELADA DE PAPEL
LATICÍNIOS	2	POR TONELADA DE PRODUTO
MATADOUROS	3	POR ANIMAL ABATIDO

Fonte: Adaptado de MIERZWA, 2005.

Segundo Mierzwa (2005), é preciso atentar para o descarte da água utilizada nos processos industriais, pois são jogadas nos rios e mares, provocando a morte das espécies nativas, contaminando-os com substâncias tóxicas que provocam doenças se forem consumidas pelo homem.

3.1.2 Geração de energia

Cerca de 150 países detêm os recursos hídricos para geração de energia no mundo, fator esse, de suma importante para o crescimento econômico da sociedade, que cada vez mais se baseia na utilização da energia. Sendo assim, muitos investimentos são direcionados para este setor, melhorando a qualidade do serviço oferecido, e a qualidade de vida das pessoas que utilizam este recurso (ANA, 2011).

Aproximadamente 25% da energia gerada no mundo, depende da água, é a chamada energia hidráulica, gerada pela água em movimento. No Brasil essa

energia abrange um total de 90%, sendo este um benefício, pois a fonte para geração dessa energia é renovável (MIERZWA, 2005).

Segundo Mierzwa (2005), também é possível produzir energia elétrica por meio do aquecimento da água, que após ser aquecida, se transforma em vapor de alta pressão, e então, é transformada em energia elétrica.

3.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO MUNDO

O mundo em que vivemos sofre grandes pressões pela falta de água, estima-se que nos próximos 50 anos a população mundial será aumentada em três bilhões de pessoas, e que a maior parte deste crescimento se dará em países que já sofrem com problemas relacionados a carência de água (BROWN, 2002).

Aproximadamente 97,5% da água do mundo é salgada, e somente 2,5% da água restante é doce. Sendo que 69,9% da água doce encontram-se nas calotas polares do Ártico, Antártica e nas regiões montanhosas, e 29,9% dessa água está no subterrâneo, e somente 0,266% da água doce representa toda a água dos rios, lagos e reservatórios, que significa 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta. O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor (TOMAZ, 2003).

Com uma área de aproximadamente 1,2 milhões de km², o Aquífero Guarani detém um dos maiores reservatórios de água subterrânea do planeta, localizado na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, abrangendo quatro países: Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, com um volume de cerca de 46 mil km³, desse total 71% está localizado em território brasileiro o que equivale à 33 mil km³ (BOSCADIN, 2004). A vazão e o percentual de H₂O nas diferentes regiões do mundo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazão e Percentual de H₂O nas diferentes regiões do mundo.

Região do Mundo	Vazão (km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18
África	145.000	10
Europa	102.000	7
Antártida	73.000	5
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100%

Fonte: Tomaz, 2003.

Analisando a (Tabela 2), é possível perceber que a água no planeta encontra-se distribuída de forma não uniforme.

A água pode ser considerada um bem econômico, a falta dela pode, acarretar na redução do desenvolvimento regional, influenciar na saúde das pessoas e consequentemente nas suas atividades sócio-econômicas (ANDREASI, 2003). A Figura 1 apresenta a disponibilidade de água doce a nível mundial.

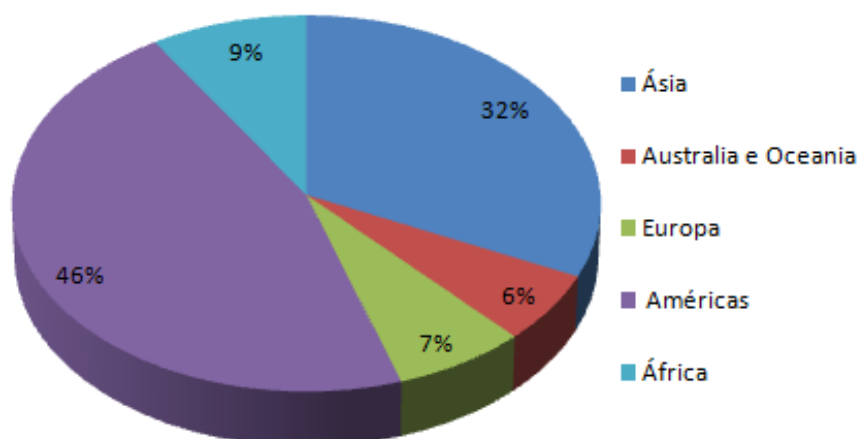


Figura 1 - Disponibilidade de água doce no mundo.

Fonte: Adaptado de ANA, 2011.

3.3 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL

O Brasil, país rico em recursos hídricos, não está livre das ameaças de uma crise de escassez de água. A disponibilidade dos recursos hídrico no Brasil varia de uma região para outra. Uns dos principais fatores da diminuição da água potável estão relacionados ao aumento do consumo da água e a contaminação superficial e subterrânea por esgotos domésticos, além dos resíduos tóxicos da indústria e da agricultura (MIERZWA, 2005).

Umas das maiores bacias hídricas do planeta pertencem ao Brasil, que equivale a um quinto de toda reserva mundial. Segundo Tomaz (2001), essa água é mal distribuída geograficamente. Em partes do Brasil, como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte a disponibilidade hídrica é desproporcional para o atendimento da demanda necessária ao consumo diário por pessoa.

O Brasil possui um dos recursos hídricos mais importantes a nível mundial. Sua extensão continental é de (8.514.876,599 km²) ocupa a quinta posição em território geográfico total correspondendo a 20,8% do território da América, e 47,7% da América do Sul, perdendo apenas, sob este aspecto, para a Rússia, Canadá, China e Estados Unidos da América (ANA, 2011). Conforme demonstrado na Tabela3. O país detém cerca de 35.732 m³/hab/ano de disponibilidade hídrica, sendo considerado um país “rico em água”, e possuidor de 12% da quantidade total de água doce do mundo (TOMAZ, 2001).

Estima-se que 35% da população brasileira seja abastecida por mananciais, geralmente em pequenas cidades. Entretanto, a utilização mais habitual é o dos mananciais superficiais, pela maior facilidade de aquisição da água (ANA, 2011).

Tabela 3 - Produção hídrica de superfície da América do Sul.

America do Sul	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100%

Fonte: Tomaz, 2003.

As bacias hidrográficas do Brasil mais conhecidas são: a do Rio Amazonas, do Tocantins Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai, e são nelas que se encontram as principais disponibilidades hídricas do Brasil (ANEEL, 2011). Conforme demonstrado na Figura 2.



Figura 2 - Bacias hidrográficas do Brasil.

Fonte: Colégio Web, 2010.

A Região Sudeste do Brasil detém 6% do potencial hídrico do país, no entanto 43% da população brasileira habita esta região, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, dispõe de 69% da água do país, e é ocupada por apenas 8% da população brasileira. A Tabela 4 e a Tabela 5 mostram respectivamente a disponibilidade hídrica e população das cinco regiões brasileiras (ANA, 2011).

Tabela 4 - Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões.

Regiões do Brasil	Vazão (Km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Norte	3845,5	68,5
Nordeste	186,2	3,3
Sudeste	334,2	6,0
Sul	365,4	6,5
Centro-Oeste	878,7	15,7
Total	5610,0	100,0%

Fonte: Tomaz, 2003.

Tabela 5 - Regiões do Brasil com áreas em Km² e população.

Regiões do Brasil	Área (Km ²)	População 1999	Porcentagem da população (%)
Norte	3.869.637	12.133.705	7,40
Nordeste	1.561.177	46.289.042	28,23
Sudeste	927.286	69.858.115	42,61
Sul	577.214	24.445.950	14,91
Centro-Oeste	1.612.077	11.220.742	6,85
Total	8.547.403	163.947.554	100,00%

Fonte: Tomaz, 2003.

Mesmo com toda a disponibilidade hídrica do Brasil, é notório que em alguns destes mananciais a qualidade da água está comprometida devido à poluição ocasionada pelas ações do homem que atingem rios, lagos e represas; uma delas é o garimpo, que contamina os rios com o mercúrio, a poluição doméstica e a industrial que causa uma série de problemas, tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade (FERREIRA, 2005).

3.4 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

O estado do Rio de Janeiro possui 62 rios, dentre eles destaca-se o Rio Paraíba do Sul com cerca de 1120 km², desaguando entre os municípios de São João da Barra e São Francisco do Itabapoana – RJ. Alguns rios do estado também podem ser destacados como o Rio Itabapoana por possuir 5 hidroelétricas e fazer fronteira com o Espírito Santo, o Macabu, que deságua na Lagoa Feia, e é usado para abastecer a cidade de Macaé, e irrigar lavouras, o rio Macaé, que possui diversos trechos com águas transparentes e cachoeiras, o que estimula o turismo da região, além de fornecer água doce para os trabalhadores da indústria offshore, tanto dos rebocadores, quanto das plataformas. O Rio São João, fonte de abastecimento das cidades compreendidas pelas Regiões dos Lagos, o rio Macacu que abastece vários municípios fluminenses, entre os quais Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Cachoeiras de Macacu, além da Ilha de Paquetá, o Majé e o Guandu, usado para abastecimento de água potável da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (ANA, 2011).

3.5 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO MUNDO

Na China, na localidade do Planalto de Loess, já existiam cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva há dois mil anos atrás. Na Índia existem inúmeras experiências tradicionais de colheita e aproveitamento de água de chuva. No Irã sistemas comunitários de captação da água da chuva são utilizados (Figura 3). No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva (GNADLINGER, 2000).

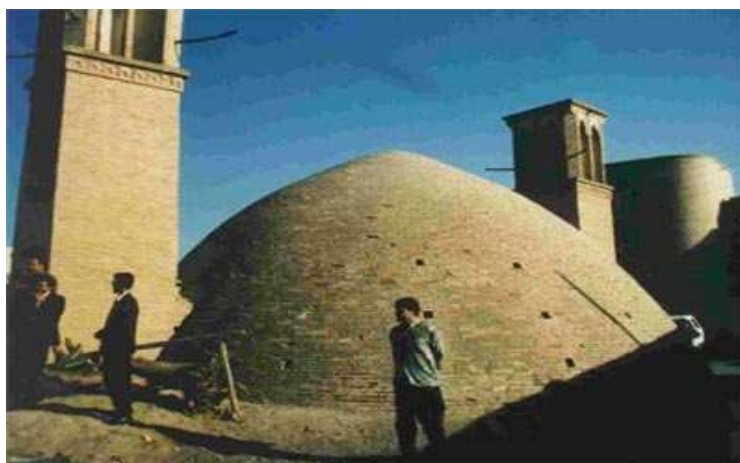


Figura 3 - Abanar comunitário, cisterna tradicional.

Fonte: Gnadlinger, 2000.

Há 3000 a.C as cisternas escavadas em rochas já eram utilizadas; um exemplo, é a fortaleza de Masada, em Israel, que possui dez reservatórios com capacidade de armazenamento de 40 milhões de litros (Figura 4). Na Península deucatã, no México, existem cisternas que foram construídas antes da chegada de Cristóvão Colombo à América, e que estão em uso até hoje (TOMAZ, 2003).



Figura 4 - Massada, Israel - cisterna escavada na rocha.

Fonte: NAN, 2011.

Em países como os Estados Unidos, Alemanha e Japão, a construção de sistemas de captação de água de chuva, são concedidos pelo governo através de financiamentos (TOMAZ, 2003).

A cidade de Hamburgo, na Alemanha foi o primeiro estado alemão a instalar sistemas para captação de água de chuva. Quem adota essa medida recebe uma ajuda de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00, contribuindo também para a contenção das enchentes (KOENIG, 2001).

O aproveitamento da água da chuva vem sendo utilizado não só em residências, como também nas indústrias, instituições de ensino e estabelecimentos comerciais. É o caso dos lava-jatos, que se utilizam deste recurso visando tanto o retorno econômico, quanto o retorno publicitário, o chamado marketing verde, vendendo a idéia de estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003).

3.6 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL

No Brasil a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha, e ainda é utilizada para o abastecimento da população (GHANAYEM, 2001).

Além de residências, já existem estabelecimentos comerciais, como a lavanderia industrial “Lavanderia da Paz” em São Paulo que há 30 anos capta, filtra e aproveita a água da chuva em seu processo de lavagem de roupas (SICKERMANN, 2003).

No nordeste foram criados pelo governo alguns projetos com o intuito de melhorar a qualidade de vida do semi-árido brasileiro; um deles é o Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de construir cisternas para armazenamento da água da chuva (Figura 5). Um sistema simples que aproveita os telhados das casas como área de captação de água da chuva, direcionando-a para a cisterna.

Existe no Brasil a ABCMAC (Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva), que reúne equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto. Levantamentos da Conferência Internacional de Captação de Água de Chuva, realizada no ano de 1999 no Brasil, demonstram que na região nordeste foram construídos aproximadamente 20 mil novos reservatórios, entre os anos de 1997 e 1999 (MONTIBELLER, 2004).

O aproveitamento de água da chuva tem se tornado uma fonte alternativa na utilização para fins não potáveis, e amplamente utilizado nos países desenvolvidos como nos sub-desenvolvidos. São utilizados tanto como fonte principal, quanto como fonte suplementar de água.

3.7 ASPECTOS LEGAIS

Na cidade do Rio de Janeiro, o Decreto Municipal Nº 23.940/04 faz algumas ressalvas quanto à utilização da água da chuva, estabelecendo que ela seja usada somente para fins não potáveis, e contenha sinalização de fácil identificação da origem dessa água, evitando assim o seu consumo indevido para fins potáveis e garantindo os padrões de qualidade da água apropriados para cada tipo de utilização. Define ainda os dispositivos, processos e tratamentos necessários

para a manutenção da sua qualidade; evitando assim a contaminação do sistema predial de água potável proveniente da rede pública, sendo proibido qualquer tipo de comunicação entre este sistema e o sistema predial destinado a água não potável.

O Governo Federal também criou a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida a partir da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, com a criação do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente). Esta lei teve como objetivo o estabelecimento de padrões que tornassem possível o desenvolvimento sustentável, por meio de mecanismos e instrumentos capazes de conferir ao meio ambiente uma maior proteção (SISNAMA, 1981).

3.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica do sistema se faz necessário para a tomada de decisão quanto à sua implantação, sendo assim foi utilizado o método do Valor Presente Líquido (VPL), usado para avaliar o tempo de retorno do investimento.

O método VPL é uma função matemática que auxilia na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto. Segundo (LAPPONI, 1992) o VPL compara todas as entradas e saídas de capital a partir da data inicial do projeto, descontando os retornos mensais do fluxo de caixa, utilizando ainda uma taxa de retorno, ou taxa de atratividade do projeto. O VPL é utilizado para cálculos de séries não uniformes, em que os valores líquidos do fluxo de caixa são descontados até a data focal, ou data zero do investimento, à taxa mínima requerida (neste caso, 15%), sendo o valor obtido deduzido o investimento feito. Caso o VPL seja maior do que zero, o investimento retorna ao investidor, além do percentual estipulado como taxa mínima requerida, um valor adicional, indicando, em princípio, a viabilidade do projeto.

3.9 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial possuem vários aspectos positivos, um deles é a redução do consumo de água potável, diminuindo ainda o custo com as companhias de abastecimento, minimizam riscos de enchentes e preservam o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004)

Outras vantagens podem ser citadas no aproveitamento de água da chuva (SIMIONI, 2004):

- a) Utiliza estruturas existentes na edificação (telhados, lajes...);
- b) Baixo impacto ambiental;
- c) Água boa com pouco ou nenhum tratamento;
- d) Complementa o sistema tradicional;
- e) Reserva de água para situações de emergência.

O sistema para captação utiliza a água de chuva que cai sobre os telhados ou lajes, direcionando-a através de calhas e condutores, que por sua vez passa por filtros que separam as impurezas como folhas, galhos e outros. A água então chega ao reservatório enterrado onde será armazenada, também chamado de cisterna, então a água é bombeada a um segundo reservatório elevado (Caixa d'água), onde tubulações irão distribuir a água não potável para o consumo na edificação. O sistema é demonstrado na Figura 5.

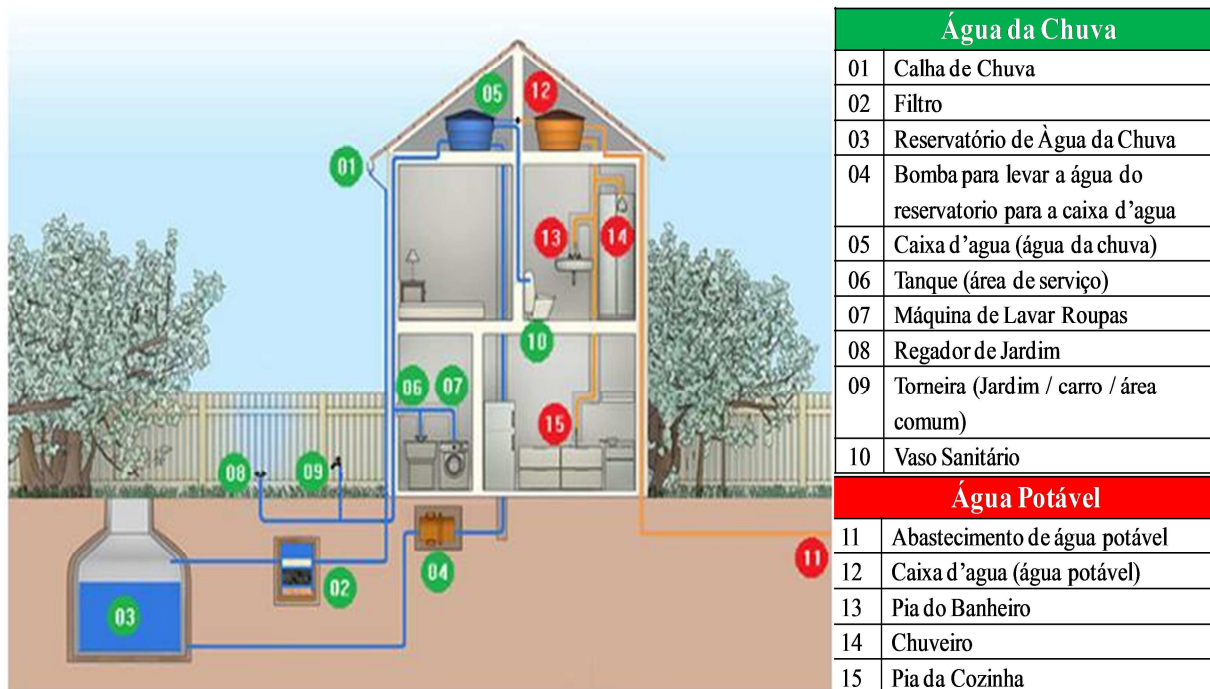


Figura 5 - Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água de chuva.

