

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

KEILA CRISTINA FERNANDES DE OLIVEIRA

**ESTUDOS DE EFICIÊNCIA HIDROENERGÉTICA: ESTUDO DE
CASO PARQUE ESTADUAL DA ILHA ANCHIETA –
UBATUBA/SP**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia da Energia*

Área de Concentração: Exploração do Uso Racional de Recursos Naturais e Energia

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Itajubá

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Keila Cristina Fernandes de Oliveira

**ESTUDOS DE EFICIÊNCIA HIDROENERGÉTICA: ESTUDO DE
CASO PARQUE ESTADUAL DA ILHA ANCHIETA –
UBATUBA/SP**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 26 de setembro de 2014, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia de Energia*.

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Prof. Dr. Roberto de Mattos

Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

Itajubá

2014

*À minha mãe, Maria Lucia Fernandes de Oliveira, por me dar a possibilidade de ter
chegado até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Augusto Nelson Carvalho Viana, pela orientação e confiança na realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos de trabalho pela ajuda nos trabalhos e pelo companheirismo.

A todos os meus familiares e amigos, sempre presentes nos momentos difíceis.

Ao Parque Estadual da Ilha Anchieta por colocar à disposição suas instalações e funcionários para a realização do estudo.

À Eletrobrás, através do PROCEL e ao CNPq, pelo apoio financeiro possibilitando o desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a vida e indispensável para o desenvolvimento das atividades diárias da população, porém vale lembrar que este recurso natural apesar de abundante é finito e mal distribuído. Um dos grandes desafios atuais da sociedade é criar alternativas para utilizar racionalmente os recursos naturais, dentre eles, a água. Para tanto, é comum utilizar-se termos como “uso racional” ou “desenvolvimento sustentável”. O uso racional engloba a minimização dos desperdícios (por perda ou uso excessivo) e a maximização da eficiência do uso, sendo que, essa maximização se dá pela utilização de uma menor quantidade de água para realização das atividades, porém sem comprometer sua qualidade. Esse objetivo pode ser atingido tanto em função de características dos equipamentos quanto em função do nível de conscientização do usuário. O presente trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), localizado no município de Ubatuba, região Norte do litoral do estado de São Paulo, e teve como objetivo atuar na demanda de consumo de água, incentivando o Uso Racional por meio de ações tecnológicas e medidas eficiência de utilização dos recursos hídricos nessa região. Pode-se dizer que a metodologia aplicada neste trabalho foi dividida em 4 etapas, sendo elas: 1) Caracterização do local de estudo, o Parque Estadual da Ilha Anchieta; 2) Identificação da disponibilidade hídrica e detecção de perdas de água no parque; 3) Identificação de atividades que envolvem o uso de água no PEIA, bem como o cálculo do indicador de consumo local; 4) Por fim, implantação de medidas de eficiência hídrica no parque, com o intuito de utilizar a água economizada na geração de energia elétrica de fonte hidráulica diminuindo, assim, os gastos com a geração de energia elétrica por fonte térmica. As medidas de eficiência hídrica propostas e implantadas foram basicamente duas: A primeira foi a instalação de dois carneiros hidráulicos, idênticos, operando em paralelo ou isolado, aproveitando água proveniente de uma subnascente que constantemente, por meio de uma ducha, era desperdiçada no canal de fuga da central hidrelétrica. A segunda medida de eficiência foi o ajuste do volume captado na nascente principal, cessando a perda que ocorria, pelo ladrão, nos tanques de abastecimento e, com isso permitir que maior volume de água seja acumulado no reservatório da central hidrelétrica e conseqüentemente mais energia fosse gerada no parque.

Palavras-chave: Recursos naturais; uso racional; eficiência hídrica; unidades de conservação ambiental.

ABSTRACT

Water is a natural resource essential for life and indispensable to the development of the daily activities of the population, but it is worth remembering that this natural resource is plentiful although finite and unevenly distributed. One of the great challenges of today's society is to create alternatives to rationally use natural resources, among them water. Therefore, it is common to use terms like "rational use" or "sustainable development". The rational use includes the minimization of waste (for loss or overuse) and maximizing the efficiency of use, and this is by maximizing use of a smaller amount of water to perform the activities, but without compromising its quality. This goal can be achieved both in terms of characteristics of the equipment as a function of the level of user awareness. This work was developed in the Anchieta Island (PEIA) State Park, located in Ubatuba, northern coast of São Paulo state, and aimed to serve the demand for water consumption, encouraging the rational use through technological actions and efficiency of water use measurements in this region. It can be said that the methodology applied in this study was divided into four stages, namely: 1) characterization of the study site, the Anchieta Island State Park; 2) Identification of water availability and detection of loss of water in the park; 3) Identification of activities that involve the use of water in PEIA, as well as the calculation of the indicator of local consumption; 4) Finally, implementation of water efficiency measures in the park, in order to use the water saved in the generation of electricity from hydropower, thus reducing the spending power generation by thermal power. Water efficiency measures proposed and implemented were basically two: The first was the installation of two hydraulic rams identical, operating in parallel or isolated, drawing from a subnascente water constantly through a shower, was wasted in the channel escape from the hydroelectric plant. The second measure of effectiveness was the setting captured the main source volume, stopping the loss that occurred, the thief, the supply tanks and thereby allow greater volume of water is accumulated in the reservoir of the hydroelectric plant and hence more energy was generated in the park.

Keywords: Natural resources; rational use; water efficiency; environmental conservation units.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1- Localização do Parque Estadual da Ilha Anchieta.....	34
Figura 3.2- Componentes da microcentral hidrelétrica	36
Figura 3.3- a) Painéis fotovoltaicos instalados b) Banco de baterias	37
Figura 3.4- Central de geração diesel	38
Figura 3.5- a) Captação de água para consumo b) Enchimento do reservatório	40
Figura 3.6- Vertedor retangular de parede delgada	41
Figura 3. 7- Esquema de funcionamento dos tanques de abastecimento de água	43
Figura 3. 8- Soleira de rocha construída para garantir nível constante da captação.....	44
Figura 3. 9- Recipiente graduado e calibrado utilizado na medição de vazões.....	45
Figura 3. 10- Medidas de vazão perdida pelo ladrão.....	46
Figura 3.11-Carneiro hidráulico original dos irmãos Montigolfier.....	51
Figura 3.12- Instalação do carneiro hidráulico	52
Figura 3.13-Esquema e exemplo de instalação de um carneiro hidráulico	54
Figura 3.14-Carneiro hidráulico de PET desmontado	60
Figura 3.15- Pequena barragem assoreada	61
Figura 3.16- Local de medição da vazão de alimentação dos carneiros hidráulicos.....	62
Figura 3.17- Instalação e medidas da Estação Total	62
Figura 3.18- Perda de vazão no funcionamento dos carneiros hidráulicos	66
Figura 3.19- Tentativa de medir a vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de uma assadeira de alumínio	67
Figura 3.20- Tentativa de medir a vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de tubos de PVC.....	68
Figura 3.21- Medição da vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de sacos plásticos.....	69

Figura 4. 1- Croqui do vertedor instalado e da tabela para anotação das medidas realizadas no vertedor.....	73
Figura 4.2- Instalação do vertedor.....	74
Figura 4.3- Participação da equipe do PEIA na instalação do vertedor	75
Figura 4.4-Vertedor em funcionamento	75
Figura 4.5-Medidas de vazão no vertedor, de março a junho de 2013.....	76
Figura 4.6- Vertedor após ocorrência de uma forte chuva	76
Figura 4.7- Novo vertedor instalado.....	77
Figura 4. 8- Faixa etária dos funcionários	79
Figura 4. 9- Sexo dos funcionários.....	80
Figura 4. 10- Atividade/ Função que exerce no PEIA.....	80
Figura 4. 11- Tempo aproximado de trabalho no PEIA	80
Figura 4. 12- Escala de trabalho no PEIA	81
Figura 4. 13- Grau de escolaridade.....	81
Figura 4. 14- Percepção de falta de água no PEIA	81
Figura 4. 15- Atividades em que se percebe falta de ocorre falta de água no PEIA	82
Figura 4. 16- Outras formas em que se percebe falta de ocorre falta de água no PEIA	82
Figura 4. 17- Frequência em que se percebe falta de água no PEIA.....	82
Figura 4. 18-Outras frequências em que se percebe falta de água no PEIA.....	83
Figura 4. 19- Meses em que a falta de água é mais frequente no PEIA	83
Figura 4. 20-Situações que ocorrem no PEIA	83
Figura 4. 21- Outras situações que ocorrem no PEIA	84
Figura 4. 22- Locais em que ocorrem vazamento ou desperdícios de água	84
Figura 4. 23- Local em que ocorre água com cheiro ou sabor desagradável	84
Figura 4. 24- Faixa Etária dos visitantes	86
Figura 4. 25-Sexo dos turistas	86

Figura 4. 26- Visitando o PEIA pela primeira vez	87
Figura 4. 27- Periodicidade que visita o PEIA	87
Figura 4. 28- Com quem veio ao PEIA	87
Figura 4. 29- Número de pessoas no grupo	88
Figura 4. 30- Veio com crianças.....	88
Figura 4. 31- Número de crianças	88
Figura 4. 32- Objetivo ao visitar o PEIA.....	89
Figura 4. 33- Outros objetivos.....	89
Figura 4. 34- Tempo de permanência no PEIA	89
Figura 4. 35- Outros tempos de permanência no PEIA.....	90
Figura 4. 36- Grau de escolaridade dos visitantes	90
Figura 4. 37- Problemas na utilização da água para beber durante a visita ao PEIA	90
Figura 4. 38- Outros problemas encontrados.....	91
Figura 4. 39- Problemas na utilização da água para banho/ducha.....	91
Figura 4. 40-Número de duchas que tomou durante a visita.....	91
Figura 4. 41- Outros números de duchas	92
Figura 4. 42- Tempo em média que durou cada ducha	92
Figura 4. 43-Outros tempos de duração de cada ducha.....	92
Figura 4. 44- Número de vezes que utilizou o banheiro durante a visita	93
Figura 4. 45- Outros	93
Figura 4. 46- Utilização da torneira do banheiro para lavar as mãos, escovar os dentes, etc	93
Figura 4. 47- Tempo em que a torneira ficou aberta durante cada utilização	94
Figura 4.48- Comportamento do consumo de água no PEIA.....	99
Figura 4.49- Limpeza da pequena barragem assoreada.....	102
Figura 4.50- Formação do pequeno reservatório.....	103

Figura 4.51- Montagem dos carneiros hidráulicos com campânula de garrafa PET....	104
Figura 4.52- Esquema de montagem dos carneiros hidráulicos	105
Figura 4.53- Carneiros Hidráulicos montados.....	105
Figura 4.54- Esquema de instalação dos carneiros hidráulicos	106
Figura 4.55- a) Instalação dos carneiros hidráulicos b) Chegada da tubulação de recalque no tanque de abastecimento	107
Figura 4.56- Carneiros hidráulicos em funcionamento	107
Figura 4.57- Captação e medida do volume de água perdida no processo de funcionamento do carneiro hidráulico	108
Figura 4.58- Medida do volume de água recalcada pelo carneiro hidráulico.....	108
Figura 4.59- Esquema dos carneiros hidráulicos após alterações	111
Figura 4.60- Carneiros hidráulicos após alterações.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1- Opções de geração de energia em localidades rurais	29
Tabela 3.1-Rendimento do carneiro hidráulico de garrafa PET para relação de h/H.....	57
Tabela 3. 2-Material necessário para a construção de um carneiro hidráulico com diâmetro de entrada entre 1", 2" e 3"	58
Tabela 3.3-Diâmetro de entrada e saída	64
Tabela 4.1-Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento	78
Tabela 4. 2- Análise do questionário para edificações (parte 1)	96
Tabela 4. 3- Análise do questionário para edificações (parte 2)	97
Tabela 4. 4- Análise do questionário para edificações (parte 3)	98
Tabela 4. 5- Indicadores de consumo [média diária em cada mês] do PEIA	99
Tabela 4. 6- Dados de vazão de projeto e alturas de projeto	101
Tabela 4.7- Seleção do carneiro hidráulico	101
Tabela 4.8- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados	109
Tabela 4.9- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo.....	109
Tabela 4. 10-Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados com tubulação de recalque de 1/2"	112
Tabela 4. 11- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo com tubulação de recalque de 1/2"	112
Tabela 4. 12- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados com tubulação de recalque de 1 1/4".....	113
Tabela 4. 13- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo com tubulação de recalque de 1 1/4"	113
Tabela 4.14- Materiais utilizados no projeto final dos carneiros hidráulicos.....	115
Tabela 4.15- Detalhamento das BFTs	117
Tabela 4.16-Estimativa do número de horas de geração de energia utilizando a água de abastecimento	118

Tabela 4. 17- Vazão média das duchas.....	119
---	-----

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BFT – Bombas Funcionando com Turbina

CESP - Companhia Energética de São Paulo

CGH - Central Geradora Hidrelétrica

CIB – *Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction*

CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

IC – Indicador de Consumo

LEB – Laboratório de Etiquetagem de Bombas

MEE – Medidas de Eficiência Energética

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

ONU – Organização das Nações Unidas

PEIA – Parque Estadual da Ilha Anchieta

PET - Politereftalato de Etileno

PVC – Policloreto de Vinila

RPPN – Reservas Particulares do Patrimônio Natural

SUNC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

UC – Unidades de Conservação Ambiental

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

WWF - *World Wildlife Fund*

LISTA DE SÍMBOLOS

η [1] – Rendimento

C_m [m³/mês] – Consumo mensal

D_m [1] – Quantidade de dias no referido mês

E [kWh] – Energia gerada

E_R - Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p) [1]

H [m] – Altura de elevação da água

h [m] – Altura de alimentação

h_v [m] – Altura da lâmina d'água

$h_{mês}$ [h/mês] – Equivalência de horas de funcionamento da BFT

IC [L/agente consumidor *dia] – Indicador de Consumo

L_Q [m] – Comprimento da tubulação de alimentação

L_q [m] - Comprimento da tubulação de recalque

L_v [m] – Largura da boca do vertedor

n [1] – Número de indivíduos na amostra

NA [1] – Número de agentes consumidores

p - Proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria em que se está interessado em estudar [1]

P_{BFT} [kW] – Potência nominal da BFT

Q [m³/s] – Vazão

q - Proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que se tem interesse em estudar ($q=1-p$) [1]

Q_A [m^3/s] - Vazão de alimentação

Q_d [L/dia] – Vazão de demanda do PEIA

Q_{ducha} [L/s] – Vazão média da ducha

$Q_{economizada}$ [m^3/dia]– Vazão economizada

$Q_{projeto}$ [m^3/h] – Vazão de projeto

Q_v [m^3/s] – Vazão que passa pelo vertedor

q_R [m^3/s] – Vazão recalçada

R [1] – Porcentagem de aproveitamento da água em relação a h/H

t [s] – Tempo

$t_{enchimento}$ [dias]- Tempo necessário para encher o reservatório

t_{uso} [s] - Tempo de utilização de cada ducha

V [m^3] – Volume

$V_{capacidade}$ [m^3]– Capacidade do reservatório

$V_{economizado}$ [$m^3/mês$] – Volume de água economizado

V_{ducha} [L] – Volume de água gasto pela utilização da ducha

$Z_{\alpha/2}$ - Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado [1]

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1– INTRODUÇÃO	21
1.1 Objetivos	22
1.1.1 Objetivo Geral	22
1.1.2 Objetivos específicos	23
1.2 Estrutura do texto	23
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Eficiência no uso da água	25
2.2 Unidades de Conservação Ambiental	26
2.2.1 Uso de energia elétrica em UCs	28
2.2.1.1 Alternativas de geração de energia elétrica	29
2.2.2 Utilização de recursos hídricos em UCs	31
2.2.2.1 Geração de energia de origem hidráulica	31
2.2.2.2 Captação de água para abastecimento público	31
2.2.2.3 Captação de água para agricultura e irrigação	32
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	33
3.1 Caracterização da área de estudo	33
3.1.1 Abastecimento de energia elétrica no PEIA	35
3.1.1.1 Microcentral hidrelétrica	35
3.1.1.2 Sistema solar fotovoltaico	37
3.1.1.3 Central térmica a diesel	37
3.2 Disponibilidade hídrica do PEIA	38
3.2.1 Caracterização da nascente principal	39
3.2.1.1 Monitoramento do volume de água disponível na nascente principal ..	40
3.3 Reconhecimento do sistema de abastecimento de água	42

3.3.1	Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento de água	43
3.4	Aplicação de questionários para o levantamento de atividades que envolvem o uso da água	46
3.5	Determinação do indicador de consumo de água	47
3.6	Proposição e implantação de medidas de eficiência hídrica.....	49
3.6.1	Carneiros hidráulicos	49
3.6.1.1	Vantagens e desvantagens	52
3.6.1.2	Princípios de funcionamento	53
3.6.1.3	Características operacionais.....	54
3.6.1.4	Relação de pressões e vazões.....	55
3.6.1.5	Rendimento.....	55
3.6.1.6	Dimensões do carneiro hidráulico	57
3.6.1.7	Tipos de carneiros hidráulicos	58
3.6.1.7.1	Carneiro hidráulico com garrafa PET	58
3.6.1.7.2	Carneiro hidráulico tradicional.....	60
3.6.1.8	Obtenção dos dados e dimensionamento dos carneiros hidráulicos	61
3.6.1.8.1	Vazão de alimentação.....	61
3.6.1.8.2	Topografia	62
3.6.1.8.3	Determinação da vazão de recalque	63
3.6.1.8.4	Diâmetros dos tubos de entrada e saída	63
3.6.1.8.5	Comprimento dos tubos de alimentação e recalque	64
3.6.1.8.6	Cálculo do rendimento	65
3.7	Correlação entre água economizada e geração de energia elétrica local.....	69
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES		72
4.1	Monitoramento do volume de água disponível na nascente principal.....	72
4.1.1	Instalação do vertedor na nascente principal.....	72

4.1.1.1	Medidas de altura do vertedor e sua vazão	75
4.2	Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento de água	77
4.3	Análise dos questionários aplicados para o levantamento de atividades que envolvem o uso da água.....	79
4.3.1	Análise dos questionários aplicados aos funcionários.....	79
4.3.2	Análise dos questionários aplicados aos turistas	85
4.3.3	Análise do questionário para edificações	95
4.4	Determinação do indicador de consumo	99
4.5	Implantação de medidas de eficiência hídrica.....	100
4.5.1	Dimensionamento e implantação dos carneiros hidráulicos	100
4.5.2	Adequação do volume de água a ser captado na nascente principal para alimentar os tanques de abastecimento.....	116
4.6	Correlação entre água economizada e geração de energia elétrica local.....	116
4.6.1	Equivalência em horas de geração de energia hidrelétrica mensalmente	117
4.6.2	Comparação de custos com geração diesel.....	118
4.7	Outra proposta de eficiência hídrica a ser implantada.....	119
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		121
CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		123
ANEXO I.....		126

CAPÍTULO 1– INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida e indispensável para o desenvolvimento das atividades diárias da população, porém vale lembrar que este recurso natural apesar de abundante é finito e mal distribuído.

O Brasil possui 14% do recurso hídrico mundial, sendo que 80% da água doce encontram-se na Região Amazônica, mas que abastece apenas 5% da população brasileira. Os 20% restantes estão distribuídos pelo Brasil, abastecendo 95% de sua população (MOTTA, *et. al.*, 2008).

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2005) o crescimento populacional acentuado e desordenado, aliado ao aumento gradativo da demanda e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis, são os principais fatores que contribuem para o aumento do consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025, dois terços da humanidade estarão sujeitos a problemas de abastecimento. Atualmente, 20% da população mundial não têm acesso à água potável.

A escassez da água vem sendo causada pelo seu uso de maneira não racional e sustentável, levando as pessoas a estabelecerem uma nova forma de pensar e agir, com maior consciência ambiental. Empresas e órgãos públicos tem promovido ações de conservação e uso racional da água, como a implantação de programas de conservação de água para garantir o atendimento das diferentes demandas, tanto no aspecto quantitativo como no aspecto qualitativo, e motivado o desenvolvimento de novas práticas e pesquisas na área de conservação de água.

O conceito de uso racional da água está inserido nos preceitos do desenvolvimento sustentável uma vez que a busca pelo melhor uso dos recursos naturais é chave para todo o processo de sustentabilidade (RAMOS, *et. al.*, 2011).

No Brasil, a preocupação com o uso racional de água, é razoavelmente recente, tornando-se mais intensa na década de 80. No mundo, a publicação de vários trabalhos relacionados ao assunto resultou em 1995 na criação, na Universidade de São Paulo, do

Programa de Uso Racional de Água, e mais tarde, em 1999, do Pró-Água na Universidade de Campinas (SILVA, 2004).

O uso racional da água visa à otimização da demanda a partir da utilização de uma menor quantidade de água para o desenvolvimento das atividades, sem que a qualidade da mesma seja comprometida. Já o aproveitamento de fontes alternativas busca o emprego de água “menos nobre” para fins “menos nobres”, através do aproveitamento de águas de poços, águas pluviais e reuso da água.

Um estudo relacionado ao diagnóstico e proposição de técnicas de controle do consumo, minimização de desperdícios e reuso de água traz uma série de benefícios, não apenas referentes à redução de gastos, mas também à preservação do recurso natural água (OLIVEIRA, 2009).

A avaliação da melhor alternativa para o atendimento das exigências atuais é obtido pelo emprego de técnicas e tecnologias para o monitoramento do consumo e reuso da água.

A implementação do uso racional da água consiste em sistematizar as intervenções que devem ser realizadas em uma edificação, de tal forma que as ações de redução do consumo sejam resultantes de amplo conhecimento do sistema, garantindo sempre a qualidade necessária para a realização das atividades consumidoras, com o mínimo de desperdício (OLIVEIRA, 2009a).

O presente trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), localizado no município de Ubatuba, região Norte do litoral do estado de São Paulo, e teve como objetivo atuar na demanda de consumo de água, incentivando o Uso Racional por meio de ações tecnológicas e medidas eficiência de utilização dos recursos hídricos nessa região.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a área do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) na parte hídrica, levantando os dados hidrológicos e topográficos para propor soluções eficientes de utilização de água e energia nessa região.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar uma auditoria hídrica detalhada no PEIA, para caracterização e quantificação dos recursos hídricos disponíveis;
- Entrevistar funcionários do parque, pesquisadores e turistas, para identificação dos hábitos de consumo de água nas dependências da Unidade de Conservação;
- Determinação de um indicador de consumo dos recursos hídricos do parque;
- Propor medidas de eficiência hídrica com base nas informações coletadas;
- Implementar as medidas de eficiência escolhidas, dentre elas: instalação de um sistema de carneiros hidráulicos para reaproveitamento energético da água;
- Relacionar a economia de água com a geração de energia por fonte hidráulica e diminuição da geração de energia por fonte térmica, ocasionando em redução de gastos com combustíveis.

1.2 Estrutura do texto

O trabalho está dividido em seis capítulos. O capítulo 1 é composto pela introdução, onde é apresentado o tema do trabalho; justificativa, explicando o motivo da realização desta dissertação; objetivos, que se dividem em objetivo geral e objetivos específicos, sendo que este último apresenta metas a serem cumpridas a fim de que se realize o objetivo geral e; estrutura do texto. O capítulo 2 é a revisão bibliográfica, apresentando os conceitos necessários ao entendimento do trabalho. O capítulo 3 é formado pela metodologia, que se divide apresentando primeiramente a área de estudo e também explicando como foi realizada cada etapa do trabalho. O capítulo 4 compreende os resultados e discussões do trabalho, onde todos os resultados são apresentados e

comentados. O capítulo 5 apresenta as conclusões finais, encerrando-se a dissertação. O capítulo 6 são as referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Eficiência no uso da água

Um dos grandes desafios atuais da sociedade é criar alternativas para utilizar racionalmente os recursos naturais, dentre eles, a água. Para tanto, é comum utilizar-se termos como “uso racional” ou “desenvolvimento sustentável” (RAMOS *et al*, 2011).

