UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANEAMENTO

RAIMUNDO DE MOURA ROLIM NETO

Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, AP: *avaliação e formulação de alternativas*

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2016

RAIMUNDO DE MOURA ROLIM NETO

Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, AP: *avaliação e formulação de alternativas*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento

Orientador: Prof. Tit. Eduardo Cleto Pires

São Carlos

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

D153a

de Moura Rolim Neto, Raimundo
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari: avaliação e formulação de alternativas / Raimundo de Moura Rolim Neto; orientador Eduardo Cleto Pires. São Carlos, 2016.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Comunidades isoladas. 2. Saneamento. 3. Amazônia. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: **RAIMUNDO DE MOURA ROLIM NETO**

Título da dissertação: "Abastecimento de água e esgotamento sanitário da comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, AP: avaliação e formulação de alternativas"

Data da defesa: 30.11.2016

Comissão Julgadora:	**Resultado:**
Prof. Titular **Eduardo Cleto Pires** **(Orientador)** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	Aprovado
Prof. Dr. **Erich Kellner** (Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)	Aprovado
Profa. Dra. **Carlos Roberto Monteiro de Andrade** (Instituto de Arquitetura e Urbanismo/IAU-USP)	Aprovado

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento:
Profª. Associada **Maria Bernadete A. Varesche Silva**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

À Raquel (Irmã) e Seu Bebé (Pai) *in memoriam*, Dona Maria (Mãe), ao mais novo integrante da Família, Guilherme Manoel (Filho) e Tatiana (Esposa), com muito amor dedico esta obra a vocês...

AGRADECIMENTOS

A Deus, nas suas mais diversas formas de manifestação, agradeço pela dádiva da vida.

A minha esposa, Tatiana Rolim, que incondicionalmente me motivou a concluir este desafio, e em minha ausência, ter assumido as tarefas diárias de nosso lar.

A minha família, em especial a minha mãe Maria Rolim e meu pai Manoel Rolim (*in memoriam*), por ter me conduzido a seguir o caminho dos estudos, com persistência, humildade e honestidade.

Ao Prof. Dr. Eduardo Cleto Pires, pelas orientações, profissionalismo e pela sua paciência em ter me orientado com presteza e dedicação, fica aqui registrado o meu eterno agradecimento.

Aos Professores, Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha e Dr.ª Lyda Patrícia Sabogal Paz, pelas contribuições no exame de qualificação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari, pelo auxílio financeiro e logístico.

Ao Instituto Chico Mendes da Biodiversidade, pela autorização concedida para realizar esta pesquisa.

Ao Nacelio Maciel Pinto (Laboratório ANQUIM), pelos descontos nas análises de água.

Ao Luís Roberto Takiyama e Décio Ferreira de Oliveira (MDL Ambiental), por ter disponibilizado a sonda multiparamétrica para as análises de água realizadas em campo, foi crucial para a execução das campanhas.

Ao Professor Ms Marcos Quintairos pela gentileza de emprestar seu GPS.

Aos amigos, Adriano, Jean Lúcio, Dani e Nelinho, pela ajuda nas campanhas de campo.

Ao amigo de longas datas, Eng° Rômulo Jaconias, pelas discussões sobre os critérios de dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos.

Aos amigos do PPG-SHS (2014) pelos poucos, mas inesquecíveis momentos que pudemos celebrar a vida juntos, em especial ao Tiago e Willame.

E por último e não menos importante, aos moradores da comunidade Água Branca do Cajari, por terem se predispostos a responderem meus questionamentos, espero que esta obra um dia possa contribuir para a melhoria da qualidade de vida destas pessoas!

“Muda, que quando a gente muda o mundo muda com a gente
A gente muda o mundo na mudança da mente
E quando a mente muda a gente anda pra frente
...
Na mudança de atitude não há mal que não se mude nem doença sem cura
Na mudança de postura a gente fica mais seguro
Na mudança do presente a gente molda o futuro!”
(Gabriel o Pensador)

RESUMO

ROLIM NETO, R.M. **Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, AP:** *avaliação e formulação de alternativas***.** 2016. 137 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Ao longo dos anos a implementação das políticas de saneamento básico no Brasil foram evoluindo gradativamente, porém as metas de universalização não serão alcançadas até 2030. Os piores índices historicamente se concentram nas regiões norte e nordeste, sendo mais acentuados nas áreas rurais. O Amapá é o estado mais preservado do país, abrange em seu território diversas modalidades de áreas protegidas e comunidades tradicionais, dentre elas a comunidade Água Branca do Cajari, localizada na Reserva Extrativista do Rio Cajari, objeto de estudo desta Dissertação, que consistiu na formulação e avaliação de alternativas para suprir a demanda de água potável e ao encaminhamento seguro dos esgotos sanitários. Para o alcance dos objetivos, foram realizadas duas campanhas de campo, com o intuito de conhecer o perfil social, econômico e ambiental da comunidade, através da aplicação de questionários e observação *in situ*, avaliação da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, através de análises físico-químicas e microbiológicas e estimativas da geração de esgoto. A proposição das alternativas foi feita a partir do dimensionamento e avaliação dos custos de instalação, operação e manutenção ao longo do horizonte de planejamento de 20 anos. Os orçamentos foram elaborados a partir de dados disponíveis na literatura técnica e a composição dos custos por pesquisas de preço e fontes oficiais como o SINAPI. Treze poços freáticos são utilizados pela população que reside na parte alta da comunidade, enquanto os que moram na parte baixa, retiram diretamente do rio, adicionam polímero que adquirem informalmente para a clarificação das águas, em média 95% da população afirma realizar a desinfecção com hipoclorito de sódio, sendo que 41,1% da população tem acesso ao mínimo estabelecido pela ONU e 7,6% abaixo do recomendado. Estavam em não conformidade, de acordo como o que estabelece a Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, 75% das amostras analisadas para o parâmetro pH, 62,5% para turbidez, 90% para coliformes totais/E*scherichia coli*. Cerca de 82,3% do esgoto séptico gerado é encaminhado a fossas negras, e 13% das unidades domiciliares não dispõe de banheiro. O custo total dos sistemas foi de: sistema de bombeamento fotovoltaico 430.644,97 R$ (0,18 R$/hab.dia); aproveitamento de água de chuva de 432.236,72 R$ (0,19 R$/hab.dia); filtro lento domiciliar 7.326.27 R$; sistema de desinfecção solar (SODIS) 9.768,54 R$ e para o tratamento de esgoto sanitário unifamiliar, fossas sépticas “Imhoff” e sumidouro 434.371,32 R$ ou 0,19 R$/hab.dia. Portanto, verificou-se que as alternativas avaliadas são viáveis economicamente e operacionalmente. A efetividade da implantação das tecnologias de tratamento de água e esgoto em comunidades isoladas ou de difícil acesso na Amazônia devem ser precedidas de estudos socioeconômicos, ambientais e culturais.

Palavras-chave: saneamento; comunidades isoladas; Amazônia.

ABSTRACT

ROLIM NETO, R.M. **Water supply and sanitary sewer at Água Branca do Cajari: analyzes and alternatives planning.** 2016, 99 f. Thesis (MS) - School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Paulo, 2016.

In the world, about 748 million of people do not have access to a potable water, more than 30% of the world population do not have appropriate installations and 1 million of people do their physical necessities in open areas, of theses, nine out ten are in rural areas. The policies about basic sanitation in Brazil gets better long of the years, but the marks for universalization cannot be touched until 2030. The indications get worst in north and northeast, especially in the countryside. Amapá is the most preserved state of Brazil, that has in its territory many spaces of protected areas and traditional communities, one of them is Àgua Branca do Cajarí, located in an extractive reserve, and is the focus of this issue, whose objective is propose and estimate better ways to get a high quality of water and sanitary wastewaters. To get better results, it was necessary to visit at these areas to know the community social, economic and environmental profile through questionnaires and in situ observation, beside doing physic-chemical and microbiological analyzes. The proposition of the best alternatives was made by starting from the estimative of installation and conservation along of 20 years, getting the present prizes. Those estimative were based on technical literature, prizes researched and official sources as SINAPI. Thirteen phreatic wells are used by people who live on the higher part of the community while people that live on the lowest part need to take water right from the river, put some polymer that is taken informally to clarify the water. About 95% of people say that use sodium hypochlorite in water, but just 41% has the least required by UNO and 7.6% is low from what is demanded. According with the governmental decree N. 2914/2011, 75% of the sample that were analyzed showed to the pH parameter; 62.5% for turbidity; 90% for total coliforms/ *Escherichia coli.* About 82.3% of the septic sewer created is sent to black cesspool and 13% of the houses do not have a bathroom. The total cost of the systems was about R$ 430,644.97 for a photoelectric system (0.18 R$/resident.day). The perforation and preservation of the wells were not considered; R$ 432,236.72 if use rain water (0.19 R$/resident.day). R$ 7,326.27 for slow domiciliary filter. R$ 9,768.54 for solar disinfection system and R$ 434,371.32 for unifamilial sanitary sewer treatment, septic tank “imhoff” and escape hole (0.19 R$/resident.day). Therefore, it was possible to see that the alternatives analyzed were economically and operationally possible. The implementation of water and sewer treatment technologies in isolated communities of by difficult access in Amazonia must be followed by socioeconomic, environmental and cultural studies.

Keywords: basic sanitation; isolated communities; Amazonia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação geográfica da Amazônia Legal, Bacia Hidrográfica Amazônica e Região Norte. 27

Figura 2 - Crescimento da população rural dos estados da Região Norte. Fonte: (IBGE, 2010). 28

Figura 3 – Abastecimento de água em domicílios rurais geográficos. Fonte: Funasa, 2010. 29

Figura 4 – Mapa de Localização da Resex-Ca. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de geodados do IBGE e ICMBIO. 32

Figura 5 – Representações da FiME. Fonte: A partir de Di Bernardo e Sabogal Paz (2008). 36

Figura 6 – Esquema demonstrativo dos componentes básicos de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva. Fonte: A partir de Mano (2004). 40

Figura 7 –Sistemas usados para o fornecimento de água às comunidades extrativistas, Projeto Sanear Amazônia. Fonte: A partir de Memorial Chico Mendes (2010). 42

Figura 8 – Cloradores simplificados, (A) Embrapa, (B) Emater-MG e (C) Funasa. Fontes: (EMBRAPA, 2000; EMATER-MG, 2014; FUNASA 2014). 45

Figura 9 – Decanto-digestores e suas variações, (A) câmara única, (B) compartimentado, (C) sobreposto, (D) com filtro anaeróbio acoplado, sistema UFRN. Fonte: Campos (1999). 47

Figura 10 – Esquema do sistema da Fossa Séptica Biodigestora. Fonte: Galindo, et al., (2010). 50

Figura 11 – Modelos das fossas simplificadas desenvolvidas no Projeto Sanear Amazônia, (A) ambiente de terra firme, (B) ambiente de várzea. Fonte:(BRASIL, 2014). 51

Figura 12 – Sistema de evapotranspiração. Fonte: A partir de Benjamin (2013). 52

Figura 13 - Diferentes configurações de tanques de evapotranspiração, (A) Oliveira Neto, et al., (2015), (B) Funasa (2014), (C) Fiocruz (2013). 53

Figura 14 – Sistema de evapotranspiração proposto por Galbiati (2009). 54

Figura 15 –Exemplos de banheiros secos (A) Recipientes Móveis; (B) Sistema Carrossel e (C) Com duas câmaras. Fontes: Home Grown Evolution, (2010); Ecological-engenharia (2008) e Setelombas, (2006), respectivamente. 55

Figura 16 - Condições de tráfego na BR 156, (A) Verão Amazônico (B) Inverno Amazônico. Fonte: Trabalho de campo e Lourival Queiroz, respectivamente. 58

Figura 17 – Croqui da Comunidade Água Branca do Cajari. Fonte: A partir da imagem do satélite RapidEye e levantamento de campo. 59

Figura 18 – Exemplos de locais onde foram realizadas as entrevistas, (A) domiciliar, (B) sede de cooperativa, (C) feira de vendas de produtos locais e (D) restaurante. Fonte: Trabalho de campo. 60

Figura 19 – Análises in loco de parâmetros físico-químicos, (A) poço freático, (B) Rio Cajari, fonte de abastecimento de água da população que reside as suas margens. Fonte: Trabalho de campo. 61

Figura 20 – Procedimento de amostragem das águas destinadas ao consumo humano, (A) desprezo inicial da água da torneira utilizada para o preparo de alimentos e consumo, (B) coleta da amostra para análise bacteriológica, (C) identificação, (D) preservação, (E) coleta de amostra direta de poços freáticos e (F) caixa d'água usada para armazenamento da água captada de poço freático.....63

Figura 21 –Pirâmide etária da comunidade Água Branca do Cajari.....64

Figura 22 – (A) Polímero usado pela população local para a clarificação das águas e (B) Sólidos sedimentados após adição do polímero. Fonte: Autor da pesquisa 67

Figura 23 – Valores de pH das amostras analisadas.....68

Figura 24 – Valores de turbidez das amostras analisadas.....68

Figura 25 – Valores de cor real das amostras analisadas.....69

Figura 26 - Concentração de amônia (NH_3) e Nitrito ($N\text{-}NO_2^-$) nos mananciais abastecedores e águas de abastecimento.....70

Figura 27 – Concentração de coliformes totais e Escherichia coli nas amostras analisadas. 70

Figura 28 – Comunidade Água Branca do Cajari-Setores. Fonte: Trabalho de campo.....73

Figura 29 – Variação mensal do volume de água aproveitável, considerando o modelo de habitação rural.....80

Figura 30 – Balanço hídrico mensal. 81

Figura 31 – Filtro Lento Domiciliar. Fonte: A partir de Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013).....83

Figura 32 – Componentes hidrosanitários do sistema de tratamento de esgoto proposto para a comunidade Água Branca do Cajari. (A) Fossa séptica "Imhoff", (B) Sumidouro, (C) Leito de secagem, (D) Caixa de passagem e (E) Caixa de gordura. Fonte: A partir de Azevedo Netto (1975), Funasa ([21--]); AQUALIMP (2016); 86

Figura 33 – Modelo de telhado para o cálculo da área em superfície inclinada. Fonte: (NBR 10844/89).....127

Figura 34 – Seleção da manta Bidim. Fonte: (BIDIM, 2012) 130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de estudos que correlacionam as condições sanitárias, abastecimento de água e esgotamento sanitário com os indicadores econômicos e de saúde pública. 23

Tabela 2 – Principais doenças relacionadas pela falta de saneamento básico com os seus respectivos agentes etiológicos, assim como as vias de contaminação. 25

Tabela 3 - Categorias das UCs e as atividades permitidas em seus interiores, com base no SNUC. 31