Fonte: Adaptada de Ramos, 2012.

3.9.1 Métodos e Equipamentos Parar Coleta e Armazenamento de H₂O de chuva

I. Captação

É a área onde será aproveitada a água da chuva, normalmente são os telhados das casas ou indústrias. O telhado de captação de água de chuva pode estar inclinado, pouco inclinado ou até mesmo plano conforme Figura 6 (TOMAZ, 2003).

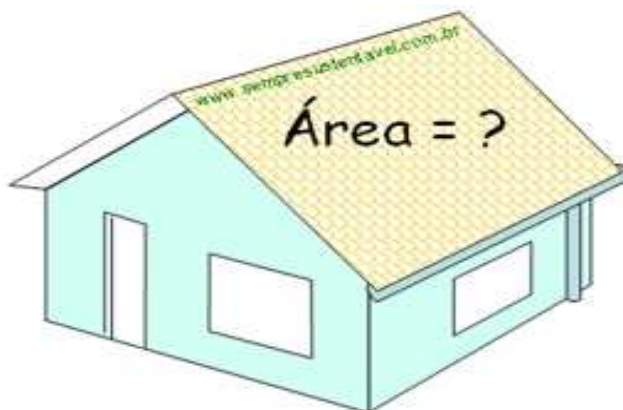


Figura 6 - Telhado da casa usado como área de captação.

Fonte: Sempre Sustentável, 2011

II. Telhas, Calhas e Condutores

A precipitação de chuva que atinge o telhado, e percorre as calhas sendo direcionada para os condutores (Figura 7). São diversos os materiais utilizados para a captação entre eles estão: telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfícies de concreto, cerâmicas, polycarbonato e fibra de vidro. As calhas e condutores também devem ser fabricados com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos (MACOMBER, 2001).



Figura 7 – Telhado, Calha horizontal e Condutor.

Fonte: Bella Calha, 2011.

III. Filtro Residencial

Filtro para remover materiais de suspensão proporcionando limpeza da água em um sistema de aproveitamento de água pluvial (KOENIG, 2001). Este tipo de filtro é indicado para áreas de captação de até 200m². A Figura 8 demonstra o funcionamento deste tipo de filtro.

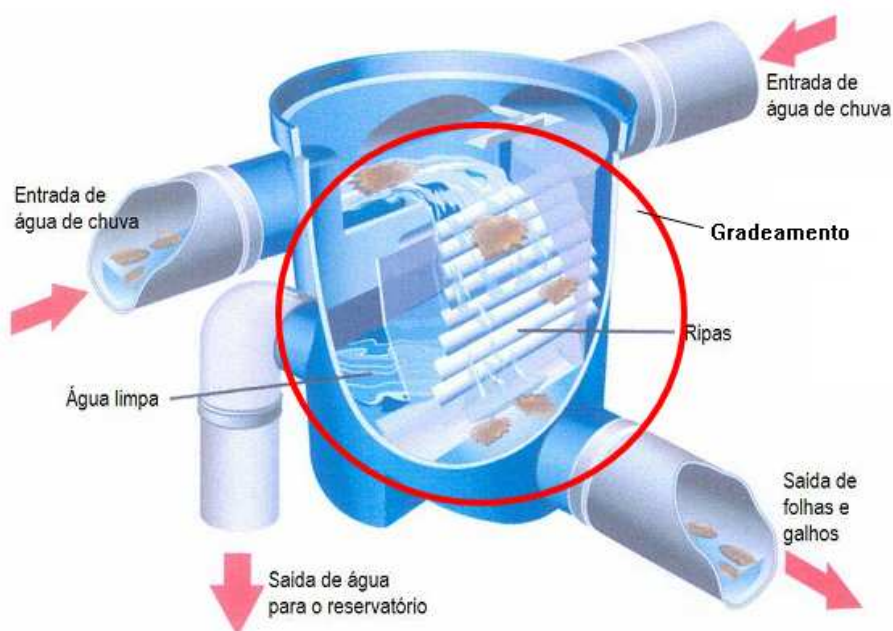


Figura 8 - Filtro utilizado na purificação da água de chuva uso residencial.

Fonte: Adaptado de ACQUASAVE, 2011.

IV. Filtro Industrial

Filtro industrial (Figura 9) com dois processos de filtragem de grande capacidade. Os filtros são independentes, podendo abranger uma área de cobertura de até 2350m².



Figura 9 - Filtro utilizado na purificação da água de chuva uso residencial.

Fonte: 3P Technik, 2011.

V. Filtro Grosseiro

Filtro feito com telas para reter galhos, folhas, e outras impurezas grosseiras evitando que elas cheguem à cisterna. Este filtro é mais barato, no entanto menos eficiente. Conforme demonstrado na Figura 10.



Figura 10 - Filtro de retenção de partículas sólidas.

Fonte: Hernandes, 2004.

VI. By Pass

Usado para eliminar a primeira chuva, que contém a sujeira acumulada dos telhados pode ser acionado manualmente com o uso de tubulações e registros fazendo o desvio da sujeira para fora do reservatório, ou através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação (TOMAZ, 2003). Conforme demonstrado no esquema da Figura 11.

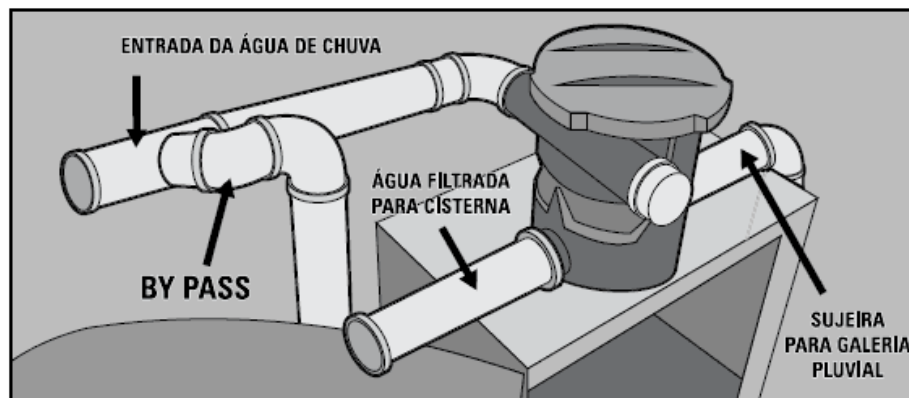


Figura 11 - By Pass integrado ao sistema de captação.

Fonte: Acqualimp, 2011.

VII. Reservatório

A água de chuva captada deve ser armazenada em cisternas, evitando assim que problemas de contaminação da água ocorram, e haja uma garantia adequada no padrão de qualidade da água (FERREIRA, 2005).

O reservatório é o elemento mais importante no sistema captação de água de chuva, devendo ser dimensionado, com base nos seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para a captação (Figura 12). A distribuição anual das chuvas é uma importante variável a ser avaliada no dimensionamento do reservatório (NGIGI, 1999).

Um sistema eficiente e confiável de aproveitamento de água da chuva está diretamente relacionado ao dimensionamento do reservatório que a armazenará. Para isso é preciso que haja um ponto de equilíbrio entre a capacidade do reservatório e demanda de consumo, resultando numa maior eficiência e num menor gasto (NGIGI, 1999)

O dimensionamento correto do reservatório viabiliza economicamente o sistema de captação de água da chuva, pois o reservatório é o item que mais o encarece. Segundo Thomas (2003), o custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Para que não haja um superdimensionamento do reservatório, e com o intuito de atender 100% da demanda do consumo de água não potável, através da utilização da água captada pelo sistema, o ideal é trabalhar com uma margem de segurança, evitando também um subdimensionamento, assim denominada como confiabilidade do sistema, que deve ser definida em função do valor que se deseja investir, e com base em estudos de dimensionamento de reservatórios de acumulação de água de chuva. O reservatório pode ser de concreto armado, plástico, aço, fibrocimento ou alvenaria de bloco armado.

Segundo Tomaz (2006) com base em estudos feitos no município de Santo Andre – SP / Brasil, o custo anual para manutenção do reservatório é de 10% sobre o capital inicial empregado na construção do reservatório.



Figura 12 - Cisterna de tijolos e argamassa de cal enterrada utilizada no nordeste do Brasil.

Fonte: Gnadlinger, 1998.

VIII. Extravasor ou Ladrão

Retira impurezas da superfície da água, bloqueia cheiros e impede a entrada de animais na cisterna. O extravasor evita a sobrecarga do sistema lançando o acúmulo de chuva existente no reservatório para fora (TOMAZ, 2003). Conforme Figura 13.



Figura 13 - Sifão Ladrão 100mm 3P.

Fonte: 3P Technik, 2011.

IX. Conjunto Flutuante de Sucção

Faz com que a água mais limpa do reservatório seja sempre bombeada para a rede não potável. Disponível na Bitola 1" (uma polegada). Conforme Figura 14.



Figura 14 - Conjunto Flutuante de Sucção 3P.

Fonte: 3P Technik, 2011.

X. Freio D'água

Usado para retirar a pressão da água, evitando que os sedimentos no fundo da cisterna sejam suspensos com a entrada da água. Disponível na bitola de 100mm, conforme Figura 15.



Figura 15 - Freio D'água 3P.

Fonte: 3P Technik, 2011.

XI. Sistema de Realimentação

Seu funcionamento se dá através da válvula solenóide e da bóia de nível. Na falta de água pluvial, faz com que o reservatório seja abastecido por água potável. Conforme Figura 16.



Figura 16 - Sistemas de Realimentação 3P.

Fonte: 3P Technik, 2011.

XII. Bomba de Sucção

A bomba é usada para levar a água de chuva captada e armazenada no reservatório para um reservatório elevado, com capacidade de até 45 litros / minuto. Conforme Figuras 17 e 18.



Figura 17 - Bomba de sucção - P-500 1/2 HP – Acqualimp.

Fonte: ACQUALIMP, 2011.

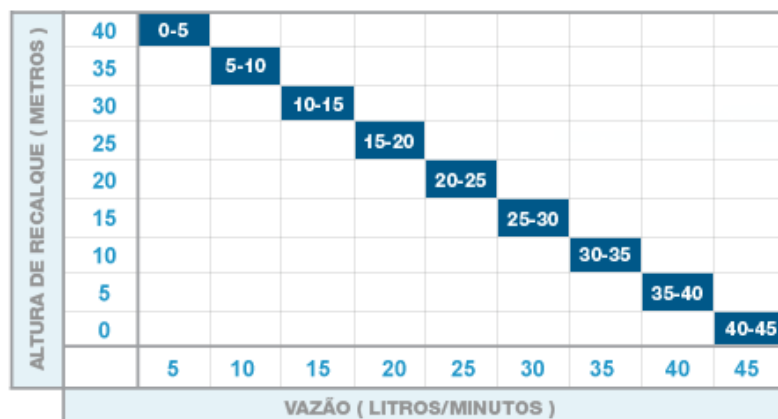


Figura 18 - Desempenho da Bomba de sucção - P-500 1/2 HP.

Fonte: ACQUALIMP, 2011.

XIII. Sistema Completo

O esquema demonstra o funcionamento de um sistema completo com seus respectivos componentes. Conforme Figura 19.

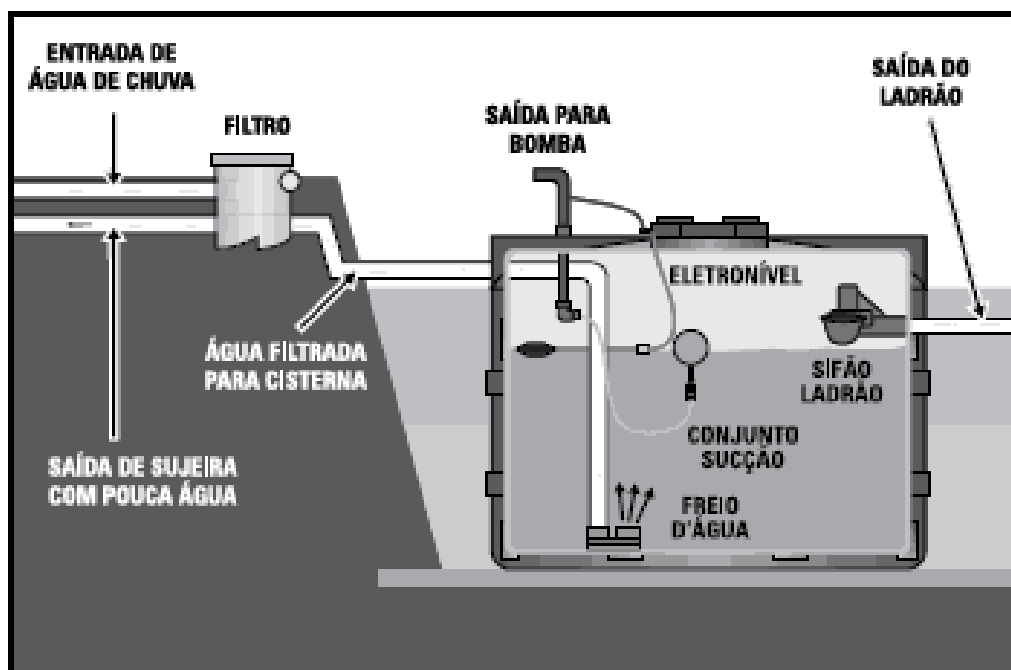


Figura 19 – Sistema Completo.

Fonte: ACQUALIMP, 2011

4 TRABALHOS

4.1 DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA COLETA E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

4.1.1 RESUMO

A água vem se tornando um recurso cada vez mais escasso e valioso. No entanto, grande parte da população mundial ainda não se conscientizou e acaba por desperdiçá-la, ou até mesmo poluí-la. O crescimento populacional mundial, e sua má distribuição também contribuem para a diminuição per capita dos recursos hídricos. Na metodologia foi utilizado um banco de dados compreendendo a série histórica compreendida entre 1969 e 2009; esses dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Alguns dados foram extraídos do artigo *A Distribuição de Chuvas Anuais no Estado do Rio de Janeiro* de, que utiliza médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas. Para o cálculo do volume do reservatório destinado ao armazenamento da água de chuva, foi adotado o método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, e para análise da viabilidade econômica foi utilizado o método VPL (Valor Presente Líquido), uma função matemática que auxilia na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto, além do consumo de água com base na análise do consumo nos últimos 12 meses disponíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; água de chuva; recursos hídricos; software.

4.1.2 ABSTRACT

Water is becoming an increasingly scarce resource and valuable. However, much of the world's population still not conscious and ultimately spoil it, or even pollute it. The world population growth, and its poor distribution also contribute to reducing per capita water resources. Methodology was used in a database comprising the series between 1969 and 2009, these data were obtained from the National Institute of Meteorology - INMET. Some data were taken from the article The Annual Rainfall Distribution in the State of Rio de Janeiro, which uses average monthly rainfall of 48 meteorological stations for calculating the volume of the reservoir for the storage of rainwater, we adopted the method of analysis Reservoir Simulation, and economic viability analysis method was used NPV (Net Present Value), a mathematical function that assists in the decision to accept or reject a project, and water consumption based on the analysis of consumption in the last 12 months available.

KEY WORDS: Sustainability, rainwater, water resources

4.1.3 INTRODUÇÃO

Durante muitos anos a água foi considerada como um recurso inesgotável. No entanto com o passar do tempo, pesquisas revelaram que é possível perceber que a água não é um recurso infinito, e é preciso quebrar esse falso conceito (ANA, 2011)

Os oceanos ocupam cerca de 2/3 da superfície do planeta. O volume de água no planeta é estimado em cerca de 1,35 milhões de quilometro cúbicos, sendo que 97,5% da água da superfície da terra encontram-se em oceanos e mares, 2,493% é de água doce, porém se encontra em geleiras e aquíferos (águas subterrâneas), onde o acesso se torna difícil. Apenas 0,007 da água doce é de fácil acesso para o ser humano, onde encontra-se em rios e na atmosfera. Atualmente, o mau uso da água, aliado à crescente demanda por este recurso natural, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo decréscimo da disponibilidade de água potável na terra (UNIÁGUA, 2010).

Segundo levantamentos feitos pela Organização das Nações Unidas (ONU) cerca de 250 milhões de indivíduos, em 26 países, têm problemas para obter água. Se a demanda pelo consumo de água continuar crescendo desta maneira, acredita-se que em 2050, mais de 45% dos seres humanos do planeta viverá em países que não serão capazes de garantir a cota diária mínima, que é de 50 litros de água por pessoa dia, que são necessárias para atender as suas necessidades básicas (MIERZWA, 2005).

No Brasil programas envolvendo o uso racional da água estão sendo estimulados pelo poder público, iniciativa privada e a sociedade de forma geral. Um exemplo é o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), sobre coordenação do Governo Federal, com a finalidade de incentivar o uso

racional da água potável nas cidades brasileiras. O objetivo do PNCDa é promover a melhora da saúde pública e do saneamento ambiental (PNCDa, 2010).

Vários pontos positivos são agregados ao uso sustentável da água pluvial, como redução do consumo de água potável, diminuição dos gastos com obtenção de água por meio de empresas do setor, diminuição dos riscos de enchentes e preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

As reservas de água doce no nosso planeta estão sendo ameaçadas, devido ao crescimento da população mundial, ao aumento da demanda, e ao alto índice de poluição dos mananciais. Poucos conhecem esta realidade preocupante de uma possível crise de água potável, onde este recurso essencial, pode tornar-se mercadoria tão cara quanto o petróleo, causando disputas e guerras futuras por fontes e reservas d'água (SOUZA, 2003).

4.1.4 OBJETIVO

A água é um recurso que se torna mais escasso com o passar dos anos, fazendo com que o seu reuso seja cada vez mais necessário.