A definição de uso racional da água está relacionada a otimização em busca do menor consumo, mantidas as atividades consumidoras (GONÇALVES, 2002). De acordo com *Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB,2000), desenvolvimento sustentável é o “desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades”.

O uso racional engloba a minimização dos desperdícios (por perda ou uso excessivo) e a maximização da eficiência do uso, sendo que, essa maximização se dá pela utilização de uma menor quantidade de água para realização das atividades, porém sem comprometer sua qualidade. Esse objetivo pode ser atingido tanto em função de características dos equipamentos quanto em função do nível de conscientização do usuário (SILVA, 2004).

De acordo com Oliveira¹ (1999) apud Silva (2004) as soluções adotadas para se realizar o desenvolvimento sustentável na utilização da água podem ser divididas em três níveis sistêmicos:

- Macro: Sistemas hidrográficos;
- Meso: Sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário;
- Micro: sistemas prediais.

¹ OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M.; GRAÇA, M. E. A. *Water Loss control and efficient components in water conservation programs in buildings*. In 25TH CIB W62 INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Edinburgh, Scotland, 1999. *Anais*. Edinburgh, Scotland. 1999. 11p.

Dentre as ações do nível macro estão gerenciamento por bacia hidrográfica, outorga pelo uso da água, aplicação do princípio poluidor pagador, cobrança pelo uso da água, desocupação de áreas de mananciais, despoluição, redução da poluição e proteção de águas subterrâneas.

As ações do nível meso se destacam pelas perdas por vazamentos e por falhas na medição da água consumida em rede, representando uma fonte de desperdícios.

Gonçalves (2004) apresenta os seguintes conceitos para o nível micro:

Uso racional (ênfase na demanda): “Otimização em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras”, sendo fontes de pesquisa os indicadores de consumo e demanda de água, redução de perdas, sistemas e equipamentos economizadores e otimização dos sistemas hidráulicos.

Conservação da água (ênfase na demanda e na oferta): “Otimização da demanda somada ao uso de ofertas alternativas de água, empregando água ‘menos nobre’ para fins ‘menos nobres’”, tendo como frente de pesquisas a oferta de fontes alternativas de água, aproveitamento de água de poços, o aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas.

No presente trabalho, será abordado o nível micro e as ações enfatizadas são as de uso racional da água apresentando-se ações de conservação da água, em uma unidade de conservação ambiental.

2.2 Unidades de Conservação Ambiental

De acordo com a Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, entende-se por unidades de conservação ambiental (UCs) “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”. Em fevereiro de 2014, segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, o Brasil possuía 313 UCs federais, 324 estaduais e 709 Reservas Particulares do

Patrimônio Natural (RPPNs), correspondendo a aproximadamente 18% do território nacional.

As UCs são divididas, pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SUNC), em dois grandes grupos (*World Wildlife Fund -WWF, 2008a*):

- Unidades de Conservação de Proteção Integral: Visam preservar a natureza em áreas com pouca ou nenhuma ação humana, onde não se permite a utilização direta de recursos naturais. São subdivididas em 5 categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre.
- Unidades de Conservação de Uso Sustentável: associam a conservação da natureza à utilização controlada dos recursos naturais. São subdivididas em 7 categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O objetivo de criação das RPPNs é a conservação da diversidade biológica. Elas são criadas em áreas que possuem valor para a proteção da biodiversidade, importantes aspectos paisagísticos ou ainda características ambientais que justifiquem ações de recuperação capazes de promover a conservação de ecossistemas frágeis ou ameaçados. Somente proprietários de terras, entre eles pessoas físicas, jurídicas, entidades civis ou religiosas podem requerer o reconhecimento total ou de parte de suas propriedades, não havendo limites de tamanho máximo ou mínimo. Em uma RPPN é permitido pesquisa científica, ecoturismo e educação ambiental (*WWF, 2008b*).

A importância das UCs está diretamente relacionada a regulação da quantidade e qualidade de água para consumo, fertilidade dos solos e estabilidade das encostas (relevo), equilíbrio climático e manutenção da qualidade do ar, alimentos saudáveis e diversificados, base para produção de medicamentos para doenças atuais e futuras, áreas verdes para lazer, educação, cultura e religião, fornecer matéria-prima para tudo o que se possa imaginar. Outro aspecto positivo é o fato de que as UCs promovem a geração de renda e estimulam o desenvolvimento regional e local, apoiando programas de turismo sustentável, criação de cooperativas de ecoprodutos, além de incentivarem atividades de pesquisa científica e processos educativos (*WWF, 2008a*).

Os parques são um tipo de UC que tem como objetivo básico, segundo a Lei N° 9.985, “preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de

atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico”. Em 1937, no Brasil foi criado o primeiro parque nacional, o de Itatiaia (WWF, 2008a). O presente trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), localizado em Ubatuba- SP.

2.2.1 Uso de energia elétrica em UCs

A implementação e manutenção de UCs depende de uma série de recursos, sejam eles, financeiros, físicos ou humanos, incluindo a energia elétrica (VILANOVA; VIANA, 2009). Segundo o Ministério do Meio Ambiente -MMA- (2009), a infraestrutura básica de um parque (prédios e benfeitorias) pode ser caracterizadas nos seguintes componentes:

Prédios administrativos: locais de atuação de funcionários do parque, incluindo escritórios, oficinas, cozinhas, etc;

- Centros de uso múltiplo: locais onde são realizadas atividades além das administrativas, incluindo alojamentos para visitantes e pesquisadores, laboratórios, centros de serviços, sanitários, etc;
- Centros de visitantes: locais destinados à recepção de visitantes, onde estes podem obter informações e participar de atividades programadas no parque;
- Trilhas: vias que permitem acesso dos visitantes aos atrativos naturais do parque.

No Brasil, os parques podem se localizar em lugares com características distintas: florestas equatoriais na Amazônia, regiões serranas no Sudeste e no Sul, semi-áridos no Nordeste, ilhas no litoral, dentre outros. Essas características determinam diferentes necessidades energéticas (Vilanova; Viana, 2009).

O suprimento das necessidades energéticas de um parque pode ser realizado através da extensão de redes interligadas ou por sistemas de geração isolados, está relacionado à sua localização geográfica.

Outro aspecto essencial à energia em UCs é o seu uso final, passível de medidas de efficientização. Usar de maneira eficiente a energia elétrica consiste em obter um determinado efeito útil (iluminação, aquecimento, resfriamento, etc) com um menor consumo energético, gerando repercussões positivas em termos econômicos, ambientais

e sociais culturais (Vilanova; Viana, 2009). As medidas de eficiência energética (MEE) – hábitos de uso de equipamentos mais eficientes - só são implementadas quando comprovada a viabilidade econômica, ou seja, o custo de implantação da MEE é menor que o custo da energia cujo uso é evitado (Ministério de Minas e Energia- MME, 2007).

2.2.1.1 Alternativas de geração de energia elétrica

A autoprodução de energia em cada unidade de preservação é determinada, de acordo, com a disponibilidade dos recursos naturais.

A Tabela 2. 1 compara opções tecnológicas para geração isolada em localidades rurais (USAID, 2008):

Tabela 2. 1- Opções de geração de energia em localidades rurais

Sistema	Descrição geral
Fotovoltaico	Maior custo inicial. O sistema inclui painéis fotovoltaicos, baterias, inversores, controladores de carga e equipamentos de carga de controle.
Hidrelétrico	Baixo custo inicial. A queda de água se converte em energia elétrica com uma micro turbina hidráulica, um gerador, um controlador de carga e fiação de distribuição.

Eólico	Menos caro do que fotovoltaico, mas com uma maior manutenção. Usa baterias para armazenamento de energia. Turbinas mais adequada para ecoturismo estão na faixa de 500-5000 watt.
---------------	---

Fonte: USAID (2008)

Em localidades isoladas havendo potencial hidráulico, as micro centrais hidrelétricas, com uma produção inferior a 5kW, são uma opção de ótimo custo benefício para eletrificação. Apesar do fato de que cada potencial de geração é único, há a possibilidade de se utilizar equipamentos padronizados e abordagens de baixo custo para o projeto (Williams; Simpson, 2009).

Saheb-Koussa, Haddadi e Belhamel (2009) analisaram o uso de sistemas híbridos Diesel/fotovoltaico/eólico e apresentaram como vantagens da combinação o potencial de armazenamento de energia e a redução da quantidade de ciclos de partida dos geradores diesel, influenciando no consumo de combustível.

De acordo com Kaldellis et al. (2009) é importante otimizar a capacidade de armazenamento de energia, considerando as condições locais de consumo e insolação, tornando a utilização de sistema fotovoltaico competitivo e viável em ambientes insulares.

Estudos feitos por Krundieck e Hamm (2009) relatam que poucos projetos de geração isolada, baseados em fontes renováveis, são concebidos para operar continuamente (24 horas por dia); nesses casos, a maioria das vezes é utilizada a fonte hidráulica, associada, por exemplo, a baterias para armazenamento de energia solar.

2.2.2 Utilização de recursos hídricos em UCs

Grande parte das áreas protegidas do mundo foi criada com o intuito de assegurar as condições dos mananciais hídricos, para que, esses atendam, de maneira satisfatória, os principais usos humanos, como abastecimento público, agricultura e geração de energia. No Brasil, muitas unidades de conservação cumprem esse papel, como o Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais, que tem usinas hidrelétricas localizadas em seu entorno, ou Parque Estadual da Cantareira, em São Paulo, responsável por suprir as necessidades hídricas de 46% da população da região metropolitana (WWF, 2008a).

Estudos de Medeiros et al. (2011) avaliaram a contribuição das unidades de conservação na produção e conservação dos recursos hídricos, analisando três tipos de usos da água: geração de energia, captação para abastecimento humano e captação para irrigação.

As unidades de conservação estabelecem um meio importante para garantir a oferta de água atual e futura, em quantidade e qualidade, para os diversos usos da sociedade.

2.2.2.1 Geração de energia de origem hidráulica

Dos 120,6 GW de potência provenientes de fontes hidrelétricas em operação, construção e outorgadas, no Brasil, 96,9 GW (80,3%) são gerados por fontes hidrelétricas situadas a jusante de unidades de conservação federais, recebendo contribuição destas através do rio principal ou de seus tributários (MEDEIROS et al., 2011).

2.2.2.2 Captação de água para abastecimento público

Segundo dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), cruzados com a localização das unidades de conservação federais, no estudo feito por Medeiros et al. (2011), cerca de 34,7% do volume anual não sazonal de

captação de água são provenientes de fontes de captação localizadas dentro ou a jusante de unidades de conservação federais.

2.2.2.3 Captação de água para agricultura e irrigação

As unidades de conservação federais contribuem para a proteção de cerca de 4% da água utilizada para agricultura e irrigação. Do volume anual não sazonal de captação de água, de cerca de 12 bilhões de m³, aproximadamente 463 milhões de m³ são captados dentro ou a jusante de unidades de conservação (MEDEIROS et al., 2011).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

A metodologia do trabalho desenvolvido está estruturada em 7 etapas, cuja descrição é efetuada nos itens seguintes:

- a) Caracterização do local de estudo;
- b) Identificação das fontes hídricas e monitoramento remoto do volume de água disponível, durante um período de n meses;
- c) Detecção de perdas de água e medição dos volumes perdidos;
- d) Aplicação de questionários para o levantamento de atividades que envolvem o uso da água, de forma a identificar aquelas que envolvem o maior desperdício desse insumo;
- e) Determinação do indicador de consumo a partir dos dados obtidos com a aplicação dos questionários;
- f) Proposição e implantação de medidas de eficiência hídrica, dentre elas, instalação de carneiros hidráulicos;
- g) Relacionar volume de água economizado com a geração elétrica local, no que tange a redução do consumo/despesas com óleo Diesel, maior autonomia e segurança energética (menor dependência de combustíveis).

3.1 Caracterização da área de estudo

De acordo com a determinação da Lei Federal nº 9.985, de 18/07/2000, o Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) é uma Unidade de Conservação Ambiental do Grupo de Proteção Integral. Situa-se na parte norte do litoral do estado de São Paulo, no município de Ubatuba. O acesso ao parque se dá por via marítima, partindo-se do píer Saco da Ribeira, na Baía do Flamengo, do qual dista 8 quilômetros (Figura 3. 1).



Figura 3. 1- Localização do Parque Estadual da Ilha Anchieta

Fonte: Google Earth (2014)

A Unidade de Conservação (UC) possui cerca de 22.600m² de zona de banho, sete praias com extensão total de cerca de 2 km, cinco trilhas terrestres com extensão total de 3,6km, uma trilha subaquática de 350 m, 2,4 ha de caminhos e áreas verdes acessíveis.

A topografia da Ilha Anchieta é montanhosa com relevo bastante acidentado, predominando declividades superiores a 24°. As declividades inferiores a 6° prevalecem, principalmente, junto à praia Grande. As declividades intermediárias ocupam setores pouco expressivos, correspondendo aos fundos de vale e aos topos aplainados.

Na Ilha Anchieta, até a década de 50, funcionava a Unidade Correcional da Ilha Anchieta, um presídio com cerca de quatrocentos detentos. Em 1952 houve uma rebelião com muitas mortes, de presos e soldados da guarda. No ano de 1955 o presídio foi desativado. A ilha ficou praticamente abandonada até que em 1977 foi criado o Parque Estadual, subordinado a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e ao Instituto Florestal, órgãos do Governo do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 2009b).

O parque conta com 3.595m² de área construída, divididas em: sete alojamentos, prédio da administração, museu, capela, sanitários públicos, cozinha comunitária, quiosques.

Atualmente, trata-se de uma das UC mais visitadas do Estado de São Paulo, com estimativa de 80.000 visitantes ao ano, tendo sido definida a capacidade de carga como

1.020 pessoas ao dia, que depois de uma breve palestra sobre a ilha podem visitar o antigo presídio, conhecer as trilhas ecológicas e aproveitar as praias. O efetivo do parque conta com 20 funcionários, dentre pessoal administrativo, monitores turísticos, serviços gerais e seguranças. O maior consumo de água no parque ocorre pela utilização das duchas para banho de turistas.

3.1.1 Abastecimento de energia elétrica no PEIA

Em virtude de o continente ser distante, não existe um suprimento regular por uma concessionária de eletricidade, a energia elétrica consumida no PEIA é totalmente gerada na ilha. O sistema de geração de energia elétrica é híbrido, composto por uma microcentral hidrelétrica, sistema solar fotovoltaico e gerador Diesel.

3.1.1.1 Microcentral hidrelétrica

Esta consiste de 3 bombas funcionando como turbina (BFT) de 2 kW, 4 kW e 6 kW que operam de acordo com a disponibilidade de água. Conduto forçado de tubos de aço galvanizado com diâmetro nominal de 4", comprimento próximo de 85 m e a altura de queda bruta de 69 m. Um reservatório elevado com volume útil de cerca de 820 m³, abastecido por pequenos contribuintes situados em bacia de captação com aproximadamente 0,33 km².

A linha de transmissão é trifásica do tipo externa e subterrânea, constituída por cabos isolados contidos em eletrodutos enterrados, devidamente protegidos contra umidade e esforços mecânicos. Seu comprimento é 250m. Portanto, nesta central não foi necessário à utilização de transformadores. A rotação da turbina é mantida constante pelo regulador de carga eletro-eletrônico, que proporciona melhor qualidade da energia gerada.

Atualmente, a central encontra-se em operação sendo um dos únicos obstáculos de funcionamento a escassez de água no local (Figura 3.2).



Casa de máquinas



Conduto Forçado



Grupos Geradores



Painel de comando e proteção

Figura 3.2- Componentes da microcentral hidrelétrica

3.1.1.2 Sistema solar fotovoltaico

O sistema solar fotovoltaico do PEIA foi instalado em 1999, através do Projeto Eldorado da Companhia Energética de São Paulo (CESP). Atualmente o sistema se encontra ineficiente, sendo o principal problema a incapacidade de armazenamento devido à deterioração das baterias.

Tal sistema possui composição tradicional, incluindo placas solares, baterias (Figura 3.3), controladores de carga e inversores. O sistema faz a conversão direta da energia solar em energia elétrica. A energia elétrica é gerada em corrente contínua, e armazenada em baterias do tipo chumbo-ácido. Posteriormente, por meio de inversores, é transformada em corrente alternada em uma tensão de 127 ou 220 V. Existem diversos sistemas isolados, normalmente um para unidade ou residência. Em alguns casos, por exemplo, na Hospedaria, o fornecimento se dá em corrente contínua em 24 V. No entanto, em todos os casos a distribuição interna é feita por meio de redes independentes, isto é, a energia de fonte solar não se “mistura” com a energia de outras fontes (hidrelétrica ou térmica a diesel).



Figura 3.3- a) Painéis fotovoltaicos instalados



b) Banco de baterias

3.1.1.3 Central térmica a diesel

O parque possui um gerador diesel de 80 kVA, operando com tensão trifásica de 220 V (Figura 3.4). Não existem equipamentos que permitam sincronismo e o funcionamento em paralelo entre os geradores diesel e entre os demais sistemas de geração de energia elétrica. Considerando o consumo do parque constata-se que o gerador diesel está sobredimensionado, fazendo com que opere com baixo rendimento.

Para o aquecimento de água, em algumas geladeiras e para cocção de alimentos utiliza-se o gás liquefeito de petróleo (GLP), podendo ser considerado, portanto, um combustível substituto da energia elétrica.

A administração do Parque Estadual prioriza o uso das fontes energéticas renováveis, pois tem a intenção de divulgar e disseminar o uso desse tipo de energia, além dos custos dos combustíveis e da logística de transporte.



Figura 3.4- Central de geração diesel

3.2 Disponibilidade hídrica do PEIA

Foram identificadas no PEIA duas nascentes sendo que, a primeira é responsável pelo abastecimento das caixas d'água dos alojamentos e do reservatório, que acumula água para geração da microcentral hidrelétrica. Na segunda nascente a água é utilizada para rega de horta e jardim.

O presente estudo foi realizado apenas com a primeira nascente, a qual foi chamada de nascente principal, visto que, a segunda nascente na época de estiagem praticamente desaparece, segundo relatos de funcionários do parque.

3.2.1 Caracterização da nascente principal

Como dito anteriormente, essa nascente é responsável pelo abastecimento de água da Ilha e pelo enchimento do reservatório (Figura 3.5).

A Ilha possui distribuída entre seus pavimentos 6 caixas d'água de 1000L e 6 de 500L. A água desviada da nascente é inicialmente armazenada em tanques de concreto, que por sua vez, abastece as caixas d'água. Essa água é utilizada pelos funcionários para beber, cozinhar, descarga de banheiros e banho. De acordo com relato de funcionários, uma vez que a caixa d'água está cheia essa água é utilizada em até 3 dias.

A água armazenada nos tanques também é utilizada em duchas para banho rápido de turistas.

O restante da água que não é desviada para o abastecimento vai para o reservatório. O reservatório, na cota máxima, tem uma área de 820 m². Considerando-se a depleção máxima, a forma do fundo do lago, estima-se um volume útil de cerca de 1100 m³. No entanto, devido às condições de assoreamento, utiliza-se um fator de segurança mais elevado e adota-se o valor de 600 m³ para o volume útil do reservatório.



Figura 3.5- a) Captação de água para consumo

b) Enchimento do reservatório

3.2.1.1 Monitoramento do volume de água disponível na nascente principal

Para quantificar a vazão fornecida pela nascente principal, procurou-se instalar um vertedor retangular com contração lateral e de parede delgada, a montante do ponto de captação de água para abastecimento.

Vertedores são aberturas ou entalhes na parte superior de uma parede, através dos quais o líquido escoar. Sua principal utilização é na medição de vazão das canalizações abertas e no controle do escoamento em galerias e canais. É de fácil instalação e o funcionamento é independente de fonte de energia, garante uma medição de confiança além de apresentar baixo custo de confecção.

A medição de vazão através do vertedor retangular com contrações laterais é realizada por meio da medição da altura h_v da lâmina d'água. Além disso, a vazão está relacionada com a largura L_v da boca do vertedor, conforme mostrado na Figura 3.6.

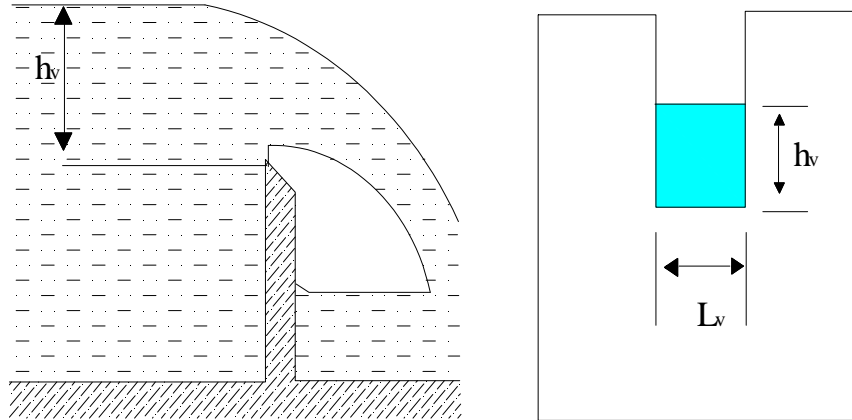


Figura 3.6- Vertedor retangular de parede delgada

Sabendo-se os valores de L_v e h_v , utiliza-se a Equação 3.1 para determinar a vazão (NETTO, 1998).

$$Q_v = 1,838 \cdot \left(L_v - \frac{2 \cdot h_v}{10} \right) \cdot h_v^{3/2} \quad (3.1)$$

Onde:

Q_v – Vazão que passa pelo vertedor [m^3/s];

L_v - Largura da boca do vertedor [m];

h_v - Altura da lâmina d'água [m].

Devido à depressão (abaixamento) da lâmina vertente junto ao vertedor, a altura h_v deve ser medida a montante a uma distância aproximadamente igual ou superior a $5 h_v$ (NETTO, 1998).

3.3 Reconhecimento do sistema de abastecimento de água

O sistema de abastecimento capta água na nascente principal, a montante do reservatório da central hidrelétrica, e por gravidade alimenta um sistema composto de 3 tanques de concreto (Figura 3. 7).

Antigamente, esses tanques eram utilizados como filtros de areia, responsáveis por um pré-tratamento da água captada. Atualmente, eles servem apenas para armazenamento de água sendo que, o primeiro deles encontra-se desativado.

A água chega ao conjunto de tanques e é direcionada para dois deles, sendo que de um desses segue-se para outro menor antes de ir para o destino final, enquanto que a água do outro tanque vai diretamente para os prédios.

A capacidade dos tanques é de 17 m³, os dois maiores e, 6 m³ o tanque menor.

O primeiro tanque não possui proteção, o segundo possui uma tampa de concreto e, o terceiro, responsável por distribuir à água as caixas d'água do PEIA, possui uma tampa de madeira. Nota-se também que neste tanque há um “ladrão”, responsável por eliminar o excesso de água, caracterizando-se assim um desperdício de água nesse local.