Tabela 4 – Remoção de microrganismos em filtros lentos (escala piloto). 37

Tabela 5 – Características gerais da água bruta a ser tratada pela tecnologia FiME*. 37

Tabela 6 –Vantagens e desvantagens do uso da FiME. 38

Tabela 7 – Alternativas para o tratamento e disposição final dos efluentes líquidos de tanques sépticos. 49

Tabela 8 – Eficiência obtida na remoção dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 54

Tabela 9 – Resumo das características dos tanques de evapotranspiração analisados. 56

Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos analisados in loco e identificação dos pontos. ..61

Tabela 11 – Parâmetros analisados em laboratório e identificação dos pontos. 62

Tabela 12 – Classificação sobre o acesso a água estabelecido pela ONU. Fonte Organização das Nações Unidas (2013). 67

Tabela 13 – Resumo dos resultados – dimensionamento do sistema de bombeamento fotovoltaico. 74

Tabela 14 – Características e custos dos geradores fotovoltaicos. Fonte: Pesquisa de preço. 75

Tabela 15 – Características das eletrobombas submersas. 77

Tabela 16 - Média mensal da precipitação pluviométrica - Macapá (1980-2002). Fonte: (SILVA; PORTELA, 2006) 79

Tabela 17 – Orçamento - Filtro Lento Domiciliar. A partir de Ministério da Saúde - Guatemala (2002), Caws (2010) e Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013), Sinapi (2016) e pesquisas de preços. 83

Tabela 18 - Orçamento base para implantação do SODIS e concentradores solares. Fonte: A partir de Paterniani e Silva (2005), Sinapi (2016) e pesquisa de preço. 85

Tabela 19 – Demanda de água-Setor 1. 105

Tabela 20 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 1 106

Tabela 21 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 1 107

Tabela 22 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 1 107

Tabela 23 – Demanda de água-Setor 2. 110

Tabela 24 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 2 111

Tabela 25 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 2 111

Tabela 26 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 2 112

Tabela 27 – Demanda de água-Setor 3. 113

Tabela 28 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 3..... 115

Tabela 29 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 3 115

Tabela 30 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 3 115

Tabela 31 – Demanda de água-Setor 4. 117

Tabela 32 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 4..... 118

Tabela 33 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 4 119

Tabela 34 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 4 119

Tabela 35 – Seleção dos geradores fotovoltaicos e custos. Fonte: Pesquisa de preço..... 122

Tabela 36 – Custo dos materiais, Clorador EMBRAPA/EMATER. Fonte: Emater-MG (2014) e pesquisa de preço..... 124

Tabela 37 – Volume mensal de água potencialmente aproveitável 128

Tabela 38 - Balanço Hídrico Mensal 129

Tabela 39 – Orçamento, sistema de aproveitamento de água de chuva. Fonte: SINAPI (2016), SEINFRA/ORSE (2016), SEINFRA/CE (2016) e pesquisa de preço. 131

Tabela 40 – Orçamento, sistema de esgotamento sanitário – fossa séptica “Imhoff” e sumidouro. Fonte: SINAPI (2016), SEINFRA/ORSE (2016), SEINFRA/CE (2016) e pesquisa de preço. 133

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Produção de ácido hipocloroso a partir do cloro gasoso 44
Equação 2 - Equilíbrio químico do ácido hipocloroso formado a partir do cloro gasoso .44
Equação 3 - Produção de ácido hipocloroso a partir do hipoclorito de sódio.....44
Equação 4 - Equilíbrio químico do ácido hipocloroso formado a partir hipoclorito de sódio 44
Equação 5 - Volume de hipoclorito de sódio.....46
Equação 6 - Estimativa da demanda de água.....72
Equação 7 - Altura manométrica total 72
Equação 8 - Perda de carga total.....72
Equação 9 - Energia hidráulica.....74
Equação 10 - Energia elétrica 74
Equação 11 - Potência fotovoltaica.....74
Equação 12 - Horas de sol pleno.....74
Equação 13 - Valor presente degastos anuais contantes.....78
Equação 14 - Valor presente de um investimento futuro.....78
Equação 15 - Valor presente total.....78
Equação 16 - Área superficial do telhado.....127
Equação 17 - Altura do telhado 127
Equação 18 - Eficiência do sistema de descarte inicial de água chuva 127
Equação 19 - Volume de água aproveitável 127
Equação 20 - Volume de água potencialmente aproveitável.....128
Equação 21 - Volume real de água aproveitável 128
Equação 22 - Itensidade máxima de chuva.....129
Equação 23 - Vazão na calha.....129
Equação 24 - Perímetro molhado.....129
Equação 25 - Área molhada.....129
Equação 26 - Raio hidráulico.....129
Equação 27 - Vazão máxima na calha 129

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDA	Doenças Diarreicas Agudas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMATER-MG	Agência Mineira de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESEC	Estação Ecológica
FiME	Filtração em Múltiplas Etapas
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MN	Monumento Natural
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PACS	Programa de Agentes Comunitários da Saúde
PFD	Pré-filtro Dinâmico
PFVA	Pré-filtro Vertical Ascendente
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PIN	Plano de Integração Nacional
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílio
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento
PSF	Programa Saúde da Família
REBIO	Reserva Biológica
RESEX	Reserva Extrativista
RESEX-CA	Reserva Extrativista do Rio Cajari
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Nacional
SESAN	Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SODIS	Desinfecção Solar
UASB	Reator Anaeróbio de Escoamento Ascendente de Manta de Lodo
UC	Unidades de Conservação
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

RESUMO ..... **xi**
ABSTRACT ..... **xii**
LISTA DE FIGURAS ..... **xiii**
LISTA DE TABELAS ..... **xv**
LISTA DE EQUAÇÕES ..... **xvii**
LISTA DE SIGLAS ..... **xviii**
1 INTRODUÇÃO **21**
2 OBJETIVOS **22**
2.1 GERAL 22
2.2 ESPECÍFICOS 22
3 REFERENCIAL TEÓRICO **23**
3.1 SANEAMENTO E SAÚDE 23
3.2 REGIÃO AMAZÔNICA 26
3.2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS *26*
3.2.1.1 POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS *26*
3.2.1.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO *29*
3.2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO *30*
3.2.1.1 RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARI (RESEX-CA) *31*
3.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM COMUNIDADES ISOLADAS NA AMAZÔNIA 34
3.3.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA *34*
3.3.1.1 FILTRAÇÃO LENTA *35*
3.3.1.2 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS POTÁVEIS E NÃO POTÁVEIS *39*
3.3.1.3 SISTEMA SODIS *42*
3.3.1.4 CLORADORES SIMPLIFICADOS *43*
3.3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO *46*
3.3.2.1 DECANTO-DIGESTORES *47*
3.3.2.2 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA *49*
3.3.2.3 FOSSA SIMPLIFICADA – PROJETO SANEAR AMAZÔNIA *50*
3.3.2.4 TANQUES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO *52*
3.3.2.5 BANHEIRO SECO COMPOSTÁVEL *55*
4 METODOLOGIA **58**
4.1 ÁREA DE ESTUDO 58
4.1 ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS 58

4.2 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DAS ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO 60

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 64

5.1 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS 64

5.2 DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO 66

5.3 PROPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS TECNÓLOGIAS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA 71

5.3.1 USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 71

5.3.2 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS 79

5.3.3 FILTRAÇÃO LENTA DOMICILIAR 83

5.3.4 DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS) 84

5.3.5 FOSSA SÉPTICA "IMHOFF" E SUMIDOURO 85

6 CONCLUSÃO 87

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 88

8 APÊNDICES 101

8.1 APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DOMICILIAR 101

8.2 APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ESCOLAR 103

8.3 APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COMERCIAL 104

8.4 APÊNDICE D – MEMORIAL DE CÁLCULO: SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO (SBFV) 105

8.5 APÊNDICE E – MEMORIAL DE CÁLCULO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA 127

8.6 APÊNDICE F – MEMORIAL DE CÁLCULO: FOSSA SÉPTICA "IMHOFF" E SUMIDOURO 132

9 ANEXOS 134

9.1 ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA CIENTÍFICA EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL 134

9.2 ANEXO B – BOLETINS DE ANÁLISES DE ÁGUA 137

1 INTRODUÇÃO

O déficit do acesso aos serviços saneamento no país vem diminuindo gradativamente ao longo dos anos, a promulgação da política nacional de saneamento básico, a elaboração do plano nacional, e dos planos estaduais e municipais, bem como as ações de coordenação e financiamento do governo federal, propiciam ao fomento de políticas públicas para a universalização dos serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejos das águas pluviais, porém os indicadores de eficiência ainda demonstram uma diferença de realização dessas políticas entre as regiões do Brasil e entre o meio rural e urbano.

Os índices de atendimento aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil são mais deficitários no meio rural brasileiro. As dificuldades logísticas de acesso, as especificidades socioeconômicas, ambientais e culturais das comunidades, a baixa capacidade de pagamento pelos serviços, assim como a deficiência nos processos de seleção das tecnologias, contribui para este panorama. Na Região Amazônica, tais fatores são típicos das localidades que estão fora da malha urbana, que geralmente são de difícil acesso ou encontram-se isoladas.

O Amapá é reconhecido mundialmente por ser o estado mais preservado do Brasil, em termos proporcionais à sua área total. Comunidades indígenas, quilombolas, ribeirinhas, extrativistas, dentre outras comunidades tradicionais vivem no interior dessas áreas protegidas ou em suas circunvizinhanças. Similar ao panorama das demais comunidades tradicionais da Região Amazônica, o acesso aos serviços públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário é precário, o que ocasiona danos direto à saúde pública, restringindo a dignidade da pessoa humana e agravando ainda mais a vulnerabilidade social dessas pessoas.

Na execução desta Dissertação, vislumbrou-se em estudar e propor alternativas para suprir a demanda de água com qualidade e ao tratamento de esgoto sanitário que pudessem ser aplicadas em localidades isoladas ou de difícil acesso da Região Amazônica, as quais fossem economicamente viáveis, com eficiência e simplicidade operacional, proporcionando aos próprios membros das comunidades a capacidade operá-los.

O trabalho foi realizado através de um estudo de caso na comunidade Água Branca do Cajari, localizada na Reserva Extrativista do Rio Cajari, estado do Amapá.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar as condições e propor alternativas tecnológicas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário para a comunidade Água Branca do Cajari, Reserva Extrativista do Rio Cajari, estado do Amapá.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar os aspectos quantitativos de fornecimento de água na comunidade.
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas das águas destinadas ao consumo humano.
- Identificar os aspectos quantitativos dos esgotos sanitários.
- Conhecer as características socioambientais da comunidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SANEAMENTO E SAÚDE

A assembleia geral da ONU realizada no ano de 2010, reconheceu o direito à água e saneamento como um direito humano fundamental, (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2010), sendo o acesso a estes serviços progressivamente universalizado para toda a sociedade, sem distinção de raça, poder aquisitivo, classe social ou localização geográfica.

A relação saúde e meio ambiente é objeto de estudo das diversas áreas do conhecimento. Tal relação condicionou no surgimento da terminologia *saúde ambiental*, que para Heller, (1998), correponde a:

> [...] consolidação do inovador enfoque saúde e ambiente, que encontra na terminologia epidemiologia ambiental seu instrumental metodológico e na expressão saúde ambiental a chave para orientar a organização institucional e para sensibilizar comunidades, técnicos e governos sobre a necessidade de uma abordagem que articule ambas as esferas [...] Por outro lado, ao se abordar a relação entre saúde e saneamento, é vital inseri-la no contexto exposto da relação saúde e ambiente [...]

É notório a importância do desenvolvimento de pesquisas voltadas para o campo da saúde ambiental, tendo em vista os impactos positivos em termos de saúde pública e em economia de recursos financeiros, que tais trabalhos podem promover à população e ao erário público. Várias pesquisas mostram a relação entre as condições de saneamento e o impacto na saúde da população e ao sistema de saúde. Uma relação de alguns desses trabalhos encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de estudos que correlacionam as condições sanitárias, abastecimento de água e esgotamento sanitário com os indicadores econômicos e de saúde pública.

Fonte	Comentário/Resumo
(TEIXEIRA, OLIVEIRA, *et al.*, 2014)	A pesquisa teve como objetivo realizar uma investigação a partir de dados secundários sobre as condições de saúde pública relacionadas com a infraestrutura dos serviços de saneamento básico no Brasil no período de 2001 a 2009. Os óbitos resultantes de doenças relacionadas ao saneamento básico foram de 1,31% do total. A média anual de casos devido a doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado foi de 466.351 casos, com uma despesa de R$ 30.428.324,92 em consultas médicas nesse período. Foi identificada também uma média anual de 758.750 internações hospitalares devido a deficiências do saneamento básico, com uma despesa total de R$ 2.111.567.634,61 no mesmo período. O relatório apresenta, por meio de indicadores de saúde ambiental, os resultados que demonstraram os efeitos de condições ambientais inadequadas na saúde humana, dentre eles os relacionados a

(FREITAS e GIATTI, 2010)	ocorrências de internações de crianças menores de cinco anos por DDA (Doenças Diarreicas Agudas), os estados do Pará, Tocantins e Maranhão, obtiveram os piores resultados, aos quais foram associados às precárias condições de saneamento da região.
(TEIXEIRA e PUNGIRUM, 2005)	O estudo teve como objetivo avaliar a associação entre condições de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário e indicadores epidemiológicos, como taxa de mortalidade infantil, mortalidade em menores de cinco anos de idade e mortalidade por enfermidades diarreicas agudas em menores de cinco anos de idade, nos países da América Latina e do Caribe, utilizando dados secundários da Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS. A população estimada foi de 561,3 milhões de habitantes, para o ano de 2005. O trabalho conclui que, além de outros fatores, o saneamento contribui para a melhoria da saúde infantil da região estudada.
(TEIXEIRA e HELLER, 2004)	O objetivo do estudo foi caracterizar a morbidade por desnutrição crônica e por desnutrição aguda, além de identificar os fatores associados a estas doenças, com ênfase para os fatores ambientais, em crianças com idade entre um ano completo e cinco anos completos, residentes em uma área de invasão de um município do estado de Minas Gerais. Os fatores ambientais associados à desnutrição crônica incluíram, dentre outros, a intermitência no fornecimento de água e lançamento das fezes das fraldas das crianças no peridomicílio.
(PAZ, ALMEIDA e GÜNTHER, 2012)	O trabalho foi realizado em áreas periurbanas do Município de Guarulhos, SP, atendidas pelo Programa Saúde da Família (PSF) para verificar associação entre ocorrência de diarreia em crianças de 0-2 anos de idade e características da criança, condições de saneamento e tipo de moradia. Constatou-se a elevação de até 15 vezes o risco de ocorrência de diarreias a essas crianças quando as residências não dispunham de rede coletora de esgoto associado às condições habitacionais em condições de precariedade.
(MERCHANT, JONES, *et al.*, 2002)	Objetivo do trabalho foi examinar a relação entre água para uso doméstico e esgotamento sanitário, o risco de retardo de crescimento e reversão do déficit estatural em Cartum, região rural do Sudão. Entre as crianças raquíticas no início do estudo, aqueles provenientes de lares com água e saneamento tiveram 17% a mais de chance de reverter o nanismo do que aqueles provenientes de casas sem qualquer instalação.
(CHOY, AL-MEKHLAFI, *et al.*, 2014)	O propósito do trabalho foi realizar uma investigação e prevalência de fatores de risco de infecção por Giárdia entre povos indígenas na Malásia rural. A prevalência global de infecção por esse microrganismo foi de 11,6% sendo significativamente maior entre aqueles com idade de até 12 anos. Entre outras causas, a falta de banheiro em casa, não lavar as mãos antes de comer, não ferver a água antes do consumo foram considerados fatores de risco significativo de infecção por Giárdia nessas comunidades.