O objetivo desse capítulo é apresentar os dados relevantes que auxiliam a análise da viabilidade econômica do sistema, e o cálculo do tamanho do reservatório, utilizando o método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência.

É esperado após a conclusão do trabalho que ele possa ser usado como ferramenta de apoio na tomada de decisão, tanto econômica, quanto operacional.

4.1.4.1 OBJETIVO GERAL

Demonstração dos métodos e equipamentos utilizados para o cálculo do tamanho do reservatório, o valor estimado para a sua construção, bem como a sua viabilidade econômica.

4.1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Reunir uma base de dados pluviométricos dos municípios do Estado do Rio de Janeiro;
- b) A partir dos dados médios de pluviometria mensal, calcular o tamanho do reservatório e sua eficiência no uso da água coletada;
- c) Verificar a utilização do Método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, aplicado em uma residência e em uma Universidade.

4.1.5 METODOLOGIA

4.1.5.1 ASPECTOS INICIAIS

O estudo foi realizado a partir de dados pluviométricos que incidem sobre os municípios do Estado do Rio de Janeiro, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, após solicitação formal de cessão gratuita de dados meteorológicos para pesquisa. Alguns dados históricos foram retirados do artigo “Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais” (BOUHID ANDRÉ, et al., 2007)

4.1.5.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi efetuada com a utilização de bancos de dados compreendendo a série histórica que vai de 1960 a 2009. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro.

Foram solicitadas as seguintes informações ao INMET:

- a) Mês / Ano;
- b) Índice pluviométrico de cada dia do mês/ano correspondente;
- c) Temperatura e Umidade Relativa ao ar de cada dia do mês/ano correspondente;
- d) Altitude em relação ao nível do mar dos municípios;
- e) Latitude e longitude dos municípios.

Os dados solicitados dizem respeito aos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro. Devido à falta de estações meteorológicas em alguns municípios somente foram fornecidos dados referentes a 34 municípios (36,95%).

Alguns dados foram extraídos do artigo *A Distribuição de Chuvas Anuais no Estado do Rio de Janeiro* de (BOUHID ANDRÉ, 2007), que utiliza médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas, período compreendido entre os anos 1971 a 2000.

4.1.5.3 Demonstração do Método de Análise de Simulação do Reservatório analítico e Eficiência para demanda constante e chuvas mensais

A demonstração apresentada na Tabela 6 foi baseada no consumo médio mensal de $30\text{m}^3/\text{mês}$, com área de captação de 350m^2 e coeficiente de runoff $C=0,80$ (valor padrão adotado).

Tabela 6 – Demonstração do método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal $C=0,80$	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m^3)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	272,0	30	350	76,2	30,0	0,0	30,0	16,2	0,0
Fevereiro	243,0	30	350	68,0	30,0	30,0	30,0	38,0	0,0
Março	223,0	30	350	62,4	30,0	30,0	30,0	32,4	0,0
Abril	89,0	30	350	24,9	30,0	30,0	24,9	0,0	0,0
Maio	92,0	30	350	25,8	30,0	24,9	20,7	0,0	0,0
Junho	47,0	30	350	13,2	30,0	20,7	3,8	0,0	0,0
Julho	40,0	30	350	11,2	30,0	3,8	-15,0	0,0	15,0
Agosto	30,0	30	350	8,4	30,0	0,0	-21,6	0,0	21,6
Setembro	82,0	30	350	23,0	30,0	0,0	-7,0	0,0	7,0
Outubro	121,0	30	350	33,9	30,0	0,0	3,9	0,0	0,0
Novembro	114,0	30	350	31,9	30,0	3,9	5,8	0,0	0,0
Dezembro	216,0	30	350	60,5	30,0	5,8	5,8	6,3	0,0
Total	1569	360 (m^3/ano)		439 (m^3/ano)				92,9	43,6

Fonte : (TOMAZ, 2003)

Coluna 1 – Constam os meses do ano de janeiro a dezembro.

Coluna 2 – São as chuvas médias mensais (série sintética).

Coluna 3 – É o consumo mensal de 30m^3 de água não potável.

Coluna 4 – É a área de captação da chuva que é de 350m^2 , que é a área de todo o telhado principal.

Coluna 5 – O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira: coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x 0,80 / 1000 para o resultado sair em metros cúbicos. Para perdas por evaporação, e perdas de água na autolimpeza, supomos o coeficiente de Runoff de 0,80.

Coluna 6 - Volume do reservatório que é fixado. O volume para este tipo de problema é arbitrado e depois verificado o overflow e a reposição de água, até se escolher um volume adequado. No caso deste exemplo, usamos o volume de 30m^3 para o reservatório.

Coluna 7 – É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supomos que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto, a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos através da análise da coluna 8. Se o valor da coluna 8 for menor que zero, o valor zero será atribuído à coluna 7, caso contrário o valor da coluna 8 será atribuído à coluna 7.

Coluna 8 – Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Assim o volume de 30m^3 no mês de janeiro refere-se ao volume do reservatório no último dia de janeiro. Vê-se que o reservatório é considerado cheio. Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira: Se o valor obtido através do cálculo da (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) for maior que a coluna 6, atribuir o valor da coluna 7 à coluna 8, caso contrário, atribuir o valor obtido através do cálculo da (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) à coluna 8.

Nota: a coluna 8 pode resultar em número negativo. Deve ser entendido como água necessária para reposição. Aparecerá o mesmo valor com sinal positivo na coluna 10.

Coluna 9 – É relativo ao overflow, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora. Obtém-se da seguinte forma:

Se o valor obtido através do cálculo da (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) for maior que a coluna 6, atribuir o valor obtido através do cálculo da (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) à coluna 9, caso contrário atribuir zero à coluna 9.

Coluna 10 – É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência.

4.1.5.4 CUSTO DA ÁGUA

O custo da água foi estimado pelo valor cobrado nas contas de água anuais emitidas pela empresa fornecedoras de água potável, compreendendo os meses de janeiro a dezembro.

Quadro 1 – Equações usadas para calcular a viabilidade econômica do sistema de captação de água de chuva em uma residência e na universidade Candido Mendes

Equação 1	C_u	$c_u = \frac{Ca}{c_m}$	Cu = Custo médio de 1 m ³ de água (R\$); Ca = Custo mensal médio de água (R\$); Cm = Consumo médio mensal (m ³)
Equação 2	E_a	$E_a = Q_e \times C_u \times 12$	E _a = Economia monetária anual; Q _e = Quantidade média disponível no reservatório (mês); C _u = Custo médio de 1 m ³ de água
Equação 3	VPL	$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}$	I = Investimento inicial; FC _t = Fluxos previstos de receitas ou despesas no período “t”; t = Período de análise; k = Taxa Mínima de Atratividade (TMA) n = Tempo de retorno do capital (anos).

Fonte: Autor.

O custo médio de 1m³ de água (C_u) foi estimado pela Equação 1 (Quadro 1), que é a razão entre o custo mensal médio e a quantidade média consumida. Conhecidos os C_u, foram realizados os cálculos da economia monetária anual (E_a) e a quantidade média de água disponível no reservatório (Q_a) de água pluvial durante os 12 meses do ano (Equação 2, Quadro 1). O cálculo da viabilidade econômica do sistema de coleta de água da chuva foi realizado com o método do VPL (Equação 3, Quadro 1).

4.1.6 RESULTADOS

Os dados históricos das precipitações ocorridas no período histórico analisado entre 1960 e 2009, na cidade de Campos dos Goytacazes, revelaram variações sazonais significativas de chuva ao longo do ano conforme a Figura 20, o que é característico nas regiões subtropicais do globo. Observa-se que os meses de novembro e dezembro são os mais chuvosos, enquanto que os meses de junho, julho e agosto são os mais secos.

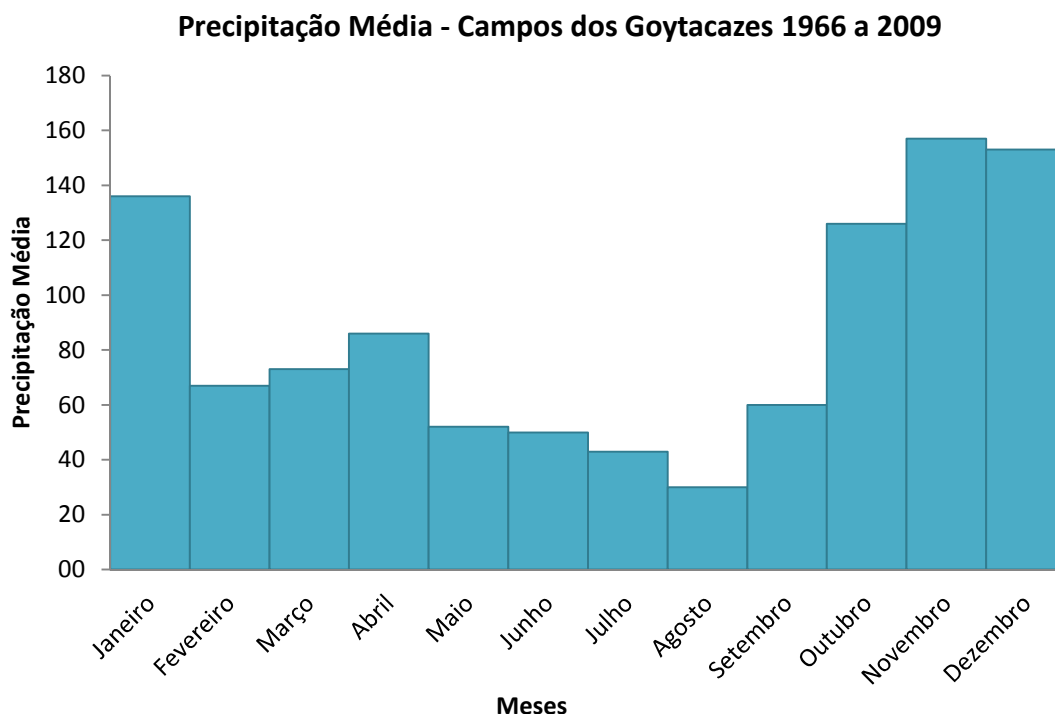


Figura 20 - Precipitação média mensal no município de Campos dos Goytacazes, segundo estimativa do período de 1966 a 2009.

Fonte: Autor

4.1.6.1 ASPECTOS INICIAIS E HISTÓRICOS

Foi calculada a precipitação média mensal no município de Campos dos Goytacazes, localizada no norte do Estado do Rio de Janeiro, efetuada com a utilização de um banco de dados compreendendo a série histórica entre os anos de 1960 e 2009. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro. A viabilidade econômica do sistema foi realizada com o cálculo do VPL, e o dimensionamento do reservatório foi feito através do método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência. Foram analisados dois cenários diferentes, sendo:

a) uma casa onde residem 5 pessoas, tendo uma calçada de 120m^2 , um jardim de 250m^2 e 2 carros;

b) a Universidade Candido Mendes campus Campos dos Goytacazes, que por sua vez utiliza a água coletada para a rega de jardins, em bacias sanitárias, lavagem de carros e lavagem de área comum.

A viabilidade dos projetos da casa, e da Universidade foi calculada com dados do consumo mensal de água não potável, o valor mensal cobrado na conta de água pela empresa Concessionária Águas do Paraíba, e o valor para a construção do reservatório. O cálculo do potencial de água coletável na casa e na universidade foi baseado na área de cobertura de telhado, e na precipitação da cidade. O consumo de água não potável foi estimado de acordo com as três equações contidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Equações usadas para se estimar o consumo mensal de água de chuva.

Uso	Cálculo
Bacia Sanitária	Número de Pessoas x Número de vezes/dia x Qtd.Litros x 30 dias
Rega de Jardim	Área do Jardim em m^2 x $0,8 \text{ litros/dia/m}^2$ x Número de Dias no Mês
Lavagem de Calçada/Área Comum	Calçada/Área Comum em m^2 x Número de Vezes no Mês x 3 litros/dia/m^2
Lavagem de Carro	Número de Carros x 100 litros/lavagem x Número de Vezes/Mês

Fonte: ROGGIA, 2007.

Na análise feita neste trabalho foi adotado o uso do reservatório enterrado de concreto armado.

O custo da água foi estimado pelo valor cobrado nas contas de água emitidas pela empresa Águas do Paraíba. O custo mensal de 1m^3 de água (C_u) foi estimado

pela Equação 1 (Quadro 1), que é a razão entre o custo mensal médio e a quantidade média consumida. Conhecidos os c_u da casa e da universidade, foram realizados os cálculos da economia monetária anual (E_a) e a quantidade média de água disponível no reservatório (Q_e) de água pluvial durante os 12 meses do ano (Equação 2, Quadro 1). O cálculo da viabilidade econômica do sistema de coleta de água da chuva foi realizado com o método do VPL (Equação 3, Quadro 1).

4.1.6.2 CONSUMO

4.1.6.2.1 Consumo na Residência

O consumo estimado de água pluvial na residência descrita neste trabalho é apresentado no Quadro 3. Estes dados mostram que esta família consome aproximadamente 7,00 m³/mês. A rega do jardim e a bacia sanitária são os itens que mais consomem água pluvial, representando, aproximadamente, 79% do consumo.

Quadro 3 – Estimativa de consumo de água mensal não potável de uma residência localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, onde residem cinco pessoas.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	5	pessoas	4	6	3600	50,56
Rega de Jardim	250	m ²	10	0,8	2000	28,09
Lavagem de Calçada	120	m ²	2	3	720	10,11
Lavagem de Carro	2	carros	4	100	800	11,24
Total					7120	100,00

Fonte : Autor

4.1.6.2.2 Consumo na Universidade Candido Mendes

O consumo estimado de água pluvial na Universidade Candido Mendes é apresentado na Tabela 7. Estes dados mostram que a universidade consome aproximadamente 296 m³/mês. A lavagem de área comum e a bacia sanitária são os itens que mais consomem água pluvial, representando, aproximadamente, 89,85% do consumo.

Quadro 4– Estimativa de consumo de água mensal não potável na Universidade Candido Mendes localizada em Campos dos Goytacazes, RJ.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	4000	Pessoas	4	4,5	72.000	24,37
Rega de Jardim	2500	m ²	15	0,8	30.000	10,15
Lavagem de Área Comum	4300	m ²	15	3	193.500	65,48
Total					295.500	100,00

Fonte : Autor

4.1.7 Utilização do Método de Análise de Simulação do Reservatório para a Residência

Tabela 7 - Cálculo do reservatório da residência utilizando o método da análise de simulação do reservatório e eficiência

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	136,0	7	150	16,0	7,0	0,0	7,0	2,0	0,0
Fevereiro	67,0	7	150	8,0	7,0	7,0	7,0	1,0	0,0
Março	73,0	7	150	9,0	7,0	7,0	7,0	2,0	0,0
Abril	86,0	7	150	10,0	7,0	7,0	7,0	3,0	0,0
Maio	52,0	7	150	6,0	7,0	7,0	6,0	0,0	0,0
Junho	50,0	7	150	6,0	7,0	6,0	5,0	0,0	0,0
Julho	43,0	7	150	5,0	7,0	5,0	3,0	0,0	0,0
Agosto	30,0	7	150	4,0	7,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Setembro	60,0	7	150	7,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outubro	126,0	7	150	15,0	7,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Novembro	157,0	7	150	19,0	7,0	0,0	0,0	5,0	0,0
Dezembro	153,0	7	150	18,0	7,0	0,0	0,0	4,0	0,0
Total	1033	84 (m ³ /ano)		123 (m ³ /ano)				18,0	0,0

Fonte: Tomaz, 2003

Através da Equação do Quadro 1, foram alcançados os seguintes resultados ao calcular os valores para a *residência*. São eles:

Equação 1 – Cálculo do Custo Médio de 1m³ de água (C_u)

Através da Equação 1 (Quadro 1), foram alcançados os seguintes resultados: Residência, sendo:

C_u = Custo médio de 1 m³ de água (R\$);

C_a = Custo mensal médio de água (R\$ 41,68);

C_m = Consumo médio mensal ($7,0 \text{ m}^3$)

$$c_u = \frac{41,68}{7,0} = \text{R\$ } 5,95 \quad (\text{Preço médio de } 1\text{m}^3 \text{ de água. Sistema Residencial})$$

Equação 2 - Cálculo da economia monetária anual (E_a)

Q_e = total do volume de chuva mensal (vide Tabela 7) / 12 meses

$$Q_e = 123/12 = 10,25$$

$$E_a = 10,25 \times 5,95 \times 12 = 731,85 \text{ (economia monetária anual)}$$

Equação 3 – Cálculo do VPL (Valor Presente Líquido)

O VPL, com horizonte de planejamento de 20 anos foi calculado com uma taxa requerida de 15% ao ano. Foi adotado o ano de 2011 como a “data” zero, ou seja, o ano do início do projeto. Foram usados como base os valores obtidos no cálculo do custo total do reservatório, custo de manutenção e economia anual.

$$VPL = -2.836,61 + \sum_{t=1}^{20} \frac{[731,85 + (-100)]}{(1+0,15)^t} = R - 31,25$$

Na casa (Tabela 7) onde residem 5 pessoas, tendo uma calçada de 120m^2 , um jardim de 250m^2 e 2 carros o projeto não é economicamente viável, pois o investimento inicial foi de US\$ 1.818,34 que transformado para valores em Real, baseado na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011 que foi de R\$ 1,5607, foi obtido o custo final do reservatório que é de R\$ 2.836,61 enquanto o retorno anual foi de R\$ 731,85, gerando um valor presente líquido (VPL) negativo de R\$ -31,25 após 20 anos.

4.1.8 Utilização do Método de Análise de Simulação do Reservatório para a Universidade Candido Mendes

O consumo estimado de água pluvial na Universidade Candido Mendes é apresentado na Tabela 8. Estes dados mostram que a universidade consome aproximadamente $296,0 \text{ m}^3/\text{mês}$. A lavagem de área comum e a bacia sanitária são os itens que mais consomem água pluvial, representando, aproximadamente, 89,85% do consumo.