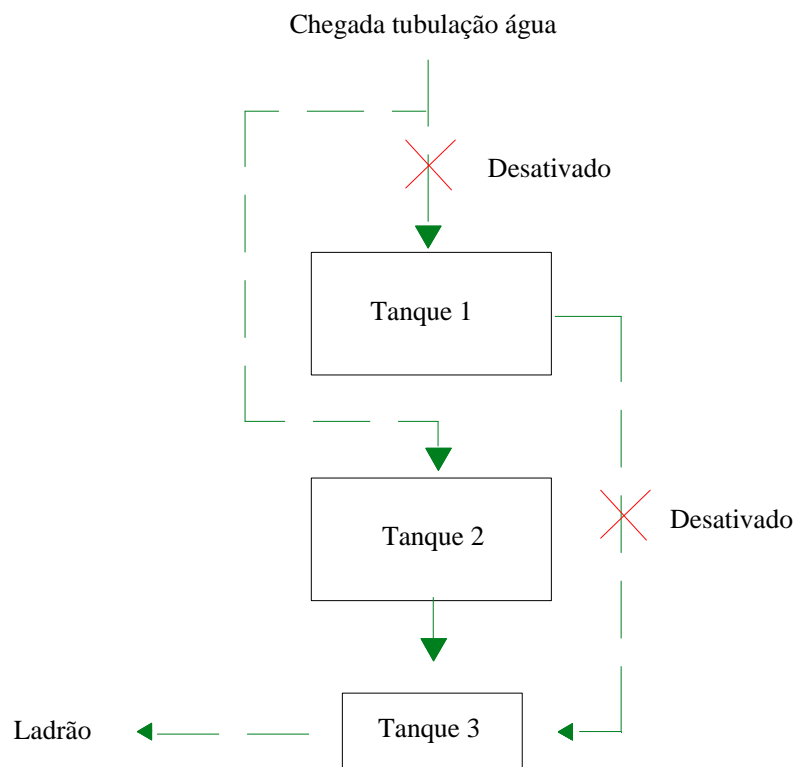


Figura 3. 7- Esquema de funcionamento dos tanques de abastecimento de água

3.3.1 Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento de água

A vazão captada na nascente e transportada pela tubulação pode ser considerada constante uma vez que as condições físicas e de perdas de carga desde a entrada até o final da tubulação são mantidas constantes, sendo que, para garantir o nível constante e afogamento da captação da água foi construída uma soleira, como pode ser visto na Figura 3. 8.

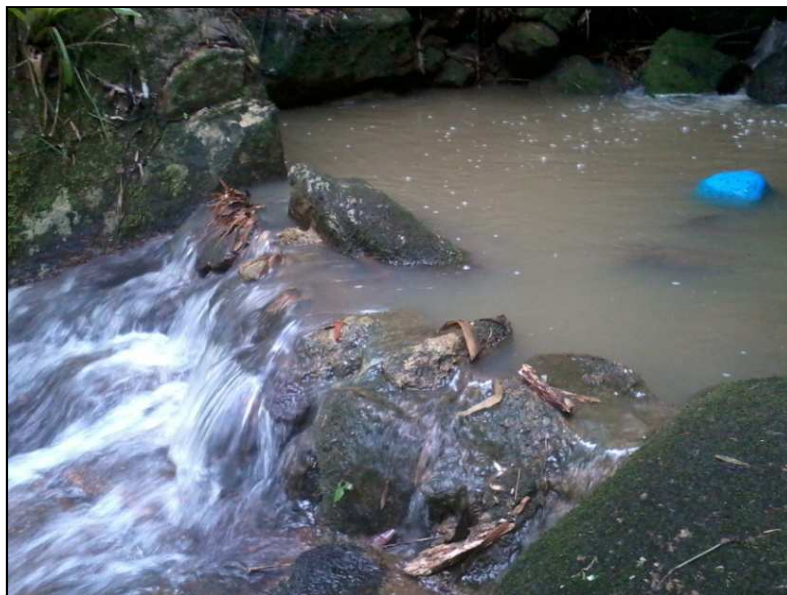


Figura 3. 8- Soleira de rocha construída para garantir nível constante da captação

O método utilizado para medir a vazão captada para o abastecimento da Ilha foi o volumétrico. Este método consiste em empregar um recipiente de volume conhecido e com um cronômetro marcar o tempo necessário para o enchimento do recipiente, como mostra a Equação 3.2.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.2)$$

Onde:

Q- Vazão [m³/s];

V- Volume [m³];

t- Tempo [s].

No caso em questão utilizou-se um recipiente de 13 litros (Figura 3. 9), devidamente graduado e calibrado. A calibração do recipiente foi realizada no Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB), localizado na Universidade Federal de

Itajubá (UNIFEI), com o auxílio de uma proveta com capacidade de 1L. O procedimento realizado foi o de encher a proveta com água até sua capacidade máxima e despejar o líquido no recipiente a ser calibrado, a cada litro despejado no recipiente fazia-se sua graduação.

As medidas de vazão foram feitas na chegada da tubulação aos tanques, em diferentes épocas do ano e sempre medidas em triplicata para garantir maior confiabilidade.



Figura 3. 9- Recipiente graduado e calibrado utilizado na medição de vazões

A fim de quantificar o volume de água perdido nos tanques de abastecimento e propor medidas para diminuir o desperdício, em todas as vezes que se mediu a vazão de chegada aos tanques de abastecimento foi-se também medida a vazão perdida pelo ladrão (Figura 3. 10).



Figura 3. 10- Medidas de vazão perdida pelo ladrão

3.4 Aplicação de questionários para o levantamento de atividades que envolvem o uso da água

A fim de conhecer e identificar os hábitos de consumo hídrico do parque foram aplicados questionários, disponíveis no Anexo I, devidamente elaborados em função do público a ser entrevistado.

Foram elaborados três tipos de questionários, sendo eles:

- Questionários para os funcionários: Foi elaborado com intuito de identificar os hábitos de consumo dos mesmos, assim como, em que atividades ocorrem à falta ou desperdício de água. Os questionários foram aplicados a 100% dos funcionários do parque;
- Questionários para os visitantes: Foi elaborado com intuito de identificar os hábitos de consumo dos mesmos. A determinação do tamanho da amostra para aplicação dos questionários foi calculada com base na estimativa da proporção populacional. A fórmula para cálculo do tamanho da amostra para uma estimativa confiável da proporção populacional (p) é dada pela Equação 3.3 (TRIOLA, 1999):

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{E_R^2} \quad (3.3)$$

Onde:

n- Número de indivíduos na amostra [1];

$Z_{\alpha/2}$ - Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado [1];

p- Proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria em que se está interessado em estudar [1];

q- Proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que se tem interesse em estudar ($q=1-p$) [1];

E_R - Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p) [1];

- Questionário para edificações: Foi elaborado com o intuito de entrevistar um responsável do parque, a fim de se obter dados característicos de consumo de cada edificação.

Os dados coletados nos questionários foram inseridos em um banco de dados desenvolvido exclusivamente para este projeto de pesquisa, de forma a possibilitar a realização das análises posteriores.

3.5 Determinação do indicador de consumo de água

O indicador de consumo a ser utilizado para avaliar a demanda de água no PEIA é o consumo diário de água por leito funcionante, determinado, segundo Oliveira (1999), pela Equação 3.4:

$$IC = \frac{C_m \cdot 1000}{NA \cdot D_m} \quad (3.4)$$

Onde:

IC – Indicador de consumo [L/agente consumidor* dia];

C_m – Consumo mensal [m³/mês];

NA – Número de agentes consumidores [1];

D_m – Quantidade de dias no referido mês [1].

O período de atividades utilizado no cálculo do indicador de consumo varia em função da tipologia do edifício. Assim, no caso do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estão em atividade permanente.

O cálculo de tal indicador será baseado na média do consumo mensal de água no período de um ano, obtido através da aplicação dos questionários, e do número de pessoas presentes no parque no referido mês.

Após, calculado o índice de consumo do parque e levando em consideração que no ultimo verão foi definido pelo gestor do PEIA que a capacidade máxima diária de visitantes é de 1020 pessoas e que são 20 os funcionários do parque, pode-se então calcular a estimativa de demanda de vazão diária no PEIA, a partir da Equação 3.5.

$$Q_d = IC * NA \quad (3.5)$$

Onde:

Q_d – Vazão de demanda do PEIA [L/dia];

IC - Indicador de consumo [L/agente consumidor* dia];

NA – Número de agentes consumidores [1].

3.6 Proposição e implantação de medidas de eficiência hídrica

As medidas de eficiência hídrica propostas e implantadas serão basicamente duas: A primeira será a instalação de dois carneiros hidráulicos, idênticos, operando em paralelo ou isolado, aproveitando água proveniente de uma subnascente que constantemente, por meio de uma ducha, é desperdiçada no canal de fuga da central hidrelétrica. Por ser água de boa qualidade, a água captada pelos carneiros hidráulicos será enviada para os tanques responsáveis pelo abastecimento do PEIA. A segunda medida de eficiência será o ajuste do volume de água captado na nascente principal, cessando a perda que ocorre, pelo ladrão, nos tanques de abastecimento e, com isso permitir que maior volume de água seja acumulado no reservatório da central hidrelétrica e conseqüentemente mais energia seja gerada no parque.

3.6.1 Carneiros hidráulicos

O carneiro hidráulico é um aparelho utilizado para bombear água, alimentado apenas pela energia potencial. Sua construção é simples e robusta constituída de duas partes móveis, sendo um investimento barato e livre de poluição (YOUNG, 1995² apud ROJAS, 2002).

O principio do carneiro hidráulico foi descoberto por acaso na Inglaterra no século XVIII quando instalaram uma caixa d'água para abastecer só os andares de baixo do prédio, uma vez que a pressão da água que entrava não era suficiente para fazer a água atingir os andares mais altos. Esse sistema não era dos mais eficientes, pois sempre

² Young, B. W. *Design of the hydraulic ram pump systems. Proc. Instn Mech. Engrs.* V. 209,p.313-322,1995.

que se fechava uma torneira o sistema não aguentava e o encanamento se rompia. O encanador teve a ideia de colocar um tubo vertical antes da torneira, com a finalidade de chegar aos andares superiores com seu final em um tanque aberto. Sempre que se fechava a torneira bruscamente um pouco de água chegava ao tanque aberto, assim acumulando água suficiente para abastecer os andares superiores (VIDAL, 1978).

Essa ideia é a essência do carneiro hidráulico, que aproveita ondas de choque para transformar a energia de movimento da água em diferença de nível, para elevar uma massa de água até acima do nível de onde ele provém (VIDAL, 1978).

Inventado pelo Inglês John Whitehurst em 1772, com a necessidade de um operador para fazê-lo funcionar, o carneiro hidráulico é também chamado de bomba aríete hidráulico, balão de ar. Essa invenção foi aprimorada pelos irmãos Montgolfier, sendo automatizada em 1796 (MAEDA, 2010).

Na versão dos irmãos Montgolfier (Figura 3.11), o fluxo de água faz rolar a esfera de ferro ao longo da tubulação e sobe a curva até bloquear a saída da água, permitindo um incremento da pressão da água detrás da esfera, o qual impulsiona a água através da válvula de um só sentido. A pressão desce e a esfera de ferro retorna para o ponto de início do ciclo (ROJAS, 2002).

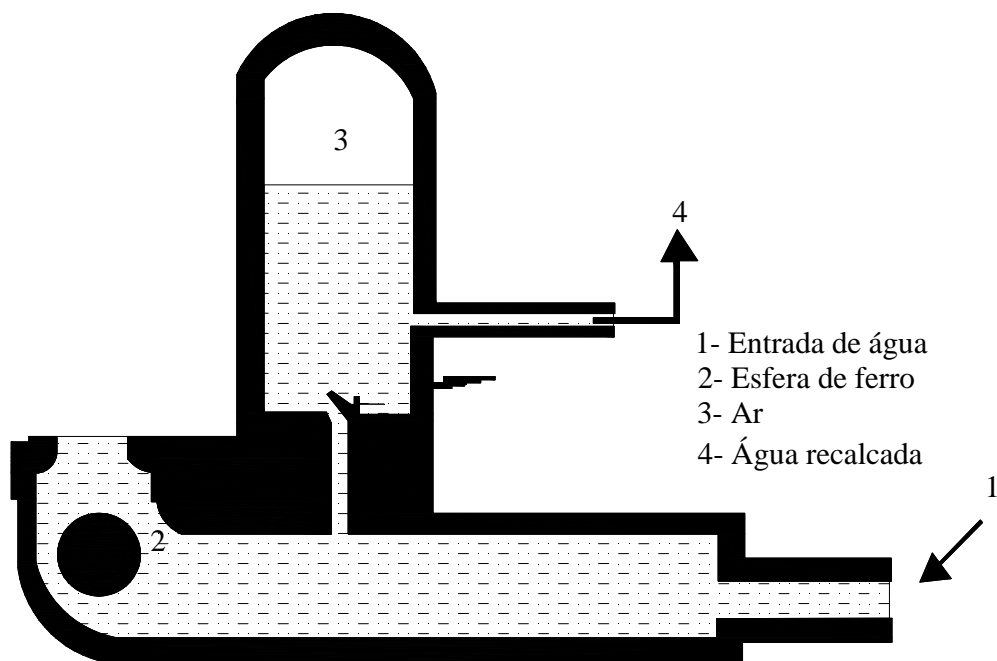


Figura 3.11-Carneiro hidráulico original dos irmãos Montgolfier

Fonte: Adaptado de Rojas (2002)

O carneiro hidráulico pode ser construído ou adquirido pronto no mercado. Seu sistema (Figura 3.12) consiste em um tanque elevado de alimentação, tubulação de alimentação, válvulas de escape e recalque, câmara de ar e a tubulação de recalque. A câmara de ar tem como função armazenar a pressão acumulada pelo golpe de aríete e impulsionar a água para tubulação de recalque.

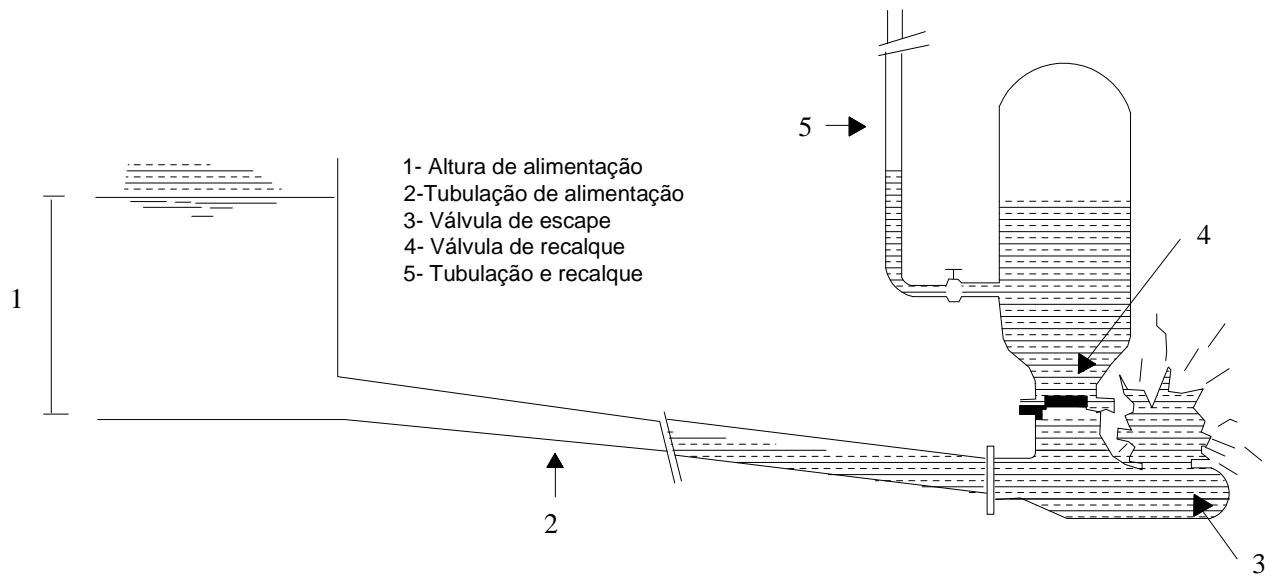


Figura 3.12- Instalação do carneiro hidráulico

Fonte: Adaptado de Rojas (2002)

Durante o ciclo do carneiro hidráulico ocorrem as seguintes transformações de energia:

- Quando a válvula de escape se abre: energia potencial em energia cinética;
- Quando a válvula de escape se fecha: energia cinética em energia de pressão;
- Quando o ar empurra a água e esta se eleva no tubo de recalque: energia de pressão em energia potencial.

3.6.1.1 Vantagens e desvantagens

Algumas vantagens do carneiro hidráulico são (ABATE; BOTREL, 2002):

- Baixo custo de aquisição;
- Pode ser instalado no tempo, sem necessidade de casa de máquina;
- Não precisa de filtro;
- Seu acionamento não necessita de energia externa;
- Pode funcionar 24 horas por dia;
- O bombeamento é feito sem emissão de poluentes ou gases;
- Energia de alimentação é livre e renovável;
- Não utiliza motor;
- Baixo custo de operação.

Dentre as desvantagens, tem-se (ABATE; BOTREL, 2002):

- Eficiência é determinada pelas condições locais;
- O golpe de Aríete transmite ruído;
- Apenas uma fração da água que alimenta o sistema é bombeada, sendo o restante descartado (há muita perda de água).

3.6.1.2 Princípios de funcionamento

O acionamento do carneiro hidráulico (Figura 3.13) se dá pela abertura da válvula de escape (2), permitindo que a água desça pela tubulação de alimentação (1). A válvula de escape se fecha devido ao empuxo, de modo que pare bruscamente o escoamento pelo tudo de alimentação, o que provoca a elevação da pressão (Golpe de Aríete), fazendo com que a válvula de recalque (3) se abra e a água penetre na campânula (4) (DENÍCULI, 1992). O ar contido no interior da campânula se comprime provocando resistência à entrada da água, até que a pressão no interior fique um pouco superior e provoque o fechamento da válvula de recalque. Impedida de retornar ao corpo do carneiro, a água contida no interior da campânula é direcionada para o tubo de recalque (5) (TIAGO FILHO; VIANA, 2002). A pressão no interior do tubo de alimentação se alivia e associada à onda de pressão negativa que segue faz com que a válvula de escape se abra, fechando o ciclo (DENÍCULI, 1992).

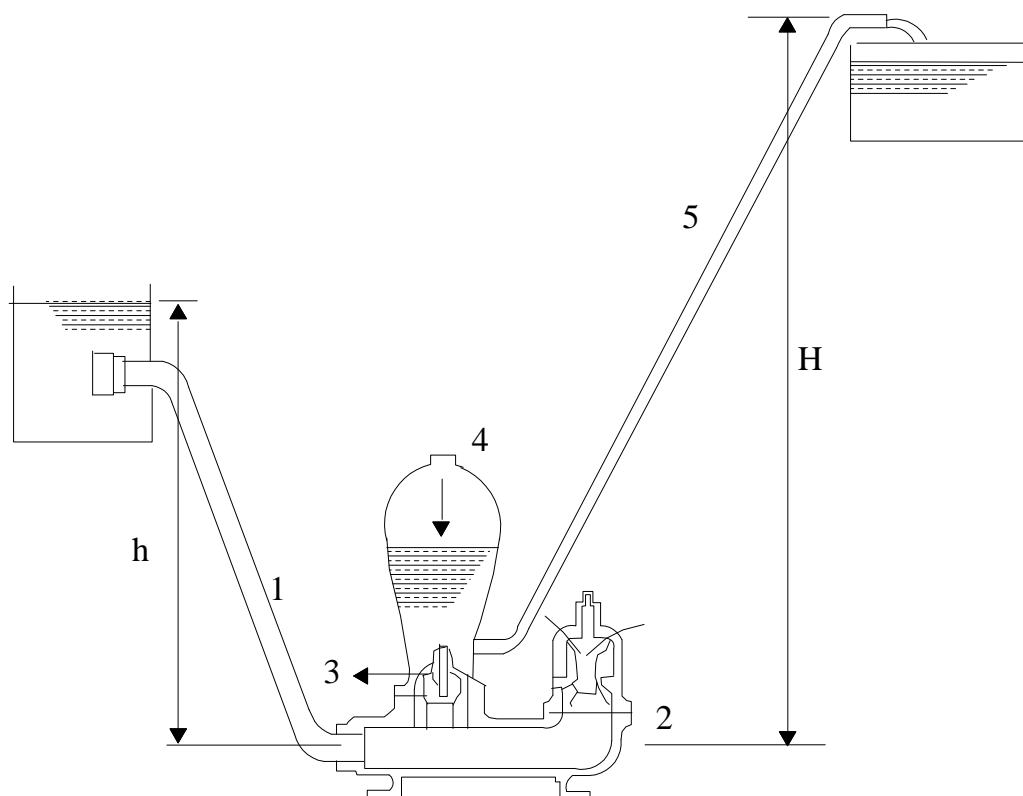


Figura 3.13-Esquema e exemplo de instalação de um carneiro hidráulico

Fonte: Adaptado de Tiago Filho; Viana, (2002)

3.6.1.3 Características operacionais

As operações de um carneiro hidráulico tem como características: altura de recalque, desnível entre reservatório de alimentação e o carneiro hidráulico, comprimento, diâmetro e material constituinte das tubulações, quantidade de água desperdiçada, vazão, batidas por minuto e rendimento (ABATE; BOTREL. 2002).

Para garantir a maior eficiência do sistema é preciso assegurar um constante fornecimento de água, assim se o nível da nascente ou córrego variar ao longo do ano, pode-se construir uma pequena represa ou reservatório, com a finalidade de evitar a entrada de ar pelo tubo de captação e de normalizar a vazão (MAEDA, 2010).

A altura de elevação de água depende do carneiro hidráulico utilizado e das condições de instalação do mesmo.

O desempenho do carneiro hidráulico é afetado pelo tipo de material que é feito a tubulação de alimentação. A espessura da parede da tubulação de alimentação deve ser suficiente para prevenir o rompimento e uma excessiva flexibilidade (ROJAS, 2002).

A relação entre o comprimento da tubulação (L) e o diâmetro (D) para um desempenho satisfatório deve estar compreendida entre $150 < L/D < 1000$ (YOUNG¹ 1995 apud ROJAS, 2002).

Tiago Filho, Viana (2002) recomendam que o uso de curvas e joelhos devem ser evitados na tubulação de alimentação e recalque. É aconselhável também que o tubo de alimentação esteja mergulhado pelo menos 30 cm abaixo do nível d'água para evitar a sucção de ar e possuir uma tela de proteção para evitar entradas de objetos em seu interior e possivelmente causar um entupimento ou comprometimento da eficiência.

3.6.1.4 Relação de pressões e vazões

Existe uma relação de pressão que atua como limitador de eficiência quando se encontra fora da faixa limitante, sendo a pressão de recalque dividida pela pressão de alimentação variando de 5 a 30. Por outro lado, nem a pressão de alimentação nem a pressão de recalque devem exceder as taxas particulares do carneiro, 20 m e 100 m respectivamente (THOMAS, 1994).

A vazão que pode alcançar o aríete varia entre 0,0001 a 0,05m³/s e em muitos casos pode substituir com vantagens outros sistemas de recalque (ROECH³, 1968 apud ROJAS, 2002).

3.6.1.5 Rendimento

O carneiro hidráulico possui um rendimento que se baseia no aproveitamento da água, ou seja, a relação entre a vazão recalçada (q_R) e a vazão de alimentação (Q_A). Outro fator muito importante, que influencia no rendimento, é a relação da altura de

³ ROECH, G. Turbine pompe ed altre macchine idrauliche. Edituci Torino 1968.

queda do reservatório de alimentação até o carneiro hidráulico (h) e a altura total de recalque do carneiro ao reservatório superior (H) e como todo equipamento, o rendimento, também depende da perfeição que é feito o mesmo (MAEDA, 2010).

Na literatura foram encontradas quatro possíveis formas de calcular o rendimento do carneiro hidráulico sendo (DAS et. al⁴, 1989 apud ABATE, BOTREL, 2002):

- Rendimento volumétrico:

$$\eta\% = \frac{q}{(Q_A + q_R)} \cdot 100 \quad (3.6)$$

- Rankine:

$$\eta\% = \frac{q \cdot (H - h)}{Q_A \cdot q_R} \cdot 100 \quad (3.7)$$

- D'Aubusisson:

$$\eta\% = \frac{q_R \cdot H}{(Q_A + q_A) \cdot h} \cdot 100 \quad (3.8)$$

- Tiago Filho, Viana (2002):

$$\eta\% = \frac{q_R \cdot H}{Q_A \cdot h} \cdot 100 \quad (3.9)$$

η – Rendimento [1];

⁴ DAS, K.C.; SHARMA, K.N.; PANIGRAHI, B.; SHARMA, S.D. *Effect of magnification factor, supply conditions and valve clearance on performance of an hydraulic ram. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING*, 11., Dublin, 1989. **Proceedings**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1989. p.721-725.