No mundo, estima-se que 748 milhões de pessoas não tem acesso a uma fonte segura de água, aproximadamente 1 bilhão de pessoas possuem acesso aos serviços de

abastecimento de água sem confiabilidade, entregues em quantidades insuficientes para o atendimento de suas necessidades; mais de 30% da população mundial não possui instalações hidráulicas sanitárias adequadas e 1 bilhão de pessoas praticam defecação a céu aberto, destes, nove em cada dez estão em áreas rurais (WORLD HEALTH ORGANIZATION; UN-WATER, 2014). Esta situação expõe a população às doenças infecciosas provindas da falta de saneamento básico, entre as quais, as principais delas com os seus respectivos agentes etiológico, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais doenças relacionadas pela falta de saneamento básico com os seus respectivos agentes etiológicos, assim como as vias de contaminação.

Agente Etiológico		**Doença**	**Forma de contaminação**
Bactéria	*Shigella dysenteria*	Disenteria bacilar	Ingestão de água contaminada
	Vibrio cholerae	Cólera	
	Leptospira	Leptospirose	
	Salmonella typhi	Febre tifoide	
Protozoário	*Entamoeba histolytica*	Disenteria amebiana	
	Giardia lambia	Giardíase	
Vírus	Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa	
	Enterovírus, parvocírus, rotavírus	Gastrointerite	
	Poliomielites virus	Paralisia infantil	
Artrópode	*Sarcoptes scabie*	Escabiose	Contato com água contaminada
Bactéria	*Clamydia tracomatis*	Tracoma	
Platelminto	*Schistosoma*	Esquistossomose	Verminose, tendo a água como um estágio no ciclo
Protozoário	*Plasmodium*	Malária	Transmissão através de insetos, tendo a água como meio de procriação
Vírus	*flavírus*	Febre Amarela	
		Dengue	
Helminto	*Wuchereria*	Filariose	

Fonte: (INSTITUTO DE INFORMAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM SAÚDE, 2010 e VON SPERLING, 2005)

Para cada US$ 1,00 investido em serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário há um retorno global médio de US$ 4,30, relacionados com a economia nos gastos com saúde pública. O acesso aos serviços de saneamento básico de qualidade, não se limitam somente na melhoria das condições de saúde da população ou com a redução dos custos com o tratamento de doenças decorrente da precariedade da prestação dos serviços,

mas também, podem acarretar outros benefícios socioambientais diretos e/ou indiretos: (HELLER, 1998; HUTTON, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION; UN-WATER, 2014; RAZZOLINI E GÜNTHER, 2008)

- Conservação do meio físico e biótico da bacia hidrográfica.
- Melhoria da qualidade de vida e aumento da expectativa de vida.
- Privacidade, bem-estar e conforto.
- Práticas e hábitos higiênicos.
- Produtividade econômica.

3.2 REGIÃO AMAZÔNICA

A Região Amazônica recebe várias denominações e é delimitada geograficamente por muitos autores, com base em critérios biológicos, geomorfológicos e políticos-administrativos, sendo que a administração federal do Brasil adota os limites dos estados do Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, como o limite da Amazônia Legal. A maior parte dos dados oficiais estão disponíveis para a unidade político-administrativa que compreende aproximadamente 50% do território nacional. É a maior e mais diversa floresta tropical do mundo, abrangendo parte de nove países da América do Sul (Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana Inglesa, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia) e ocupando uma área de aproximadamente 6.600.000 km^2, Figura 1 (SILVA, 2004 e MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006).

3.2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

3.2.1.1 POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS

O processo de ocupação Amazônica foi intensificado nos anos 60 e 70, quando o discurso da conjuntura política da época era *integrar para não entregar*. De acordo com Santana (2009), em 16 de junho de 1970, através do decreto lei nº. 1.106, foi lançado o Programa de Integração Nacional (PIN). A criação desse programa é um marco da ação mais ostensiva do Governo Federal sobre a região.

O PIN previa três diretrizes importantes para serem implantadas: abertura de duas rodovias na Amazônia; a implantação em uma faixa de terra de 100 km de cada lado das novas rodovias de um programa de colonização e reforma agrária com o início da primeira fase de irrigação do Nordeste; e transferência de 30% dos recursos financeiros dos incentivos fiscais oriundos de abatimento do imposto de renda para aplicação no programa.

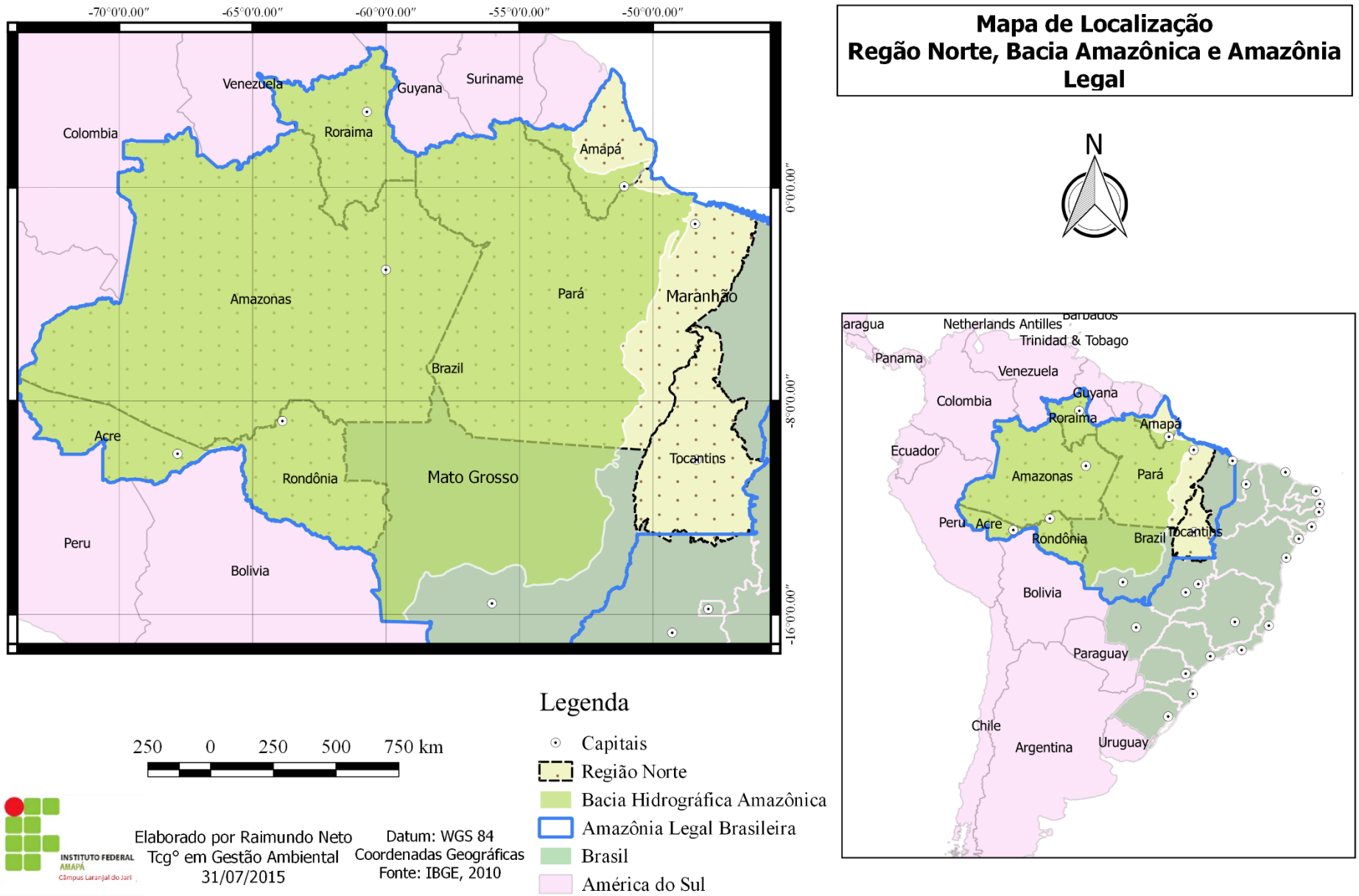


Figura 1 – Delimitação geográfica da Amazônia Legal, Bacia Hidrográfica Amazônica e Região Norte.

Nos estados que integram a Região Norte, viviam aproximadamente 3 milhões de pessoas em 1960 (4,1% da população nacional). Tendo como referência dados do censo de 1960 e dados estimados para os anos de 2014, verifica-se que nesse período (1960- 2014) a população da Região Norte cresceu 488,1% e do Amapá 990%, ao passo que a do país cresceu 185,6%.

A taxa de urbanização também evoluiu ao longo dos anos, não diferente da tendência brasileira, porém estando sempre abaixo da média nacional. Atualmente pouco mais de 73% da população vive em áreas urbanas. Vale ressaltar que o Amapá possui taxa de urbanização 89,80% maior do que a média nacional. Os municípios de Santana, Macapá e Laranjal do Jari possuem as maiores taxas, com 97%, 95% e 94% respectivamente.

Estes dados ratificam o pensamento de Becker (2005) que considera a Amazônia cada vez mais uma "floresta urbanizada". Outro dado importante é a densidade demográfica, a mais baixa do país, 4,12 hab/km^2, 5 vezes menor que a média nacional. Na Região Norte atualmente há mais de 4 milhões de pessoas residindo no meio rural, correspondendo a 14,1% da população rural brasileira, sendo o Pará, Amazonas e Rondônia os estados mais representativos. Figura 2 (IBGE 2010).

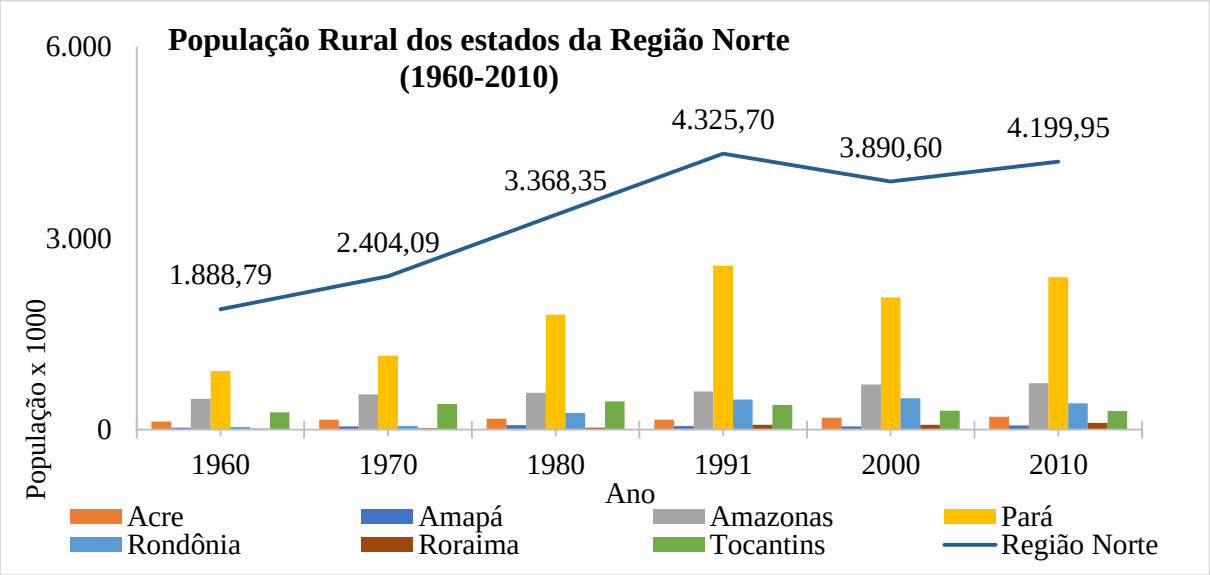


Figura 2 - Crescimento da população rural dos estados da Região Norte. Fonte: (IBGE, 2010).

Apesar do desenvolvimento econômico da região, em termos de PIB *per capita*, o crescimento não se refletiu em ganhos proporcionais para a população, principalmente no meio rural. Até o ano de 2030 a Região Norte terá as menores taxas de acesso a água e esgotamento sanitário em áreas urbanas. A situação será mais crítica nas áreas rurais, quando aproximadamente 50% e 48% dos domicílios terão acesso a água e esgotamento

sanitário, respectivamente, no ano de 2030, também ambos abaixo da média nacional (LIMA; MARQUES, 2012).

3.2.1.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O panorama do abastecimento de água no país indica que a população ainda sofre com déficit, este fator depende principalmente de sua localização geográfica, encontrando-se nas regiões Norte e Nordeste as piores taxas (SNIS, 2013).

Mais de 82% da população brasileira tem acesso a água por meio de rede distribuição, porém na Região Norte este índice é de apenas 52%, 30% dos domicílios tem acesso a água a partir de poços e nascentes, e 11% de outras formas como lagos, açudes e caminhões (INFOAMAZÔNIA, 2013; SNIS, 2013).

No meio rural, segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios – PNAD, para o ano de 2012, 42,6% dos domicílios tinham acesso à água pela rede geral de distribuição, com ou sem canalização interna, na Região Norte são apenas 21,9 %, Figura 3. Outro ponto importante são dados referentes ao acesso a água por outras formas de abastecimento sem canalização, o que pode aumentar o risco de contaminação da água pelo transporte. (IBGE/PNAD, 2013; UN-WATER, 2014).