Tabela 8 - Cálculo do reservatório da Universidade Candido Mendes utilizando a análise de simulação do reservatório e eficiência.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	136,0	296	1350	147,0	80,0	0,0	80,0	0,0	149,0
Fevereiro	67,0	296	1350	72,0	80,0	80,0	-144,0	0,0	144,0
Março	73,0	296	1350	79,0	80,0	0,0	-217,0	0,0	217,0
Abril	86,0	296	1350	93,0	80,0	0,0	-203,0	0,0	203,0
Maio	52,0	296	1350	56,0	80,0	0,0	-240,0	0,0	240,0
Junho	50,0	296	1350	54,0	80,0	0,0	-242,0	0,0	242,0
Julho	43,0	296	1350	46,0	80,0	0,0	-250,0	0,0	250,0
Agosto	30,0	296	1350	32,0	80,0	0,0	-264,0	0,0	264,0
Setembro	60,0	296	1350	65,0	80,0	0,0	-231,0	0,0	231,0
Outubro	126,0	296	1350	136,0	80,0	0,0	-160,0	0,0	160,0
Novembro	157,0	296	1350	170,0	80,0	0,0	-126,0	0,0	126,0
Dezembro	153,0	296	1350	165,0	80,0	0,0	-131,0	0,0	131,0
Total	1033	3552 (m ³ /ano)		1115 (m ³ /ano)				0,0	2.357,0

Fonte : Autor

Através da Equação 1 (Quadro 1), foram alcançados os seguintes resultados: Universidade Candido Mendes, sendo:

Universidade Candido Mendes, sendo:

C_u = Custo médio de 1 m³ de água (R\$);

C_a = Custo mensal médio de água (R\$ 4569,10);

C_m = Consumo médio mensal (296,0 m³)

$$c_u = \frac{4569,10}{296} = R\$ 15,44 \quad (\text{Preço médio de } 1\text{m}^3 \text{ de água. Sistema Empresarial})$$

Equação 2 - Cálculo da economia monetária anual (E_a)

Q_e = total do volume de chuva mensal (vide Quadro 8) / 12 meses

$$Q_e = 1115/12 = 92,92$$

$$E_a = 92,92 \times 15,44 \times 12 = 17.216,22 \quad (\text{economia monetária anual})$$

Equação 3 – Cálculo do VPL (Valor Presente Líquido)

O cálculo do VPL, com horizonte de planejamento de 20 anos foi calculado com uma taxa requerida de 15% ao ano. Foi adotado o ano de 2011 como a “data” zero, ou seja, o ano do início do projeto.

De acordo com os cálculos obtidos para o custo total do reservatório, custo de manutenção e economia anual, calculou-se o VPL usando a Equação 3 (Tabela 2), e obteve-se o seguinte resultado:

$$VPL = -19.349,94 + \sum_{t=1}^{20} \frac{[17.216,22 + (-100)]}{(1 + 0,15)^t} = R\$ 87.786,15$$

O projeto da Universidade Candido Mendes (Tabela 6), não se mostrou eficiente, pois ao estimar o reservatório com a capacidade de 80m³, que corresponde ao índice pluviométrico máximo a ser captado, observou-se que somente 27,12% da demanda anual seria suprida. O investimento inicial foi de US\$ 12.403,81 que transformado para Real com base na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011 que foi de R\$ 1,5607, obtivemos o custo final do reservatório que é de R\$ 19.349,94, enquanto o retorno anual foi de R\$ 17.216,22, gerando um valor presente líquido (VPL) positivo de R\$ 76.300,32 após 20 anos, sendo assim o projeto é economicamente viável.

4.1.9 DISCUSSÃO

A utilização de água de chuva, além de viabilizar a economia de água potável, diminui riscos de enchentes e favorece a preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004). O município de Campos dos Goytacazes apresenta muitas possibilidades para captação de recursos hídricos que incluem: o rio Paraíba do Sul, que corta a cidade, lagos, rios de pequeno e médio porte, além de um lençol freático abundante. Portanto, o incentivo para captação de água de chuva neste município apresenta como benefício direto e imediato a minimização dos problemas de enchentes na cidade, que são frequentemente registrados em função da topografia plana, acúmulo de lixo nas ruas e sistemas de drenagem mal dimensionados.

A adoção de políticas públicas voltadas para a utilização racional e sustentável dos recursos hídricos deveria contemplar ações de estímulo a coleta e uso da água pluvial. O município de Venda Nova do Imigrante, localizado no Estado do Espírito Santo, criou o projeto de lei nº 027/2011, que autoriza a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano- IPTU aos proprietários de imóveis, residenciais e não residenciais, que adotem medidas de proteção, preservação e recuperação do meio ambiente.

Quanto maior for o período analisado, mais preciso será o tamanho do reservatório. As chuvas neste município se concentram nos meses de novembro, dezembro e janeiro, os quais são significativamente superiores aos demais meses.

Através da aplicação do método da análise de simulação do reservatório e eficiência, foi possível determinar arbitrariamente o tamanho do reservatório, tomando como parâmetros a análise do overflow (água sobrando que é jogada fora) e do suprimento de água externa proveniente de outra fonte que não de água da chuva.

4.1.10 CONCLUSÃO

Foi calculada a precipitação média mensal no município de Campos dos Goytacazes, localizado no norte do Estado do Rio de Janeiro, efetuada com a utilização de um banco de dados compreendendo a série histórica entre os anos de 1960 e 2009. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro. A viabilidade econômica do sistema foi realizada com o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), e o dimensionamento do reservatório foi feito através do método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência. Foram analisados dois cenários diferentes, sendo: a) uma casa onde residem 5 pessoas, tendo uma calçada de 120m^2 , um jardim de 250m^2 e 2 carros; b) a Universidade Candido Mendes campus Campos dos Goytacazes, que por sua vez utiliza a água coletada para a rega de jardins, em bacias sanitárias, lavagem de carros e lavagem de área comum.

Na casa o projeto não se mostrou economicamente viável, pois o investimento inicial foi de US\$ 1.818,34 que transformado para valores em Real, baseado na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011 que foi de R\$ 1,5607, foi obtido o custo final do reservatório que é de R\$ 2.836,61 enquanto o retorno anual foi de R\$ 731,85, gerando um valor presente líquido (VPL) negativo de R\$ -31,25 após 20 anos.

O projeto da Universidade Candido Mendes, não se mostrou eficiente, pois ao estimar o reservatório com a capacidade de 80m^3 , que corresponde ao índice pluviométrico máximo a ser captado, observou-se que somente 27,12% da demanda anual seria suprida. O investimento inicial foi de US\$ 12.403,81 que transformado para Real com base na cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011 que foi de R\$ 1,5607, obtivemos o custo final do reservatório que é de R\$ 19.349,94, enquanto o

retorno anual foi de R\$ 17.216,22, gerando um valor presente líquido (VPL) positivo de R\$ 76.300,32 após 20 anos, sendo assim o projeto é economicamente viável.

Este estudo demonstra que é possível avaliar economicamente a implantação de um sistema de captação de água de chuva, gerando um ganho ambiental considerável com a economia de água potável, além de evitar uma reestruturação na rede de distribuição de água potável devido ao aumento da população.

4.1.11 REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Biblioteca Virtual da ANA**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

BOUHID, André; ROMISIO, Geraldo. **Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais**. s.l. : Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/MAPA, Laboratório de Meteorologia –LAMET/CCT/UENF, Depto. de Ciências Exatas – FCAV/UNESP, 2007.

MAY, Simone. **Aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado.

MIERZWA, Jose Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria Uso Racional e Reúso**. São Paulo : Oficina de Textos, 2005.

ONU. **A ONU e a Água**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em: 20 set. 2010.

PNCDA. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acessado em: 23 set. 2010.

SOUZA, E. **Revista Linha Aberta**, Florida – USA, Fevereiro de 2003.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

4.2.1 RESUMO

O uso do software como ferramenta de apoio na tomada de decisão está cada dia mais presente nas mais diversas áreas de atuação. A proposta deste trabalho é o desenvolvimento do software “WaterSaving”, que se utiliza de dados históricos da pluviometria do Estado do Rio de Janeiro, sendo capaz de calcular o tamanho do reservatório através do método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência, e a sua viabilidade econômica através do método VPL (Valor Presente Líquido), uma função matemática que auxilia na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto. Foi utilizado um banco de dados compreendendo a série histórica compreendida entre 1960 e 2009; esses dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Alguns dados foram extraídos do artigo A Distribuição de Chuvas Anuais no Estado do Rio de Janeiro de, que utiliza médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas.

Para o desenvolvimento do trabalho foi adotado o uso do Microsoft Visual Studio 2010, um ambiente de programação desenvolvimento pela Microsoft e dedicado ao desenvolvimento de aplicações .NET (lê-se dot net), que permite a criação de aplicativos com maior rapidez e um melhor efeito visual tanto para o desenvolvedores como para os usuários finais. A linguagem de programação adotada foi o C# (lê-se C Sharp), de domínio da Microsoft. Aliada a essas tecnologias foi utilizada a engenharia de software, uma disciplina da engenharia que se ocupa de todos os aspectos da produção de software.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva; software.

4.2.2 ABSTRACT

The use of software as a tool to support decision-making is becoming more prevalent in several areas. The purpose of this work is the development of software "WaterSaving", which uses historical data of rainfall in the State of Rio de Janeiro, being able to calculate the size of the reservoir through the Analysis of Reservoir Simulation and Efficiency, and their economic viability by the method NPV (Net Present Value), a mathematical function that assists in the decision to accept or reject a project. We used a database comprising the series between 1960 and 2009, these data were obtained from the National Institute of Meteorology - INMET. Some data were taken from the article The Annual Rainfall Distribution in the State of Rio de Janeiro, which uses average monthly rainfall of 48 meteorological stations.

For the development of work was adopted using Microsoft Visual Studio 2010, a programming environment developed by Microsoft and dedicated to developing applications. NET (pronounced dot net), which allows you to create applications faster and better visual effect for both developers and end users. The programming language used was C # (pronounced C Sharp), Microsoft domain. Allied to these technologies was used in software engineering, an engineering discipline that deals with all aspects of software production.

KEYWORDS: rainwater; software.

4.2.3 INTRODUÇÃO

O uso de software como ferramenta de apoio e tomada de decisões, vem se tornando cada vez mais comum. Para o desenvolvimento de softwares são necessários os conceitos da Engenharia de Software que, segundo Bauer (1972) necessita de princípios de engenharia para que o software seja economicamente viável, confiável e que funcione eficientemente em máquinas reais.

Para isso são adotados três elementos fundamentais: métodos, ferramentas e procedimentos. Os métodos detalham ("como fazer") o software, as ferramentas proporcionam agilidade e confiabilidade na execução dos métodos, enquanto os procedimentos constituem a ligação entre os métodos e as ferramentas, possibilitando um processo de desenvolvimento claro, eficiente, capaz de garantir ao desenvolvedor e aos usuários a produção de um software de qualidade (PRESSMAN, 1995).

A engenharia de software está sendo aplicada em muitas áreas, facilitando a rotina de empresas, pessoas, setor público, entre outros. A gestão ambiental também vem sendo beneficiada por esta ferramenta para prever problemas e avaliar riscos aos ambientes naturais provocados pela ação humana. Baseada em dados da ecologia sistêmica, a engenheira química, Marlei Roling Scariot desenvolveu um modelo inédito para avaliar os impactos ambientais em corpos d'água em cenários futuros. Foi criado um software que utiliza dados de monitoramento pluviométricos e fluviométricos, permitindo, assim, a modelagem e simulação do comportamento dinâmico dos principais elementos que indicam a qualidade da água, entre eles: oxigênio dissolvido, fósforo, algas, matéria orgânica, organismos bentônicos e peixes (SCARIOT, 2009).

O software “WaterSaving” auxiliará na tomada de decisão quanto à implantação do sistema de captação de água de chuva, ajudando no dimensionamento ideal do reservatório, e na análise da sua viabilidade econômica.

4.2.3.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Com a escassez de água potável a nível mundial, a falta de informação, e os métodos necessários para construção de um reservatório para captação de água de chuva, bem como a falta de métodos necessários para estimativa de custos do projeto, foi proposto este trabalho, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão, através do desenvolvimento de um software que utiliza dados históricos da pluviometria do Estado do Rio de Janeiro, sendo capaz de calcular o tamanho do reservatório e a sua viabilidade econômica.

4.2.4 OBJETIVO

A água é um recurso que se torna mais escasso com o passar dos anos, fazendo necessário a busca de fontes alternativas de água, como a água de chuva.

O objetivo desse trabalho é a criação de um software utilizando a linguagem de programação C#, que auxiliará na análise da viabilidade econômica do sistema de captação de água da chuva através do método matemático VPL, e no cálculo do tamanho do reservatório, utilizando o método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência.

É esperado após a conclusão do trabalho que ele possa ser usado como ferramenta de apoio na tomada de decisão, tanto econômica, quanto operacional.

4.2.4.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um software capaz de calcular o tamanho do reservatório para armazenamento de água da chuva para fins não potáveis nos municípios do Estado do Rio de Janeiro, bem como a sua viabilidade econômica.

4.2.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Desenvolver um software que execute os cálculos de dimensionamento do reservatório, além dos benefícios financeiros de se implantar o sistema de coleta de águas pluviais.

4.2.5 METODOLOGIA

4.2.5.1 ASPECTOS INICIAIS

O estudo foi realizado a partir de dados pluviométricos que incidem sobre os municípios do Estado do Rio de Janeiro, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, após solicitação formal de cessão gratuita de dados meteorológicos para pesquisa. Alguns dados históricos foram retirados do artigo “Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais” (BOUHID, 2007)

4.2.5.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi efetuada com a utilização de bancos de dados compreendendo séries históricas compreendida entre 1960 e 2009. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro.

Foram solicitadas as seguintes informações ao INMET:

- a) Mês / Ano;
- b) Índice pluviométrico de cada dia do mês/ano correspondente;
- c) Temperatura e Umidade Relativa ao ar de cada dia do mês/ano correspondente;
- d) Altitude em relação ao nível do mar dos municípios;
- e) Latitude e longitude dos municípios.

Os dados solicitados dizem respeito aos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro. Devido à falta de estações meteorológicas em alguns municípios somente foram fornecidos dados referentes a 34 municípios (36,95%).

Alguns dados foram extraídos do artigo *A Distribuição de Chuvas Anuais no Estado do Rio de Janeiro* de (BOUHID, 2007), que utiliza médias mensais da

precipitação de 48 estações meteorológicas conforme demonstrado na Figura 21, período compreendido entre os anos de 1971 a 2000.

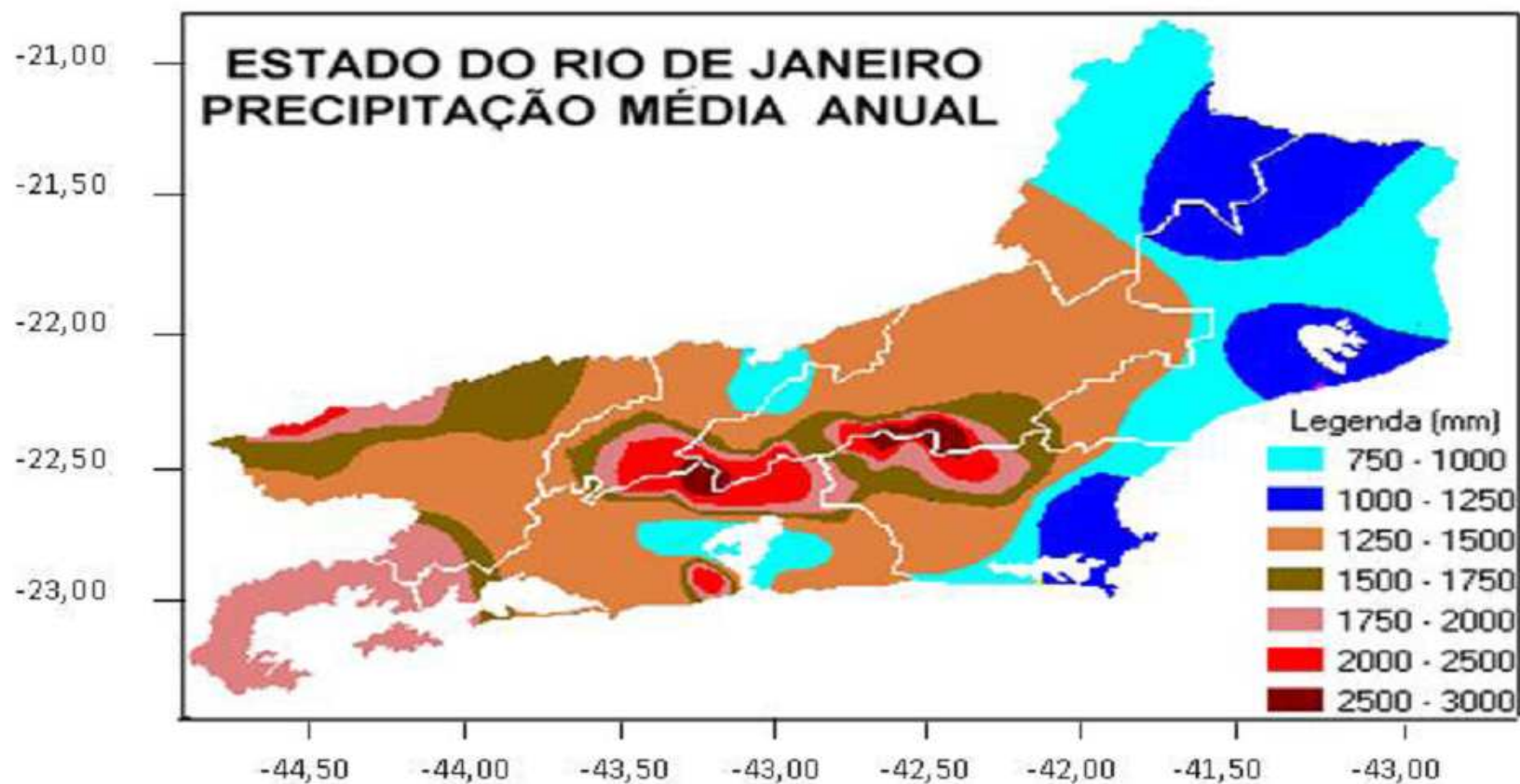


Figura 21 - Distribuição de chuvas anuais no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: (BOUHID, 2007)

Com base no mapa de climas sobreposto ao mapa político do Estado do Rio de Janeiro, foi elaborado um novo mapa, onde foi possível obter o índice pluviométrico de cada cidade, conforme Figura 22.