H- Altura de elevação da água [m];

h- Altura de alimentação [m];

Q_A - Vazão de alimentação [m^3/s];

q_R - Vazão recalçada [m^3/s].

Foram encontradas algumas faixas de rendimento que variam de 20% a 80% em um carneiro convencional (NETTO, 1998). O rendimento do carneiro feito por garrafa PET está entre 20% a 60%, a Tabela 3.1 expõe a relação h/H para valores médios de rendimento hidráulico (TIAGO FILHO, VIANA, 2002).

Tabela 3.1-Rendimento do carneiro hidráulico de garrafa PET para relação de h/H

h/H	Rendimento (%)
1/2	60
1/3	55
1/4	50
1/5	45
1/6	40
1/7	35
1/8	30

Fonte: TIAGO FILHO, VIANA (2002)

3.6.1.6 Dimensões do carneiro hidráulico

Para dimensionar um carneiro hidráulico em relação a sua capacidade ou tamanho leva-se em consideração a vazão da água de entrada e não a vazão de recalque, todo o carneiro necessita de uma vazão mínima e uma máxima para atingir sua melhor eficiência. Fabricantes afirmam que vários fatores devem ser respondidos para a seleção do tamanho do carneiro como: vazão de alimentação, que deve ser verificada no período mais seco do ano, desnível entre o reservatório de alimentação e o carneiro hidráulico.

3.6.1.7 Tipos de carneiros hidráulicos

O carneiro hidráulico tem grande utilização no meio rural, com intuito de bombear água do rio e outros mananciais hídricos para reservatórios elevados. Existem dois tipos: carneiro hidráulico tradicional, com estrutura de ferro, e o carneiro hidráulico com garrafa de politereftalato de etileno (PET).

3.6.1.7.1 Carneiro hidráulico com garrafa PET

O carneiro feito por garrafa PET tem sido empregado em substituição ao convencional, no meio rural e urbano, por motivos financeiros, pois sua utilização é mais barata. É fabricado com tubo de policloreto de vinila (PVC) ou ferro galvanizado, peças metálicas e garrafa PET, o último sendo uma alternativa para à câmara de ar, quando se usa tradicionalmente um material de ferro fundido.

A construção de um carneiro hidráulico com material alternativo é relativamente fácil, pois usam-se peças encontradas em lojas de material de construção e uma garrafa PET (MAEDA, 2010). A dimensão dos acessórios que irão compor o carneiro hidráulico é função do diâmetro do tubo de entrada. Pode-se ver na Tabela 3. 2 o material necessário e as respectivas dimensões para construção de um carneiro hidráulico com garrafa PET (TIAGO FILHO, VIANA, 2002).

Tabela 3. 2-Material necessário para a construção de um carneiro hidráulico com diâmetro de entrada entre 1", 2" e 3"

Material	Peça Nº	Diâmetro de entrada		
		1"	2"	3"
Garrafa PET 2 Litros	1	----	----	----
Tampa da garrafa com furo de 15 mm (diâmetro)	2	----	----	----
Bucha redução	3	----	1" x	2" x

			3/4"	3/4"
Tê PVC branco rosca	4	3/4"	1"	1"
Bucha redução PVC branco Rosca	5	3/4" x 1/2"	1" x 3/4"	2" x 1"
Adaptador preto para mangueira	6	1/2"	3/4"	1"
Niple PVC branco	7	3/4"	1"	2"
Bucha de redução PVC branco rosca	8	1" x 3/4"	2" x 1"	3" x 2"
Válvula retenção vertical (tipo Dacol)	9	1"	2"	3"
Niple galvanizado	10	1"	2"	3"
Tê galvanizado	11	1"	2"	3"
Niple galvanizado	12	1"	2"	3"
Válvula de poço Docol (latão Docol)	13	1"	2"	3"
Parafuso com três porcas e uma arruela	14	5/16 ou M8	5/16 ou M9	5/16 ou M10
Mola de acionador da válvula de descarga para vaso sanitário marca (Hydra)	15	-----	-----	-----

Fonte: Tiago Filho; Viana (2002)

Na Figura 3.14 é possível ver os componentes do carneiro hidráulico feito com garrafa PET e sua montagem.

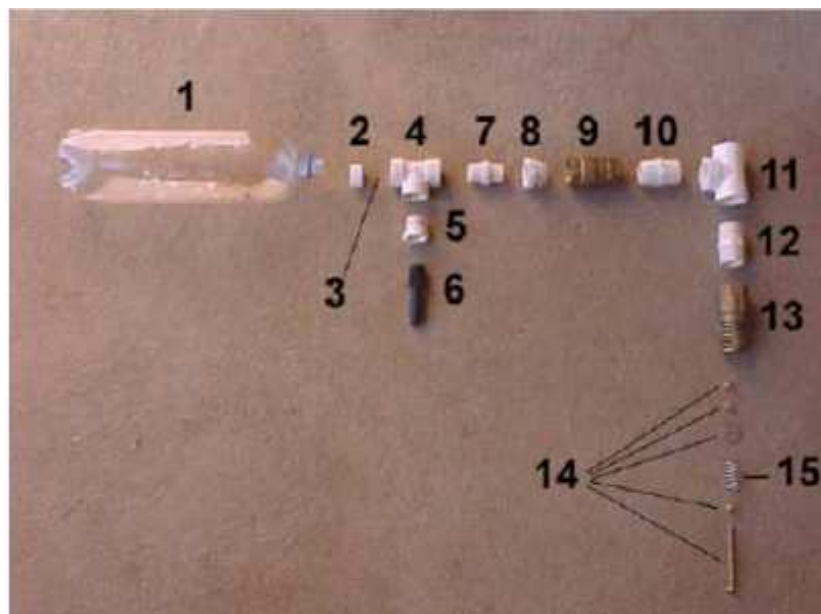


Figura 3.14-Carneiro hidráulico de PET desmontado

Fonte: Tiago Filho; Viana (2002)

A fabricação do carneiro hidráulico com garrafa PET é um aparelho relativamente recente, por isso não contém muita informação técnica. À medida que, forem feitos estudos o seu desempenho tende a melhorar, assim como, suas características quanto à vazão de recalque e rendimento e o desperdício de água tende a diminuir (MAEDA, 2010).

3.6.1.7.2 Carneiro hidráulico tradicional

O carneiro hidráulico tradicional obedece ao mesmo princípio do carneiro feito por garrafa PET, à diferença fica por conta do tipo de material que no caso seria uma estrutura de ferro.

A posição do tubo de alimentação tem que ser o mais reto possível, evitando curvas e joelhos que originam perdas de energia. O tubo de alimentação sendo de ferro galvanizado proporciona um maior golpe de aríete.

3.6.1.8 Obtenção dos dados e dimensionamento dos carneiros hidráulicos

Os dados que devem ser coletados em campo para dimensionamento dos carneiros hidráulicos são o de vazão de alimentação e topografia. Para a realização desse trabalho os dados foram coletados através de uma visita de campo ao PEIA no dia 07 de fevereiro de 2014.

3.6.1.8.1 Vazão de alimentação

No local de captação da água para vazão de alimentação dos carneiros hidráulicos havia uma pequena barragem, totalmente assoreada (Figura 3.15), e uma tubulação que constantemente jogava a água no canal de fuga da central hidrelétrica. Portanto, a vazão de projeto foi determinada fazendo-se medições pontuais de vazão na saída dessa tubulação (Figura 3.16). O método utilizado foi o volumétrico, mostrado na Equação 3.2.



Figura 3.15- Pequena barragem assoreada



Figura 3.16- Local de medição da vazão de alimentação dos carneiros hidráulicos

3.6.1.8.2 Topografia

A altura de queda e altura de recalque necessária para dimensionamento do carneiro hidráulico, em relação ao seu rendimento, faz-se conhecidas pela utilização da Estação Total, da marca Leica, (Figura 3.17), que fornece precisões milimétricas.



Figura 3.17- Instalação e medidas da Estação Total

Neste sistema, é instalado a Estação Total num local fixo. Isto permite conhecer a diferença entre a posição obtida através da Estação Total e a posição do prisma, possibilitando a correção diferencial do erro. Para que se obtenham as coordenadas reais dos pontos é necessário que a Estação Total seja instalada em um ponto georreferenciado, o que não foi possível de realizar neste trabalho.

3.6.1.8.3 Determinação da vazão de recalque

A vazão de recalque é determinada utilizando o método proposto por Tiago Filho, Viana (2002) pela Equação 3.10:

$$q_R = Q_A \cdot \left(\frac{h}{H}\right) \cdot R \quad (3.10)$$

Onde:

q_R – Vazão de água recalçada [L/h];

Q_A – Vazão de alimentação [L/h];

h – Altura de alimentação [m];

H – Altura de elevação da água [m];

R – Porcentagem de aproveitamento da água em relação a h/H [1].

3.6.1.8.4 Diâmetros dos tubos de entrada e saída

Os diâmetros de entrada e saída são determinados a partir da vazão de alimentação disponível. A Tabela 3.3 compõe esses valores.

Tabela 3.3-Diâmetro de entrada e saída

Quantidade de água disponível em litros por hora	Tubo de entrada em polegada	Tubo de saída em polegada
420 a 900	1"	½"
660 a 1560	1 ¼"	½"
1320 a 2700	2"	¾"
4200 a 7200	3"	1 ¼"

Fonte: Tiago Filho, Viana (2002)

O tamanho do carneiro hidráulico é dado em função do diâmetro de entrada e saída do mesmo.

3.6.1.8.5 Comprimento dos tubos de alimentação e recalque

Define-se o comprimento do tubo de alimentação a partir da Equação 3.11.

$$L_Q = \left(\frac{H}{h} \cdot 0,3 \right) + H \quad (3.11)$$

Onde:

L_Q – comprimento da tubulação de alimentação [m];

h – Altura de alimentação [m];

H – Altura de elevação da água [m].

É importante seguir algumas recomendações para a tubulação de alimentação. O trecho deve ser o mais reto possível, devendo evitar uso de curvas e joelhos. A tubulação deverá ser mergulhada pelo menos a 30 cm abaixo do nível da água para evitar sucção de ar e combinado com uma tela para evitar a entrada de objetos indesejáveis. Ao se montar a tubulação de alimentação deverá dar prioridade para os feitos de aço galvanizado, pois o PVC ou outro material semelhante diminuirá a eficiência do carneiro hidráulico.

O comprimento da tubulação de recalque deverá ser no máximo 10 vezes o valor do comprimento da tubulação de alimentação como segue na Equação 3.12.

$$L_q = 10 \cdot L_Q \quad (3.12)$$

Onde:

L_q – Comprimento da tubulação de recalque [m];

L_Q – Comprimento da tubulação de alimentação [m].

Se a tubulação de recalque for maior que 10 vezes o comprimento da tubulação de alimentação, será necessário aumentar o diâmetro do mesmo. Nesta tubulação também deverá ser evitado o uso de joelhos e curvas, com finalidade de minimizar as perdas. Recomenda-se o uso de uma válvula de retenção logo no início da tubulação de recalque.

3.6.1.8.6 Cálculo do rendimento

Após a instalação dos carneiros hidráulicos serão realizados testes de rendimento nos mesmos. Os testes serão nos carneiros operando isoladamente e em paralelo. A Equação a ser utilizada para o cálculo do rendimento será a Equação 3.7 de Tiago Filho, Viana (2002).

Para medir as vazões necessárias para o cálculo do rendimento será utilizado o método da vazão volumétrica. Para cada caso, mede-se a vazão perdida no processo de funcionamento e a vazão recalçada, sabendo-se que a vazão de alimentação é a soma dessas duas vazões.

Medir a vazão perdida no processo de funcionamento mostrou-se não ser uma tarefa fácil, visto que, os carneiros hidráulicos foram instalados muito próximos ao chão e a vazão perdida se esguichar durante o funcionamento dos carneiros hidráulicos, conforme pode ser visto na Figura 3.18.



Figura 3.18- Perda de vazão no funcionamento dos carneiros hidráulicos

Inicialmente, tentou-se medir a vazão perdida no processo de funcionamento com a utilização de uma assadeira de alumínio com altura de 5 cm, porém nem toda vazão era captada por esse recipiente (Figura 3.19).



Figura 3.19- Tentativa de medir a vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de uma assadeira de alumínio

Outra tentativa de medir a vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos foi a utilização de um pequeno tubo de PVC com a finalidade de canalizar a vazão e com isso ser possível captá-la com a utilização da assadeira de alumínio (Figura 3.20). Não houve êxito nessa tentativa, pois o golpe provocado pelos carneiros hidráulicos em funcionamento deslocava o tubo de PVC não permitindo que toda vazão fosse captada.



Figura 3.20- Tentativa de medir a vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de tubos de PVC

Por fim, a forma encontrada para medir a vazão perdida no processo foi utilizar um saco plástico preto com capacidade de 300 L, o qual envolvia o carneiro hidráulico e captava a água perdida num determinado tempo cronometrado (Figura 3.21). Depois, essa água era medida no recipiente graduado e assim calculava-se a vazão. Em cada caso, as vazões foram medidas em quadruplicadas e retirado à média.



Figura 3.21- Medição da vazão perdida no processo de funcionamento dos carneiros hidráulicos com a utilização de sacos plásticos

3.7 Correlação entre água economizada e geração de energia elétrica local

Depois de realizadas as medidas de eficiência hídrica, a vazão economizada deve ser comparada com algum outro fator para que se possa ter noção da relevância de tal economia. Sendo assim, duas análises são possíveis: a primeira é a correlação da vazão economizada com a capacidade do reservatório da central hidrelétrica e o quanto isso representará em termos de geração de energia. A segunda é relacionar a quantidade de energia gerada, pela economia de água, com a diminuição do número de horas de uso do gerador a diesel e o quanto isso representará em termos financeiros para o PEIA.

Sabendo-se a capacidade máxima do reservatório da central hidrelétrica é possível identificar em quantos dias a vazão economizada é capaz de encher o reservatório, para isso utiliza-se a Equação 3.13.

$$t_{\text{enchimento}} = \frac{V_{\text{capacidade}}}{Q_{\text{economizada}}} \quad (3.13)$$

Onde:

$t_{\text{enchimento}}$ - Tempo necessário para encher o reservatório [dias];

$V_{\text{capacidade}}$ – Capacidade do reservatório [m^3];

$Q_{\text{economizada}}$ – Vazão economizada [m^3/dia].

Conhecendo-se o volume de água economizado por mês e os dados de projeto da central hidrelétrica, ou seja, vazão de projeto e potência das bombas funcionando como turbinas (BFTs) pode-se calcular o número de equivalência de horas de funcionamento das BFTs, utilizando a Equação 3.14, e a quantidade de energia gerada (Equação 3.15).

$$h_{\text{mês}} = \frac{V_{\text{economizado}}}{Q_{\text{projeto}}} \quad (3.14)$$

Onde:

$h_{\text{mês}}$ – Equivalência de horas de funcionamento da BFT [h/mês];

$V_{\text{economizado}}$ – Volume de água economizado [$\text{m}^3/\text{mês}$];

Q_{projeto} – Vazão de projeto [m^3/h].

$$E = h_{\text{mês}} \cdot P_{\text{BFT}} \quad (3.15)$$

Onde:

E – Energia gerada [kWh];

$h_{\text{mês}}$ – Equivalência de horas de funcionamento da BFT [h/mês];

P_{BFT} – Potência nominal da BFT [kW].

Para identificar o quanto a energia gerada pela economia de água representa economicamente ao PEIA se gerada pelo gerador Diesel é necessário calcular o custo médio do kWh gerado pela fonte térmica. Para isso, é preciso identificar o consumo específico médio de combustível por kWh gerado pelo gerador Diesel e o custo do combustível. A multiplicação desses dois fatores resulta no custo médio do kWh gerado pela fonte térmica.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussões referentes à metodologia proposta no capítulo 3.

Primeiramente serão apresentados os resultados do monitoramento do volume de água disponível na nascente principal, onde para isso foi instalado um vertedor retangular com contração lateral e parede delgada. Em seguida, serão apresentadas as medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento de água.

Dando sequência aos resultados serão feitas análises dos questionários aplicados aos funcionários, turistas e edificações para o levantamento das atividades que envolvem o uso da água no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA).

De posse dos resultados acima descritos será feita a determinação do indicador de consumo de água do PEIA e logo em seguida, a implantação de medidas de eficiência hídrica. Dentre as medidas de eficiência hídrica está o dimensionamento e implantação dos carneiros hidráulicos e adequação do volume de água a ser captado na nascente principal para alimentar os tanques de abastecimento.

Por fim, serão apresentados os resultados da correlação entre água economizada e geração de energia elétrica local.

Os dados necessários para realização deste trabalho foram obtidos por meio de visitas técnicas realizadas no PEIA no período 03/12/2012 a 09/06/2014.

4.1 Monitoramento do volume de água disponível na nascente principal

4.1.1 Instalação do vertedor na nascente principal



Figura 4.2- Instalação do vertedor

Na instalação utilizou-se uma jazida de argila existente em uma das encostas além das próprias rochas presentes no leito e margens para estancar a água que infiltrava no fundo do vertedor. A presença de tais materiais foi de fundamental importância, pois, não exigiu o transporte dos mesmos.

A fixação do vertedor foi realizada através do suporte fornecido pelas rochas, à argila foi utilizada para a vedação entre as rochas através do preenchimento dos vazios existentes (Figura 4.3). O nivelamento do vertedor foi feito através de uma mangueira de nível.

Ao término da instalação (Figura 4.4), foi realizada uma pequena apresentação sobre o vertedor explicando seu funcionamento para os funcionários do parque, visto que, eles seriam os responsáveis pelas medições. Foi explicado, também, que as leituras de altura deveriam ser realizadas por meio da régua instalada no vertedor (Figura 4. 1) e a frequência de realização das medições deveria ser diária, se possível. Foi entregue, aos funcionários, uma tabela padrão, conforme croqui da Figura 4. 1, para anotação das alturas medidas em que os dados anotados deveriam ser a data da medição, o nível do vertedor, em cm, o responsável pela medição e alguma observação pertinente, como vazamentos no vertedor ou informações sobre as condições climáticas.

A instalação ocorreu no dia 05 de fevereiro de 2013.



Figura 4.3- Participação da equipe do PEIA na instalação do vertedor



Figura 4.4-Vertedor em funcionamento

4.1.1.1 Medidas de altura do vertedor e sua vazão

Após a instalação do vertedor foram feitas medições periódicas entre os meses de março a junho de 2013, possibilitando o cálculo de vazão, da bacia, conforme descrito no item 3.2.1.1.

Com as medidas obtidas traçou-se o gráfico da Figura 4.5. Observa-se que a média de vazões ficou em torno de 5,3 L/s sendo a máxima vazão encontrada durante o mês de março, fim do período de cheia, e as menores vazões a partir de meados do mês de junho, período de vazante.

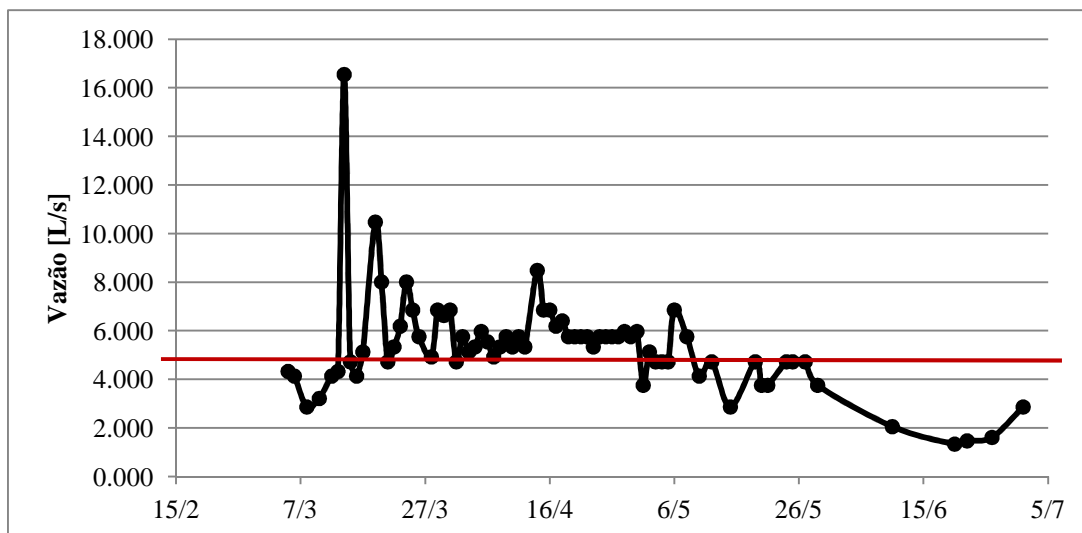


Figura 4.5-Medidas de vazão no vertedor, de março a junho de 2013

A princípio as medições no vertedor deveriam ser realizadas por pelo menos um ano para que, fosse possível traçar um hidrograma completo da bacia. Porém, no início do mês de julho de 2013 ocorreu uma forte chuva no PEIA e o vertedor ficou comprometido (Figura 4.6), não sendo possível mais realizar medidas no local. Porém, mesmo não sendo possível obter dados de pelo menos um ano, os dados coletados foram feitos em períodos importantes como, o fim do período de cheia, onde são encontradas as maiores vazões, e medições no período de vazante, encontrando assim as menores vazões.



Figura 4.6- Vertedor após ocorrência de uma forte chuva

A coleta desses dados foi de extrema importância para que, após as medidas pontuais de vazão no sistema de abastecimento, seja possível identificar qual a porcentagem de água da nascente principal é destinada ao enchimento do reservatório da Central Geradora Hidrelétrica (CGH) e qual a porcentagem é destinada ao sistema de abastecimento de água do PEIA.

A fim de proporcionar ao PEIA um número maior de dados de vazão da bacia e com isso possibilitar estudos futuros foi instalado um novo vertedor, feito de aço, com as mesmas dimensões do primeiro e instalado no mesmo local. Para sua sustentação foi feita uma pequena parede de alvenaria. A instalação foi feita pelos funcionários da Ilha. A Figura 4.7 ilustra como ficou o novo vertedor.



Figura 4.7- Novo vertedor instalado

4.2 Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento de água

As medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento e no ladrão foram realizadas conforme metodologia descrita no item 3.3.1. A Tabela 4.1 apresenta os

dados coletados no período de 19/03/13 a 09/06/14, quando foram realizadas visitas no PEIA.

Tabela 4.1-Medidas pontuais de vazão nos tanques de abastecimento

Data da medição	Vazão que chega aos tanques de abastecimento [L/s]	Vazão perdida pelo ladrão no tanque de abastecimento [L/s]
19/03/2013	1,97	1,36
18/06/2013	2,1	1,51
21/08/2013	1,95	1,4
01/10/2013	2,0	1,45
04/04/2014	1,98	1,48
06/05/2014	2,06	1,53
09/06/2014	2,08	1,55
Média	2,02	1,46

Pode-se comprovar que, conforme dito no item 3.3.1, a vazão que chega aos tanques de abastecimento é praticamente constante. Observa-se também que, aproximadamente 72% dessa vazão é perdida pelo ladrão.

Correlacionando o valor da vazão desviada para os tanques de abastecimento com os valores de vazão da bacia, medidos pelo vertedor, observa-se que em média 38% da água disponível na bacia é desviada para os tanques e o restante é armazenado no reservatório da CGH. Porém, no período de seca praticamente toda vazão disponível na bacia é desviada para os tanques e, portanto nada é armazenado no reservatório da CGH.

A análise dos itens 4.1 e 4.2 permitiu caracterizar o PEIA com relação a sua disponibilidade hídrica e como ela é distribuída no parque. Pode-se observar que são necessárias medidas de eficiência hídrica no parque com a finalidade de ajustar a vazão

de água desviada para abastecimento, eliminando assim as perdas existentes nos tanques de abastecimento e conseqüentemente armazenando mais água no reservatório para geração de energia.

4.3 Análise dos questionários aplicados para o levantamento de atividades que envolvem o uso da água

4.3.1 Análise dos questionários aplicados aos funcionários

Os questionários aplicados aos funcionários foram divididos em duas partes: a primeira tratava da identificação dos funcionários e a segunda sobre o perfil hídrico do parque, observado por eles.