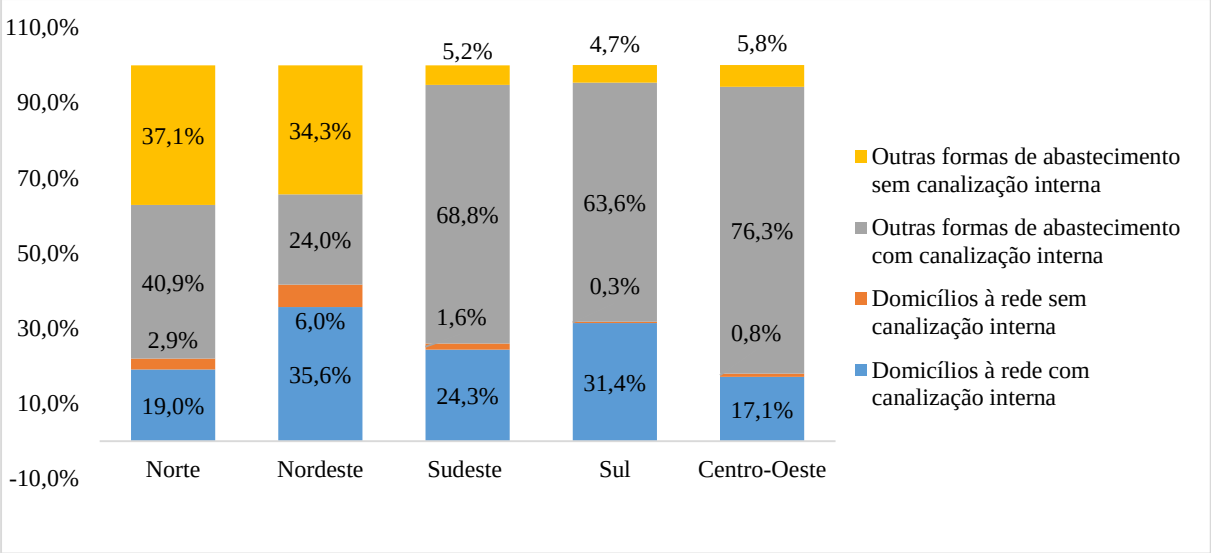


Figura 3 – Abastecimento de água em domicílios rurais geográficos. Fonte: Funasa, 2010.

Há um contraste entre os estados da Região Norte, no que diz respeito ao acesso à água pela rede geral de distribuição, a exemplo dos estados de Roraima e Acre, nos quais 6% e 9% respectivamente da população rural é contemplada, ao passo que no Amapá são 17% (FUNASA, 2012).

O fato de alguns estados recorrerem a soluções alternativas de abastecimento em relação a ligação junto à rede geral de distribuição se deve a fatores como: demográficos, relacionados a concentração de grandes propriedades e dispersão de domicílios; geológicos, que diz respeito à disponibilidade de água subterrânea e; características qualitativas, que por sua vez, possam limitar o uso da água e ausência ou insuficiência de sistemas públicos de abastecimento (FUNASA, 2012).

O consumo médio de água da Região Norte é de 155,83 l/hab.dia, abaixo da média nacional que é de 166,29 l/hab.dia (6,9% menor), porém estados como o Amapá e Rondônia possuem valores acima da média do país, respectivamente 194,8 l/hab.dia (14,6%) e 183 l/hab.dia (9,1%). Outro dado relevante é o índice de perdas, pois 50,8% da água distribuída é perdida na rede, 27% a mais do que a média do Brasil, a mais alta entre as grandes regiões. Ressalta-se sobre o panorama no estado do Amapá, que apresenta mais de 76% de perdas de água na distribuição, a situação mais crítica do país (SNIS, 2013).

Levando em consideração que todo o volume de água produzido (7.946.870 m^3/ano) fosse faturado a uma tarifa média de 2,42 R$/$m^3$, para o ano de 2013, a Companhia de Água e Esgoto do Amapá – CAESA teria economizado mais de 14 milhões de reais, 62,4% do valor investido em saneamento para o mesmo ano (SNIS, 2013).

Quanto ao cenário do acesso aos serviços de esgotamento sanitário, para o ano de 2013 6,5% do esgoto sanitário gerado foi coletado e 85,3% deste total foram tratados (SNIS, 2013).

3.2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Unidades de conservação (UCs) são áreas com aspectos naturais relevantes que tem a função de assegurar a representatividade das diferentes populações, habitats e ecossistemas de um território (BRASIL, 2011). As UCs asseguram o uso racional dos recursos ambientais e ainda propiciam às comunidades envolvidas o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis em seu interior ou entorno.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído pela Lei n° 9.985/2000 e é composto pelo conjunto de UCs federais, estaduais, municipais e particulares distribuídas em doze categorias de manejo. Cada uma dessas categorias se diferencia no que diz respeito aos usos permitidos e à forma de proteção. Há unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável, cujos recursos naturais podem ser

utilizados de forma direta e equilibrada. As categorias das UCs e usos permitidos estão descritos na Tabela 3, (BRASIL, 2000; BRASIL, 2011).

Tabela 3 - Categorias das UCs e as atividades permitidas em seus interiores, com base no SNUC.

Classe de uso	Principais tipos de usos	Categoria de manejo*
Classe 1 – Pesquisa científica e educação ambiental	Desenvolvimento de pesquisa científica e educação ambiental	REBIO e ESEC
Classe 2 – Pesquisa científica, educação ambiental e contato com a Natureza	Ecoturismo	Parque e RPPN
Classe 3 – Produção florestal, pesquisa científica e visitação	Produção florestal	FN e FE
Classe 4 – Extrativismo, pesquisa científica e visitação	Extrativismo por populações tradicionais	RESEX
Classe 5 – Agricultura de baixo impacto, pesquisa científica, visitação, produção florestal e extrativismo	Áreas públicas e privadas onde a produção agrícola e pecuária é compatibilizada com os objetivos da UC	RDS, RVS, MN
Classe 6 – Agropecuária, atividade industrial, núcleo populacional urbano e rural	Terras públicas e particulares com possibilidade de usos variados visando a um ordenamento territorial sustentável	APA e ARIE

*REBIO: Reserva Biológica; ESEC: Estação Ecológica; RPPN: Reserva Particular do Patrimônio Natural; FN: Floresta Nacional; FE: Floresta Estadual; RESEX: Reserva Extrativista; RDS: Reserva do Desenvolvimento Sustentável; RVS: Refúgio da Vida Silvestre; MN: Monumento Natural; APA: Área de Proteção Ambiental e ARIE: Área de Relevante Interesse Ecológico.

Para o ano de 2010, as áreas protegidas, que incluem as UCs e Terras indígenas, na Amazônia Legal somavam 2.197.485 quilômetros quadrados (km^2) ou 43,9% da região. Desse total, as Unidades de Conservação (federais e estaduais) correspondiam a 22,2% do território amazônico. No Amapá, 62,1% do território são representados pelas UC, 33,3% de proteção integral e 28,8% de uso sustentável (VERÍSSIMO, 2011). Dentre as UCs de uso sustentável está a Reserva Extrativista do Rio Cajari, objeto de estudo da presente pesquisa.

3.2.1.1 RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARI (RESEX-CA)

A Resex-Ca foi criada por meio do Decreto Federal n° 99.145/90 com o objetivo de disciplinar o uso da terra e a exploração racional da floresta. Esta UC está localizada na região sul do Amapá, possui uma área de 501.711 ha, abrange três municípios, Vitória do Jari, Laranjal do Jari e Mazagão, Figura 4 (BRASIL, 1990; BRASIL, 1997).

Residem aproximadamente 5.400 pessoas no interior da Resex-Ca. A renda familiar advém do extrativismo de espécies vegetais e animais, da produção agrícola, aposentadorias e programas sociais (FILOCREÃO, 1993; ALMEIDA, 2014).

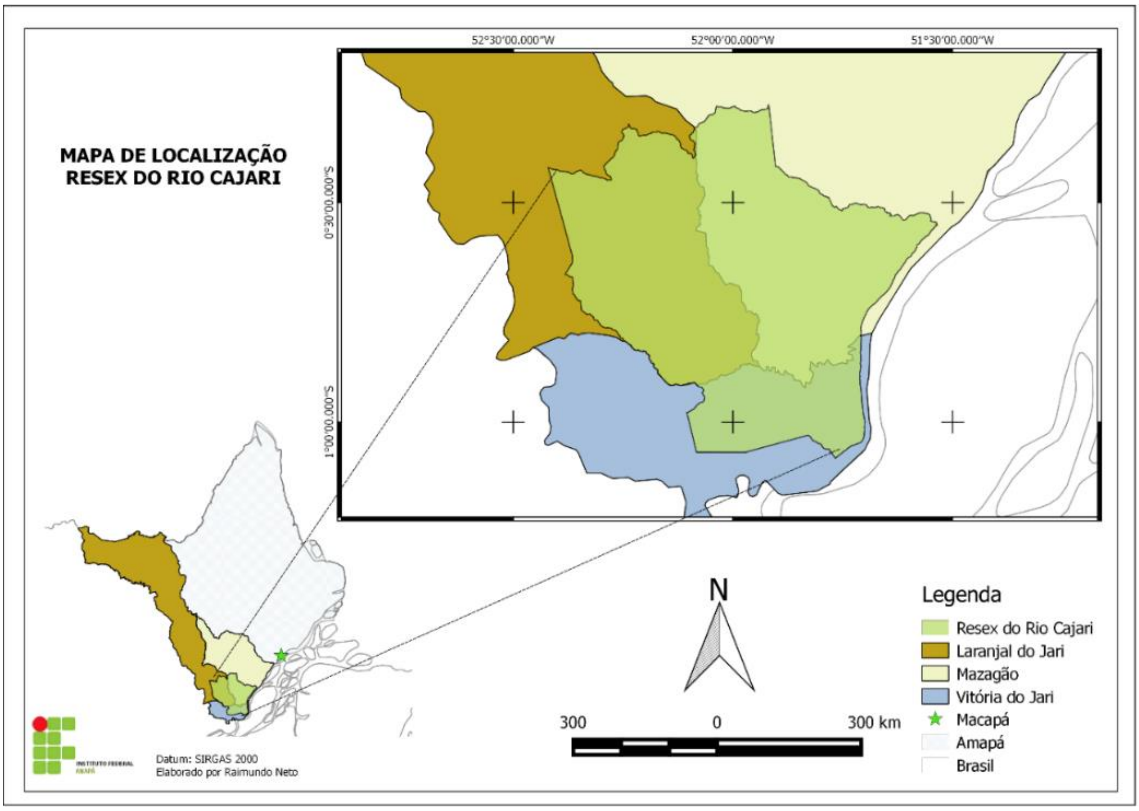


Figura 4 – Mapa de Localização da Resex-Ca. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de geodados do IBGE e ICMBIO.

O extrativismo vegetal é representado por diferentes espécies, conforme a macrorregião. Na região de terra firme do alto Cajari, há a extração de castanha-do-brasil (*Berholletia excelsa*), cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*) e a andiroba (*Carapa guianensis*). Nas várzeas do baixo Cajari, extrai-se a andiroba, o palmito e os frutos do açaí (*Euterpe olerace*). A produção agrícola, pelo tipo de cultura plantada, pelo número de agricultores, é representada por: mandioca e macaxeira (72%), banana (64%), laranja e limão (58%), abacaxi (57%), cará (53%), batata-doce (52%), milho (51%), cupuaçu (49%) e arroz (22%) (BRASIL, 2008).

As atividades de agropecuária no interior da Resex são consideradas atividades complementares ao extrativismo com o propósito de produzir alimentos para o sustento e sobrevivência das famílias. A população residente pode utilizar áreas de floresta para implantar roçados, dentro do limite máximo de 15 ha por família, incluindo capoeiras, pastos, plantios e quintais e áreas abandonadas a menos de 5 anos (IBAMA,1990 *apud*

SOUSA, 2006). As atividades agrícolas representam 39% da renda familiar, as atividades ligadas ao extrativismo representam 35%, a criação de pequenos animais 3% e outras formas de renda, como programas sociais governamentais, aposentadorias, salários de funcionários públicos, atividades mercantis e venda de mão-de-obra totalizam 23% (KOURI, et al., 2002).

Em 2007, haviam 35 escolas de ensino fundamental e 02 de ensino médio, porém, funcionando apenas numa perspectiva de extensão da educação urbana, desconsiderando em suas propostas didático-pedagógicas as peculiaridades socioambientais e culturais das comunidades agroextrativistas.

A Resex-Ca é drenada pelas bacias hidrográficas dos rios Cajari e Ajuruxi, do Igarapé Tambaqui e outros pequenos cursos d'água, que escoam até ao canal norte do rio Amazonas. O rio Cajari, em alto e médio curso, apresenta solos com características de drenagem incipiente e a planície aluvial favorece o acúmulo de água e a formação de terraços alagados, chamados "várzeas". No baixo curso, o rio Cajari e outros corpos d'água se integram às áreas de depósito aluvionário do canal norte, formando meandros, diques e lagos. Apresenta as seguintes sequências geológicas: formação curuá, formação trombetas, formação barreiras e aluviões do quaternário, está susceptível aos efeitos das marés. (BRASIL, 2008). Não diferente dos padrões amazônicos é representada pela significativa diversidade biológica.

O fornecimento de energia elétrica é feito através de sistemas isolados, movidos a combustíveis fósseis, porém nem todas as comunidades são contempladas pelo serviço, tendo em vista a complexa e onerosa logística em fornecer o combustível. As comunidades contempladas recebem uma cota mensal, abaixo do ideal, que geralmente impossibilita o fornecimento contínuo de energia elétrica, limitando-se a no máximo 6 h/dia. Rotineiramente, a BR-156, que interliga a região do Sul do Amapá a capital, e que corta a Resex-Ca, é bloqueada pela falta de envio das cotas de combustível.

O setor de saúde funciona em condições precárias de infraestrutura e recursos humanos, para o ano de 2009 haviam quatro postos de saúde funcionando sob a reponsabilidade da administração pública dos municípios de Laranjal do Jari e Mazagão e seis foram desativados. Há somente 23 agentes comunitários de saúde em toda a Resex-Ca,

que integra as equipes do Programa de Agentes Comunitários de Saúde[1] (PACS) e Programa de Saúde da Família (PSF), que em tese é composto por um médico, um enfermeiro e dois técnicos em enfermagem, (PICANÇO, 2009).