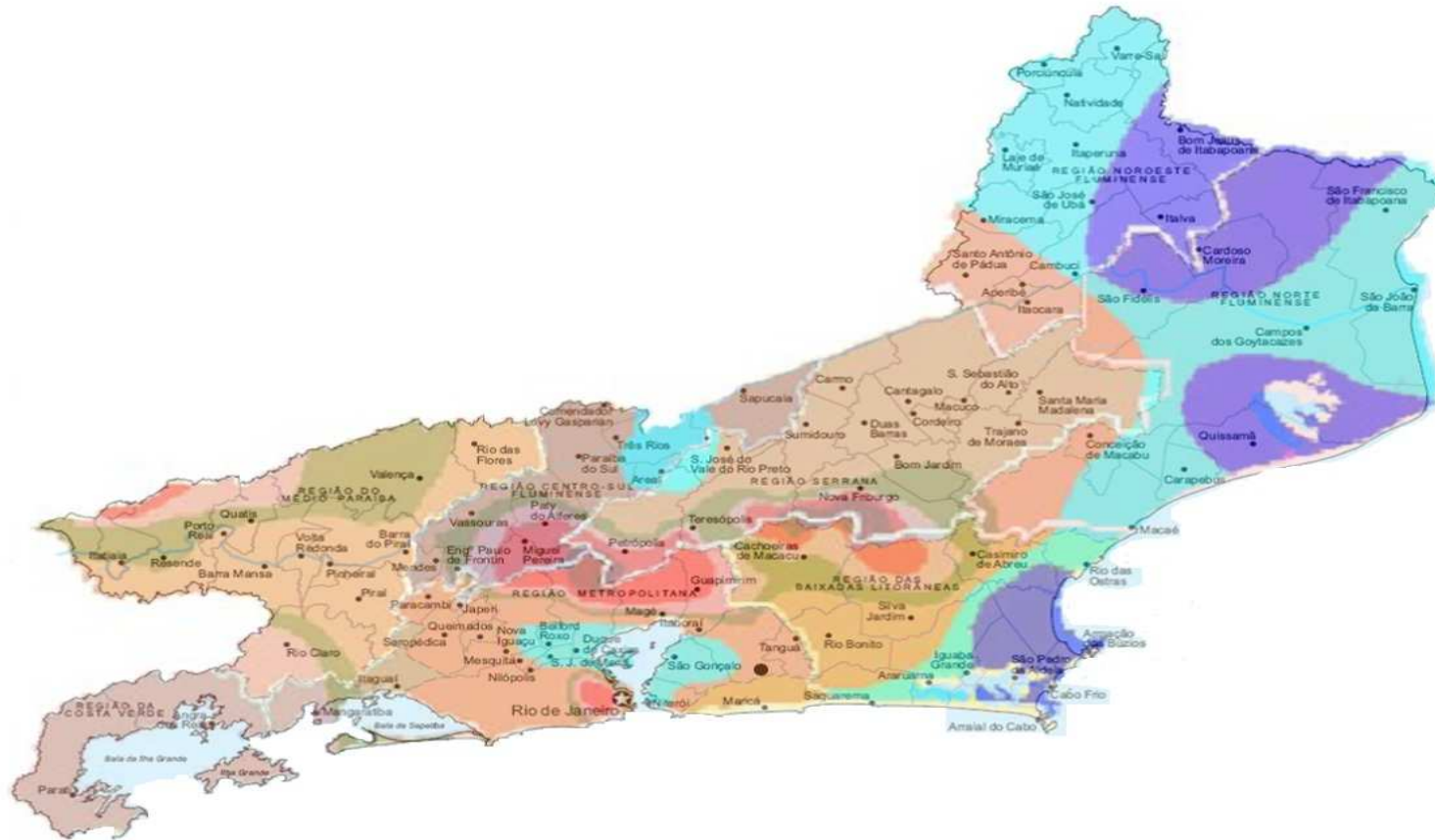


Figura 22 – Mapa Político e Pluviométrico do Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: SIMERJ.

Os dados obtidos na **Erro! Autoreferência de indicador não válida.** serão usados no programa “WaterSaving” somente para os municípios não contemplados na base de dados fornecida pelo INMET.

Tabela 9 – Tabela com valores pluviométricos(mm) extraídos da sobreposição da Figura 21 e da Figura 22.

	750 a 1000	1000 a 1250	1250 a 1500	1500 a 1750	1750 a 2000	2000 a 2500	
Município	875 (mm)	1125 (mm)	1375 (mm)	1625 (mm)	1875 (mm)	2250 (mm)	Pluviometria Total/Anual
APERIBÉ			X				1.375
ARARUAMA	X						875
ARMAÇÃO DOS BÚZIOS		X					1.125
BOM JESUS DO ITABAPOANA		X					1.125
CABO FRIO		X					1.125
CANTAGALO			X				1.375
CARAPEBUS	X						875
CARMO			X				1.375
COMENDADOR LEVY GASPARIAN			X				1.375
CONCEIÇÃO DE MACABU			X				1.375
CORDEIRO			X				1.375
DUAS BARRAS			X				1.375
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN				X			1.625
GUAPIMIRIM						X	2.250
IGUABA GRANDE	X						875
ITABORAÍ			X				1.375
JAPERI			X				1.375
LAJE DO MURIAÉ	X						875
MACUCO			X				1.375
MAGÉ					X		1.875
MARICÁ			X				1.375
MENDES			X				1.375
MESQUITA			X				1.375
MIGUEL PEREIRA						X	2.250
MIRACEMA			X				1.375
NATIVIDADE	X						875
NILÓPOLIS			X				1.375
NOVA IGUAÇU			X				1.375
PARACAMBI			X				1.375
PATY DO ALFERES						X	2.250
PINHEIRAL			X				1.375
PIRAÍ			X				1.375
PORTO REAL			X				1.375
QUEIMADOS			X				1.375
RIO BONITO			X				1.375
RIO CLARO					X		1.875
RIO DAS OSTRAS	X						875
SANTA MARIA MADALENA			X				1.375
SÃO JOÃO DA BARRA	X						875
SÃO JOÃO DE MERITI	X						875
SÃO JOSÉ DE UBÁ	X						875
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO			X				1.375
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO			X				1.375
SAQUAREMA	X						875
SAPUCAIA			X				1.375
SAQUAREMA	X						875
TANGUÁ			X				1.375
VARRE-SAI	X						875
VASSOURAS			X				1.375

Fonte: autor

4.2.5.3 LINGUAGEM E AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO

Este trabalho utiliza como linguagem de programação o C# (lê-se C Sharp), linguagem criada sobre a coordenação de Anders Hejlsberg e Scott Wiltamuth pela com lançamento em Julho de 2000, ambos engenheiros da Microsoft. Hejlsberg é também conhecido por criar o Turbo Pascal, e por liderar a equipe que arquitetou o Borland Delphi. A linguagem C# possui algumas características com influência do Java, C++ e Visual Basic (VB), sendo estruturada em um FrameWork (conjunto de classes, métodos, enumerações, etc. Que podem ser reutilizáveis), denominado de “.NET FrameWork”, da qual iremos adotar a versão 4.0 neste trabalho devido a sua facilidade na criação de gráficos. Esta linguagem vem se difundindo entre os programadores devido a sua forma fácil e produtiva de programar, com pouco mais de 100 palavras chave e uma dúzia de tipos internos de variáveis. Por ser orientada a objetos, foi possível utilizar recursos como a criação de classes, e por sua vez, a criação de novos tipos, permitindo assim sua extensão, além da criação de métodos, propriedades, encapsulamentos e polimorfismo, que são os pilares da programação orientada a objetos.

Para o desenvolvimento do trabalho foi adotado o uso do Microsoft Visual Studio 2010, um ambiente de programação desenvolvido pela Microsoft e dedicado ao desenvolvimento de aplicações .NET (lê-se dot net), que permite a criação de aplicativos com maior rapidez e um melhor efeito visual tanto para o desenvolvedores como para os usuários finais.

O Visual Studio está baseado em três pilares para proporcionar melhor experiência para os programadores:

- Melhorias na produtividade do desenvolvedor;
- Gerenciamento do ciclo de vida do aplicativo;
- Utilização das mais recentes tecnologias.

O Visual Studio pode ser encontrado nas seguintes versões :

- Visual Studio 97 (1997)
- Visual Studio 6.0 (1998)
- Visual Studio .NET 2005 (2005)
- Visual Studio 2008 (2009)
- **Visual Studio 2010 (2010)**

4.2.5.4 ENGENHARIA DE SOFTWARE

A engenharia de software é uma disciplina da engenharia que se ocupa de todos os aspectos da produção de software, desde os estágios iniciais de especificação do sistema até a manutenção deste sistema depois que ele entrou em operação. Os engenheiros de software cuidam do desenvolvimento e funcionamento dos sistemas, aplicando teorias, métodos e o uso de ferramentas apropriadas, atuando de acordo com as restrições organizacionais e financeiras da empresa, e gerenciando os projetos de software.

Os engenheiros de software atuam de forma sistemática e organizada, selecionam os métodos mais apropriados para o desenvolvimento da aplicação, garantindo assim uma melhor qualidade dos softwares produzidos e uma melhor manutenibilidade.

Dentre as atividades associadas ao desenvolvimento de software podemos destacar quatro atividades como fundamentais, são elas: especificação, desenvolvimento, validação e evolução do software

- A especificação estabelece as necessidades requeridas pelo sistema e as restrições sobre a operação e o desenvolvimento do sistema, também conhecida como engenharia de requisitos. Essa dividida em quatro fases sendo: estudo de viabilidade, levantamento e análise de requisitos, especificação de requisitos e validação de requisitos,
- O desenvolvimento é o processo de conversão de uma especificação de sistemas em um software propriamente dito, durante o seu desenvolvimento surgem várias versões, decorrentes das novas implementações, oriundas dos erros encontrados nas versões anteriores, tornando as especificações mais detalhadas, e os algoritmos e as estruturas de dados mais precisas, dando origem às especificações do processo de projeto, sendo elas: projeto de arquitetura, especificação abstrata, projeto de interface, projeto de componentes, projeto de estrutura de dados e projeto de algoritmo.
- A validação de Software verifica se um sistema está de acordo com as especificações propostas, e de acordo com as exigências do cliente. O processo de validação é iterativo e cíclico e se divide nas seguintes fases :

teste de unidade, teste de módulo, teste de subsistemas, teste de sistema e teste de aceitação.

- A evolução do software é feita a partir das novas implementações após o início do uso deste software. Os custos com estas modificações são em sua maioria maiores do que os custos iniciais da aplicação, porém menos desafiadores do que o desenvolvimento inicial. A engenharia de software é um processo evolucionário, que visa atender as necessidades dos clientes, através de requisitos feitos ao longo do tempo (SOMMERVILLE, 2004).

A construção do Diagrama de Estrutura de Dados (DED) tem como objetivo prover informações suficientes para a criação de um banco de dados eficiente, todas as entidades devem ser identificadas por uma chave que não pode conter partes nulas em sua composição. Deve-se implementar Integridade Referencial através dos relacionamentos, conforme demonstrado no Apêndice A.

4.2.6 RESULTADOS

O software foi projetado para funcionar de maneira rápida e dinâmica, possuindo uma tela principal conforme Figura 23, cinco telas para cadastros, e duas telas auxiliares. Ao executar o programa o usuário deverá informar o projeto para o qual deseja calcular as informações. Se o projeto já existir, basta que o usuário o selecione, caso contrário, o usuário poderá digitar um nome e criar um projeto. Na tela principal o usuário deverá informar o município para o qual deseja calcular o reservatório, permitindo que os dados pluviométricos possam ser obtidos para os cálculos. O usuário deverá informar a área de captação em m^2 , a demanda constante mensal em m^3 , e o volume do reservatório fixado em m^3 . Ao pressionar o botão *Calcular Projeto*, o cálculo do projeto será efetuado com base nas informações digitadas, no cadastro das contas de consumo, e no cadastro de insumos do reservatório. O investimento inicial será calculado, bem como a economia anual, e a despesa anual que corresponde a 10% do investimento inicial. A TMA (Taxa Monetária Anual) e o número de anos para retorno do investimento deverão ser informados pelo usuário. Ao pressionar o botão *Calcular Viabilidade Econômica* o VPL (Valor Presente Líquido) é calculado, e como resultado é possível saber se o projeto é ou não viável. O valor do dólar é obtido através do Web Service do Banco Central em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/JSP/sgsgeral/FachadaWSSGS.wsdl>.

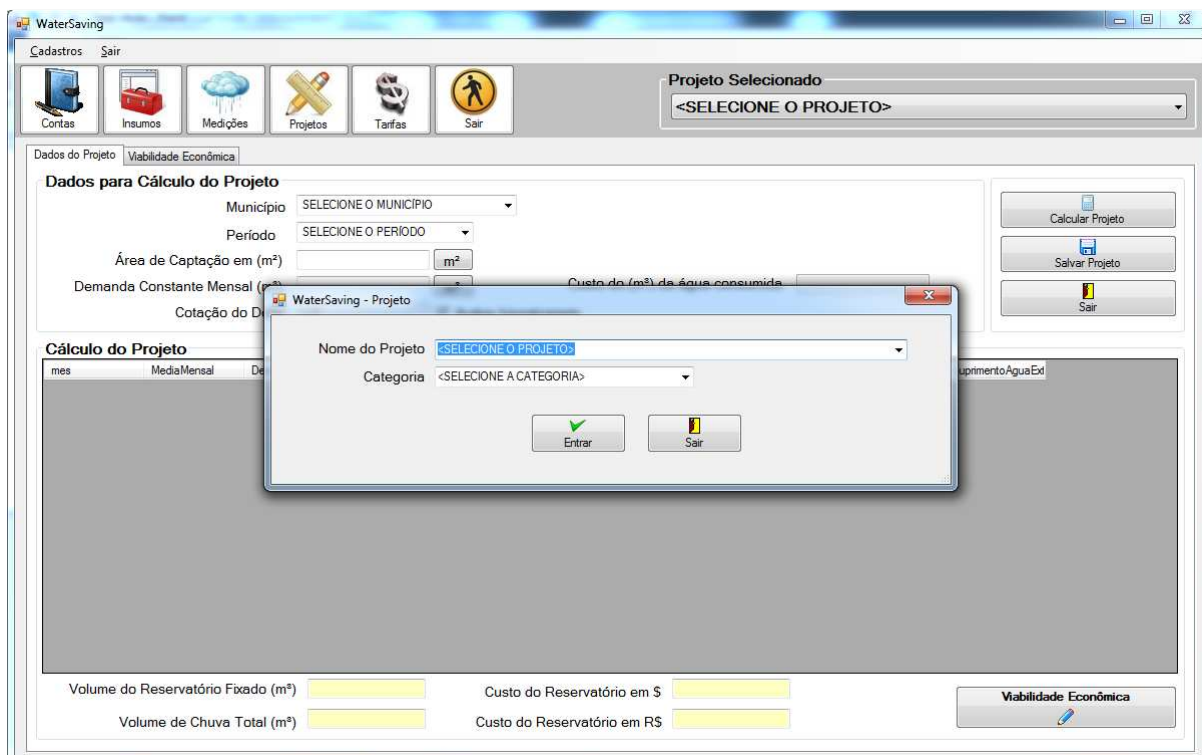


Figura 23 – Tela Principal do Software “WaterSaving” – Cálculo do Reservatório.

Fonte : Autor

A segunda parte da tela principal do programa “WaterSaving” Figura 24, demonstra os cálculos da viabilidade econômica do projeto.

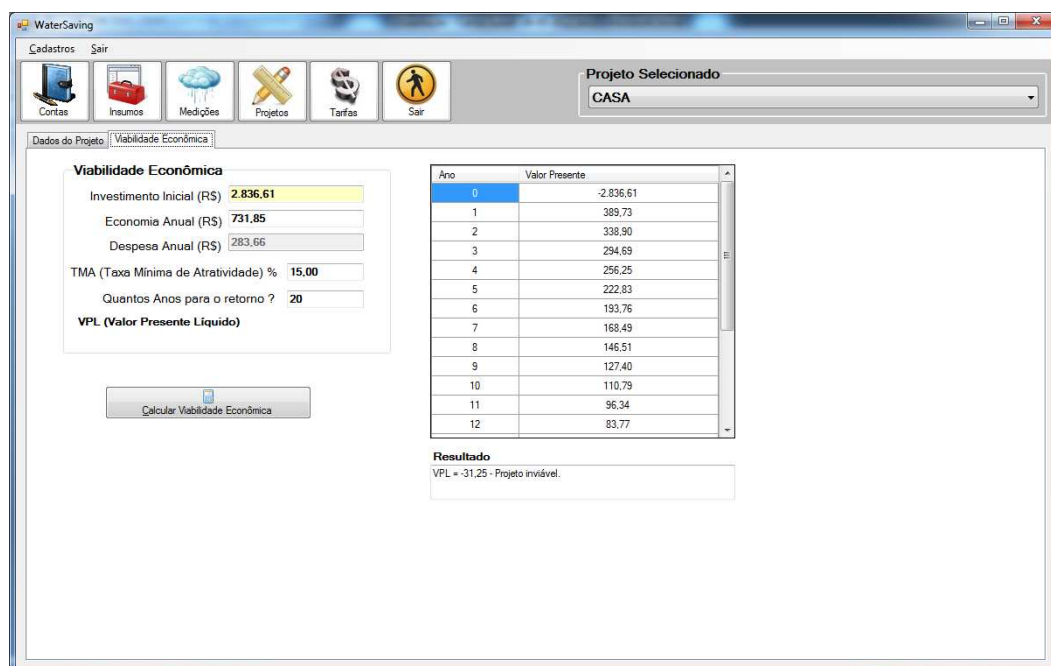


Figura 24 – Tela Principal do Software “WaterSaving” – Cálculo da Viabilidade Econômica.