Os questionários foram aplicados aos 20 funcionários que atualmente trabalham no parque.

- Identificação dos funcionários

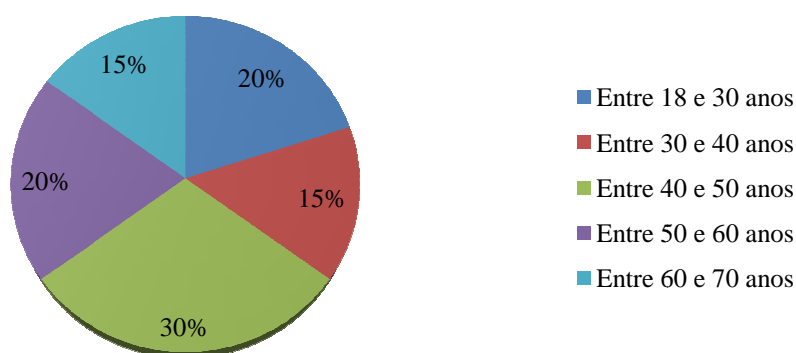


Figura 4. 8- Faixa etária dos funcionários

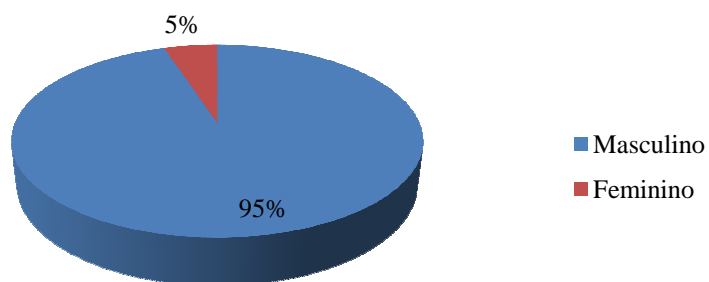


Figura 4. 9- Sexo dos funcionários

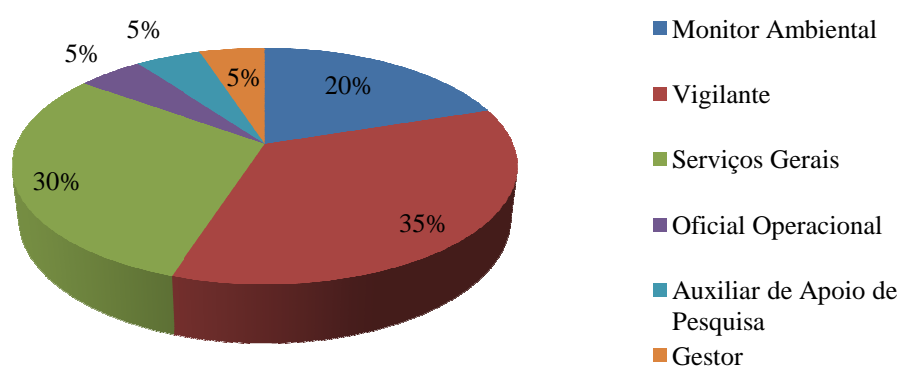


Figura 4. 10- Atividade/ Função que exerce no PEIA

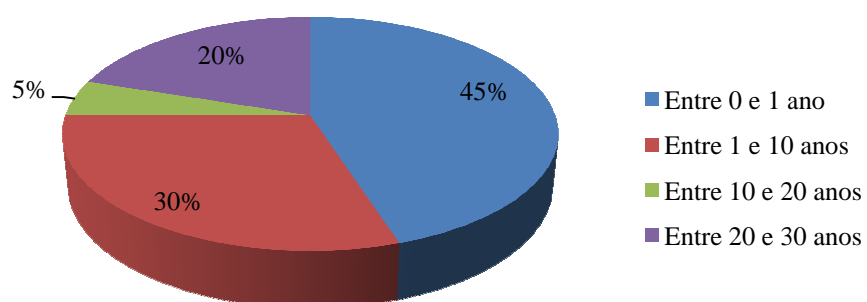


Figura 4. 11- Tempo aproximado de trabalho no PEIA

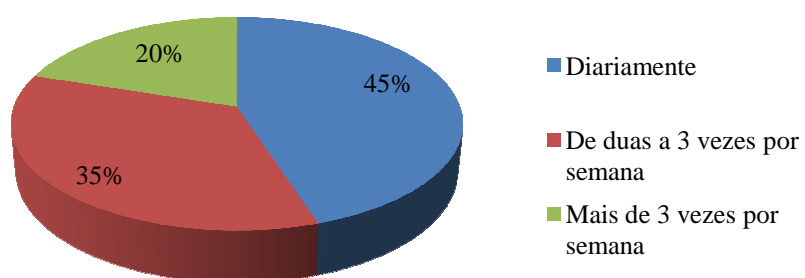


Figura 4. 12- Escala de trabalho no PEIA

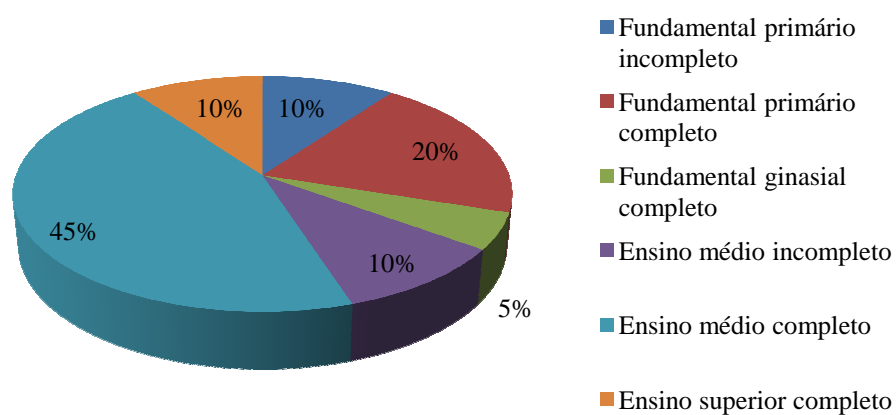


Figura 4. 13- Grau de escolaridade

- Hábitos de consumo de água

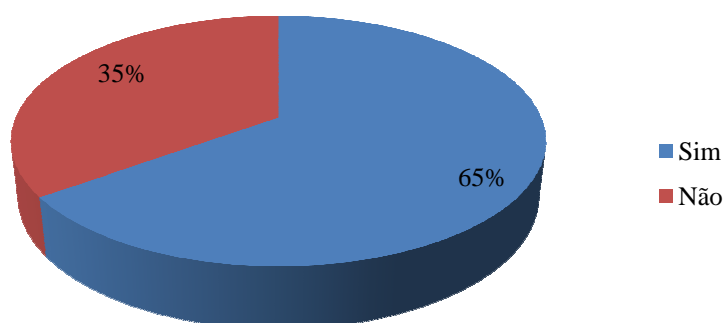


Figura 4. 14- Percepção de falta de água no PEIA

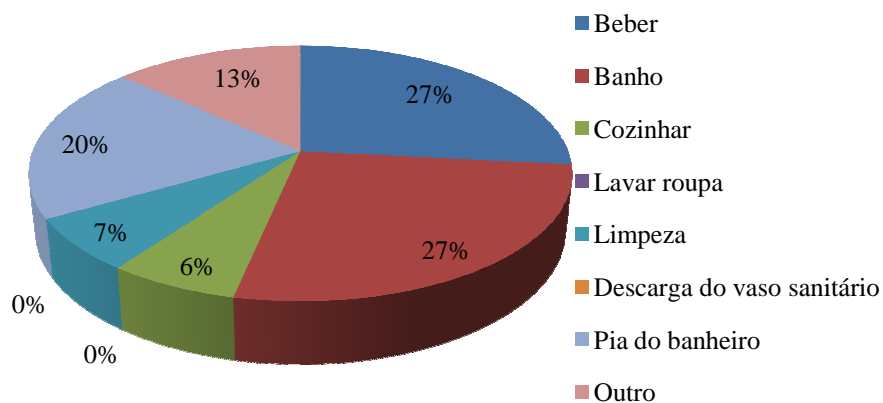


Figura 4. 15- Atividades em que se percebe falta de ocorre falta de água no PEIA

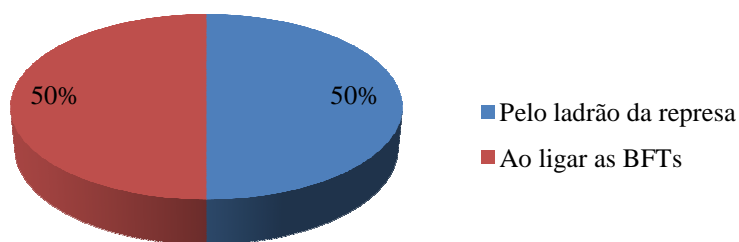


Figura 4. 16- Outras formas em que se percebe falta de ocorre falta de água no PEIA

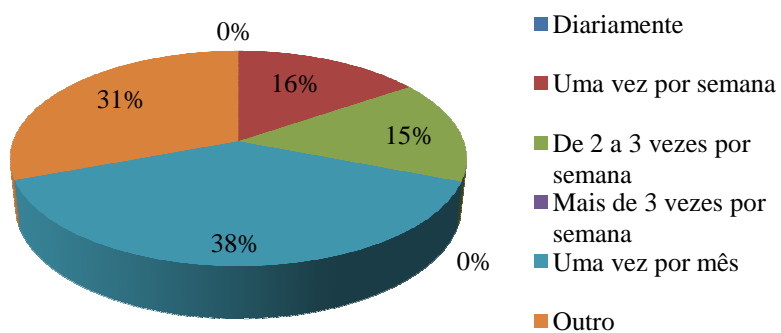


Figura 4. 17- Frequência em que se percebe falta de água no PEIA

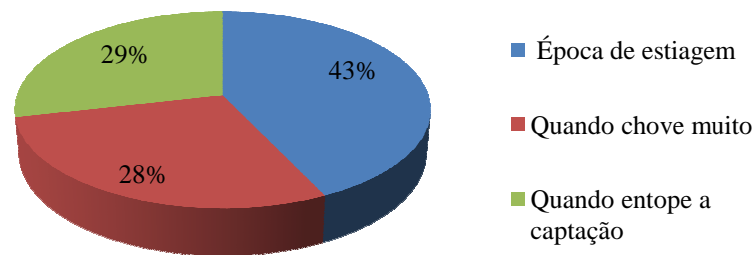


Figura 4. 18-Outras frequências em que se percebe falta de água no PEIA

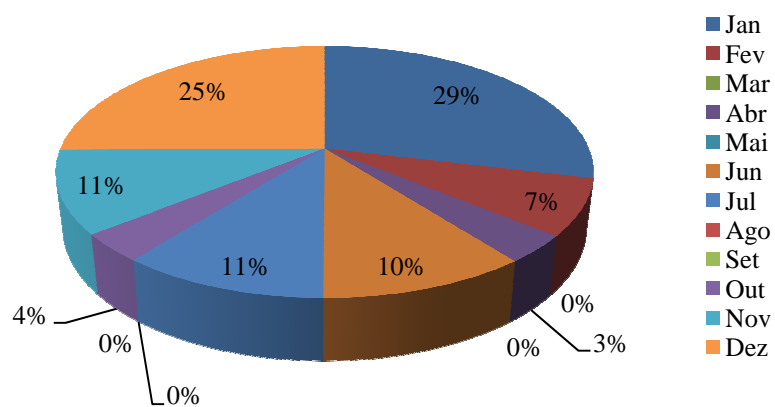


Figura 4. 19- Meses em que a falta de água é mais frequente no PEIA

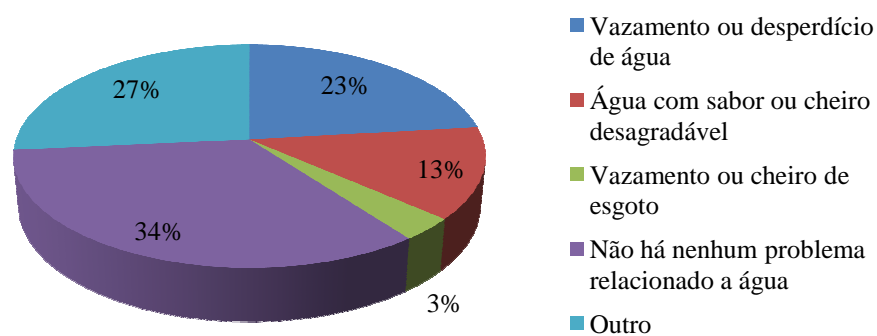


Figura 4. 20-Situações que ocorrem no PEIA

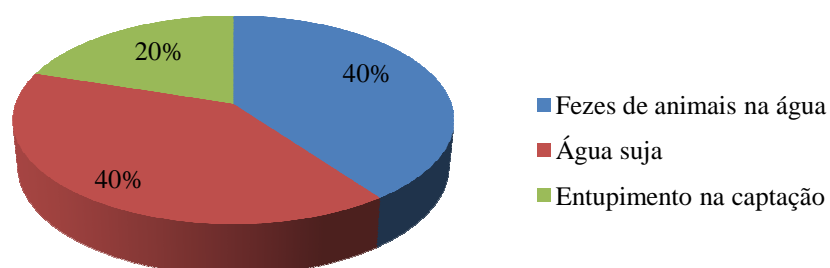


Figura 4. 21- Outras situações que ocorrem no PEIA

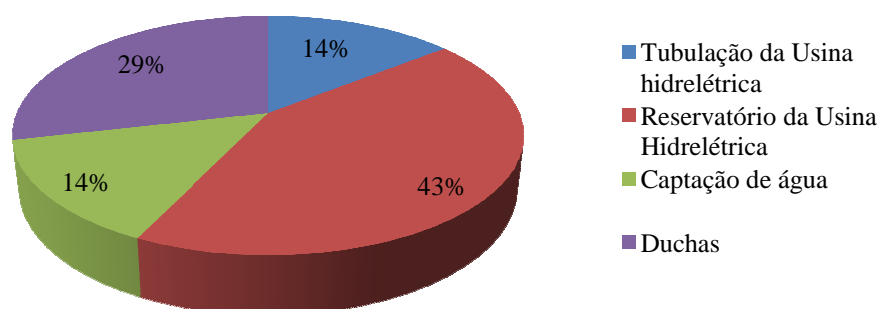


Figura 4. 22- Locais em que ocorrem vazamento ou desperdícios de água

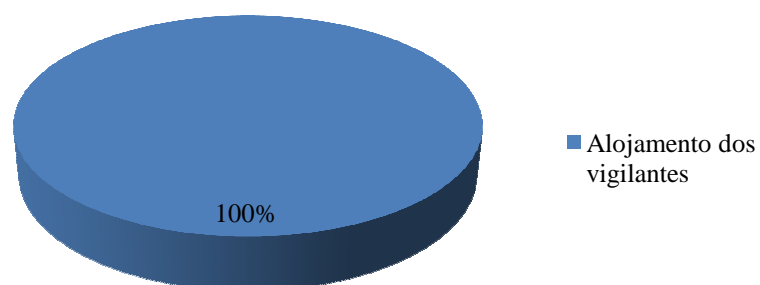


Figura 4. 23- Local em que ocorre água com cheiro ou sabor desagradável

Conclui-se através das respostas que a maioria dos funcionários do PEIA são do sexo masculino, 30% deles tem idade variando entre 40 e 50 anos e 45% possui ensino médio completo.

As atividades mais desenvolvidas por eles são a de vigilante e serviços gerais, sendo que, 45% dos funcionários tem entre 0 e 1 ano de trabalho no PEIA e 30% entre 1 e 10 anos de trabalho. A escala de trabalho de 45% desses funcionários é diária.

Com relação ao perfil hídrico do PEIA, 65% dos funcionários percebem falta de água no PEIA, principalmente, para beber, tomar banho e na pia do banheiro.

A falta de água, segundo eles, ocorre pelo menos uma vez por mês, sendo mais frequente nos meses de janeiro e dezembro, pelo número elevado de visitantes no parque essa época do ano. De acordo com os funcionários é possível observar falta de água em outras 3 situações: na época da estiagem, quando chove muito, ocasionando em rompimento da tubulação devido ao aumento de pressão e, quando há o entupimento no ponto de captação.

Alguns problemas enfrentados com relação à qualidade da água são: fezes de animais presentes na mesma, água suja, entupimento das tubulações e água com sabor desagradável, principalmente na casa dos vigilantes.

De acordo com 43% dos funcionários, o local de maior ocorrência de vazamento ou desperdício de água ocorre no reservatório da central hidrelétrica.

4.3.2 Análise dos questionários aplicados aos visitantes

O cálculo do tamanho da amostra foi feito com base na metodologia apresentada no item 3.4.

Admitindo um grau de confiança de 95%, ou seja, $Z_{\alpha/2}$ igual a 1,96, p igual a 0,95 e q igual a 0,05 e um erro máximo de 5%, tem-se:

$$n = 73 \text{ questionários}$$

Foram aplicados 100 questionários divididos em duas partes: a primeira relacionada a identificação dos visitantes e a segunda sobre os hábitos de consumo de água feito por eles.