Há diversos estudos sobre desmatamento, cadeia produtiva da castanha e outros produtos do extrativismo, agricultura, território, educação no campo, biodiversidade, entre outros, (KOURI, 2002; SILVA, 2004; BORGES e CASTRO, 2007; FUNI, 2009; PICANÇO, 2009). Porém, são poucos os estudos científicos[2] disponíveis que retratam as condições quali-quantitativas dos serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário na Resex-Ca. Dados de 1993 relatavam que 75% das residências não dispunham de nenhum tipo de instalação sanitária, 23% despejavam seus esgotos em fossas negras e apenas 1% encaminhavam os esgotos para fossas sépticas. Em 2009, prevalecia a utilização das fossas rudimentares ou os dejetos eram despejados diretamente nos rios ou nas proximidades das residências (FILOCREÃO, 1993 e PICANÇO, 2009).

3.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM COMUNIDADES ISOLADAS NA AMAZÔNIA

3.3.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As Regiões Norte e Nordeste apresentam as maiores concentrações de comunidades isoladas do país, as quais ficam à mercê das políticas públicas educacionais, dispondo de mínimas condições sanitárias, eletrificação, habitação, dentre outros, o que contribuem para os baixos valores de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) característicos destas comunidades (VELÁZQUEZ et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014).

As comunidades isoladas da Amazônia são constituídas principalmente por populações tradicionais que incluem pescadores, ribeirinhos, seringueiros, extrativistas, quilombolas, índios ou descendentes de índios (MUNIZ; ROCHA, 2013). A seguir serão apresentadas algumas tecnologias que são usadas, ou podem ser consideradas alternativas, para a melhoria das condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário nessas comunidades.

---

[1] Possui o objetivo de estender o atendimento às comunidades, sem poder prescrever medicamentos, devendo atuar por meio de atividades de prevenção e monitoramento de doenças e promoção da saúde, com ações educativas realizadas individualmente e de forma coletiva (PICANÇO, 2009).

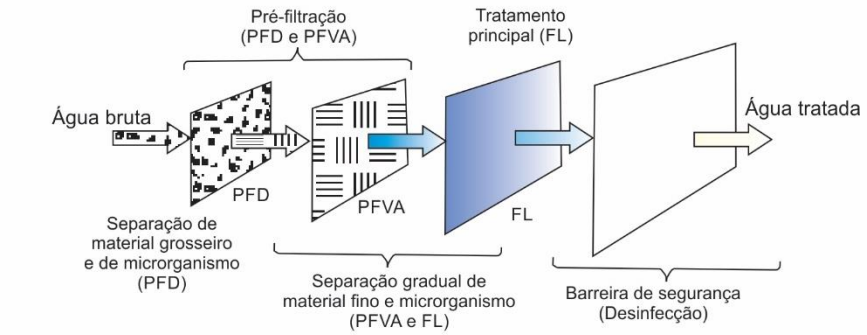
[2] Após a etapa de coleta de dados desta pesquisa, em janeiro de 2016, verificou-se que algumas residências localizadas na comunidade Água Branca do Cajari e na região do baixo Cajari, estavam implantando um sistema para coleta de água de chuva, o qual é resultante das ações do programa SANEAR, que será apresentado no próximo item.

3.3.1.1 FILTRAÇÃO LENTA

A etapa de filtração é importante para a produção segura de água potável e, pode ser rápida ou lenta, dependendo da taxa de filtração. A filtração lenta opera com taxa geralmente inferior a 6 $m^3/m^2.d$, não utiliza coagulantes químicos e a água a ser filtrada deve possuir características apropriadas dentro dos limites da tecnologia, pois caso contrário o processo torna-se ineficaz. Na atualidade, a filtração lenta tem sido precedida por unidades de pré-tratamento, geralmente constituídas por pré-filtros de pedregulho, tecnologia denominada de Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 1999).

Na FiME, a água a ser tratada passa por diferentes etapas, onde ocorrem a remoção progressiva das substâncias sólidas. O sistema FiME normalmente é constituído, em sequência, pelo pré-filtro dinâmico (PFD), pré-filtro vertical ascendente (PFVA) e por filtros lentos (FL), Figura 5 (DI BERNARD; SABOGAL PAZ, 2008).

O PFD tem como objetivo principal a remoção de sólidos grosseiros, entretanto, uma parcela de organismos e material fino também são removidos. O meio granular do PFD é constituído por pedregulho, com tamanho menor no topo e maior no fundo, sob o qual situa-se um sistema de drenagem, geralmente constituído por tubos perfurados. Nessa unidade, uma parte da vazão afluente escoa superficialmente, em média de 10 a 20%, de forma que toda área em planta seja efetiva na pré-filtração, e o restante da água infiltre, sendo coletada e encaminhada para os PFVA. (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 1999; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).



PFD: Pré-filtro dinâmico em pedregulho
PFVA: Pré-filtro vertical ascendente em pedregulho (em camadas ou em séries)
FL: Filtro lento

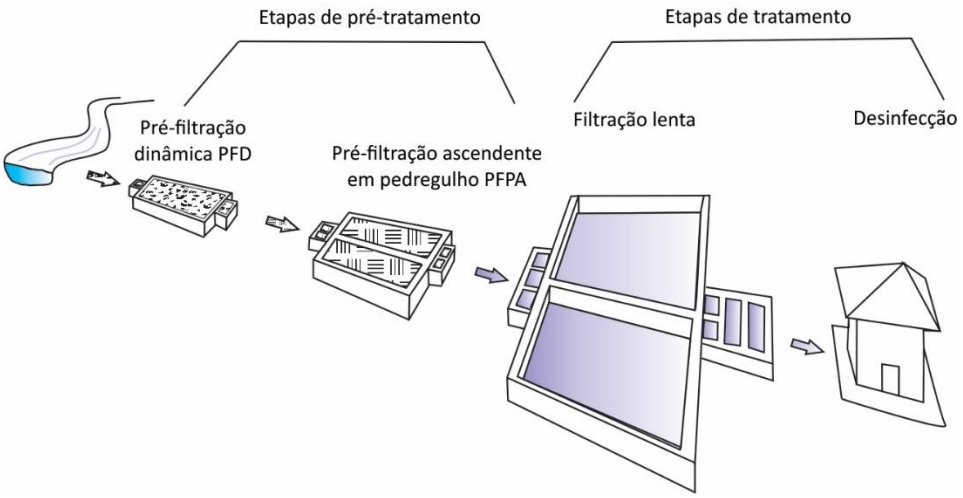


Figura 5 – Representações da FiME. Fonte: A partir de Di Bernardo e Sabogal Paz (2008).

Os PFVA são divididos entre aqueles que são compartimentados em duas, três ou quatro unidades em série (PFVAS), cada uma com granulometria específica, e os que tem material granular com tamanho variado dispostos numa única unidade (PFVAC). Na pré-filtração em série, a água filtrada no primeiro compartimento é encaminhada para a segunda câmara, com meio filtrante de menor granulometria, e assim por diante. Nos pré-filtros em camadas, o material é disposto em subcamadas de pedregulho, assim como nos PFD, porém a granulometria do meio filtrante decresce no sentido do escoamento. Essas unidades são geralmente operadas com taxas de filtração entre 12 e 24 m^3/m^2.dia (VERAS; DI BERNARDO, 2008; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A eficiência da filtração lenta ocorre devido aos fenômenos de transporte e aderência das partículas, e a atividade biológica na camada filtrante. Inicialmente, as impurezas são transportadas da suspensão para as vizinhanças das superfícies dos grãos do meio filtrante onde, em seguida, podem permanecer aderidas, dependendo das forças de cisalhamento decorrente das condições hidrodinâmicas do escoamento. A formação de uma camada biológica no topo da camada filtrante, a qual é constituída por partículas inertes, matéria orgânica e uma diversidade de organismos, tais como algas, vírus, bactérias, protozoários, metazoários, etc., é considerada a etapa mais importante para o sucesso da filtração lenta (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ 2008).

Observa-se na Tabela 4 alguns valores de eficiência (%) de remoção de microrganismos.

Tabela 4 – Remoção de microrganismos em filtros lentos (escala piloto).

Microrganismos	Eficiência [%]
Coliformes Totais	> 99
Vírus (Polivirus 1)	98,25-99
Cistos de *Giardia*	> 98
Oocistos de *Criptosporidium*	> 99,9
Cercárias de *Shistosoma*	100

Fonte: A partir de Di Bernardo; Brandão; Heller, 1999.

O desempenho dos filtros lentos na remoção de microrganismos depende de alguns fatores (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 1999).

- Taxa de filtração, pois a remoção diminui com o aumento da taxa;
- Temperatura menores resultam em menores remoções;
- Espessura do meio filtrante, meio mais espesso tende a ser mais eficiente;
- Tamanho dos grãos da areia, maior granulometria resulta em menor remoção;
- Idade da "Shmutzdecke" ou superfície de coesão, e da maturidade microbiológica do meio filtrante, entre outros.

Vale ressaltar que além dos fatores citados acima, a qualidade da água bruta pode inviabilizar o uso da tecnologia FiME. Na Tabela 5, verifica-se alguns desses parâmetros, de acordo com Sabogal Paz e Di Bernardo (2007).

Tabela 5 – Características gerais da água bruta a ser tratada pela tecnologia FiME*.

Parâmetros/Unidades	Frequência [%]	Valor
Turbidez [uT]	100	≤100
	95	≤50
	90	≤30
Cor verdadeira [uH]	100	≤20
	95	≤15
	90	≤10
Ferro total [mg/l]	100	≤5
	95	≤4
	90	≤2
	100	≤1

Parâmetros/Unidades	Frequência [%]	Valor
Manganês total [mg/l]	95	≤0,6
	90	≤0,3
Coliformes totais [NMP/100mL]	100	≤20.000
	95	≤15.000
	90	≤10.000
Escherichia coli [NMP/100mL]	100	≤10.000
	95	≤5.000
	90	≤1.000

*PFD+PFVAC ou PFVAS+FL.

Observa-se na Tabela 6 algumas vantagens e desvantagens do uso da FiME.

Tabela 6 –Vantagens e desvantagens do uso da FiME.

Vantagens	Desvantagens
• Custo de implantação e operação relativamente baixo até uma determinada faixa de vazão; • Dispensa uso de coagulantes químicos; • Eficiência na remoção de microrganismos; • Operação e manutenção simples.	• Dependência da qualidade da água bruta; • Necessidade de um tipo de areia específica; • Frequência e método de limpeza; • Pode requerer grandes áreas para a sua instalação, dependendo da vazão de projeto.

Fonte: Di Bernardo; Brandão; Heller, 1999.

Há pouco relatos científicos disponíveis sobre o uso de filtros lentos em comunidades isoladas na Amazônia, destaca-se o trabalho de Bernardes e Bernardes (2013), o qual apresenta os impactos positivos na saúde da população da comunidade São Raimundo, Resex Médio Juruá/AM, com adoção de melhorias na infraestrutura de abastecimento de água, com a utilização da FiME.

Magalhães (2010) estudou o comportamento de unidades em escala de protótipo em Manaus/AM para tratamento das águas pretas e brancas[3]. Verificou-se a eficiência através dos parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, cor verdadeira e coliformes termotolerantes.

[3] Os termos rios amazônicos de águas pretas e brancas são utilizados aos cursos de água com elevadas concentrações de substâncias húmicas e argilosas, respectivamente.

O protótipo era composto pelas fases de PFD, PFVAC e FL. Apesar dos resultados satisfatórios, observa-se que foram usados nesse trabalho solução coagulante de sulfato alumínio ferroso e carvão ativado granular, uma adição indesejável para o uso da FiME em comunidade isoladas, em decorrência do aumento do custo de implantação, manutenção e necessidade de operação mais sofisticada.

3.3.1.2 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS POTÁVEIS E NÃO POTÁVEIS

Há muitas experiências de aproveitamento da água de chuva no Brasil, o maior emprego se dá na região do semiárido nordestino, onde as ações são voltadas para amenizar os problemas de escassez de água que a população sofre. O Programa Um Milhão de Cisterna, P1MC, idealizado pela Articulação do Semiárido Brasileiro – ASA, atualmente faz parte do programa Fome Zero, sob responsabilidade da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SESAN/MDS, é uma das principais iniciativas em atuação nesta região, já foram construídas 500 mil cisternas, com capacidade de armazenamento de 16 m^3, com o atendimento de mais de 2 milhões de pessoas (ASA, 2012).

De forma geral, o aproveitamento de água de chuva apresenta um funcionamento simples e de fácil compreensão, Figura 6. Consiste em um modelo alternativo de abastecimento de água que faz uso das superfícies impermeáveis, como telhados, lajes, calçadas, entre outras, que visam coletar as águas advindas das precipitações pluviométricas, em reservatórios próprios e daí distribuída para uso. Nas áreas urbanas, esta prática visa geralmente o uso para fins não potáveis, como irrigação de parques e jardins, descarga de vasos sanitários, limpeza doméstica e controle de enchentes. Nas áreas rurais, pela ocupação populacional dispersa, a captação de água de chuva e posterior armazenamento em cisternas tem sido cada vez mais a alternativa adotada para universalizar o acesso da população à água potável. (VALLE et al., 2005; VELOSO; MENDES, 2014; GOMES, et al., 2014).

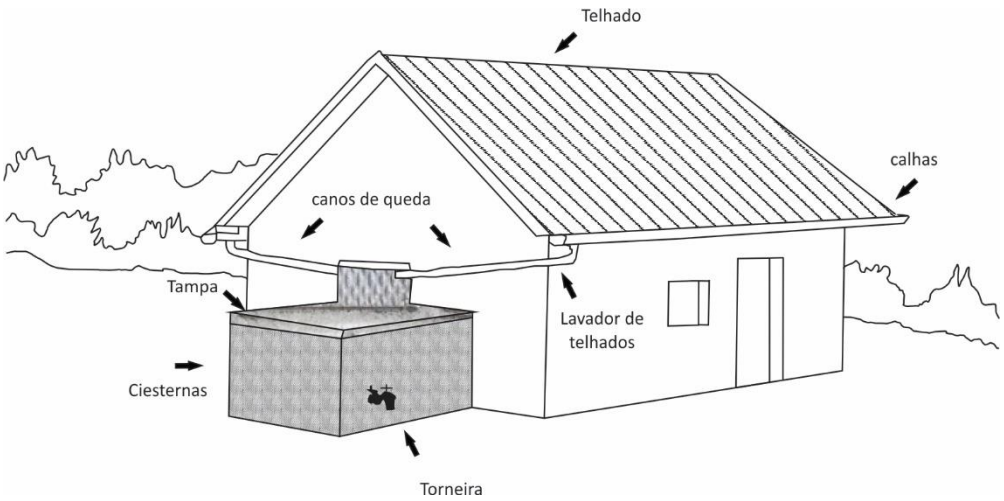


Figura 6 – Esquema demonstrativo dos componentes básicos de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva. Fonte: A partir de Mano (2004).