Fonte : Autor

Para auxiliar o cálculo da área de captação em m^2 , é possível contar com a tela de Formato de Telhado (Figura 25) que sugere formas conhecidas (visão superior do telhado). Basta pressionar a figura desejada, e uma nova tela será aberta solicitando que alguns dados sejam informados como visto na Figura 26 após ter pressionada a figura correspondente ao Retângulo.

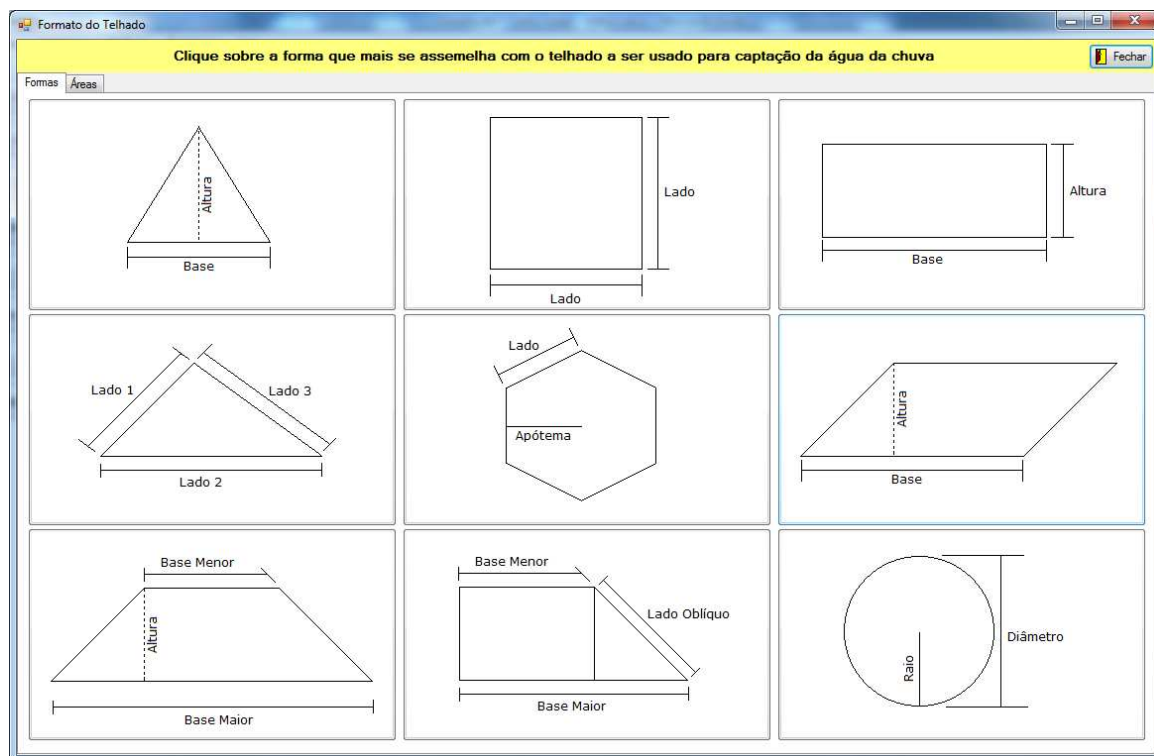


Figura 25 - Tela para escolha da forma da área de captação de água de chuva.

Fonte : Autor

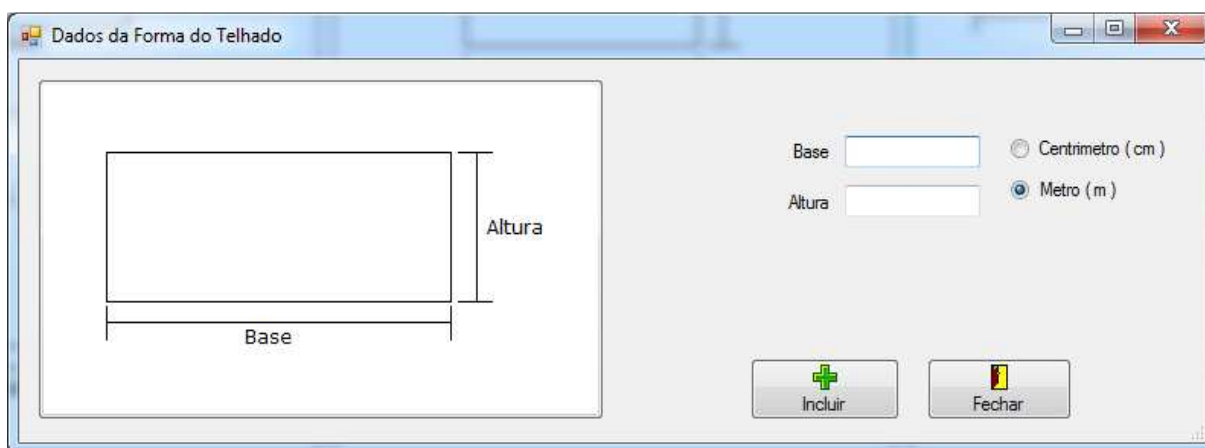


Figura 26 - Tela para informar medidas da área de captação de água de chuva.

Fonte : Autor

Após informar os dados (Figura 27), e pressionar o botão Incluir, será possível atribuir um nome à área em questão, só então pressione o botão Incluir Área como apresentado na Figura 30. Caso a área desejada não esteja na lista de opções de formas conhecidas, será possível informar manualmente a metragem desta área.

The screenshot shows a software window titled 'Formato do Telhado'. It has a yellow header bar with the text 'Caso não tenha escolhido uma forma pré-definida você poderá informa a metragem quadrada livremente'. Below the header, there are two tabs: 'Formas' and 'Áreas'. The 'Áreas' tab is active. The main area is titled 'Áreas Para Captação de Água de Chuva'. It contains a table with two columns: 'Descrição' and 'M2'. Below the table, there are input fields for 'Descrição' and 'M2'. To the right of the table, there are five buttons: 'Escolher Outra Forma de Telhado', 'Incluir Área', 'Limpar Campos', 'Excluir Área', and 'Fechar'.

Figura 27 - Tela para cadastro de várias áreas em m².

Fonte : Autor

Para o consumo médio mensal em m³ preencha as informações solicitadas na Figura 28, como: o número de pessoas que ocupam o ambiente para o qual deseja efetuar os cálculos, e escolha uma das opções (Lavagem de Carro, Rega de Jardim, Lavagem de Área Comum e Bacia Sanitária), ou todas. Após preencher os dados desejados, o total em litros será calculado.

The screenshot shows a software window titled 'Dados para cálculo de Consumo Médio Mensal (m3)'. It contains several input fields and checkboxes. At the top, there is a field for 'Número de Pessoas' with the value '0'. Below this, there are four rows of data entry:

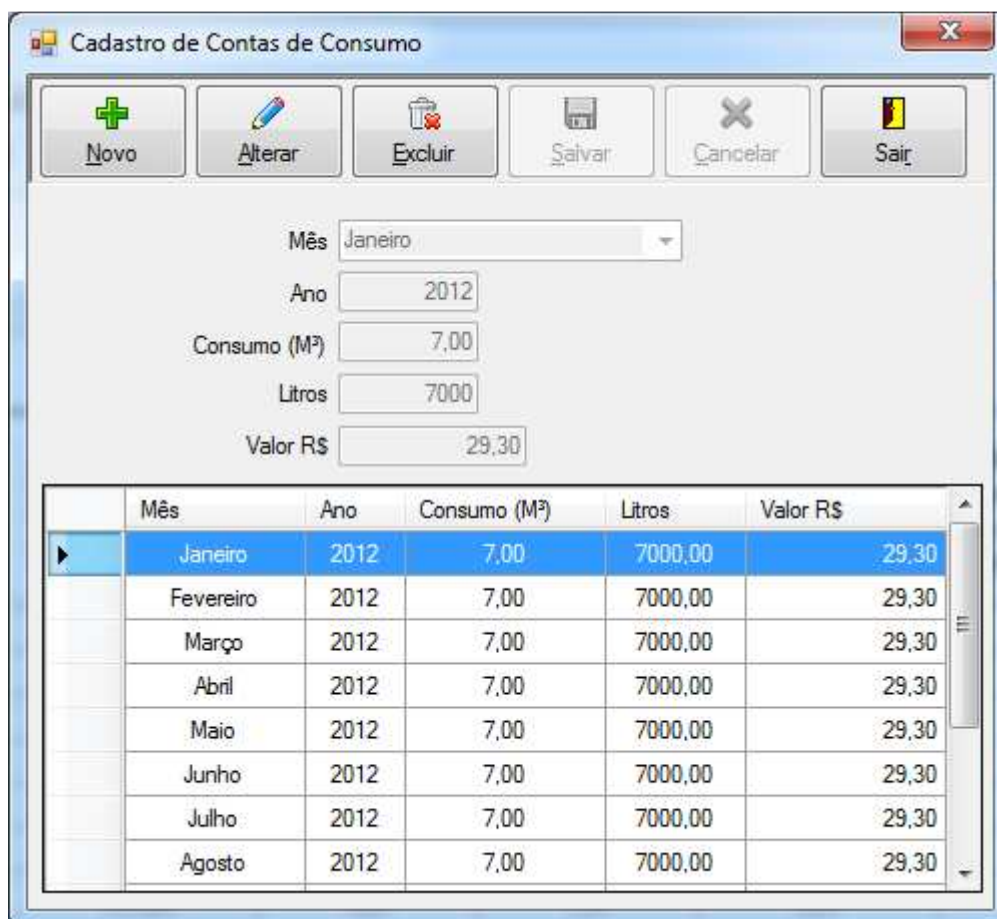
- ☐ Lavagem de Carro: 'Número de Carros' (0) and 'Lavagem por Mês' (0).
- ☐ Rega de Jardim: 'Número de vezes no mês' (0), 'M²' (0), and another 'M²' field.
- ☐ Lavagem de Área Comum: 'Número de vezes no mês' (0), 'M²' (0), and another 'M²' field.
- ☐ Bacia Sanitária: Radio buttons for 'Comum 6L' and 'Vazão Diferenciada 3/6L'.

 At the bottom left, there is a field for 'Total em Litros' with the value '0'. At the bottom right, there are two buttons: 'Confirmar' and 'Fechar'.

Figura 28 - Tela para informar dados de consumo de água não potável.

Fonte : Autor

Com o cadastro das Contas de Consumos mensais (Figura 29), faz-se possível o cálculo do valor do preço médio do m³ em Real (R\$), cobrado pelas empresas fornecedoras de água potável. Essas contas são cadastradas para cada um dos projetos existentes.



	Mês	Ano	Consumo (M³)	Litros	Valor R\$
▶	Janeiro	2012	7,00	7000,00	29,30
	Fevereiro	2012	7,00	7000,00	29,30
	Março	2012	7,00	7000,00	29,30
	Abril	2012	7,00	7000,00	29,30
	Maio	2012	7,00	7000,00	29,30
	Junho	2012	7,00	7000,00	29,30
	Julho	2012	7,00	7000,00	29,30
	Agosto	2012	7,00	7000,00	29,30

Figura 29 - Tela para Cadastro de Contas de Consumo.

Fonte : Autor

O cadastro dos Insumos do Reservatório é de suma importância para o cálculo da viabilidade econômica do projeto. Cada projeto possui as suas respectivas contas de consumo, sendo preciso atentar para o seu respectivo preço e quantidade a ser usada, conforme demonstrado na Figura 30.

Descrição do Insumo	Quantidade	Preço Unitário
LIMPEZA MANUAL	0,624	0,300
LOCAÇÃO DA OBRA	1,000	0,800
SONDAGENS	0,400	9,900
ESCAVAÇÃO MECÂNICA	1,160	2,300
ATERRO COMPACTADO	0,180	3,400
CARGA E TRANSPORTE DA TERRA	0,980	2,100
LASTRO DE BRITA	0,062	14,800
LASTRO DE CONCRETO MAGRO 0.1 M	0,062	83,000
CONCRETO USINADO FCK = 15 MPA	0,326	82,600
FERRO CA-50	22,820	0,900
FORMA DE TABUA	2,300	7,200

Figura 30 - Tela para Cadastro de Insumos do Reservatório

Fonte : Autor

As medições são baseadas em médias mensais acumuladas ao longo de períodos. Cada município possui a sua medição específica, e quanto maior o período compreendido para o cálculo das médias, melhores serão os resultados. Conforme demonstrado na figura 31.

Média Mensal de Chuva			
Janeiro	222,10	Maio	31,30
Fevereiro	145,50	Junho	25,30
Março	75,90	Julho	33,40
Abril	69,20	Agosto	15,40
Setembro	42,30	Outubro	98,50
Novembro	135,10	Dezembro	161,40

	Descrição do Município	Ano Inicial	Ano Final
▶	ANGRA DOS REIS	1961	1970
	ANGRA DOS REIS	1971	1977
	ANGRA DOS REIS	1982	1990
	AREAL	1960	1970
	AREAL	1961	1970
	AREAL	1971	1977
	AREAL	1982	1990
	AREAL DO CARO	2007	2009

Figura 31 - Tela para Cadastro de Insumos Medições.

Fonte : Autor

Os projetos podem ser incluídos, alterados e excluídos conforme demonstrado na Figura 32.

	Código	Data de Criação	Nome do Projeto	Categoria
▶	1	25/04/2012	UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES	COMERCIAL
	2	25/04/2012	CASA	RESIDENCIAL
	4	30/04/2012	PROJETO DO LIVRO	RESIDENCIAL
	6	21/05/2012	PREFEITURA DE CACHOEIRO	PÚBLICA
	7	21/05/2012	CARLOS	COMERCIAL

Figura 32 - Tela para Cadastro de Insumos Medições.

Fonte : Autor

O cadastro de tarifas por faixa de consumo é necessário no caso da falta do cadastro das contas de consumo, assim será possível determinar o valor do metro cúbico cobrado pela água potável, por categoria e faixa de consumo, conforme visto na Figura 33.

Cadastro de Tarifas Por Faixa de Consumo

Categoria: RESIDENCIAL
 Consumo: ENTRE M³ 0
 Consumo: E M³ 10
 Valor da Tarifa de Água R\$: 20,84
 Valor da Tarifa de Esgoto R\$: 20,84

	Categoria	Descrição	Valor Água R\$	Valor Esgoto R\$
▶	RESIDENCIAL	ENTRE 0 E 10	20,84	20,84
	RESIDENCIAL	ENTRE 11 E 30	104,20	104,20
	RESIDENCIAL	ENTRE 31 E 60	237,58	237,58
	RESIDENCIAL	ENTRE 61 ATÉ 100	416,80	416,80
	COMERCIAL	ENTRE 0 E 10	62,52	62,52
	COMERCIAL	ENTRE 11 E 30	208,40	208,40
	COMERCIAL	ENTRE 31 E 60	343,86	343,86
	COMERCIAL	ENTRE 61 E 100	500,16	500,16

Figura 33 – Tarifas por faixa de consumo.

Fonte: Autor

4.2.7 DISCUSSÃO

É notória a discrepância dos valores cobrados para as variadas categorias classificadas por faixas de consumo. Essa informação implica diretamente no cálculo da viabilidade do sistema para captação de água de chuva.

Quadro 5 - Tarifário cobrado pela empresa Águas do Paraíba por faixa de consumo.

Categoria	Faixa de Consumo		Tarifa Referencial de Água		Tarifa Referencial de Esgoto		Volume da Faixa	Valor da Faixa
			T.R.A - (com ICMS = 0 %)		T.R.E			
			T.R.A	R\$	T.R.E	R\$		
RESIDENCIAL	R.1	de 0 a 10	1.00	2,084	1.00	2,084	10	20,84
	R.2	de 11 a 30	2.50	5,210	2.50	5,210	20	104,20
	R.3	de 31 a 60	3.80	7,919	3.80	7,919	30	237,58
	R.4	de 61 a 100	5.00	10,420	5.00	10,420	40	416,80
	R.5	> 100	7.50	15,630	7.50	15,630		
COMERCIAL	R.1	de 0 a 10	3.00	6,252	3.00	6,252	10	62,52
	R.2	de 11 a 30	5.00	10,420	5.00	10,420	20	208,40
	R.3	de 31 a 60	5.50	11,462	5.50	11,462	30	343,86
	R.4	de 61 a 100	6.00	12,504	6.00	12,504	40	500,16
	R.5	> 100	6.50	13,546	6.50	13,546		
INDUSTRIAL	R.1	de 0 a 10	6.00	12,504	6.00	12,504	10	125,04
	R.2	de 11 a 30	8.00	16,672	8.00	16,672	20	333,44
	R.3	> 30	9.00	18,756	9.00	18,756		
PÚBLICO	R.1	de 0 a 10	1.50	3,126	1.50	3,126	10	31,26
	R.2	de 11 a 30	2.00	4,168	2.00	4,168	20	83,36
	R.3	de 31 a 60	2.50	5,210	2.50	5,210	30	156,30
	R.4	de 61 a 100	3.00	6,252	3.00	6,252	40	250,08
	R.5	> 100	3.50	7,294	3.50	7,294		

Fonte: Águas do Paraíba, 2012.

Se analisarmos um projeto com o mesmo consumo sendo um para uma casa e outro para uma loja comercial, é possível que o primeiro seja viável e o segundo seja inviável, isso se deve aos valores cobrados nas contas de água, conforme demonstrado no Quadro 5.

A área de captação, o índice pluviométrico do município, e o consumo mensal de água para fins não potáveis, influenciam diretamente na viabilidade econômica do projeto.

O reservatório é o item mais caro do sistema de captação de água de chuva, sua implantação deve ser cuidadosamente estudada, pois dele dependerá o sucesso do projeto.

4.2.8 CONCLUSÃO

A construção do software foi baseada no método de Análise de Simulação do Reservatório e Eficiência para estimar o tamanho do reservatório. A viabilidade econômica do sistema foi realizada com o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL). Como base de dados foi utilizada uma série histórica dos municípios do Rio de Janeiro compreendida entre 1960 e 2009. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão vinculado ao governo federal brasileiro. Através de estudo foi possível perceber que é possível avaliar economicamente a implantação de um sistema de captação de água de chuva, bem como o tamanho ideal do reservatório necessário para armazenamento da água de chuva captada. O uso da engenharia de software foi primordial na análise e levantamento de dados, bem como nos diagramas que apoiaram o desenvolvimento do software. As interfaces foram criadas pensando na sua melhor forma de utilização, tendo como solicitação de entrada, informações facilmente obtidas, como por exemplo, as contas dos últimos 12 meses. Esses dados propiciam a geração de uma média de consumo tanto em M^3 de água, quanto do seu respectivo Valor em R\$. Espera-se que este software possa contribuir para a evolução dos estudos no que tange à captação de água de chuva para fins não potáveis.