- Identificação dos visitantes

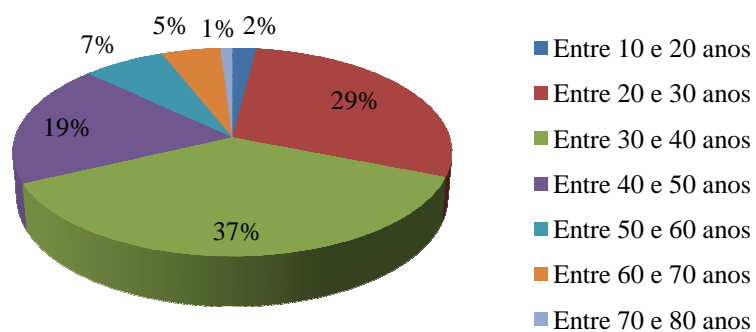


Figura 4. 24- Faixa Etária dos visitantes

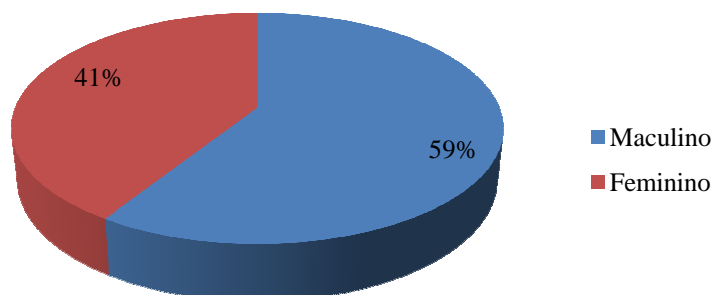


Figura 4. 25-Sexo dos turistas

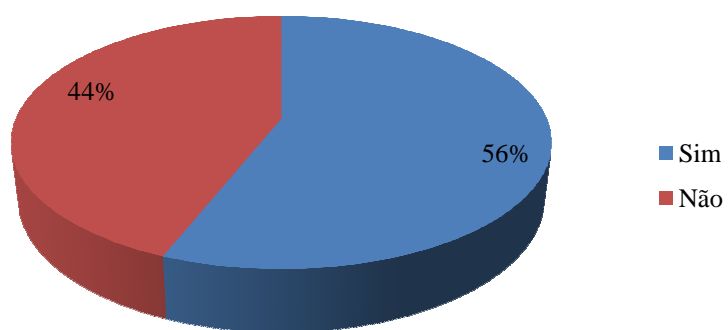


Figura 4. 26- Visitando o PEIA pela primeira vez

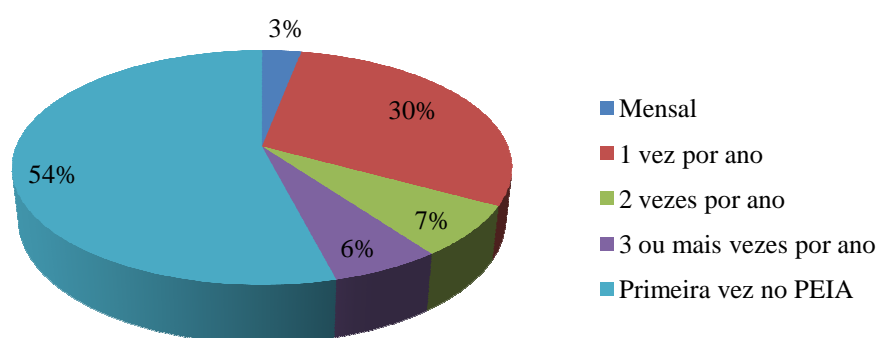


Figura 4. 27- Periodicidade que visita o PEIA

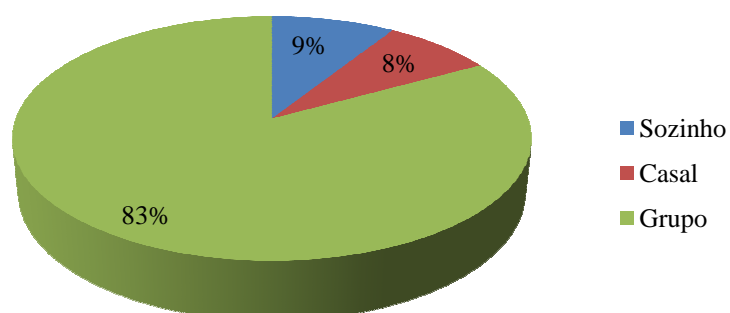


Figura 4. 28- Com quem veio ao PEIA

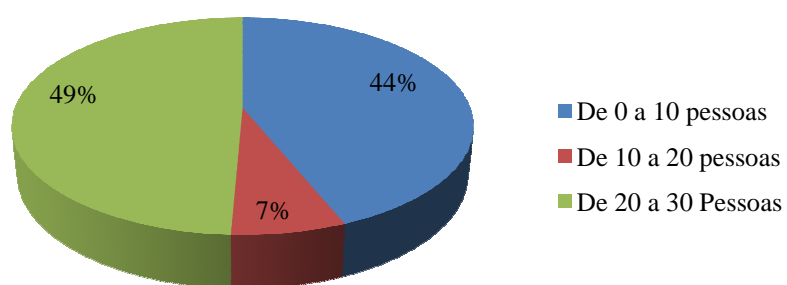


Figura 4. 29- Número de pessoas no grupo

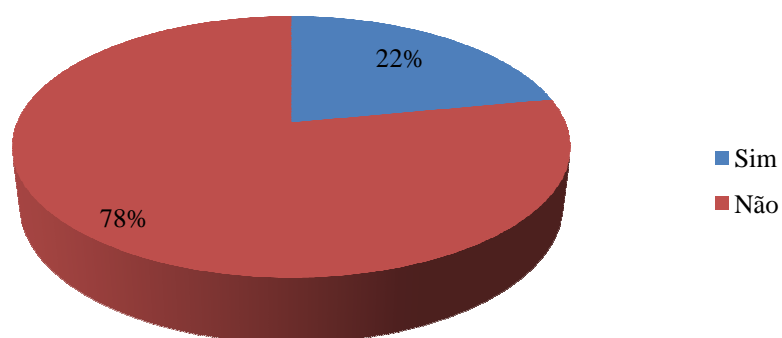


Figura 4. 30- Veio com crianças

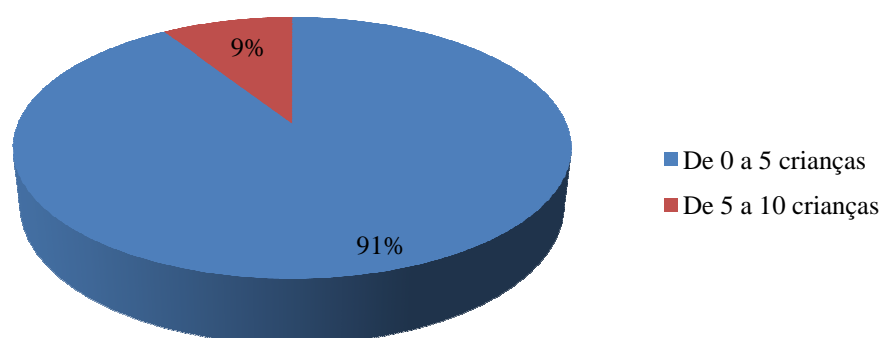


Figura 4. 31- Número de crianças

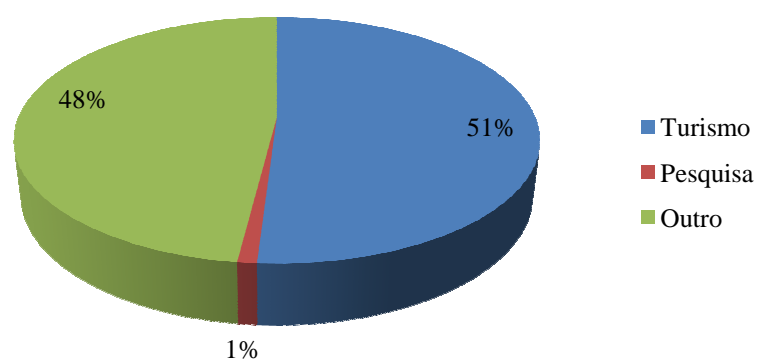


Figura 4. 32- Objetivo ao visitar o PEIA

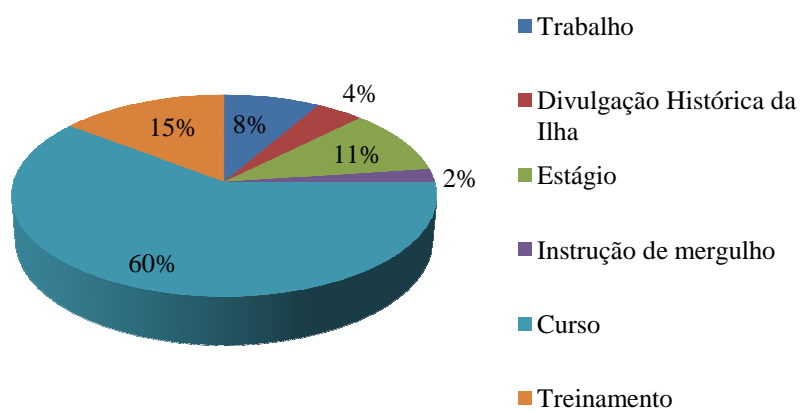


Figura 4. 33- Outros objetivos

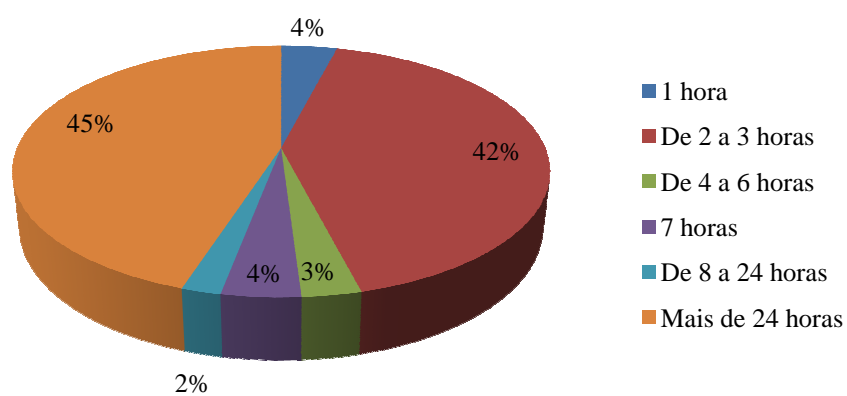


Figura 4. 34- Tempo de permanência no PEIA

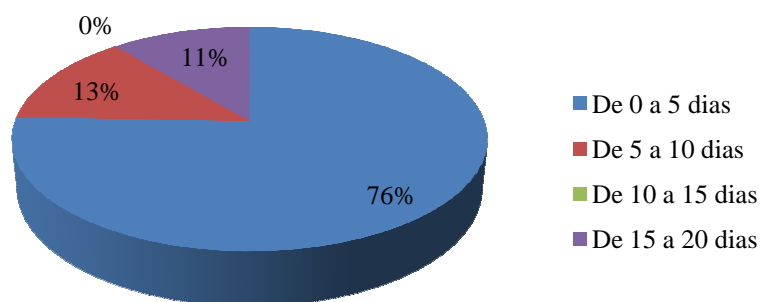


Figura 4. 35- Outros tempos de permanência no PEIA

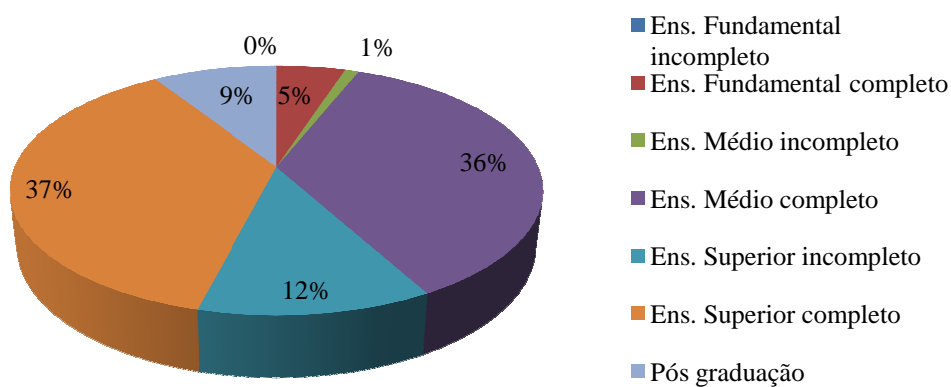


Figura 4. 36- Grau de escolaridade dos visitantes

- Hábitos de consumo de água

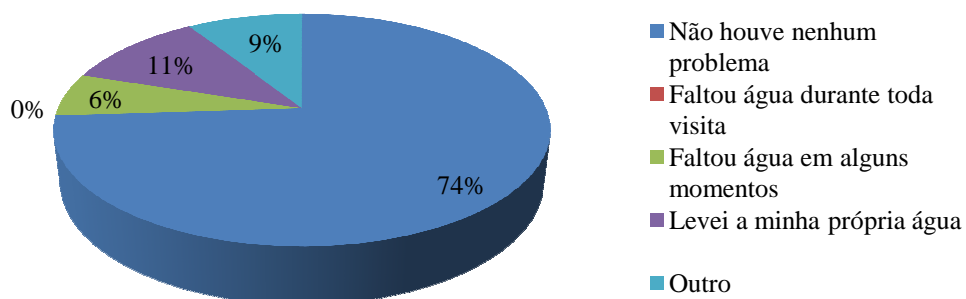


Figura 4. 37- Problemas na utilização da água para beber durante a visita ao PEIA

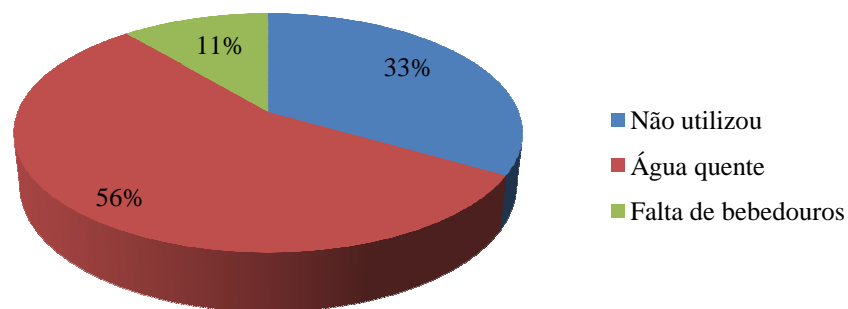


Figura 4. 38- Outros problemas encontrados

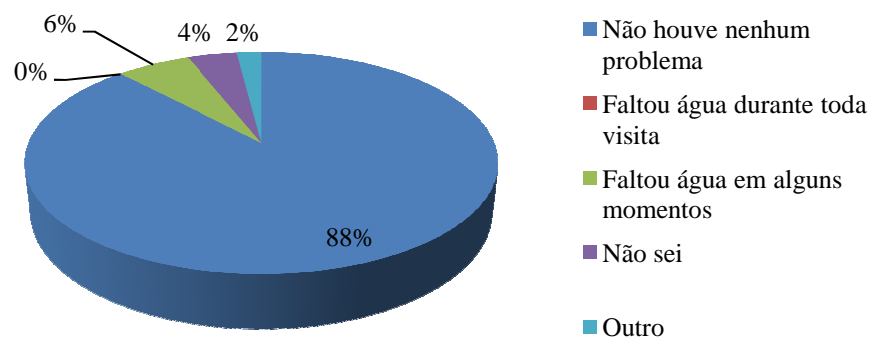


Figura 4. 39- Problemas na utilização da água para banho/ducha

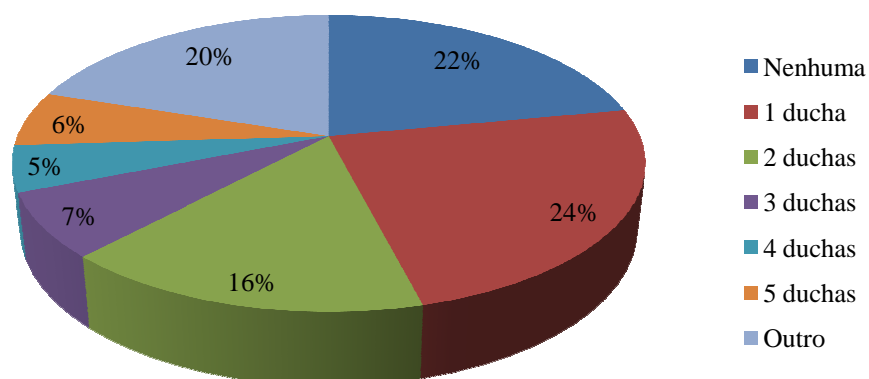


Figura 4. 40-Número de duchas que tomou durante a visita

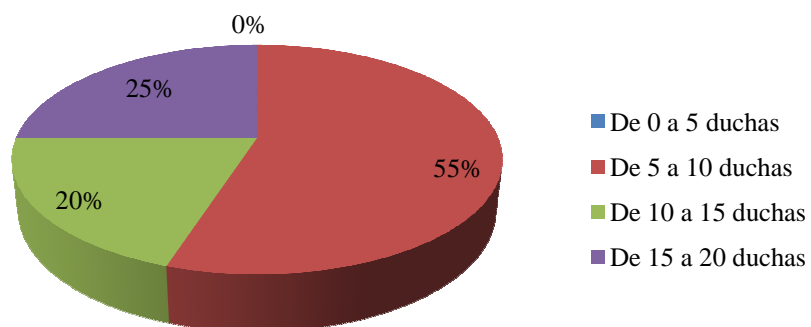


Figura 4. 41- Outros números de duchas

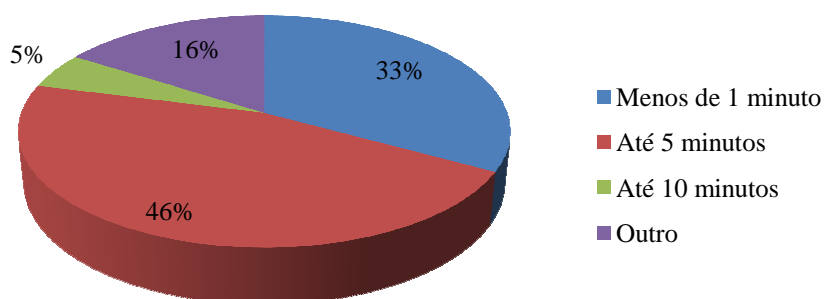


Figura 4. 42- Tempo em média que durou cada ducha

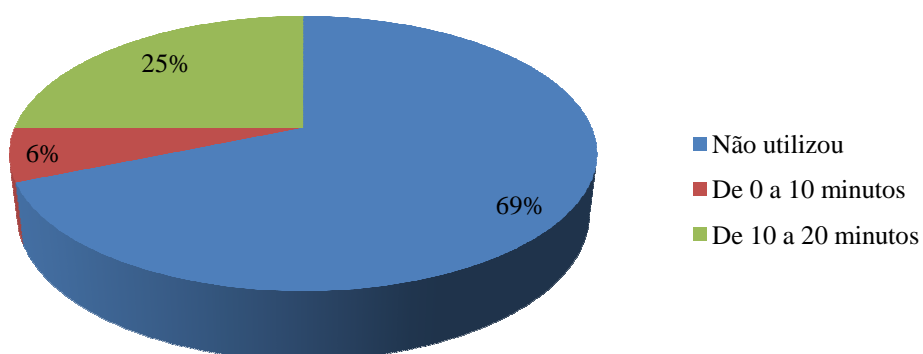


Figura 4. 43-Outros tempos de duração de cada ducha

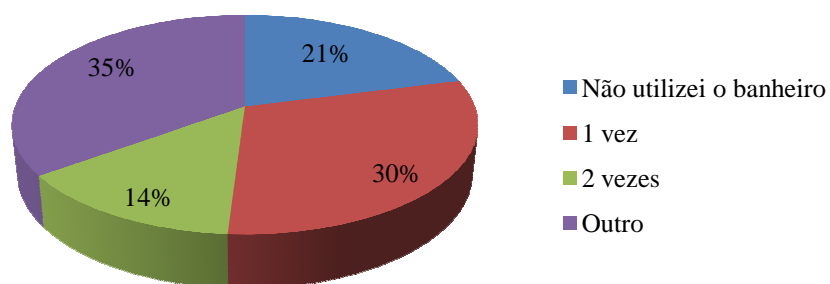


Figura 4. 44- Número de vezes que utilizou o banheiro durante a visita

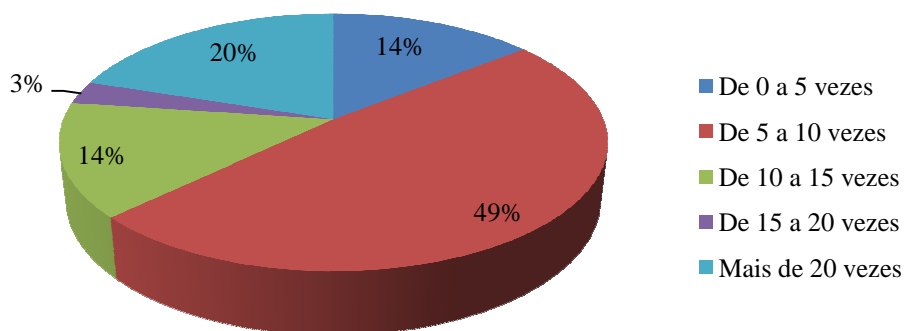


Figura 4. 45- Outros

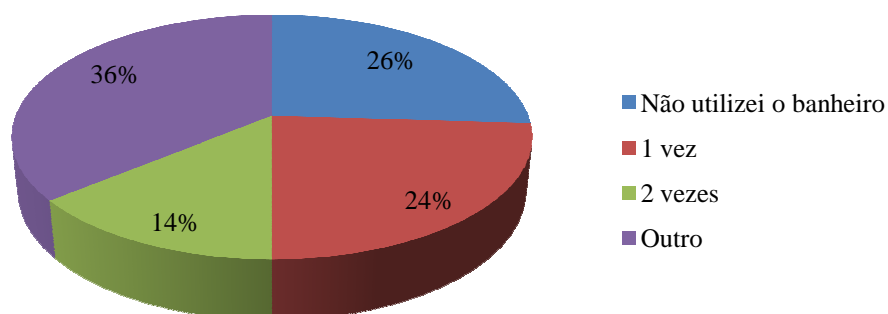


Figura 4. 46- Utilização da torneira do banheiro para lavar as mãos, escovar os dentes, etc

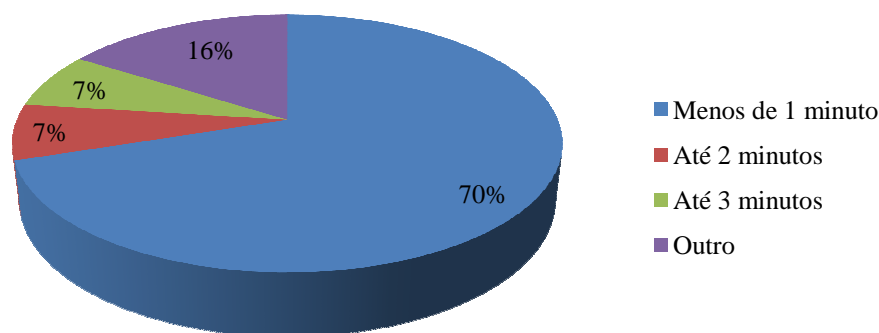


Figura 4. 47- Tempo em que a torneira ficou aberta durante cada utilização

O resultado da pesquisa mostrou que 37% dos visitantes tem idade entre 30 e 40 anos, sendo a maioria do sexo masculino e visitando o PEIA pela primeira vez.

Geralmente, os visitantes vão ao PEIA em grupos de 20 a 30 pessoas e 78% deles não levam crianças.

O intuito ao visitar o PEIA é o turismo ou para realização de cursos de mergulho, treinamento de bombeiros e polícia militar. Os que vão a turismo permanecem lá por duas a três horas e, 76% dos que vão para realização de curso permanecem até 5 dias na Ilha.

Trinta e sete por cento dos visitantes possuem ensino superior completo e 36% ensino médio completo.

Com relação ao consumo de água, 74% dos visitantes relataram que não tiveram problema na utilização da água para beber durante a visita ao PEIA e dos 9% que relataram ter encontrado problemas, 56% deles reclamaram que a água estava quente.

Oitenta e oito por cento dos entrevistados disseram não ter tido problema na utilização da água para banho/ducha sendo que, a maioria tomou pelo menos uma ducha, com duração de até 5 minutos, durante a visita.

Apenas 30% dos visitantes utilizam o banheiro pelo menos uma vez e 36% utilizam a torneira do banheiro para lavar as mãos, escovar os dentes, etc., mais que duas vezes. Em 70% dos casos a torneira permanece aberta por menos de um minuto.

4.3.3 Análise do questionário para edificações

O questionário para edificações foi elaborado com o intuito de analisar cada edificação do parque quanto ao número de pessoas utilizando as instalações, por mês, e a estimativa do volume de água utilizado pelos mesmos.

O questionário foi respondido por um único funcionário, que conhece todo funcionamento do parque que trabalha no parque há 29 anos como Auxiliar de Apoio de Pesquisa Científica Tecnológica.

Os dados obtidos com as respostas do questionário são apresentados na Tabela 4. 2, Tabela 4. 3 e Tabela 4. 4 e serão de extrema importância na determinação do indicador de consumo.

Tabela 4. 2- Análise do questionário para edificações (parte 1)

Unidade:		Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]
		JAN	JAN	FEV	FEV	MAR	MAR	ABR	ABR
1	Hospedaria I	30	10,815	30	10,815	6	2,478	6	2,478
2	Hospedaria II	15	18,864	15	18,864	15	18,864	15	18,864
3	Área extena (duchas)	30000	162	30000	162	60	1,080	60	1,080
4	Casa da fiscalização	6	24,480	6	24,480	5	21,960	5	21,960
5	Casa de vidro	8	10,404	8	10,404	8	10,404	8	10,404
6	Casa Mata Atlântica	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Casa guarda parque	4	15,930	4	15,930	4	15,930	4	15,930
8	Capela	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Quiosques próx. a casa da fiscalização	600	43,65	600	43,650	40	2,910	40	2,910
10	Cozinha_refeitório	8	14,040	8	14,040	8	14,040	8	14,040
11	Área coberta próx. a cozinha	30000	119,970	30000	119,970	60	0,759	60	0,759
12	Central térmica/hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Quiosques novos	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Prédio Administração	15	8,820	15	8,820	15	8,820	15	8,820
	MÊS	60686	428,973	60686	428,973	221	97,246	221	97,246

Tabela 4. 3- Análise do questionário para edificações (parte 2)

Unidade:		Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]
		MAI	MAI	JUN	JUN	JUL	JUL	AGO	AGO
1	Hospedaria I	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Hospedaria II	15	18,864	0	0	0	0	0	0
3	Área extena (duchas)	60	1,080	60	1,080	60	1,080	60	1,080
4	Casa da fiscalização	5	21,960	5	21,960	5	21,960	5	21,960
5	Casa de vidro	8	10,404	8	10,404	8	10,404	8	10,404
6	Casa Mata Atlântica	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Casa guarda parque	4	15,930	4	15,930	4	15,930	4	15,930
8	Capela	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Quiosques próx. a casa da fiscalização	40	2,910	40	2,910	40	2,910	40	2,910
10	Cozinha_ refeitório	8	14,040	8	14,040	8	14,040	8	14,040
11	Área coberta próx. a cozinha	60	0,759	60	0,759	60	0,759	60	0,759
12	Central térmica/hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Quiosques novos	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Prédio Administração	15	8,820	15	8,820	15	8,820	15	8,820
MÊS		215	94,7679	200	75,904	200	75,904	200	75,904

Tabela 4. 4- Análise do questionário para edificações (parte 3)

Unidade:		Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]	Nº de pessoas	Consumo de água [m³]
		SET	SET	OUT	OUT	NOV	NOV	DEZ	DEZ	ANO	ANO
1	Hospedaria I	6	2,478	6	2,478	6	2,478	30	10,815	120	44,835
2	Hospedaria II	0	0	15	18,864	15	18,864	15	18,864	120	150,912
3	Área extena (duchas)	60	1,080	60	1,080	60	1,080	30000	162	90540	495,720
4	Casa da fiscalização	5	21,960	5	21,960	5	21,960	6	24,480	63	271,080
5	Casa de vidro	8	10,404	8	10,404	8	10,404	8	10,404	96	124,848
6	Casa Mata Atlântica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Casa guarda parque	4	15,930	4	15,930	4	15,930	4	15,930	48	191,160
8	Capela	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Quiosques próx. a casa da fiscalização	40	2,910	40	2,910	40	2,910	600	43,650	2160	157,140
10	Cozinha_refeitório	8	14,040	8	14,040	8	14,040	8	14,040	96	168,480
11	Área coberta próx. a cozinha	60	0,759	60	0,759	60	0,759	30000	119,970	90540	366,749
12	Central térmica/hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Quiosques novos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Prédio Administração	15	8,820	15	8,820	15	8,820	15	8,820	180	105,840
MÊS		206	78,381	221	97,246	221	97,246	60686	428,973	183963	2076,764

Com os dados da Tabela 4. 2, Tabela 4. 3 e Tabela 4. 4 traçou-se o gráfico da Figura 4.48 mostrando o comportamento do consumo de água no PEIA ao longo do ano. Observa-se que os meses de maior consumo são os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), onde o parque recebe o maior número de visitantes.