O abastecimento de água de chuva na Amazônia é considerado um grande paradoxo tendo em vista a disponibilidade dos recursos hídricos da região. No cenário amazônico, as águas pluviais podem ser uma importante alternativa de abastecimento como forma de sanar o déficit de acesso aos serviços de abastecimento de água, uma vez que os índices pluviométricos são muito elevados, podendo chegar a mais de 3.000 mm/ano (BRASIL, 2005; VELOSO; MENDES, 2014).

Na Amazônia, o aproveitamento da água da chuva é muito incipiente e a literatura científica é escassa, principalmente as relacionadas ao meio rural e sobre os aspectos qualitativos da água consumida. Há algumas iniciativas que merecem destaque, como os estudos conduzidos por Mourão e Costa (2007), que analisaram a viabilidade técnica de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na Usina Termoelétrica de Santana-AP, com o intuito de reduzir a pressão sobre os usos das águas subterrâneas.

No Amazonas, o programa Pró-chuva, custeado pelo governo do estado em parceria com a Funasa, beneficiou 92 comunidades tradicionais, distribuídas em 13 municípios, com a instalação de sistemas de captação de chuva, para fins potáveis e não potáveis, com custo de 5.700,00 R$/domicílio. O programa funciona desde 2006 e consiste na distribuição de um kit de infraestrutura contendo as partes essenciais do sistema: calha, tubulação e reservatório de água. O objetivo é beneficiar comunidades afetadas com a seca dos rios e que não possuem nenhum sistema de fornecimento doméstico de água (VIANA, 2010).

No Pará, a primeira experiência registrada sobre o aproveitamento da água da chuva ocorreu no ano de 2004 com a implantação do projeto “Água limpa é vida”. O sistema

apresentava uma cisterna de acordo com as utilizadas na região do semiárido nordestino (VELOSO; MENDES, 2014).

Desde 2009, pesquisadores da Universidade Federal do Pará, propuseram desenvolver modelos de sistemas de abastecimento a partir da coleta e armazenamento das águas pluviais como alternativa para suprimir a carência de água potável das comunidades ribeirinhas amazônicas. Os sistemas são compostos por caixa d'água superior de 500 L e inferior de 300 L, quatro reservatórios de autolimpeza e dois filtros (VELOSO; MENDES, 2014). As águas utilizadas para o consumo humano não atendem aos padrões microbiológicos de potabilidade estabelecidos na Portaria 2.914/11 (BRASIL, 2011; ANDRADE, 2012; DIAS, 2013). Ressalta-se que o sistema de desinfecção proposto é através da desinfecção solar (SODIS), discutido adiante.

Outra iniciativa que vem contribuindo para ampliação do aproveitamento da água de chuva é o projeto Sanear Amazônia, vinculado ao Programa Cisterna do Ministério do Desenvolvimento Social, que objetiva promover o acesso a água para o consumo humano em comunidades extrativistas da Amazônia, por meio da disponibilização das chamadas tecnologias sociais: sistema de acesso à água pluvial multiuso comunitário e sistema de acesso à água pluvial multiuso autônomo, Figura 7 (MEMORIAL CHICO MENDES, 2010). Ao todo serão construídas 2.800 unidades de acesso a água pluvial. O projeto é apoiado pelo Programa Brasil sem Miséria do Ministério do Desenvolvimento Social (MEMORIAL CHICO MENDES, 2010).

Uma das etapas do processo de implantação das tecnologias é um curso de capacitação para os beneficiários sobre os cuidados, tratamento, monitoramento da água reservada para consumo humano, levantamento de doenças relacionadas ao saneamento, dentre outros temas sobre saúde, saneamento e higiene, o qual, em tese, garantirá a eficácia do sistema e a apropriação da tecnologia implantada pela comunidade (BRASIL, 2014).

Verifica-se que o *sistema de acesso à água pluvial multiuso comunitário*, na verdade se refere a um sistema composto pela etapa de filtração lenta da água proveniente de uma outra fonte, superficial ou subterrânea, e não a advinda das águas pluviais (BRASIL, 2014).

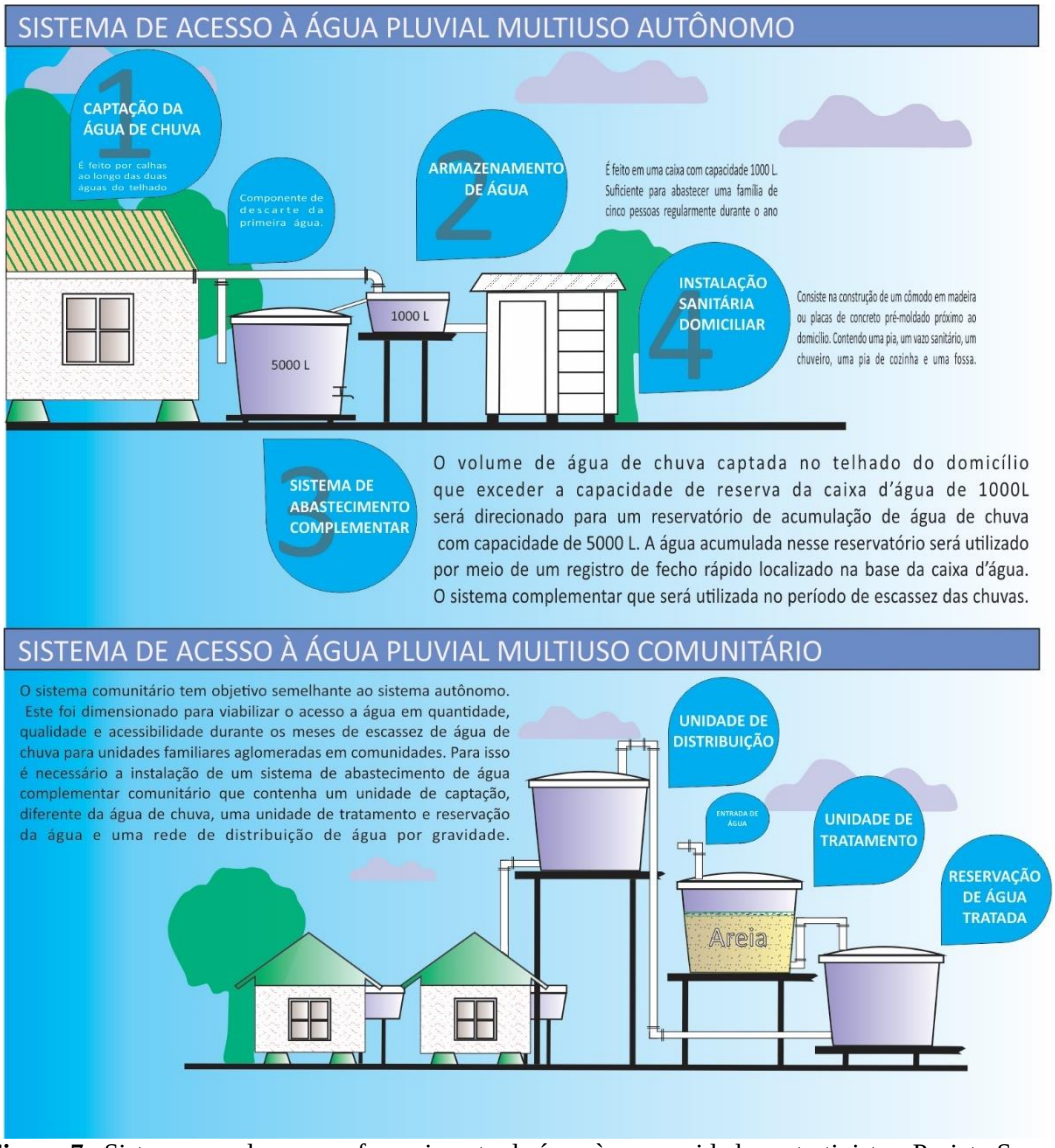


Figura 7 –Sistemas usados para o fornecimento de água às comunidades extrativistas, Projeto Sanear Amazônia. Fonte: A partir de Memorial Chico Mendes (2010).

3.3.1.3 SISTEMA SODIS

A desinfecção solar da água (SODIS, do inglês *Solar Desinfection*) é um método simples e alternativo de tratamento da água que usa radiação solar (Radiação UV-A combinada com o efeito do calor), para destruir bactérias patogênicas e vírus encontrados na água, podendo também ser eficiente na eliminação de protozoários, dependendo da temperatura alcançada durante a exposição solar, do clima e das condições do tempo (SANDEC, 2016).

A água contaminada microbiologicamente é colocada dentro de recipientes transparentes, garrafas PET ou de vidro, e exposta à luz solar direta. O recipiente deve ser exposto ao sol por 6 horas, se o céu estiver limpo ou até 50% nublado, se o céu estiver

nublado, expor por 2 dias consecutivos, o método não tem eficiência satisfatória em dias de chuvas, e água com valores de turbidez acima de 30 uT devem ser evitadas (DANIEL, et al., 2001; SANDEC, 2016).

O sistema SODIS melhora a qualidade microbiológica da água, não muda o seu gosto, sua aplicação é simplificada e a nível doméstico, conta com os recursos locais e energia renovável, é replicável com baixos custos de investimento, cerca de US$3,00/ano para uma residência de até 5 pessoas (SANDEC, 2016).

Na Amazônia, Silva (2007) demonstrou a eficiência do sistema SODIS na eliminação de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* nas águas proveniente de poços freáticos consumidas pela população da Vila São Francisco, município de Barcarena/PA, através de uma unidade piloto instalada na localidade. Lobo (2013) avaliou e demonstrou a relação custo-benefício da implantação do sistema SODIS em comunidades ribeirinhas que vivem na área insular do município de Belém (PA).

3.3.1.4 CLORADORES SIMPLIFICADOS

Muitas comunidades de pequeno porte, isoladas ou não, do país, que possuem algum tipo de abastecimento coletivo de água para consumo humano não fazem qualquer tratamento. Alguns são os fatores que influenciam na carência de tratamento da água dessas comunidades, tais como: ausência do poder público, desconhecimento da legislação, precariedade do sistema de água, falta de conhecimento das tecnologias existentes, deficiência ou falta de pessoal qualificado, custo dos materiais e dos produtos de desinfecção, entre outros aspectos (FUNASA, 2014a).

A desinfecção objetiva destruir os microrganismos patogênicos presentes nas águas, constituindo uma etapa do processo de potabilização. O desinfetante químico comumente mais utilizado para a produção de água potável é o coloro (Cl_2), líquido ou gasoso. Outros desinfetantes químicos são considerados alternativos, destacando-se o ozônio (O_3), dióxido de cloro (ClO_2), o permanganato de potássio ($KMnO_4$), a mistura ozônio/peróxido de hidrogênio (O_3/H_2O_2), o íon ferrato ($F_eO_4^{2-}$), o ácido peracético (CH_3COOOH) e o hipoclorito de sódio (NaClO) e hipoclorito de cálcio ($Ca(ClO)_2$) (DANIEL, et al., 2001).

O cloro gasoso hidrolisa rapidamente em água para formar o ácido hipocloroso, por sua vez o ácido hipocloroso se dissocia em íon hidrogênio e íon hipoclorito, e o equilíbrio químico dessa reação depende do pH, Equação 1. O ácido hipocloroso possui ação germicida mais eficiente do que o hipoclorito e não há dissociação deste ácido em valores

de pH abaixo de 6,5, o que torna a desinfecção mais eficaz, Equação 2 (DANIEL, et al., 2001; FUNASA, 2014a).

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$ **Equação 1**

$$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$$ **Equação 2**

Os derivados de cloro mais empregados como agentes desinfetantes químicos alternativos ao cloro gasoso são o hipoclorito de sódio e o de cálcio, principalmente em hotéis, piscinas, pequenas comunidades, dentre outros. As reações de formação do ácido hipocloroso a partir da reação entre o hipoclorito de sódio e o de cálcio são apresentadas nas Equações 3 e 4, respectivamente (DANIEL, et al., 2001; FUNASA, 2014a).

$$NaOCl + H_2O \leftrightarrow HOCl + Na^+ + OH^-$$ **Equação 3**

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \leftrightarrow 2HOCl + Ca^{2+}2OH^-$$ **Equação 4**

Uma das vantagens para a utilização dos hipocloritos de sódio e de cálcio é o custo relativamente baixo em comparação com os demais métodos químicos de desinfecção e a ação residual se comparado com a desinfecção com radiação UV e a ozonização (Daniel, et al., 2001).

Existe uma variedade de equipamentos utilizados no processo de cloração da água, dentre eles, destacam-se as bombas dosadoras elétricas de diafragmas e de pistão, hidroejetores a vácuo, dosadores de nível constante, geradores de hipoclorito, sistemas automatizados e os cloradores de pastilha, além de outros (FUNASA, 2014a). Alguns desses cloradores foram desenvolvidos com a premissa de se enquadrarem como tecnologias sociais, primando pelo baixo custo de instalação e manutenção, eficiência, facilidade operacional, inclusão social e melhoria da qualidade de vida, exemplo destas tecnologias são os cloradores desenvolvidos pela Embrapa Instrumentação, Emater-MG e o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa, Figura 8.

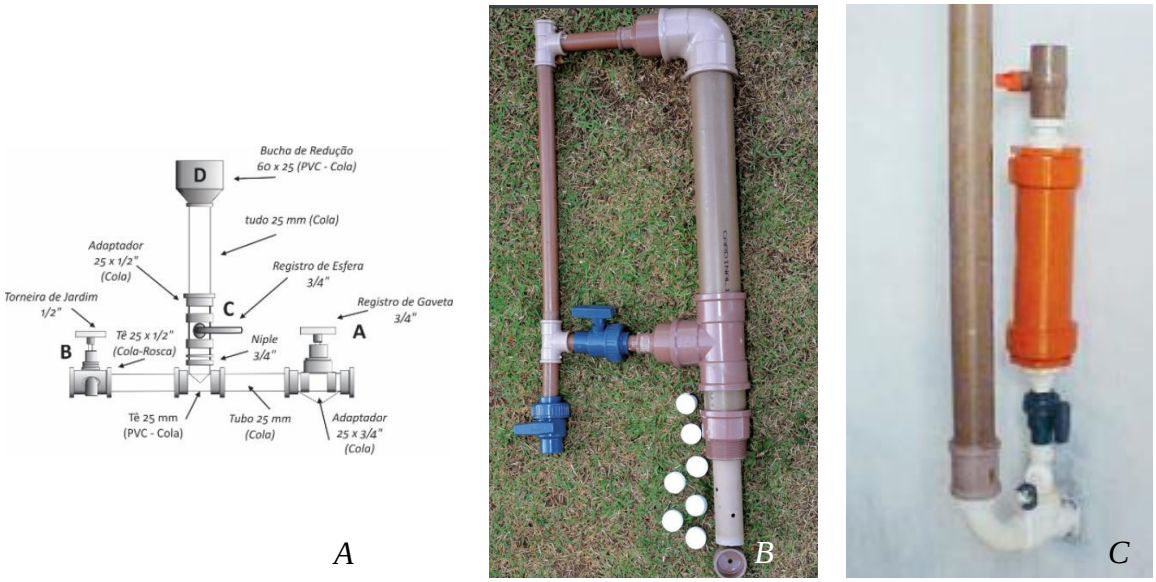


Figura 8 – Cloradores simplificados, (A) Embrapa, (B) Emater-MG e (C) Funasa. Fontes: (EMBRAPA, 2000; EMATER-MG, 2014; FUNASA 2014).