4.2.9 REFERÊNCIAS

BAUER, Friedrich Ludwig. **Logic, Algebra, and Computation**. New York, Editora Springer-Verlag, 1972.

BOUHID, André; ROMISIO, Geraldo. **Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais**. s.l. : Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/MAPA, Laboratório de Meteorologia –LAMET/CCT/UENF, Depto. de Ciências Exatas – FCAV/UNESP, 2007.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SCARIOT, Marlei Roling. **Software Para Monitoramento da Qualidade da Água**. Jornal da Unicamp - Universidade Estadual de Campinas / ASCOM - Assessoria de Comunicação e Imprensa , 2009.

SOMMERVILLE, Lan. **Engenharia de Software**. São Paulo: Pearson Education - 8ª Edição, 2007.

4.2.10 APÊNDICES

APÊNDICE A - Diagrama de Estrutura de Dados (DED)

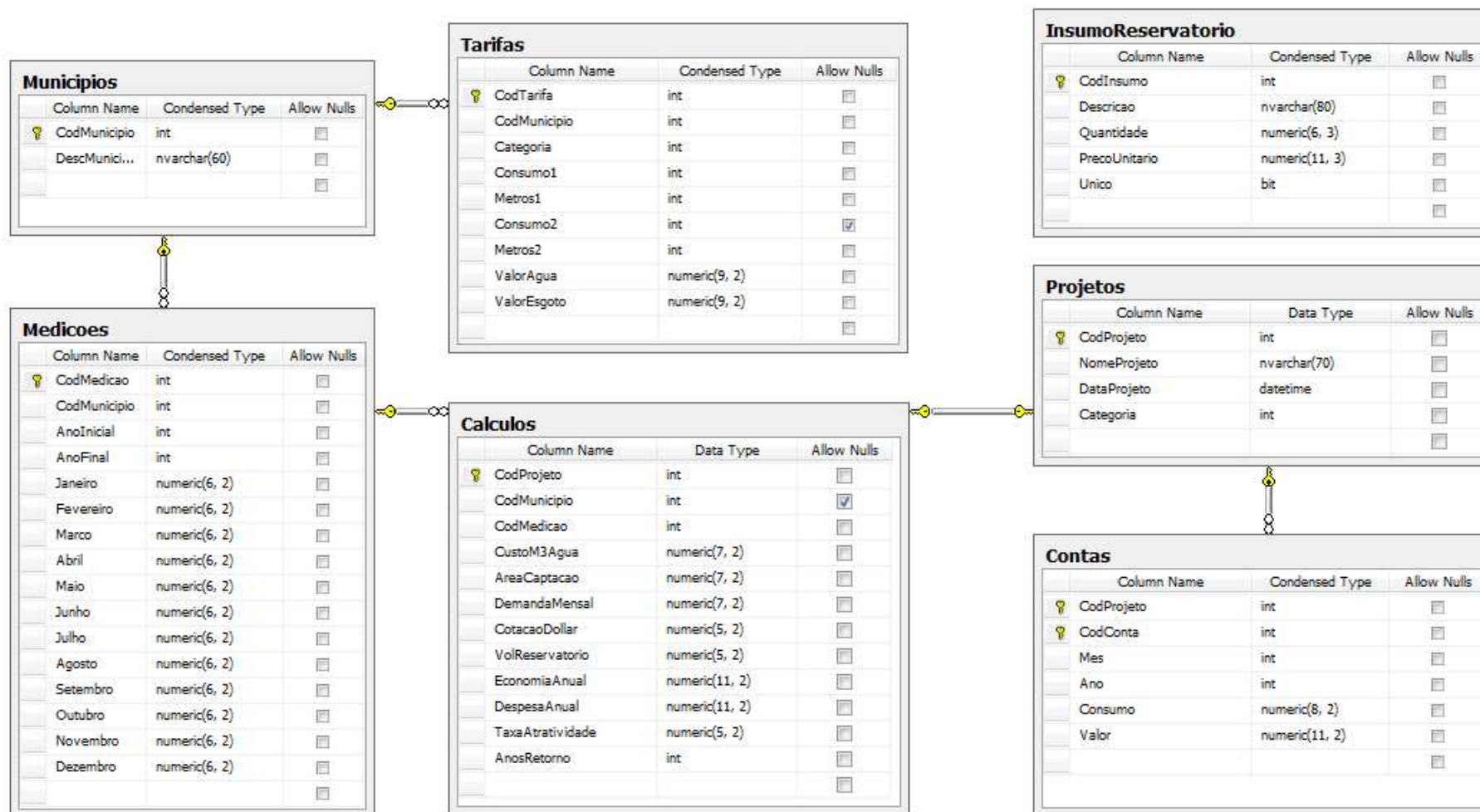


Figura 33 – Diagrama de Estrutura de Dados do Programa WaterSaving

Fonte: Autor

APÊNDICE B - Diagrama de Caso de Uso Geral

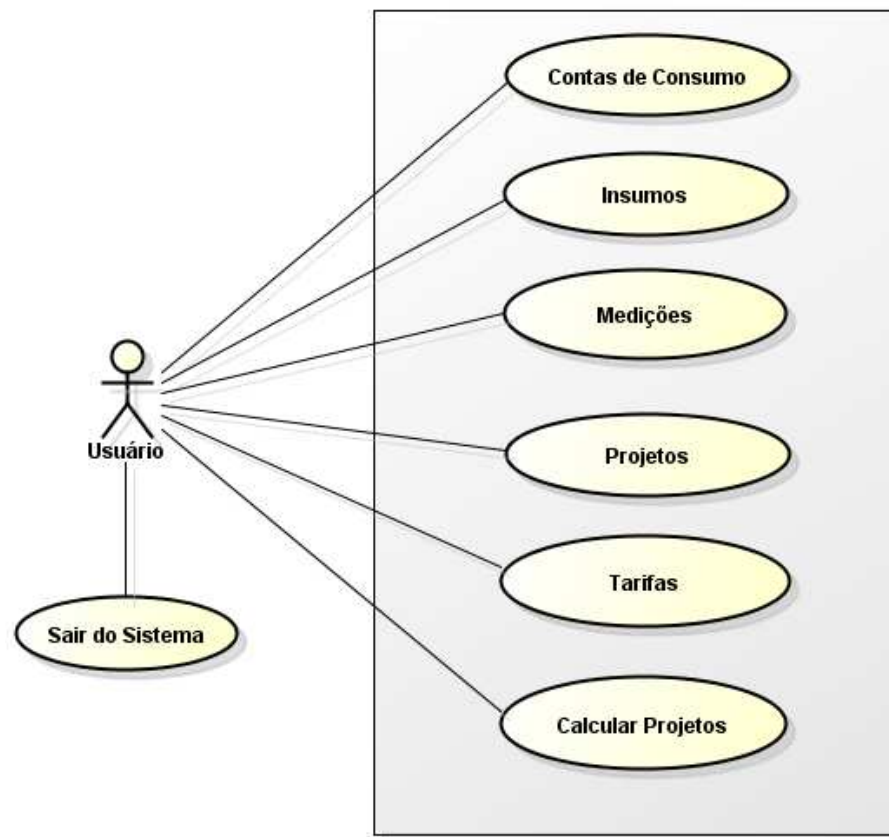


Figura 34 – Diagrama de Caso de Uso do Programa WaterSaving

Fonte: Autor

APÊNDICE C - Diagrama de Sequência do Programa WaterSaving

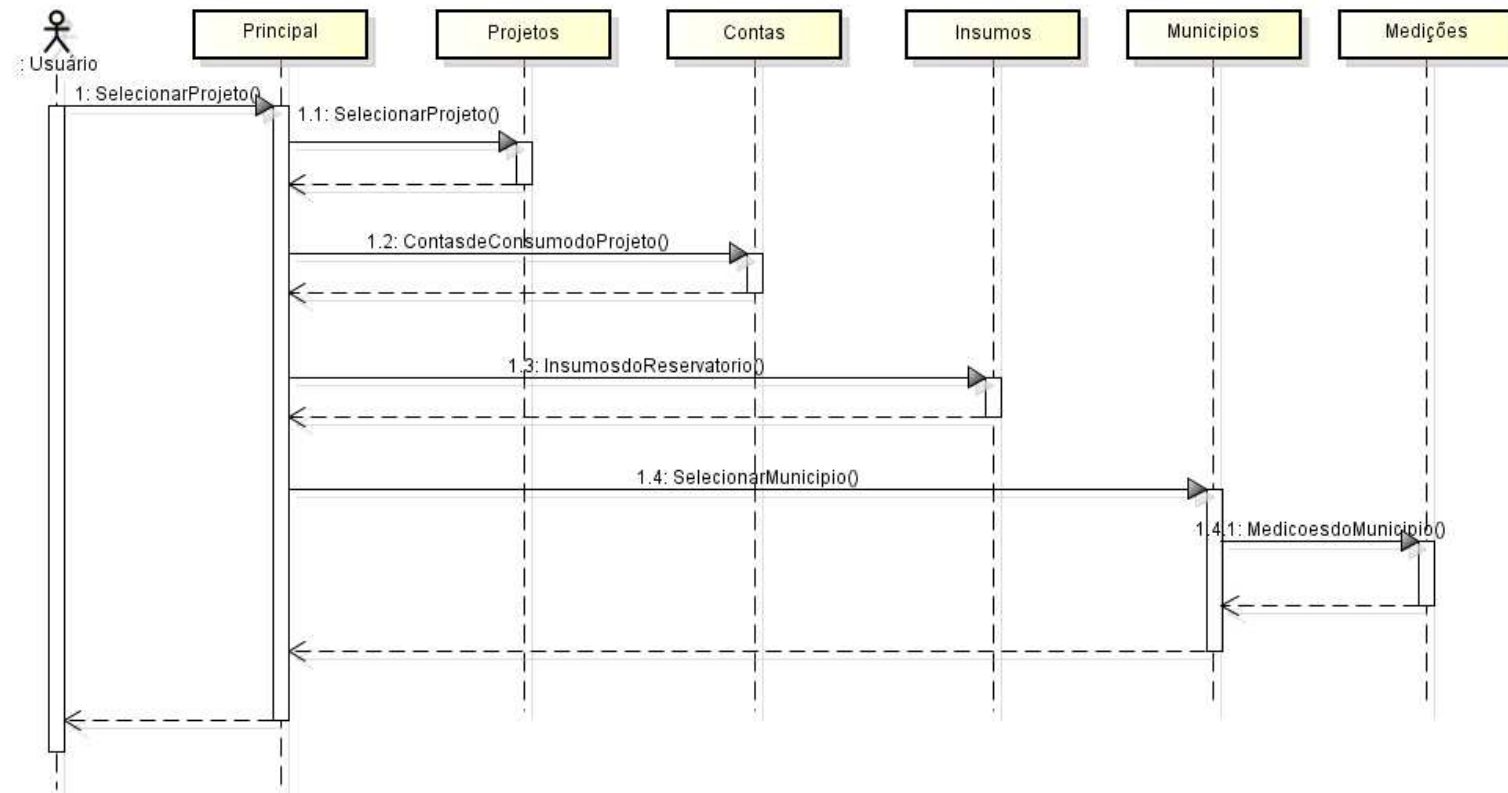


Figura 34 – Diagrama de Sequência do Programa WaterSaving

Fonte: Autor

APÊNDICE D - Caso de Uso Descritivo – Contas de Consumo

1. INTRODUÇÃO

Sumário

Este caso de uso tem por objetivo descrever os procedimentos de cadastro (inclusão, alteração e exclusão) das contas de consumo de um projeto.

Atores

Usuário.

Pré-Condições

O usuário deverá ter selecionado previamente um projeto.

2. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso. Não são considerados neste fluxo os erros ou desvios possíveis de acontecer.

2.1 – Cenário: Incluir Conta de Consumo

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de inclusão de uma conta de consumo.

1. O usuário deseja incluir uma conta de consumo;
2. O usuário pressiona o botão contas de consumo;
3. O usuário pressiona o botão “Novo”;
4. O usuário seleciona em uma lista o mês desejado;
5. O usuário informa o ano desejado;
6. O usuário informa o consumo mensal em m³;
7. O sistema efetua a conversão de m³ para litros;
8. O usuário informa o valor mensal da conta em Reais (R\$);
9. O usuário pressiona o botão salvar;
10. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.2 – Cenário: Alterar Conta de Consumo

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de alteração de uma conta de consumo.

1. O usuário deseja alterar uma conta de consumo;
2. O usuário pressiona o botão contas de consumo;
3. O usuário seleciona na lista a conta de consumo que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão “Alterar”;
5. Os dados são disponibilizados para alteração;
6. O usuário seleciona em uma lista o mês desejado;
7. O usuário informa o ano desejado;
8. O usuário informa o consumo mensal em m³;
9. O sistema efetua a conversão de m³ para litros;
10. O usuário informa o valor mensal da conta em Reais (R\$);
11. O usuário pressiona o botão salvar;
12. Os dados são alterados, e o caso de uso se encerra.

2.3 – Cenário: Excluir Conta de Consumo

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de exclusão de uma conta de consumo.

1. O usuário deseja excluir uma conta de consumo;
2. O usuário pressiona o botão contas de consumo;
3. O usuário seleciona na lista a conta de consumo que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão Excluir;
5. O usuário recebe uma mensagem “Deseja excluir a Conta?” com as opções “Sim” ou “Não”;
6. O usuário pressiona o botão “Sim”, a conta de consumo é excluída;
7. O usuário pressiona o botão “Não”, a conta de consumo não é excluída;
8. O caso de uso se encerra.

APÊNDICE E - Caso de Uso Descritivo – Insumos do Reservatório

1. INTRODUÇÃO

Sumário

Este caso de uso tem por objetivo descrever os procedimentos de cadastro (inclusão, alteração e exclusão) dos Insumos necessários para a construção de um reservatório para armazenamento de água de chuva.

Atores

Usuário

Pré-Condições

Não existem pré-condições

2. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso. Não são considerados neste fluxo os erros ou desvios possíveis de acontecer.

2.1 – Cenário: Incluir Insumos do Reservatório

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de inclusão de um insumo do reservatório.

1. O usuário deseja incluir um insumo do reservatório;
2. O usuário pressiona o botão insumo do reservatório;
3. O usuário pressiona o botão “Novo”;
4. O usuário informa a descrição do insumo;
5. O usuário informa a quantidade necessária do insumo para um m²;
6. O usuário informa o preço unitário para um m²;
7. O usuário informa se o insumo é usado somente uma vez. Ex: tampão;
8. O usuário pressiona o botão salvar;
9. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra;

2.2 – Cenário: Alterar Insumo do Reservatório

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de alteração de um insumo do reservatório.

1. O usuário deseja alterar um insumo do reservatório;
2. O usuário pressiona o botão insumos do reservatório;
3. O usuário seleciona na lista o insumo do reservatório que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão Alterar;
5. Os dados são disponibilizados para alteração;
6. O usuário altera a descrição do insumo;
7. O usuário altera a quantidade necessária do insumo para um m²;
8. O usuário altera o preço unitário para um m²;
9. O usuário pressiona o botão salvar;
10. Os dados são alterados, e o caso de uso se encerra.

.

2.3 – Cenário: Excluir Insumos do Reservatório

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de exclusão de um insumo do reservatório.

1. O usuário deseja excluir um Insumo do Reservatório;
2. O usuário pressiona o botão Insumos;
3. O usuário seleciona na lista o insumo do reservatório que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão Excluir;
5. O usuário recebe uma mensagem “Deseja excluir o Insumo?” com as opções “Sim” ou “Não”;
6. O usuário pressiona o botão “Sim”, o insumo do reservatório é excluído
7. O usuário pressiona o botão “Não”, o insumo do reservatório não é excluído;
8. O caso de uso se encerra.

APÊNDICE F - Caso de Uso Descritivo – Medições

1. INTRODUÇÃO

Sumário

Este caso de uso tem por objetivo descrever os procedimentos de cadastro (inclusão, alteração e exclusão) das médias de Medições de um determinado município num dado período histórico.

Atores

Usuário.

Pré-Condições

Não existem pré-condições.

2. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso. Não são considerados neste fluxo os erros ou desvios possíveis de acontecer.

2.1 – Cenário: Incluir Medições

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de inclusão de uma medição para um município num dado período.

1. O usuário deseja incluir as medições para um município num dado período;
2. O usuário pressiona o botão “Medições”;
3. O usuário pressiona o botão “Novo”;
4. O usuário seleciona em uma lista o município desejado;
5. O usuário informa o período com ano inicial e ano final;
6. O usuário informa as medições para os meses de janeiro a dezembro;
7. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
8. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.2 – Cenário: Alterar Medições

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de alteração das medições referentes a um município num dado período.

1. O usuário deseja alterar uma medição de um município para um dado período;
2. O usuário pressiona o botão “Medições”;
3. O usuário seleciona na lista a medição do município que deseja alterar;
4. O usuário pressiona o botão “Alterar”;
5. Os dados são disponibilizados para alteração;
6. O usuário seleciona em uma lista o município desejado;
7. O usuário altera o ano inicial ou o ano final referente ao período;
8. O usuário altera as medições para os meses de janeiro a dezembro;
9. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
10. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.3 – Cenário: Excluir Medições

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de exclusão das medições referentes a um município num dado período.

1. O usuário deseja excluir uma medição de um município para um dado período;
2. O usuário pressiona o botão “Medições”;
3. O usuário seleciona na lista a medição que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão “Excluir”;
5. O usuário recebe uma mensagem “Deseja excluir a Medição?” com as opções “Sim” ou “Não”;
6. O usuário pressiona o botão “Sim”, a medição é excluída;
7. O usuário pressiona o botão “Não”, a medição não é excluída;
8. O caso de uso se encerra.