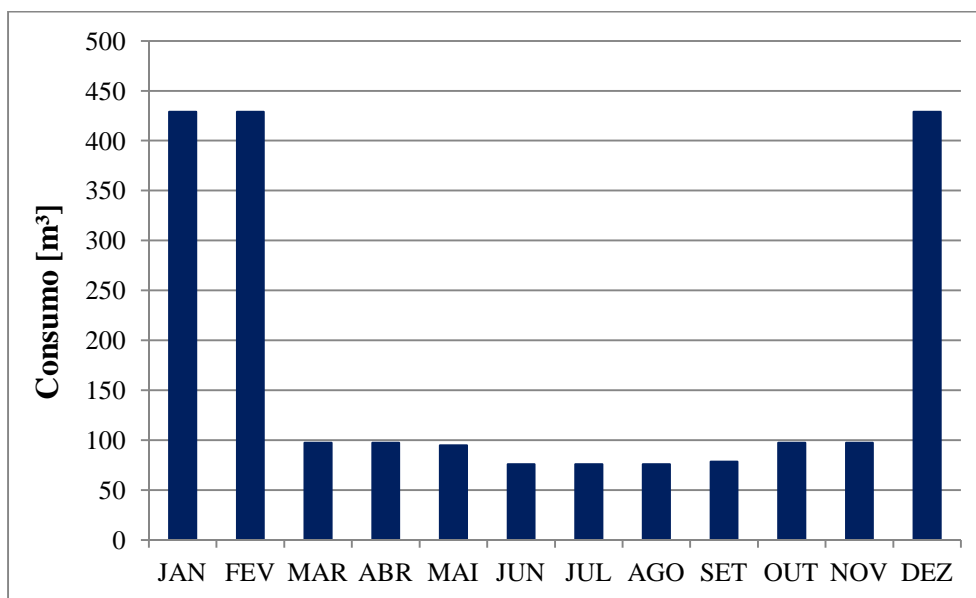


Figura 4.48- Comportamento do consumo de água no PEIA

4.4 Determinação do indicador de consumo

Os indicadores de consumo mensal foram calculados conforme metodologia descrita no item 3.5. Os dados utilizados para cálculo dos mesmos foram os obtidos pelo item 4.3.3. Os resultados obtidos são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

Tabela 4. 5- Indicadores de consumo [média diária em cada mês] do PEIA

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IC [L/agente consumidor*dia]	0,228	0,252	14,194	14,668	14,219	12,651	12,243	12,243	12,683	14,194	14,668	0,228

O indicador de consumo médio do PEIA foi calculado desconsiderando os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, visto que o consumo é atípico em função da população presente no parque neste período. Sendo assim, o indicador de consumo médio do PEIA é:

$$IC_{\text{MÉDIO}} [\text{L/agente consumidor} * \text{dia}] = 13,529$$

Ainda seguindo a metodologia descrita no item 3.5 calcula-se a vazão de demanda diária do parque através da Equação 3.4. Para o cálculo acrescentou-se 10% ao número de agentes consumidores como forma de segurança.

$$Q_d = 13,529 * \frac{1144}{1000} = 15,48 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Para atender a demanda hídrica diária do parque é necessário que se tenha, a cada dia, pelo menos um dos tanques de abastecimento cheio, visto que sua capacidade é de 17 m³.

4.5 Implantação de medidas de eficiência hídrica

4.5.1 Dimensionamento e implantação dos carneiros hidráulicos

Os carneiros hidráulicos foram dimensionados conforme metodologia proposta por Tiago Filho; Viana (2002) e descrita nos subitens do item 3.6.1.8. Os resultados obtidos são apresentados a seguir:

As medidas, de vazão e topografia, foram realizadas no dia 07 de fevereiro de 2014. Para vazão foram feitas 5 medidas pontuais e a vazão de projeto foi a média das vazões, visto que, a vazão no local é considerada constante ao longo do ano.

O estudo foi realizado visando à melhor eficiência energética do carneiro hidráulico.

A Tabela 4. 6 apresenta os valores medidos de vazão e sua média, ou seja, vazão de projeto e os dados de queda líquida disponível (h) e altura de elevação da água (H).

Tabela 4. 6- Dados de vazão de projeto e alturas de projeto

Volume [L]	Tempo [s]	Vazão [L/s]
10	5,06	1,98
11	4,86	2,26
11	4,88	2,25
10,3	4,76	2,16
11	4,07	2,70
Média		2,27
h [m]		2,3
H [m]		10,8

De posse desses dados, os carneiros hidráulicos foram selecionados, suas características são apresentadas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7- Seleção do carneiro hidráulico

Q_A [L/s]	2,27
H [m]	10,8
h [m]	2,3
R [1]	0,45
q_R [L/s]	0,218
q_R [L/h]	783,86
L_Q [m]	6

L_q [m]	33
Diâmetro	
Entrada	3"
Saída	1 1/4"

A distância entre captação da água e os carneiros hidráulicos (tubulação de alimentação) é de 6 m e a distância entre os carneiros hidráulicos e o ponto de chegada da água (tubulação de recalque) é de 33 m. Sabendo-se que neste dimensionamento o valor máximo admitido pela metodologia adotada para as tubulações de alimentação e recalque são de 12 m e 120 m, respectivamente, os valores dimensionados encontram-se dentro dos padrões desejados.

Os carneiros hidráulicos dimensionados foram construídos e no dia 31 de março de 2014 foram instalados no PEIA. Para a instalação foi feito o desassoreamento da pequena barragem existente no local, formando assim um pequeno reservatório, como pode ser visto nas Figura 4.49 e Figura 4.50.



Figura 4.49- Limpeza da pequena barragem assoreada



Figura 4.50- Formação do pequeno reservatório

Na instalação, os carneiros hidráulicos foram testados com a campânula feita de garrafa PET (Figura 4.51). Porém, por se tratar de carneiros hidráulicos de tamanhos maiores a pressão exercida sobre a campânula era intensa a ponto de arrancar a garrafa PET do lugar, sendo então necessária a sua substituição. As campânulas foram, então, substituídas por campânulas feitas de PVC, que após a realização de testes se ajustaram bem aos carneiros hidráulicos.



Figura 4.51- Montagem dos carneiros hidráulicos com campânula de garrafa PET

Outras particularidades dos carneiros hidráulicos instalados foram que de acordo com o dimensionamento, a tubulação de recalque deveria ser de 1 1/4", porém para diminuir custos foi colocada uma tubulação de recalque de 1/2" e a saída da água recalçada foi colocada lateralmente a um dos carneiros, ao invés de entre eles. As Figura 4.52 e Figura 4.53 ilustram os carneiros hidráulicos montados e as Figura 4.54 e Figura 4.55 ilustram a instalação dos carneiros hidráulicos. A Figura 4.56 ilustra os carneiros hidráulicos em funcionamento.

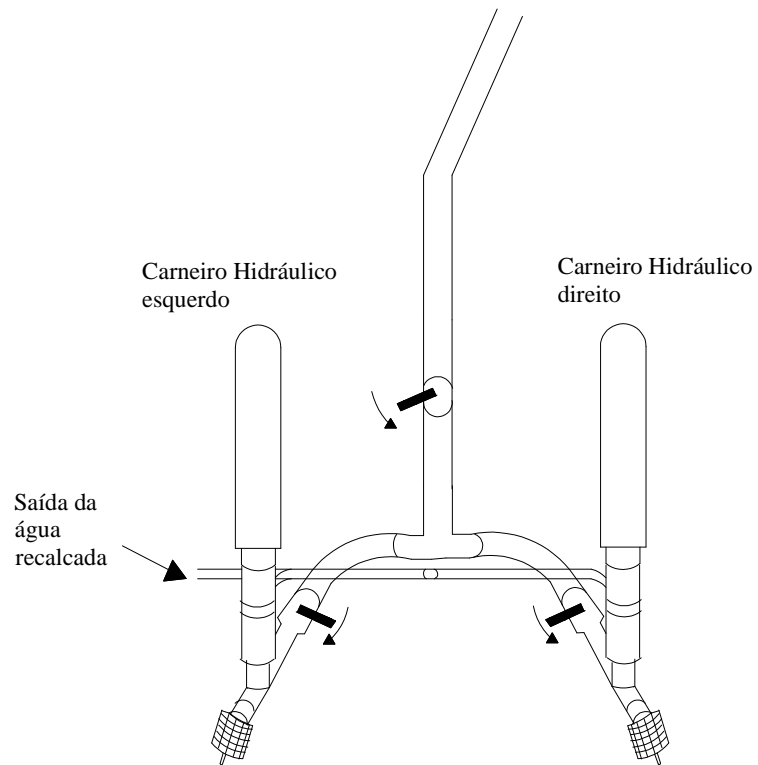


Figura 4.52- Esquema de montagem dos carneiros hidráulicos



Figura 4.53- Carneiros Hidráulicos montados

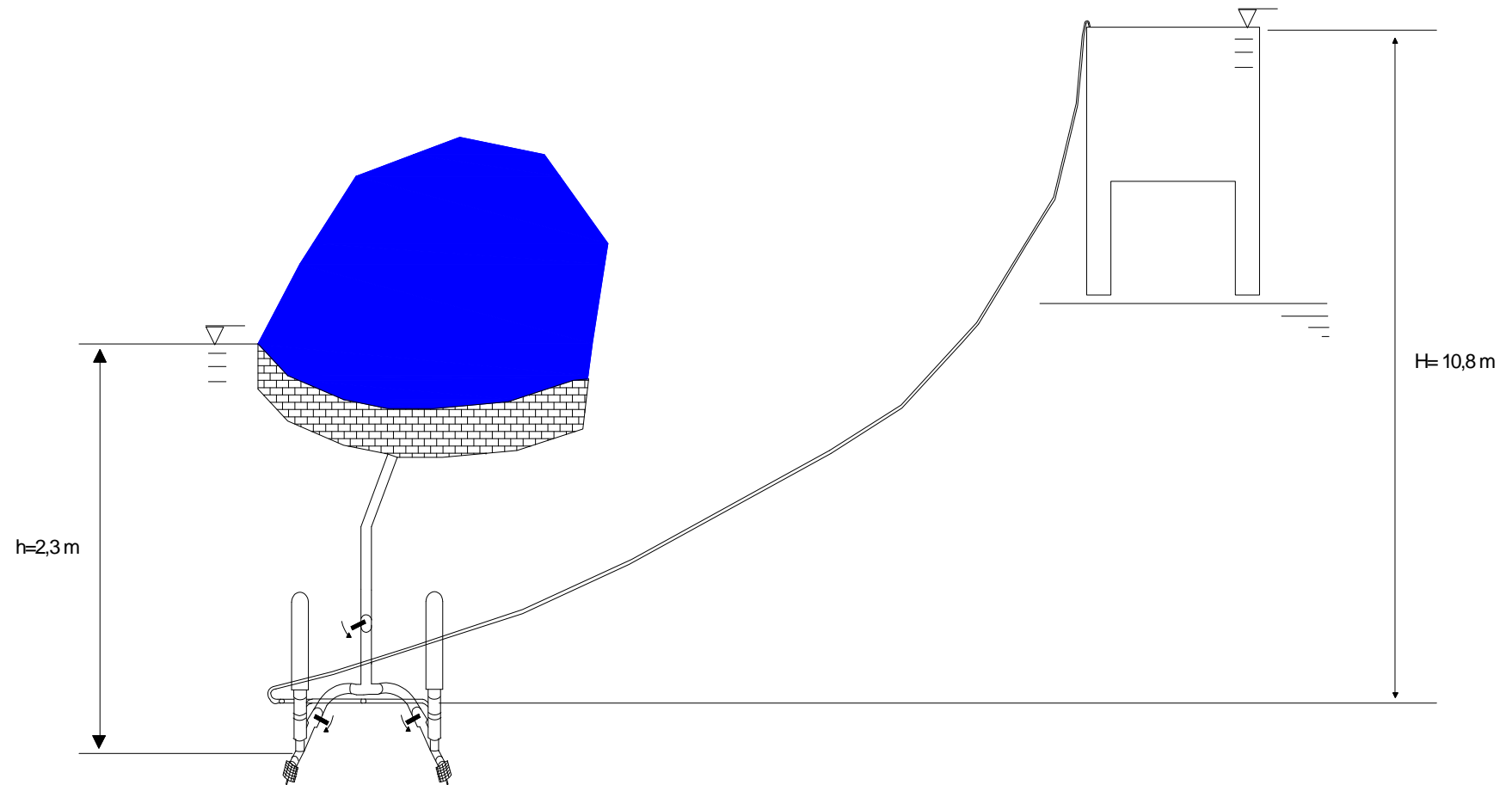


Figura 4.54- Esquema de instalação dos carneiros hidráulicos



Figura 4.55- a) Instalação dos carneiros hidráulicos b) Chegada da tubulação de recalque no tanque de abastecimento



Figura 4.56- Carneiros hidráulicos em funcionamento

Após a instalação dos carneiros hidráulicos os primeiros testes de rendimento (Figura 4.57 e Figura 4.58) foram realizados no dia 06/05/2014. A metodologia utilizada no cálculo do rendimento foi apresentada no subitem 3.6.1.8.6. Os resultados são apresentados nas Tabela 4.8 e Tabela 4.9.



Figura 4.57- Captação e medida do volume de água perdida no processo de funcionamento do carneiro hidráulico



Figura 4.58- Medida do volume de água recalçada pelo carneiro hidráulico

Tabela 4.8- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados

Carneiro hidráulico esquerdo em funcionamento			Carneiro hidráulico direito em funcionamento		
Vazão perdida			Vazão perdida		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
6,54	16,0	2,446	5,26	10	1,901
4,90	13,1	2,673	5,29	10	1,890
4,93	13,1	2,657	5,31	10	1,883
4,96	13,5	2,722	5,23	10	1,912
Vazão média [L/s]		2,625	Vazão média [L/s]		1,897
Vazão recalçada			Vazão recalçada		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
29,54	4,2	0,142	30,31	5,0	0,165
30,00	5,0	0,167	30,10	5,0	0,166
29,78	5,0	0,168	30,29	5,1	0,168
29,78	5,0	0,168	29,95	5,0	0,167
Vazão média [L/s]		0,161	Vazão média [L/s]		0,167
Vazão total [L/s]		2,786	Vazão total [L/s]		2,063
Rendimento [%]		27,2	Rendimento [%]		37,9

Tabela 4.9- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo

Vazão perdida carneiro hidráulico esquerdo			Vazão perdida carneiro hidráulico direito		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
4,98	10,0	2,008	5,31	9,0	1,695
5,15	10,0	1,942	5,29	8,9	1,682
5,40	10,6	1,963	5,43	9,0	1,657
5,62	11,0	1,957	5,29	9,0	1,701
Vazão média [L/s]		1,968	Vazão média [L/s]		1,684
Vazão média total [L/s]			3,652		
Vazão recalçada					
Tempo [s]		Volume [L]			Q [L/s]
30,2		6,0			0,198
30,01		6,1			0,203
30,31		6,5			0,214
30,28		6,0			0,198

Vazão média [L/s]	0,204
Vazão total [L/s]	3,855
Rendimento [%]	26,2

Antes de realizar os testes e cálculos de rendimento esperava-se que os valores encontrados fossem próximos a 45%, conforme relação de alturas apresentado na Tabela 3.1 e que os carneiros hidráulicos operando isoladamente tivessem o mesmo rendimento, visto que são idênticos. Porém, observa-se nas Tabela 4.8 e Tabela 4.9 que os valores de rendimento ficaram muito a quem do esperado.

Conclui-se que o rendimento dos carneiros hidráulicos, operando isoladamente ou em paralelo, não ficou dentro dos valores esperados pelo fato da saída dos carneiros hidráulicos juntamente com a tubulação de recalque ter sido instalada com um diâmetro menor do que o dimensionado. O carneiro hidráulico esquerdo ficou com um rendimento menor por estar próximo a saída de água a ser recalçada ocorrendo uma perda de carga maior neste ponto.

A fim de corrigir o problema e com isso aumentar o rendimento dos carneiros hidráulicos algumas mudanças foram realizadas nos mesmos. A saída dos carneiros hidráulicos foi substituída de diâmetro de 1/2" para 1 1/4" e foi posicionada no centro dos mesmos. Foi colocada também, uma válvula na saída dos carneiros hidráulicos. As Figura 4.59 e Figura 4.60 ilustram as mudanças realizadas. A tubulação de recalque também foi substituída de diâmetro de 1/2" para 1 1/4", porém testes de rendimento foram realizados com a tubulação de 1/2" e 1 1/4", mantendo a saída de 1 1/4".

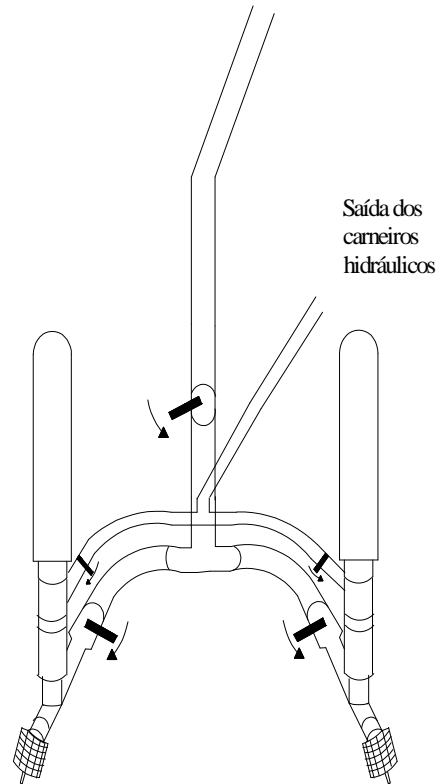


Figura 4.59- Esquema dos carneiros hidráulicos após alterações



Figura 4.60- Carneiros hidráulicos após alterações

Os novos testes foram realizados no dia 09/06/2014 e os resultados são apresentados nas Tabela 4. 10, Tabela 4. 11, Tabela 4. 12 e Tabela 4. 13.

Tabela 4. 10-Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados com tubulação de recalque de 1/2"

Carneiro hidráulico esquerdo em funcionamento			Carneiro hidráulico direito em funcionamento		
Vazão perdida			Vazão perdida		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
5,72	14,9	2,605	5,35	11,8	2,206
5,39	14,0	2,597	5,43	14,0	2,578
5,56	14,8	2,662	5,60	14,0	2,500
5,67	15,6	2,751	5,36	13,2	2,463
Vazão média [L/s]		2,654	Vazão média [L/s]		2,437
Vazão recalçada			Vazão recalçada		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
10,60	2,1	0,198	10,29	1,9	0,185
10,36	2,0	0,193	10,32	2,0	0,194
10,46	2,1	0,201	10,31	2,0	0,194
10,29	2,0	0,194	10,34	2,0	0,193
Vazão média [L/s]		0,197	Vazão média [L/s]		0,191
Vazão total [L/s]		2,850	Vazão total [L/s]		2,628
Rendimento [%]		32,4	Rendimento [%]		34,2

Tabela 4. 11- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo com tubulação de recalque de 1/2"

Vazão perdida carneiro hidráulico esquerdo			Vazão perdida carneiro hidráulico direito		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
5,35	15,2	2,841	5,32	14,8	2,782
5,53	15,5	2,802	5,02	13,1	2,609
5,31	15,2	2,863	5,37	13,0	2,421
5,36	14,9	2,779	5,77	13,1	2,270
Vazão média [L/s]		2,822	Vazão média [L/s]		2,521
Vazão média total [L/s]			5,342		

Vazão recalçada		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
10,37	2,8	0,270
10,60	2,8	0,264
10,38	3,0	0,289
10,34	3,0	0,290
Vazão média [L/s]	0,278	
Vazão total [L/s]	5,621	
Rendimento [%]	24,5	

Tabela 4. 12- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando isolados com tubulação de recalque de 1 1/4"

Carneiro da esquerda em funcionamento			Carneiro da direita em funcionamento		
Vazão perdida			Vazão perdida		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
5,37	15,2	2,831	5,40	12,4	2,296
5,35	14,0	2,617	5,70	14,8	2,596
5,60	14,0	2,500	5,43	13,0	2,394
5,47	14,0	2,559	5,72	13,0	2,273
Vazão média [L/s]		2,627	Vazão média [L/s]		2,390
Vazão recalçada			Vazão recalçada		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]
10,39	2,5	0,241	10,49	2,5	0,238
10,42	2,8	0,269	10,74	2,2	0,205
10,35	2,5	0,242	9,98	2,2	0,220
10,45	2,5	0,239	10,84	2,4	0,221
Vazão média [L/s]		0,248	Vazão média [L/s]		0,221
Vazão total [L/s]		2,874	Vazão total [L/s]		2,611
Rendimento [%]		40,4	Rendimento [%]		39,8

Tabela 4. 13- Rendimento dos carneiros hidráulicos operando em paralelo com tubulação de recalque de 1 1/4"

Vazão perdida carneiro da esquerda			Vazão perdida carneiro da direita		
Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]	Tempo [s]	Volume [L]	Q [L/s]

5,43	15,4	2,836	5,39	13,8	2,560
5,36	15,0	2,799	5,51	15,0	2,722
5,32	15,1	2,838	5,69	15,0	2,636
5,52	16,0	2,899	5,58	13,3	2,384
Vazão média [L/s]		2,843	Vazão média [L/s]		2,576
Vazão média total [L/s]			5,418		
Vazão recalçada					
Tempo [s]		Volume [L]		Q [L/s]	
10,61		4,0		0,377	
10,30		4,0		0,388	
10,42		3,9		0,374	
10,50		3,8		0,362	
Vazão média [L/s]		0,375			
Vazão total [L/s]		5,794			
Rendimento [%]		32,5			

Observa-se nas Tabela 4. 10 e Tabela 4. 11 que apenas com a mudança do diâmetro e posicionamento de saída dos carneiros hidráulicos, mantendo o diâmetro da tubulação de recalque em 1/2", o rendimento foi alterado. O carneiro hidráulico esquerdo, operando isolado, sofreu uma melhora no rendimento ficando próximo ao rendimento do carneiro hidráulico direito. Porém, o rendimento do carneiro hidráulico direito, operando isolado, e dos carneiros hidráulicos operando em paralelo sofreram uma leve queda.

Os testes realizados com a mudança de diâmetro e posicionamento de saída dos carneiros hidráulicos, juntamente com a mudança de diâmetro da tubulação de recalque para 1 1/4" mostraram que os resultados do rendimento dos carneiros hidráulicos ficaram mais próximo do valor esperado conforme relação de alturas mostrada na Tabela 3.1. O rendimento dos carneiros hidráulicos operando isoladamente tiveram valores aproximadamente iguais, conforme era esperado desde a instalação dos mesmos. Os carneiros hidráulicos operando em paralelo, em todos os casos em que foram feitos os testes, tiveram rendimento menor do que os carneiros hidráulicos operando isoladamente.

Tendo conseguido os valores esperados de rendimento dos carneiros hidráulicos os materiais utilizados no projeto final dos carneiros hidráulicos é o mostrado na Tabela 4.14.

Tabela 4.14- Materiais utilizados no projeto final dos carneiros hidráulicos

Material	Diâmetro de entrada	
		3"
Câmpula de PVC		-----
Tampa da garrafa com furo de 15 mm (diâmetro)		-----
Bucha redução		2" x 3/4"
Té PVC branco rosca		1"
Bucha redução PVC branco Rosca		2" x 1"
Adaptador preto para mangueira		1"
Niple PVC branco		2"
Bucha de redução PVC branco rosca		3" x 2"
Válvula retenção vertical (tipo Dacol)		3"
Niple galvanizado		3"
Tê galvanizado		3"
Niple galvanizado		3"
Válvula de poço Docol (latão Docol)		3"
Parafuso com três porcas e uma arruela		5/16 ou M10
Mola de acionador da válvula de descarga para vaso sanitário marca (Hydra)		-----

4.5.2 Adequação do volume de água a ser captado na nascente principal para alimentar os tanques de abastecimento

Após o cálculo do indicador de consumo (IC), no item 4.4, e do cálculo da vazão recalçada, pelos carneiros hidráulicos, para os tanques de abastecimento, subitem 4.5.1, conclui-se que somente os carneiros hidráulicos são capazes de atender a demanda hídrica do PEIA.

O indicador de consumo calculado para o PEIA foi de 15,48 m³/dia, ou seja, 0,179 L/s e a vazão de água recalçada pelo carneiro hidráulico, de maior rendimento, é 0,248 L/s, sendo assim a medida de eficiência hídrica a ser realizada é cessar a captação de água na nascente principal e só utilizá-la em casos extremos, em que os carneiros hidráulicos não sejam capazes de atender a demanda hídrica do parque.

4.6 Correlação entre água economizada e geração de energia elétrica local

A vazão que era captada na nascente principal e destinada aos tanques de abastecimento, de forma constante e contínua, deve ser comparada com algum outro fator para que se possa ter noção da relevância de tal valor economizado, após a implantação de medidas de eficiência hídrica.

Primeiramente far-se-á a comparação com a vazão total da nascente, nascente esta que também fornece água para a geração de energia. Em seguida compara-se com o volume do reservatório.

Constata-se pelo gráfico da Figura 4.5, que a vazão média disponível na nascente principal está em torno de 5,3 L/s. Logo, de acordo com o que foi medido nos tanques de abastecimento (Tabela 4.1), 38% da vazão disponível na nascente é destinada ao abastecimento em vez de ir para a produção de energia. Vale ressaltar que esse percentual não é constante e em meses de seca, devido à redução da vazão da

nascente, quase toda água passa a ser destinada apenas para o abastecimento, pois a soleira construída na captação garante prioridade para o abastecimento.