O Clorador Embrapa é um aparelho simples, barato e de fácil instalação para clorar a água do reservatório das residências rurais ou em localidades que não disponham de sistemas de abastecimento de água coletivo. O aparelho pode ser montado pelos próprios residentes do domicílio com materiais encontrados em lojas de material de construção e tem um custo aproximado de R$ 50,00[4]. É indicado usar o cloro granulado, do tipo Hipoclorito de Cálcio 65%. O Clorador deve ser instalado entre a entrada de captação de água e o reservatório da residência (EMBRAPA, 2014).

O clorador Emater-MG é feito de tubos de PVC e utiliza pastilhas de hipoclorito de cálcio [$Ca(OH)_2$]. É um equipamento simples e eficiente para clorar a água nas propriedades rurais e em localidade isoladas sem acessos aos serviços de abastecimento de água. Este clorador foi adaptado pela Emater–MG, a partir do clorador Embrapa. Este equipamento é instalado na tubulação da água destinada à caixa d'água e a dosagem do desinfetante adicional à água pode ser controlada (EMATER-MG, 2014).

O clorador simplificado desenvolvido pela Funasa foi uma adaptação do clorador de pastilha para utilizar solução de hipoclorito de cálcio [$Ca(OH)_2$] ou hipoclorito de sódio (NaOCl) como desinfetante. Não há a necessidade de instalação elétrica, controle da dosagem pode ser regulada e a operação não é complexa. É construído de material hidráulico (tubos e conexões), disponíveis no mercado (FUNASA, 2014a).

[4] Valor médio na Região Sudeste em 2014.

O produto químico recomendado para esse tipo de desinfecção é o hipoclorito de cálcio granulado com teor de cloro ativo de 65% mas, na ausência desse produto, pode-se utilizar o hipoclorito de sódio a 12% de cloro ativo ou outra concentração, aplicando-se a Equação 5 (FUNASA, 2014a):

$$V_1 = \frac{V_2 . d}{c . 10}$$ **Equação 5**

Onde:

V_1 = Volume de hipoclorito de sódio a 12% ou a outra contração [mL]

V_2 = Volume de água a ser desinfetada [L]

d= Dosagem de cloro desejada [mg/L]

c = Concentração do hipoclorito de sódio utilizada [%]

10 = Constante

Há poucos relatos na literatura científica do uso dos cloradores simplificados nas comunidades isoladas da Região Amazônica. Ressalta-se o trabalho de Ferreira (2015) que avaliou o conhecimento e percepção de mulheres em relação à qualidade das fontes usadas para o abastecimento em um assentamento rural na Amazônia Central e o uso de cloradores simplificados como método alternativo de tratamento de água. As fontes analisadas foram consideradas inadequadas para consumo e a adoção dos cloradores zerou a contaminação por coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* na grande maioria dos casos. Além disso, a adoção do método obteve boa receptividade pelos moradores por não conferir sabor à água de consumo e pelo relativo baixo custo de instalação e operação, bem como pelo fácil manuseio.

3.3.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Há duas abordagens básicas para o tratamento das águas residuárias: centralizados ou descentralizados; os sistemas de tratamento centralizados são onerosos e complexos em termos de construção, operação e manutenção, enquanto que sistemas descentralizados são mais simples e a operação de custo mais baixo. Para tratamento de esgoto proveniente de casas individuais, conjuntos de casas isoladas e comunidades menos desenvolvidas e para comunidades maiores que disponham de sistema de esgoto é indicado o uso das tecnologias descentralizadas (MOUSSAVI et al., 2010).

A exemplo, o uso de reatores anaeróbios, como os tanques sépticos e suas variações, geralmente em sistemas compostos também por filtros biológicos, aeróbios e anaeróbios e

sumidouros, assim como o reator anaeróbio de fluxo ascendentes e manta de lodo (UASB, do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e sistemas de bacias de evapotranspiração.

3.3.2.1 DECANTO-DIGESTORES

O uso de decanto-digestores ou tanques sépticos é considerado uma etapa de tratamento primário, já que remove parte dos sólidos em suspensão sedimentáveis e parte da matéria orgânica utilizando predominantemente a operações física da sedimentação e é considerado uma alternativa para sistemas locais de disposição de esgoto, preferencialmente esgoto doméstico séptico (CHERNICHARO, 2007; ANDREOLI et al., 2009).

Esta unidade pode ser em formato cilíndrico ou em prisma retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos doméstico e mediante estudo de viabilidade técnica, o esgoto sanitário através da sedimentação, flotação e digestão, em unidades unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por rede coletoras (NBR 7229, 1993; CHERNICHARO, 2007). Podem ser construídos em câmara única, compartimentados, sobrepostas ou acoplados a filtros biológicos, Figura 9.

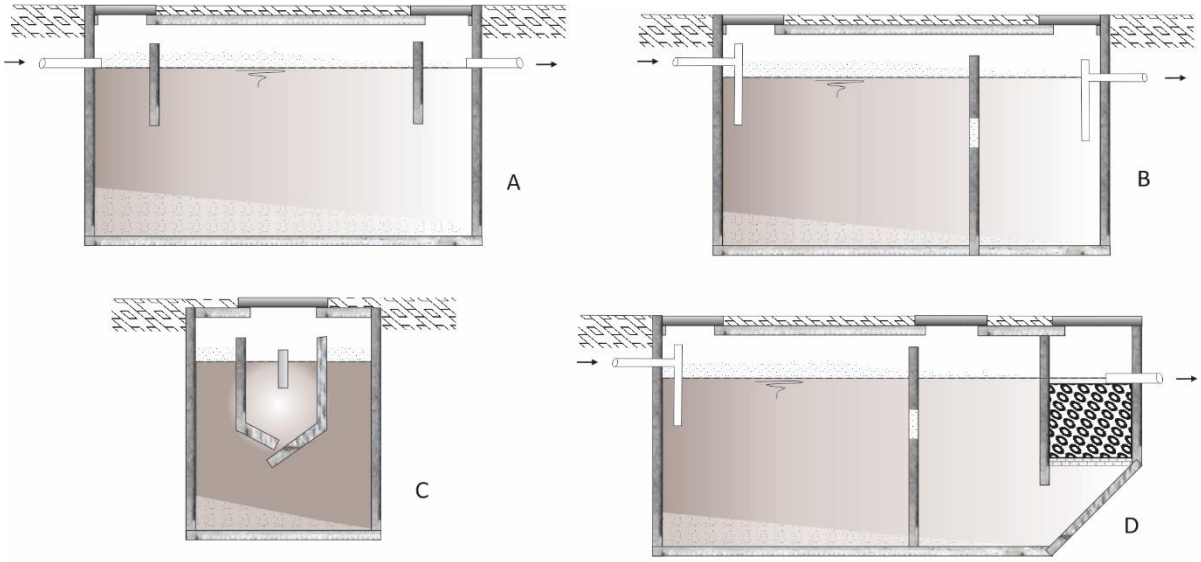


Figura 9 – Decanto-digestores e suas variações, (A) câmara única, (B) compartimentado, (C) sobreposto, (D) com filtro anaeróbio acoplado, sistema UFRN. Fonte: Campos (1999).

Nos tanques com apenas um compartimento, todos os fenômenos ocorrem em um único ambiente. Na zona superior ocorrem processos de sedimentação e de flotação e digestão da escuma e na inferior o acúmulo e digestão do lodo sedimentado. As configurações com câmaras em séries, embora ocorra decantação e digestão nas duas

câmaras, a primeira favorece a digestão e a segunda favorece a decantação, sequencialmente (ANDRADE NETO, et al., 1999; CAMPOS, et al., 1999).

Na câmara superior dos tanques de câmaras sobrepostas, que é a primeira e também a última em relação ao fluxo, favorece apenas a decantação e a câmara inferior funciona como digestor e acumulador de resíduos (ANDRADE NETO, et al., 1999).

Decanto-digestores seguidos de filtros anaeróbios compõe um sistema que associa, em série, um reator resistente às variações do afluente com um reator eficiente também sobre a parcela dissolvida dos esgotos, é muito adequado para tratamento de esgotos que chegam na unidade de tratamento com grande parcela de sólidos sedimentáveis, dispensa pré- tratamento, tem operação esporádica e não requer operador especializado, tem partida imediata, com bom funcionamento desde o início, dentre outras vantagens (ANDRADE NETO, et al., 1999).

Normalmente, a eficiência de remoção de DBO ou DQO situa entre 40% a 70% e 50% a 80% na remoção dos sólidos suspensos. A eficiência dos tanques depende principalmente dos seguintes fatores (CAMPOS, et al., 1999):

- Carga orgânica volumétrica;
- Carga hidráulica;
- Geometria, compartimentos e arranjos das câmaras;
- Dispositivos de entrada e saída;
- Temperatura;
- Condições de operação.

O efluente final de um decanto-digestor geralmente não atende aos padrões de emissão estabelecido pela legislação vigente, desta forma, faz-se necessário uma etapa de polimento e posterior disposição final. A NBR 13.969/97, que dispõe sobre o tratamento e disposição final dos efluentes líquidos de tanques sépticos, apresenta tais alternativas, Tabela 7.

Na etapa de concepção dos decanto-digestores é necessário a determinação do intervalo de limpeza, que consiste na retirada do lodo para posterior encaminhamento ao sistema de tratamento e disposição final. Esta etapa deve ser feita com rigor, pois o espaço destinado à decantação poderá ser ocupado pelos sólidos e o reator perderá eficiência no tratamento (CAMPOS, et al., 1999; ANDREOLI, et al., 2009).

Tabela 7 – Alternativas para o tratamento e disposição final dos efluentes líquidos de tanques sépticos.

Tratamento	Disposição Final
Filtro anaeróbio	Vala de infiltração
Filtro aeróbio submerso	Canteiro de infiltração e evapotranspiração
Filtro de areia	Sumidouro
Vala de filtração	Corpo hídrico superficial
Lodo ativado por batelada	Galerias de águas pluviais
Cloração	Reuso local

Fonte: NBR 13.969/97

Não há dados confiáveis dos percentuais de uso de tanques sépticos ou de fossas absorventes[5] no Brasil, embora se saiba que ambas alternativas são muito utilizadas em função dos baixos índices de cobertura com rede de esgotos. Porém, a estimativa realizada pelo PNAD avalia que 5,4% dos domicílios particulares permanentes da Região Norte usam fossas sépticas ligadas a rede coletora de esgoto enquanto 34,9% usam fossas sépticas não ligadas a rede coletora e, coincidentemente 34,9% usam fossas rudimentares (ANDREOLI, et al., 2009; IBGE, 2013).

Em termos populacionais, isso indica que os esgotos de aproximadamente 13 milhões de pessoas estão sendo despejados diariamente em tanques sépticos ou em fossas rudimentares. A pesquisa não relata os percentuais de domicílios localizados nas áreas rurais. É notório a importância e o uso disseminado desta tecnologia na Região Norte, pelas vantagens já citadas, porém em comunidades isoladas ou de difícil acesso o uso de tanques sépticos é limitado pelas dificuldades logísticas em gerenciar o lodo deste sistema.

3.3.2.2 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

Outro sistema que foi desenvolvido a partir dos tanques sépticos foi a chamada fossa séptica biodigestora, Figura 10, com o objetivo de promover o tratamento de esgoto em áreas rurais. Consiste em um tratamento biológico anaeróbio, utilizando-se de esterco bovino/ovino como meio inoculante de bactérias (SILVA; FAUSTINO; NOVAES, 2007).

O sistema é composto por três caixas de 1000 litros cada. A primeira caixa é ligada diretamente ao vaso sanitário e todo o sistema permanece enterrado no solo visando manter um isolamento térmico. Inicialmente, à primeira caixa são adicionados, por meio da válvula

[5] A fossa absorvente, ou poços absorventes é a mais usual técnica de disposição individual de esgotos na maioria das cidades brasileiras. Podem ser rudimentares, que são simples buraco no solo, ou mais elaboradas, com paredes de sustentação em alvenaria de tijolos ou anéis de concreto, sempre com aberturas e fendas que permitem a infiltração dos esgotos, e devidamente cobertas (ANDREOLI, et al., 2007)

de retenção, uma mistura contento aproximadamente 10 L de esterco de ruminante fresco e 10 litros de água. O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e consequentemente a eficiência da biodigestão. Esse processo deve ser repetido a cada trinta dias (SILVA; FAUSTINO; NOVAES, 2007).

A implementação desse sistema poderia evitar cerca de 250 mortes e 5,5 milhões de infecções causados por doenças diarreicas, reduzir a poluição dos cursos d'água em cerca de 129 mil toneladas de resíduos e que cada R$ 1,00 investido na implementação da alternativa tecnológica avaliada poderia causar um retorno para a sociedade de R$ 1,6 em renda interna bruta. Além disto, a construção da fossa séptica biodigestora promoveria a geração de cerca de 39 mil empregos (COSTA; GUILHOTO, 2014).

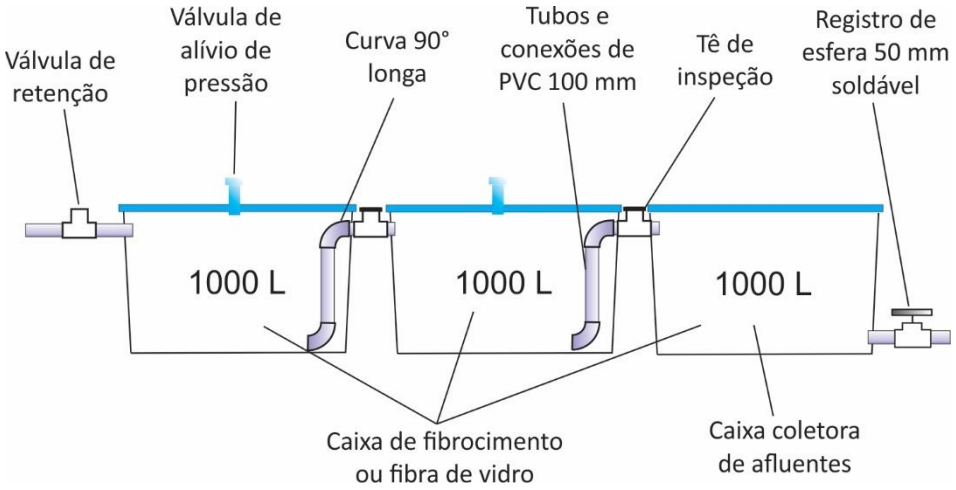


Figura 10 – Esquema do sistema da Fossa Séptica Biodigestora. Fonte: Galindo, et al., (2010).