APÊNDICE G - Caso de Uso Descritivo – Projetos

1. INTRODUÇÃO

Sumário

Este caso de uso tem por objetivo descrever os procedimentos de cadastro (inclusão, alteração e exclusão) dos projetos calculados.

Atores

Usuário.

Pré-Condições

Não existem pré-condições.

2. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso. Não são considerados neste fluxo os erros ou desvios possíveis de acontecer.

2.1 – Cenário: Incluir Projeto

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de inclusão de um projeto de captação de água de chuva.

1. O usuário deseja incluir um projeto;
2. O usuário pressiona o botão “Projetos”
3. O usuário pressiona o botão “Novo”;
4. O sistema informa a data de criação do projeto;
5. O usuário informa o nome do projeto;
6. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
7. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.2 – Cenário: Alterar Projeto

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de alteração de um projeto de captação de água de chuva.

1. O usuário deseja alterar um projeto;
2. O usuário pressiona o botão projetos;
3. O usuário seleciona na lista o projeto que deseja alterar;
4. O usuário pressiona o botão “Alterar”;
5. Os dados são disponibilizados para alteração;
6. O usuário altera o nome do projeto;
7. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
8. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.3 – Cenário: Excluir Projeto

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de exclusão de um projeto de captação de água de chuva.

1. O usuário deseja excluir um projeto;
2. O usuário pressiona o botão projetos;
3. O usuário seleciona na lista o projeto que deseja excluir;
4. O usuário pressiona o botão “Excluir”;
5. O usuário recebe uma mensagem “Deseja Excluir o Projeto, as contas de consumo e os cálculos associados ?” com as opções “Sim” ou “Não”;
6. O usuário pressiona o botão “Sim”, o projeto, as contas de consumo, e todos os cálculos pertinentes ao projeto são excluídos;
7. O usuário pressiona o botão “Não”, o projeto não é excluído, e seus cálculos permanecem gravados;
8. O caso de uso se encerra.

APÊNDICE H - Caso de Uso Descritivo – Cálculo de Projetos

1. INTRODUÇÃO

Sumário

Um usuário deseja efetuar o cálculo de um projeto para estimar o tamanho do reservatório a ser construído, analisando também a sua viabilidade econômica. O usuário digita o nome do projeto, caso ele não exista um novo projeto será criado com o nome desejado.

Atores

Usuário

Pré-Condições

Esta seção descreve um estado ou ação anterior necessária para execução do caso de uso.

a) Contas Cadastradas

As Contas de Consumo Mensal devem estar devidamente cadastradas no sistema.

b) Municípios Cadastrados

Os municípios devem estar devidamente cadastrados no sistema.

c) Medições Cadastradas

As medições pluviométricas para o município devem estar devidamente cadastradas no sistema.

2. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

2.1. Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso.

2.1.1. Cenário: Calcular Projetos

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de cálculo de um projeto para captação de água de chuva.

1. O usuário deseja calcular um projeto;
2. O usuário executa o sistema WaterSaving;
3. O sistema exibe a lista de todos os projetos e solicita a escolha de um projeto;
4. O usuário cadastra as contas de consumo para o projeto selecionado;
5. O usuário seleciona o município do Rio de Janeiro desejado;
6. O usuário seleciona o período com a média pluviométrica desejada;
7. O usuário informa a área de captação em m^2 ;
8. O usuário informa a demanda constante mensal em m^3 ;
9. O usuário informa a cotação do dolar;
10. O usuário informa o volume do reservatório fixado em m^3 ;
11. O usuário pressiona o botão calcular projeto;
12. O sistema informa o custo do reservatório em Real (R\$) e em Dolar (\$) para o projeto calculado;
13. O usuário pressiona o botão “Calcular Viabilidade”;
14. O sistema informa o investimento inicial em Real (R\$);
15. O sistema informa a economia anual com a utilização do projeto em questão;
16. O sistema calcula a despesa anual com a manutenção do projeto com base no investimento inicial do projeto;
17. O usuário informa a taxa mínima de atratividade;
18. O usuário informa a quantidade de anos para o retorno do investimento;
19. O usuário pressiona o botão calcular viabilidade econômica;
20. O cálculo da viabilidade econômica é apresentado;
21. O sistema informa se o projeto é viável ou inviável.

2.2. Fluxos Alternativos

Este é o fluxo para o caso de desvio do fluxo ótimo.

2.1.2. Seleção ou criação de projeto

O usuário seleciona um projeto existente, ou digita um nome para criação de um novo projeto.

1. Se o projeto já existir ele simplesmente é selecionado;
2. Se o projeto não existir ele será automaticamente criado.

2.1.3. Informação da área em m^2

O usuário não possui informações da área de captação de água da chuva.

1. O usuário pressiona o botão m^2 referente à Área de Captação em (m^2);
2. Algumas formas comuns são apresentadas para facilitar a informação da área de captação desejada;
3. O usuário seleciona a forma deseja, e informa as medidas conforme solicitado.
4. O usuário informa um nome para a área de captação e logo após pressiona o botão incluir:
 - i. O usuário pode selecionar uma nova forma ou simplesmente pressiona o botão fechar e sair da tela, e então, voltar para a tela principal com os valores calculados em m^2 .

2.1.4. Informação da demanda constante mensal em m^3 .

O usuário não possui informações da demanda constante mensal de água em m^3 .

1. O usuário pressiona o botão m^3 referente à Demanda Constante Mensal (m^3);
2. O usuário informa o número de pessoas;
3. O usuário seleciona a opção “Lavagem de Carro”:
 - a. O usuário informa o número de carros que serão lavados;

- b. O usuário informa o número de vezes que o carro é lavado por mês;
- 4. O usuário seleciona a opção “Rega de Jardim”;
 - a. O usuário informa o número de vezes que o jardim será regado no mês;
 - b. O usuário informa a metragem quadrada do jardim;
 - c. Caso o usuário não saiba a medida do jardim ele irá pressionar o botão m²:
 - i. Algumas formas comuns serão apresentadas para facilitar a informação da área de captação;
 - ii. O usuário seleciona a forma deseja, e informa as medidas conforme solicitado;
 - iii. O usuário informa um nome para a área de captação e logo após pressiona o botão incluir;
 - iv. O usuário pode selecionar uma nova forma ou simplesmente fechar a tela, e voltar para a tela principal com os valores calculados em m².
- 5. O usuário seleciona a opção “Lavagem de Área Comum”:
 - a. O usuário informa o número de vezes que a área comum é lavada no mês;
 - b. O usuário informa metragem quadrada da Área Comum;
 - c. Caso o usuário não saiba a medida da Área Comum ele irá pressionar o botão m²:
 - i. Algumas formas comuns serão apresentadas para facilitar a informação da área de captação;
 - ii. O usuário seleciona a forma deseja, e informa as medidas conforme solicitado;
 - iii. O usuário informa um nome para a área de captação e logo após pressiona o botão incluir;
 - iv. O usuário pode selecionar uma nova forma ou simplesmente fechar a tela, e voltar para a tela principal com os valores calculados em m²;
- 6. O usuário seleciona a opção “Bacia Sanitária”:
 - a. O usuário seleciona a opção “Comum 6L” ou;
 - b. O usuário seleciona a opção “Vazão Diferenciada 3/6L”.

7. Após informar todos os dados acima o sistema calculará o total em litros;
8. O usuário pressiona o botão confirmar e retorna a metragem cúbica calculada, ou pressiona o botão fechar e descarta todos os dados informados anteriormente.

2.1.5. Verificações do botão “Calcular Projeto”.

O sistema verifica os dados para os cálculos do projeto.

1. O sistema verifica se o município foi devidamente selecionado;
2. O sistema verifica se o período de medição referente município foi devidamente selecionado;
3. O sistema verifica se a Área de Captação foi informada;
4. O sistema verifica se a Demanda Constante Mensal foi informada:
 - a. Se a demanda não for informada uma mensagem será apresentada e o usuário deverá informar se deseja utilizar a Demanda constante mensal cadastrada nas contas de consumo mensal. Caso a conta de consumo não seja encontrada, o sistema tentará usar o valor cadastrado nas tarifas por faixa de consumo. Caso não existam tarifas cadastradas, o usuário ainda poderá fornecer esta informação.
5. O sistema verifica se a Cotação do Dolar foi informada;
6. O sistema verifica se o Volume do Reservatório Fixado (m³) foi informado.

APÊNDICE I - Caso de Uso Descritivo – Tarifas por Faixa de Consumo

3. INTRODUÇÃO

Sumário

Este caso de uso tem por objetivo descrever os procedimentos de cadastro (inclusão, alteração e exclusão) das tarifas cobradas por faixa de consumo.

Atores

Usuário.

Pré-Condições

Não existem pré-condições.

4. FLUXOS DE EXECUÇÃO

Esta seção contém uma descrição do fluxo de execução que o caso de uso representa.

Fluxo Principal

Este é o fluxo para o caso de sucesso. Não são considerados neste fluxo os erros ou desvios possíveis de acontecer.

2.1 – Cenário: Incluir Projeto

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de inclusão de uma tarifa por faixa de consumo.

1. O usuário deseja incluir uma tarifa por faixa de consumo;
2. O usuário pressiona o botão “Tarifas”
3. O usuário pressiona o botão “Novo”;
4. O usuário seleciona o município;
5. O usuário seleciona a categoria;
6. O usuário escolhe o consumo(1) com as opções (Até, Entre, Acima de);
7. O usuário informa o a metragem cúbica (1)
8. O usuário escolhe o consumo(2) com a opção (E), somente para o tipo de consumo(1) com as opções (Entre e Acima De);
9. O usuário informa o a metragem cúbica (2);
10. O usuário informa o Valor da Tarifa de Água R\$;
11. O usuário informa o Valor da Tarifa de Esgoto R\$;

- 12. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
- 13. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.2 – Cenário: Alterar Tarifa Por Faixa de Consumo

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de alteração de uma tarifa por faixa de consumo.

- 14. O usuário deseja alterar um projeto;
- 15. O usuário pressiona o botão projetos;
- 16. O usuário seleciona na lista a tarifa de consumo que deseja alterar;
- 17. O usuário pressiona o botão “Alterar”;
- 18. Os dados são disponibilizados para alteração;
- 19. O usuário seleciona o município;
- 20. O usuário seleciona a categoria;
- 21. O usuário escolhe o consumo(1) com as opções (Até, Entre, Acima de);
- 22. O usuário informa o a metragem cúbica (1)
- 23. O usuário escolhe o consumo(2) com a opção (E), somente para o tipo de consumo(1) com as opções (Entre e Acima De);
- 24. O usuário informa o a metragem cúbica (2);
- 25. O usuário informa o Valor da Tarifa de Água R\$;
- 26. O usuário informa o Valor da Tarifa de Esgoto R\$;
- 27. O usuário pressiona o botão “Salvar”;
- 28. Os dados são confirmados, e o caso de uso se encerra.

2.3 – Cenário: Excluir Tarifa Por Faixa de Consumo

Este cenário é responsável por descrever como ocorre o processo de exclusão de uma tarifa por faixa de consumo.

- 9. O usuário deseja excluir um projeto;
- 10. O usuário pressiona o botão projetos;
- 11. O usuário seleciona na lista a tarifa por faixa de consumo que deseja excluir;
- 12. O usuário pressiona o botão “Excluir”;
- 13. O usuário recebe uma mensagem “Deseja excluir a Tarifa?” com as opções “Sim” ou “Não”;
- 14. O usuário pressiona o botão “Sim”, a tarifa por faixa de consumo é excluída;
- 15. O usuário pressiona o botão “Não”, a tarifa por faixa de consumo, não é excluída;
- 16. O caso de uso se encerra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O incentivo a captação de água de chuva pode contribuir na minimização dos problemas de enchentes na cidade de Campos dos Goytacazes município do Rio de Janeiro, que são frequentemente registrados em função da topografia plana, acúmulo de lixo nas ruas e sistemas de drenagem mal dimensionados.

A partir deste trabalho foi possível perceber que a precipitação ao longo dos anos vem sofrendo alterações abruptas, fator esse que influencia diretamente no dimensionamento do reservatório, quanto maior for o período analisado, mais preciso será o tamanho do reservatório. As chuvas neste município se concentram nos meses de novembro, dezembro e janeiro, os quais são significativamente superiores aos demais meses.

Com a aplicação da análise de simulação do reservatório e eficiência, foi possível determinar arbitrariamente o seu tamanho, tomando como parâmetros a análise do overflow (água sobrando que é jogada fora) e do suprimento de água externa proveniente de outra fonte que não de água da chuva.

Este estudo demonstra que através da utilização do software WaterSaving, é possível avaliar economicamente a implantação de um sistema de captação de água de chuva, gerando um ganho ambiental considerável com a economia de água potável, evitando reestruturação na rede de distribuição de água potável devido ao aumento populacional.

5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme os resultados apresentados nesse trabalho, foi possível identificar alguns aspectos que poderão subsidiar novas pesquisas, destacam-se:

- a) Extrapolação de dados para municípios onde não há estação meteorológica através da análise do clima e da altitude em relação ao nível do mar;
- b) Utilização de outras metodologias para a análise dos dados levantados;
- c) Melhor avaliação dos custos envolvidos.

6 REFERÊNCIAS

3P Technik do Brasil Ltda. **Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais**. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/brazil>>. Acesso em: 02 dez. 2011.

ACQUASAVE. **Acquasave Tecnologia**. Disponível em : <<http://www.acquasave.com.br/tecnologia/>>. Acesso em: 03 nov. 2011.

ACQUALIMP. **Acqualimp - Bomba**. Disponível em: <<http://www.acqualimp.com/bomba.php?gov=ok>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Biblioteca Virtual da ANA**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

ANDREASI, W. A. **A Atual Demanda Urbana de Água: uma Breve Discussão**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil . Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2003.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.com.br>>. Acesso em: 05 fev. 2011.

BAUER, Friedrich Ludwig. **Logic, Algebra, and Computation**. New York, Editora Springer-Verlag, 1972.

BELLA CALHA. **Kit Residencial**. Disponível em: <<http://www.bellacalha.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2011.

BOSCADIN Borghetti; NADIA Rita; BORGHETTI, José Roberto e DA ROSA FILHO, Ernani Francisco. 2004. **Aqüífero Guarani**. Foz do Iguaçu : Editora Imprensa Oficial, 2004.

BOUHID, André; ROMISIO, Geraldo. **Identificação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais**. s.l. : Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/MAPA, Laboratório de Meteorologia –LAMET/CCT/UENF, Depto. de Ciências Exatas – FCAV/UNESP, 2007.

BROWN, L. R. **Crescimento populacional condena à indigência hidrológica - Projeto Integrado de Ciências e Matemática para Professores da Rede Pública**. Santa Catarina : UFSCar/CAPES/SEE/DE, 2002.

RAMOS, Renata. **Arquitetura Sustentável**. Revista Casa e Construção, Edição 81, 2012.

COLÉGIO WEB. **As Tradicionais Bacias Hidrográficas do Brasil**. Disponível em <<http://www.colegioweb.com.br/geografia/as-tradicionais-bacias-hidrograficas-do-brasil.html>>. Acesso em: 07 nov. 2010.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinza para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil.

GHANAYEM, M. **Environmental considerations with respect to rainwater harvesting**. Alemanha : RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10th, Manheim, 2001.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro**. Juazeiro – BA: IRPAA, C. P. 21, 1998.

_____. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, Seção Água e Clima, 2000. Disponível em <<http://irpaa.org/colheita/indexb.htm>>.

HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. **Reservatórios Permeáveis para Detenção de Água Pluvial**. Goiânia, GO, 2005. IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. 1 CD-ROM

KOENIG, Klaus W. **Rainwater harvesting: public need or private pleasure?**. Water 21, pp. pp56-58, 2003.

_____. **The rainwater technology handbook : rainharvesting in building**. Dortmund : Open Library, 2001.

LAPPONI, J. C. **Matemática Financeira: Redesenho organizacional para o crescimento e desempenho máximos**. Editora Campus, 1992.

MACOMBER, Patricia .S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii**. Mānoa : College of Tropical Agriculture and Human Resources, 2001.

MAY, Simone. **Aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado.

MIERZWA, Jose Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria Uso Racional e Reúso**. São Paulo : Oficina de Textos, 2005.

MONTIBELLER, A. e SCHMIDT, R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina**.

Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2004. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil.

NAN - Núcleo de Arquitetura Natural. **Captação e uso de água de chuvas**. Disponível em: <<http://www.arquiteturanatural.com.br/2010/03/captacao-e-uso-de-agua-de-chuvas.html>>. Acesso em: 25 set. 2011.

NGIGI, S. N. **Optimization of rainwater catchment systems design parameters in the arid and semiarid lands of Kenya**. Conferência Internacional Sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 1999. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html>.

ONU. **A ONU e a Água**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em: 20 set. 2010.

PNCDA. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acessado em: 23 set. 2010.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SCARIOT, Marlei Roling. **Software Para Monitoramento da Qualidade da Água**. Jornal da Unicamp - Universidade Estadual de Campinas / ASCOM - Assessoria de Comunicação e Imprensa , 2009.

SELBORNE, Lord. **A Ética do Uso da água Doce: um levantamento**. Brasília : UNESCO, 2001.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2011.

SICKERMANN, J. M. 2003. **Gerenciamento das Águas de Chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades**. Artigo disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>.

SIMIONI, W. I., GHISI, E. e A., GÓMEZ L. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis**: Estudos de Caso. CLACS' 04, São Paulo : s.n., 2004. I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04.

SISNAMA, Sistema Nacional do Meio Ambiente, 1981. **L6938 - 1981**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 23 jun. 2011.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. São Paulo: Pearson Education - 8ª Edição, 2007.

SOUZA, E. **Revista Linha Aberta**, Florida – USA, Fevereiro de 2003.

TOMAZ, Plinio. **A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. São Paulo : Navegar Editora, 2001.

—. **Aproveitamento de Água de Chuva - Para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis**. São Paulo : Navegar Editora, 2003.

—. **Conservação da Água**. Parma : Editora São Paulo, 1998.

—. **Poluição Difusa**. São Paulo : Navegar Editora, 2006.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 07 mar. 2010.