Para ter-se noção de quanta água isso representa, o reservatório da central hidrelétrica tem volume igual a 600 m³, a vazão de 2,02 L/s equivale a 174,5 m³/dia, poderia encher todo o reservatório em aproximadamente 3,4 dias, ou seja, o volume de água captado para o abastecimento é suficiente para encher aproximadamente 9 vezes o reservatório por mês.

4.6.1 Equivalência em horas de geração de energia hidrelétrica mensalmente

Como dito acima, a água que vai para o abastecimento seria capaz de encher 9 vezes o reservatório mensalmente, isso equivale, aproximadamente, 5400 m³ de água, desconsiderando-se as perdas por evapotranspiração e infiltração na área ao redor do reservatório.

As Bombas funcionando como turbinas (BFTs) que estão instaladas para a geração de energia apresentam diferentes vazões de projeto por serem de diferentes potências, na Tabela 4.15, são apresentadas as diferentes BFTs, as vazões de projeto e a potência de cada uma.

Tabela 4.15- Detalhamento das BFTs

Modelo	Q projeto (m³/s)	Potência gerada (kW)
B.F.T. 1	0,005	2
B.F.T. 2	0,010	4
B.F.T. 3	0,015	6

Ao se comparar o volume de água que vai para o abastecimento mensalmente com as vazões de funcionamento das BFTs pode-se definir a equivalência em número

de horas de energia que poderia ser gerada utilizando tal volume de água, como mostrado na Tabela 4.16.

Tabela 4.16-Estimativa do número de horas de geração de energia utilizando a água de abastecimento

Modelo	Potência (kW)	Vazão m ³ /h	Volume de água (m ³)/mês	Equivalência horas de funcionamento da BFTs	
				(h/mês)	(h/dia)
B.F.T. 1	2	18	5400	300	10
B.F.T. 2	4	36		150	5
B.F.T. 3	6	54		100	3

Aplicando a Equação 3.14 e considerando a utilização apenas da água que vai para o abastecimento e sem considerar vertimento da água na barragem é possível gerar cerca de 600 kWh a cada mês.

O uso de tal água para a geração hidrelétrica garante maior segurança e disponibilidade de energia em todo ano, principalmente nos meses de seca quando quase toda água disponível na nascente vai para o abastecimento, além disso, quanto ao gerador diesel, a geração hidrelétrica seria capaz de suportar a demanda em grande parte do tempo economizando assim grande quantidade de Diesel.

4.6.2 Comparação de custos com geração diesel

Segundo catálogo disponibilizado por um fornecedor de geradores Diesel, considerando 17 modelos com potências nominais entre 4 e 91 kW, obtém-se um consumo específico médio de 0,275 litros de combustível por kWh gerado (HEIMER, 2014). Considerando-se a cotação média do óleo Diesel para Ubatuba-SP, entre 13/07/2014 e 19/07/2014, fornecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e

Biocombustíveis (ANP), de R\$ 2,659, obtém-se um custo médio do kWh gerado de R\$ 0,731 (desconsiderando-se despesas de instalação, operação e manutenção do sistema).

A geração, mensal, dos mesmos 600 kWh pela central hidrelétrica se gerados pelo gerador diesel custaria ao PEIA R\$ 438,60. Em um ano os gastos chegariam a aproximadamente R\$ 5.300,00.

Além de proporcionar economia financeira ao PEIA outro benefício da geração de energia pela central hidrelétrica é a redução da emissão de CO₂ pela geração a diesel. De acordo com Epstein *et. all.* (2011) o fator de emissão de CO₂ no Brasil é de 0,11 Kg CO₂eq/kWh sendo assim ao deixar de gerar 600 kWh de energia pelo gerador diesel a emissão de CO₂ estará reduzida em pelo menos 66 kg.

4.7 Outra proposta de eficiência hídrica a ser implantada

Outra medida de eficiência hídrica a ser proposta para futura implantação é com relação à economia de vazão das duchas, visto que, esse é um dos locais que mais se consome água no PEIA.

Para propor essa medida foi feita a medição de vazão nas duchas utilizando o mesmo processo de medição de vazão realizado nos tanques de abastecimento. O resultado obtido é apresentado na Tabela 4. 17.

Tabela 4. 17- Vazão média das duchas

Volume do recipiente [L]	13
Tempo [s]	Vazão [L/s]
7,69	1,69
8,07	1,61
8,18	1,59
Vazão média [L/s]	1,63

Segundo o Inmetro um chuveiro tipo ducha superluxo gasta em média 4,6 L/min (0,077 L/s) e atualmente, a vazão das duchas do PEIA é 21 vezes maior que esse valor. Sendo assim propõe-se que a vazão das duchas seja reduzida para o valor de 4,6 L/min ocasionando em economia de água para o parque.

Através da Equação 4.1 pode-se calcular o volume de água gasto por uma pessoa utilizando a ducha por 5 minutos.

$$V_{\text{ducha}} = Q_{\text{ducha}} \cdot t_{\text{uso}} \quad (4.1)$$

Onde:

V_{ducha} – Volume de água gasto pela utilização da ducha [L];

Q_{ducha} – Vazão média da ducha [L/s];

t_{uso} - Tempo de utilização de cada ducha [s].

Calculando esse volume para a vazão atual das duchas tem-se que cada banho na ducha com duração de 5 minutos consome 489 L de água. Reduzindo a vazão da ducha para 4,6 L/min o mesmo banho na ducha com duração de 5 minutos consumirá 23 L o que representará uma economia de mais de 90% no consumo de água.

Espera-se que com essa medida o problema de falta de água mencionado pelos funcionários nos meses de janeiro e dezembro, pelo elevado número de visitantes, seja solucionado.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A busca por uma maior eficiência na utilização dos recursos hídricos constitui, sem dúvida, um dos temas atuais de importância estratégica no cenário mundial. No Brasil, também avança-se consideravelmente neste objetivo. Simultaneamente, no âmbito federal e estadual, decisões compartilhadas pelos representantes dos setores políticos, técnicos e da sociedade civil, têm catalisado a estruturação do gerenciamento dos recursos hídricos nas diversas frentes nas quais esse objetivo deve ser confrontado.

O principal objetivo desse trabalho foi estudar a área do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) na parte hídrica, levantando os dados hidrológicos e topográficos para propor soluções eficientes de utilização dos recursos hídricos nessa região.

Pode-se dizer que a metodologia aplicada neste trabalho foi dividida em 4 etapas, sendo elas: 1) Caracterização do local de estudo, o Parque Estadual da Ilha Anchieta; 2) Identificação da disponibilidade hídrica e detecção de perdas de água no parque; 3) Identificação de atividades que envolvem o uso de água no PEIA, bem como o cálculo do indicador de consumo local; 4) Por fim, implantação de medidas de eficiência hídrica no parque, com o intuito de utilizar a água economizada na geração de energia elétrica de fonte hidráulica diminuindo, assim, os gastos com a geração de energia elétrica por fonte térmica.

Os estudos mostraram que o Parque Estadual da Ilha Anchieta possuía escassez de água doce e que a água disponível era utilizada de maneira ineficiente causando uma perda de até 27,5 % da vazão disponível. A fim de, reduzir essa perda de água medidas de eficiência hídrica foram implantadas.

A inserção de carneiros hidráulicos, como medida de eficiência hídrica, mostrou ser uma solução barata, sem utilização de energia elétrica, promovendo a reutilização da água e praticamente eliminando a captação feita na nascente principal.

A água disponível na nascente principal passou a ser exclusiva para geração hidrelétrica aumentando sua capacidade de geração. O aumento da capacidade de

geração hidrelétrica acarretou em redução da utilização do gerador Diesel, proporcionando ao PEIA, menos gastos com combustíveis e uma diminuição na emissão de gases do efeito estufa, reduzindo o impacto ambiental causado por essa fonte de energia, o que contribui pra promover o equilíbrio entre a fauna, flora e convívio humano no parque.

Segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (SUNC, 2014), na região entre a Serra do Mar o Litoral Norte do Estado de São Paulo, onde está incluído o PEIA, existem outras 46 Unidades de Conservação que podem ser estudadas hidroenergéticamente por enfrentarem os mesmos problemas de água e energia.

Algumas novas linhas de pesquisas podem ser desenvolvidas no PEIA como o estudo de reutilização de água através da captação de água de chuva. Essa água captada pode ser aproveitada para diferentes usos que não exijam água de ótima qualidade, como descargas de banheiro, rega de jardins, limpeza de pisos dentre outros usos.

Outra linha de pesquisa a ser sugerida é a realização de estudos hidrológicos, baseados na utilização de satélites, pois todos os trabalhos de levantamentos hidrológicos realizados no PEIA até hoje (CERPCH,2004), foram feitos utilizando a técnica da regionalização das vazões. Método que consiste na semelhança do comportamento hídrico em regiões vizinhas, onde, a partir de dados pluviométricos de uma região bem estudada pode-se inferir o comportamento de um curso d'água em outra região vizinha.

E por fim, sugere-se que seja instalado no PEIA um pluviômetro para que junto com o vertedor já instalado, o parque possa criar seu próprio banco de dados de chuva e vazão para permitir a realização de estudos futuros.

CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

ABATE, C. BOTREL, T. A; **Carneiro Hidráulico com Tubulação de Alimentação em Aço Galvanizado e PVC**; Scientia Agrícola; Vol 59; n.1;p.197-203;jan/mar; 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, “**Levantamento de preços – 13/07/14 a 19/07/14**”, ANP, Brasília, 2009. Disponível em <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Semanal_Combustiveis.asp>. Acesso em: julho de 2014.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. 2005. Prol Editora Gráfica. São Paulo.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza** e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. CIB - **Agenda 21 para a construção sustentável**. 2000.131p. (Tradução do Relatório CIB - Publicação 237). São Paulo, 2000.

DENÍCULLI, W.; **Hidráulica**. Instalações de recalque. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. 1992. V.2 115 p.

EPSTEIN,D.; SYKES, J.; CARRIS J. **Oficina Pegada de Carbono**. 2011.Usefulsimpleproject. Brasília, Distrito Federal, 2011.

GOOGLE EARTH- MAPAS.Disponível em:< <https://earth.google.com/>>. Acesso em: maio 2014.

GONÇALVES, O. M. **Uso Racional da Água nos Edifícios**. 2002. Politécnica-Engenharia de Construção Civil- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GOLÇALVES, O. M.; TAMAKI, H. O.; SILVA, G. S. **Water- Conservation Programs on Campus: The University of São Paulo Case Study. Plubing Systems & Design**, Chicago, n.11, p. 14-15, May/ June 2004. (ASPE- American Society of Plumbing Engineers).

HEIMER GRUPOS GERADORES, **Lista de Potência – 60 Hz (1.800 rpm)**, Disponível em <http://www.geradoresdobrasil.com.br/2006/data_sheets/tabela-60hz.jpg>, Acesso em: julho 2014.

KALDELLIS, J.K. *et. al.* **Cost benefit analysis of a photovoltaic-energy storage electrification solution for remote islands**, *Renewable Energy*, vol. 34, 1299-1311, 2009.

KRUMDIECK, S., HAMM, A. **Strategic analysis methodology for energy systems with remote island case study**, *Energy Policy*, vol. 37, 3301-3313, 2009.

MAEDA, L. K.; **Análise de Sistemas Alternativos de Bombeamento, Condução de Água e Irrigação: Estudo de Caso a Horta Municipal de São Carlos.** Dissertação apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental. São Paulo. 2010. 114 p.

MEDEIROS, R.; YOUNG; C.E.F.; PAVESE, H. B. & ARAÚJO, F. F. S. 2011. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional:** Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 44p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Manual de Projetos Especiais: Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso de da Energia Elétrica**, MME, Brasília, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Pilares para o Plano de Sustentabilidade Financeira do Sistema Nacional de Unidades de Conservação**, MMA, Brasília, 2007.

MOTTA, S. R. F. *et. al.* **Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas edificações residenciais.** 2008. 9p. Artigo apresentado no 7º Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo (NUTAU), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NETTO, A. J. M.; ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica.** 8 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998. V.1. 669p.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios.** 1999. 344 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, M. A.; STEFANELLI, A. **Estudo sobre o uso racional de água no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos.** 2009. 100p. Trabalho de conclusão de Curso - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, São Paulo, 2009a.

OLIVEIRA, S. M. **Ilha Anchieta: Rebelião, Fatos e Lendas.** 2009. 195p. 4. ed. Ubatuba, São Paulo, 2009b.

ONU – **Organização das Nações Unidas.** Disponível em: <www.onubrasil.org.br>. Acesso em: julho de 2014.

RAMOS, D. A. R. *et. al.* **Implantação de um programa de uso racional da água no campus do centro de ciências tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina.** 2011. 5p. Artigo apresentado no 6º Encontro de Extensão da UDESC, Joinville, Santa Catarina, 2011.

ROJAS, R. N. Z.; **Modelagem, Otimização e Avaliação de um Carneiro Hidráulico.** Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. São Paulo. 2002. 82 p.

SAHEB-KOUSSA, D.; HADDADI, M.; BELHAMEL, M. **Economic and technical study of a hybrid system (wind–photovoltaic–diesel) for rural electrification,** *Applied Energy*, vol. 86, 1024-1030, 2009.

SILVA, G. S. **Programa permanente de uso racional da água em Campi Universitários: o programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo.** 2004. 482p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SUNC- Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: julho 2014.

TIAGO FILHO, G. L.; VIANA, A. N.; **Carneiro Hidráulico, O que é e como construí-lo**. Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos (CERPCH). Itajubá. 2002. 8 p.

THOMAS, T. Disseminating RAM-pump technology. In: WEDC CONFERENCE, 20, PICKFORD, J. (Ed.) **Affordable Water Supply and Sanitation**. Leicestershir: Loughborough University, 1994.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

US Agency for International Development, **Powering tourism: electrification and efficiency options for rural tourism facilities**, USAID, Washington, 2008.

VIDAL, J. W.; **Manual de Energia Solar**. Ministério da indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia industrial. Brasília. 1978.54 p.

VILANOVA, M. R. N.; VIANA, A. N. **Sustentabilidade energética de unidades de conservação ambiental: estudo de caso no Parque Estadual da Ilha Anchieta (Ubatuba/SP)**. 2009. 7p. The 8th Latin American Congresso n Eletrectricity Generation and Transmission- CLAGTEE, Ubatuba, São Paulo, 2009.

WILLIAMS, A. A.; SIMPSON, R. **Pico hydro – Reducing technical risks for rural electrification**, *Renewable Energy*, vol. 34, 1986-1991, 2009.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE, “**Unidades de conservação: conservando a vida, os bens e os serviços ambientais**”, WWF, São Paulo, 2008a.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE, “**Reserva Particular Do Patrimônio Natural – RPPN: Iniciativa cidadã para a proteção da natureza**”, WWF, São Paulo, 2008b.

ANEXO I

- **Questionário aplicado aos funcionários**

ELETOBRAS PROCEL / FAPEPE / EXCEN / UNIFEI / PEIA

PESQUISA DE POSSE DE APARELHOS ELÉTRICOS E HÁBITOS DE USO

QUESTIONÁRIO: FUNCIONÁRIOS

1. IDENTIFICAÇÃO:

1.1 – Nº QUEST. _____

1.2 – DATA DA ENTREVISTA: ____/____/____ 1.3 – HORA DE INÍCIO DA ENTREVISTA: ____ : ____

1.4 _____ – ENTREVISTADOR:

1.5 _____ – ENTREVISTADO:

1.6 – DATA NASC: ____/____/____ 1.7 – SEXO: 1. MASC 2. FEM

1.8 – ATIVIDADE / FUNÇÃO QUE EXERCE NO PEIA: _____

1.9 – QUAL O TEMPO APROXIMADO QUE VOCÊ TRABALHA NO PEIA? 1. ANOS

1.10 – COMO É A SUA ESCALA DE TRABALHO NO PEIA?

1. DIARIAMENTE 2. UMA VEZ POR SEMANA 3. DE 2 A 3 VEZES POR SEMANA

4. MAIS DE 3 VEZES POR SEMANA 5. OUTROS: _____

1.11 – GRAU DE ESCOLARIDADE?

1. FUNDAMENTAL 1ª a 5ª SÉRIE COMPLETO – (Primário) – (Colegial) 6. ENSINO MÉDIO INCOMPLETO

2. FUNDAMENTAL 1ª a 5ª SÉRIE INCOMPLETO- (Primário) 7. SUPERIOR COMPLETO

3. FUNDAMENTAL 6ª a 9ª SÉRIE COMPLETO – (Ginasial) 8. SUPERIOR INCOMPLETO

4. FUNDAMENTAL 6ª a 9ª SÉRIE INCOMPLETO – (Ginasial) 9. PÓS-GRADUADO

5. ENSINO MÉDIO COMPLETO – (Colegial) 10. ANALFABETO

2. ÁGUA

2.1 – VOCÊ PERCEBE SE OCORRE FALTA DE ÁGUA NO PEIA?

1. SIM 2. NÃO [vá para 3.4] 3. NÃO SABE / NR [vá para 3.4]

2.2 – MARQUE A(S) ATIVIDADE(S) EM QUE PERCEBE QUE OCORRE FALTA DE ÁGUA NO PEIA?

1. BEBER 2. BANHO 3. COZINHAR 4. LAVAR ROUPA

5. LIMPEZA 6. DESCARGA DO VASO SANITÁRIO 7. PIA DO BANHEIRO

8. OUTRO, QUAL: _____

2.2 – COM QUE FREQUÊNCIA VOCÊ PERCEBE A FALTA DE ÁGUA NO PEIA?

1. DIARIAMENTE 2. UMA VEZ POR SEMANA 3. DE 2 A 3 VEZES POR SEMANA

4. MAIS DE 3 VEZES POR SEMANA 5. UMA VEZ POR MÊS

6. OUTRO, QUAL: _____

2.3 – EM QUAL (QUAIS) MÊS (ES) A FALTA DE ÁGUA É MAIS FREQUENTE NO PEIA?

1. JAN	2. FEV	3. MAR	4. ABR	5. MAI	6. JUN	7. JUL	8. AGO	9. SET	10. OUT	11. NOV	12. DEZ

2.4 - GOSTARIA QUE O(A) SR.(A) ME INFORMASSE SE OCORRE NO PEIA ALGUMA (S) DA(S) SITUAÇÕES QUE VOU LHE APRESENTAR?

SITUAÇÕES	1	2	3	4	5

(1) VAZAMENTO OU DESPERDÍCIO DE ÁGUA. (Indique o Local e Fonte: _____).

(2) ÁGUA COM CHEIRO OU SABOR DESAGRADÁVEL. (Indique o Local e Fonte: _____).

(3) VASAMENTO OU CHEIRO DE ESGOTO. (Indique o Local e Fonte: _____).

(4) NÃO HÁ NENHUM PROBLEMA RELACIONADO À ÁGUA.

(5) OUTRO, QUAL: _____

4 – HORA DE TÉRMINO DA ENTREVISTA: ____ : ____

• **Questionário aplicado aos visitantes**

1. IDENTIFICAÇÃO:

1.1 – Nº QUEST. _____ / _____ (Caso esteja em grupo, utilizar o mesmo nº de questionário e acrescentar nº sequencial para cada integrante do grupo após a “/”).

1.2 – DATA DA ENTREVISTA: ____/____/____ 1.3 – HORA DE INÍCIO DA ENTREVISTA: ____ : ____

1.4 – ENTREVISTADOR: _____

1.5 – ENTREVISTADO: _____

1.6 – DATA NASC: ____/____/____ 1.7 – SEXO: 1. () MASC. 2. () FEM.

1.8 – PERFIL DO VISITANTE:

ITEM (1.8.1)	AMBIENTE (1.8.2)	OPÇÕES DE RESPOSTAS (1.8.3)	RESPOSTA (1.8.4)
1	Visita o PEIA pela primeira vez?	(1)	
2	Qual a periodicidade que você visita o PEIA?	(2)	
3	Você veio ao PEIA sozinho ou em grupo?	(3)	
4	Veio com crianças?	(4)	
5	Qual seu objetivo ao visitar o PEIA?	(5)	
6	Quanto tempo você permaneceu no PEIA?	(6)	
7	Qual seu grau de escolaridade?	(7)	

OPÇÕES: (1)

- 1 - SIM
2 - NÃO

OPÇÕES: (2)

- 1 - MENSAL
2 - 1 VEZ POR ANO
3 - 2 VEZES POR ANO
4 - 3 OU MAIS VEZES POR ANO
5 - PRIMEIRA VEZ NO PEIA

OPÇÕES: (3)

- 1 - SOZINHO
2 - CASAL
3 - GRUPO
3.1 Quantos? _____

OPÇÕES: (4)

- 1 - SIM
1.1 Quantas? _____
2 - NÃO

OPÇÕES: (5)

- 1 - TURISMO
2 - PESQUISA
3 - OUTRO
3.1 Qual? _____

OPÇÕES: (6)

- 1 - 1 HORA
2 - DE 2 A 3 HORAS
3 - DE 4 A 6 HORAS
4 - 7 HORAS
5 - DE 8 A 24 HORAS
6 - MAIS DE 24 HORAS
6.1 Quantos dias? _____

OPÇÕES: (7)

- 1 - ENS. FUND. INCOMPLETO
2 - ENS. FUND. COMPLETO
3 - ENS. MÉDIO INCOMPLETO
4 - ENS. MÉDIO COMPLETO
5 - ENS. SUP. INCOMPLETO
6 - ENS. SUP. COMPLETO
7 - POS-GRADUAÇÃO

2. ÁGUA:

2.1 – CONSUMO DE ÁGUA

ITEM (2.1.1)	AMBIENTE (2.1.2)	OPÇÕES DE RESPOSTAS (2.1.3)	RESPOSTA (2.1.4)
1	Houve algum problema na utilização da água para beber durante a visita ao PEIA?	(1)	
2	Houve algum problema na utilização da água para banho/ducha ?	(2)	
3	Quantas duchas você tomou durante a visita?	(3)	
4	Quanto tempo em média demorou cada ducha?	(4)	
5	Quantas vezes você utilizou o banheiro durante a visita?	(5)	
6	Utilizou a torneira do banheiro para lavar as mãos, escovar os dentes, etc.	(6)	
7	Quanto tempo a torneira ficou aberta durante cada utilização?	(7)	

OPÇÕES: (1)

- 1 - Não houve nenhum problema
 - 2 - Faltou água durante toda visita
 - 3 - Faltou água em alguns momentos
 - 4 - Levei a minha própria água
 - 5 - Outro.
- 5.1 Qual? _____

OPÇÕES: (2)

- 1 - Não houve nenhum problema
 - 2 - Faltou água durante toda visita
 - 3 - Faltou água em alguns momentos
 - 4 - Não sei
 - 5 - Outro.
- 5.1 Qual? _____

OPÇÕES: (3)

- 1 - Nenhuma
 - 2 - 1 ducha
 - 3 - 2 duchas
 - 4 - 3 ducha
 - 5 - 4 ducha
 - 6 - 5 ducha
 - 7 - Outro.
- 7.1 Quantas? _____

OPÇÕES: (4)

- 1 - Menos de 1 minuto
 - 2 - Até 5 minutos
 - 3 - Até 10 minutos
 - 4 - Outro.
- 4.1 Quantos? _____

OPÇÕES: (5)

- 1 - Não utilizei o banheiro
 - 2 - 1 vez
 - 3 - 2 vezes
 - 4 - Outro.
- 4.1 Quantas? _____

OPÇÕES: (6)

- 1 - Não utilizei o banheiro
 - 2 - 1 vez
 - 3 - 2 vezes
 - 4 - Outro.
- 4.1 Quantas? _____

OPÇÕES: (7)

- 1 - Menos de 1 minuto
 - 2 - Até 2 minutos
 - 3 - Até 3 minutos
 - 4 - Outro.
- 4.1 Quantos? _____

- **Questionário aplicado às edificações**