Marmo e Silva (2014) apresentaram a importância da realização de um diagnóstico participativo, aceitação das comunidades e o posterior processo de capacitação dos agentes envolvidos para o êxito obtido na etapa de transferência de tecnologia desse sistema em 23 comunidades rurais dos estados do Acre e Rondônia. Em Roraima, a tecnologia está sendo testada pela Embrapa em quatro unidades demonstrativas, sendo duas em propriedades de agricultores familiares e duas em comunidades indígenas, com o propósito de disseminar o uso nas comunidades tradicionais do estado (EMBRAPA, 2015).

3.3.2.3 FOSSA SIMPLIFICADA – PROJETO SANEAR AMAZÔNIA

O Projeto Sanear Amazônia desenvolveu um sistema para o esgotamento das águas negras dos domicílios das comunidades localizadas na Região Amazônica, considerando questões técnicas, ambientais, sociais, culturais e econômicas denominadas de fossas simplificadas. As fossas simplificadas utilizadas no projeto tem por objetivo receber excretas dos vasos sanitários com volume de descarga reduzido. Com esta separação dos

efluentes entre águas negras e águas cinzas o sistema concebido para essas comunidades tem o funcionamento muito semelhante ao de uma fossa seca (BRASIL, 2014).

A escolha dessa alternativa tecnológica considerou, além de aspectos ambientais como o tipo de solo, questões socioeconômicas, inexistência de serviços de limpa fossa na maioria das áreas rurais dos municípios da Região Amazônica. Por outro lado, a operação e manutenção da proposta de fossa simplificada supõem que uma vez que esta tenha atingido sua capacidade volumétrica (estimada para cerca de 40 anos para uma família com 7 integrantes), ela seja desativada e se inicie a construção de uma nova fossa nas suas proximidades (BRASIL, 2014).

As fossas simplificadas possuem volume útil de 3,24 m^3, devem serem instaladas a uma distância mínima de 15 metros de poços e com distância vertical de 1,5 metros do nível mais alto do lençol freático. Nos casos onde os domicílios estão localizados em ambiente de várzea a altura da fossa deve estar 50 cm acima do maior nível da água observada na área. Existem variações da estrutura das fossas implantadas em ambiente de várzea e de terra firme, Figura 11 (BRASIL, 2014).

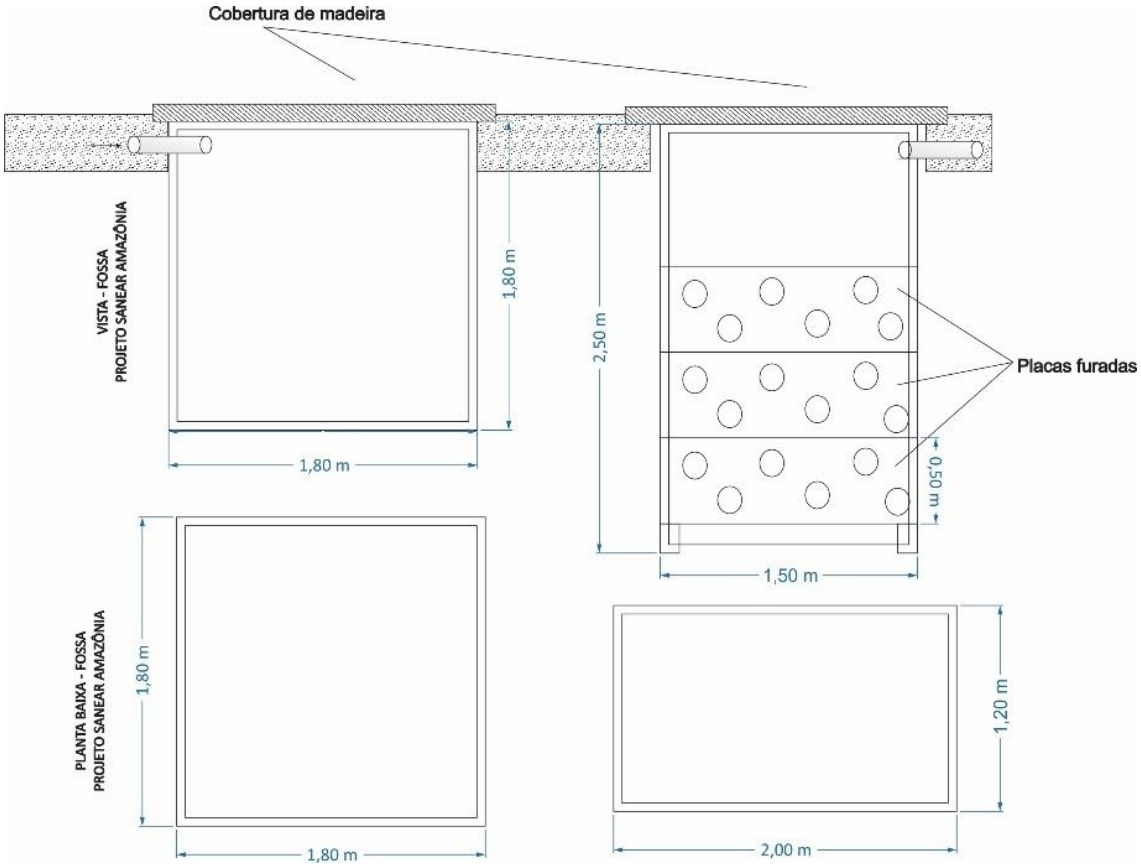


Figura 11 – Modelos das fossas simplificadas desenvolvidas no Projeto Sanear Amazônia, (A) ambiente de terra firme, (B) ambiente de várzea. Fonte:(BRASIL, 2014).

3.3.2.4 TANQUES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A NBR 13.969/97, que dispõe sobre as unidades de tratamento complementar aos efluentes dos tanques sépticos, apresenta como uma das alternativas os canteiros de infiltração e evapotranspiração, também denominados de tanques de evapotranspiração. Esta tecnologia deve ser empregada em locais cujo os solos possuem baixa capacidade de infiltração, deve ser coberto de vegetação com raízes pouco profundas para a proteção do canteiro e para acelerar a evapotranspiração do líquido (ABNT, 1997).

Outras variações de tanques de evapotranspiração foram estudadas por Benjamin (2013), Figura 12, que avaliou as características físico-químicas e microbiológicas do esgoto negro usado na pesquisa, presente no fundo da bacia, contaminação de patógenos, coliformes totais e termotolerantes nas folhas e frutos do sistema, e os aspectos construtivos da bacia. O sistema construtivo de evapotranspiração se comparado aos sistemas convencionais e não convencionais de tratamento apresentaram vantagens atrativas, principalmente relacionados aos custos de instalação e na produção de alimentos a partir do tratamento de esgoto. Não foi constatado coliformes totais, termotolerantes e *Salmonella spp.* nas amostras de solo, folhas e frutos.

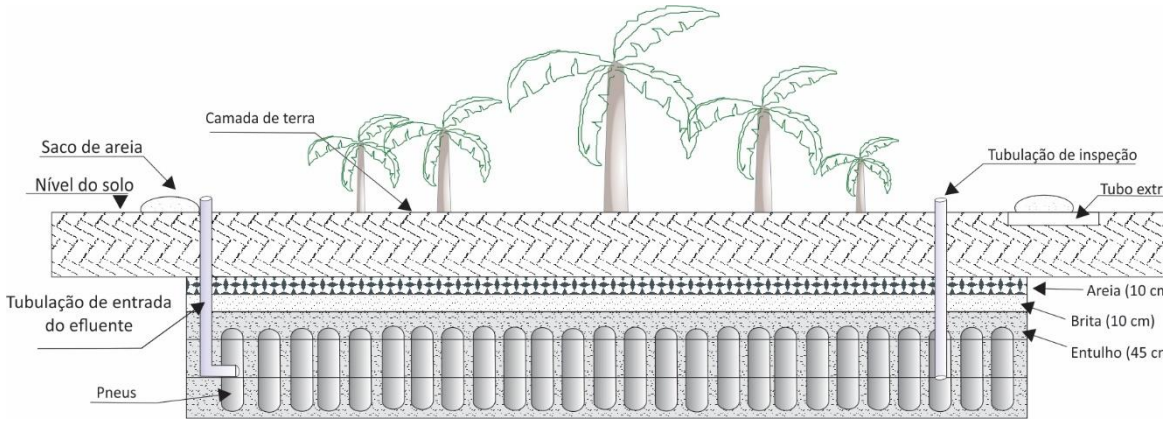


Figura 12 – Sistema de evapotranspiração. Fonte: A partir de Benjamin (2013).

Oliveira Neto, et al. (2015) avaliou o comportamento de um sistema construído, composto por uma vala de alvenaria impermeabilizada, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os blocos cerâmicos foram colocados deitados em camadas determinadas com os furos abertos para a superfície preenchida com material filtrante, denominada de “Fossa Verde”, Figura 13. Essa tecnologia social foi implantada para receber os esgotos domésticos (águas cinzas e negras) em comunidades rurais de municípios alagoanos, a partir da experiência do estado do Ceará. Foi observado nos primeiros resultados da pesquisa redução de matéria orgânica, em termos de DQO, de aproximadamente 38% na primeira camada suporte.

Não foram apresentados os demais resultados pelo fato do sistema ter sido implantado há pouco tempo, considerando o período de amostragem, e com isso as demais camadas filtrantes não foram preenchidas. O termo “fossa verde” também é usado pela Funasa e Fiocruz, porém, observa-se uma diferença na configuração, aspectos construtivos e uso do sistema de tanques de evapotranspiração somente para o tratamento de esgoto doméstico precedido de uma unidade de pré-tratamento, geralmente a fossa séptica (FIOCRUZ, 2013; FUNASA 2014).

Figura 13 - Diferentes configurações de tanques de evapotranspiração, (A) Oliveira Neto, et al., (2015), (B) Funasa (2014), (C) Fiocruz (2013).

Galbiati (2009) analisou um sistema de evapotranspiração em escala real, Figura 14, montado em ferro-cimento, sobre uma trincheira feita no solo, com fundo nivelado, com volume de 4 m^3. Uma câmara formada pelo alinhamento de pneus usados foi posicionada longitudinalmente ao fundo do tanque, sem nenhum tipo de rejunte, de forma que o efluente pudesse sair da câmara, passando por entre os pneus.

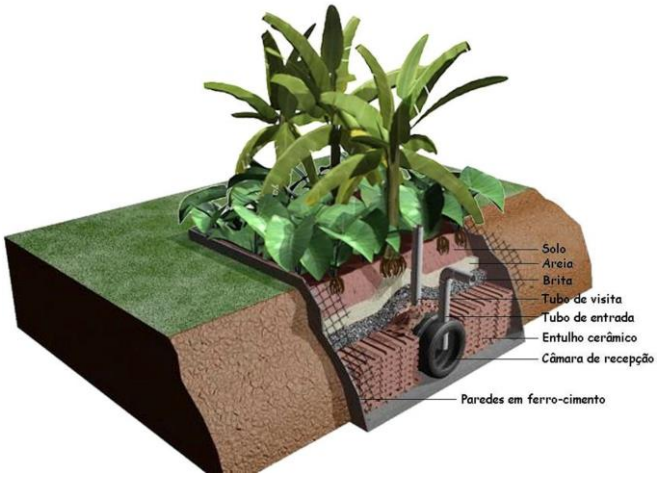


Figura 14 – Sistema de evapotranspiração proposto por Galbiati (2009).

A tubulação de entrada de águas negras foi posicionada para dentro dessa câmara e ao redor foi colocada uma camada de aproximadamente 45 cm de entulho cerâmico, cobrindo todo o fundo do tanque. Acima foram colocadas camadas com brita, 10 cm, areia, 10 cm e solo, 35 cm. Na saída do tanque foi colocado um tubo de drenagem de 50 mm de diâmetro, 18 cm abaixo da superfície do solo, para o caso de eventuais extravasamentos do tanque (GALBIATI, 2009).

A caixa de saída foi conectada a uma vala de infiltração, para disposição final do efluente extravasado. Na superfície foram plantadas três mudas de bananeiras (*Musa cavendishii*), distribuídas longitudinalmente do centro do tanque; taiobas (*Xanthosoma sagittifolium*) em metade da área do tanque e beri (diversas espécies do gênero *Canna*) na outra metade. (GALBIATI, 2009).

Verificou-se que o sistema obteve a seguinte eficiência de remoção dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados, Tabela 8:

Tabela 8 – Eficiência obtida na remoção dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Parâmetro	Unidades	Eficiência (%)
Turbidez	[uT]	81,7
Sólidos Suspensos Totais	[mg/l]	90,1
Escherichia coli	[NMP/100 ml]	27,9
DQO	[mg/l]	43,8
DBO	[mg/l]	96,1

Fonte: Galbiati (2009).

O autor sugere o encaminhamento do efluente do sistema a uma etapa de infiltração superficial no solo ou em ciclos de bananeiras, mediante a comprovação sanitária do uso do biofertilizante e da qualidade sanitária dos frutos.

Verifica-se uma variedade de configurações, relacionadas aos aspectos construtivos, a eficiência e tipo de afluente a ser tratado, dentre outras características. Na Tabela 9 estão sintetizadas as principais informações desta tecnologia.

Observa-se uma lacuna de dados científicos consistentes, principalmente relacionados a determinação da eficiência do sistema para tratamento de águas negras, necessidade ou não da retirada de lodo e periodicidade, dos custos de instalação, operação e manutenção e vida útil da tecnologia.

3.3.2.5 BANHEIRO SECO COMPOSTÁVEL

A implantação de banheiros secos compostáveis é recomendada pela simplicidade, baixo custo de implantação e manutenção, e por não causar impactos ambientais significativos. O sanitário compostável não utiliza água, os dejetos ficam armazenados em uma câmara e passam por um processo de compostagem. O composto obtido pode ser usado em jardins ou como recurso agrícola. Esta alternativa da continuidade ao ciclo natural dos elementos contribui para a redução do consumo de água e evita a contaminação do ambiente (BERGER, 2009; SÁ, 2011).

Há três tipos de banheiros secos: banheiros com recipientes móveis, sistema carrossel e banheiros com duas câmaras, , e há outros diversos modelos que são comercializados.

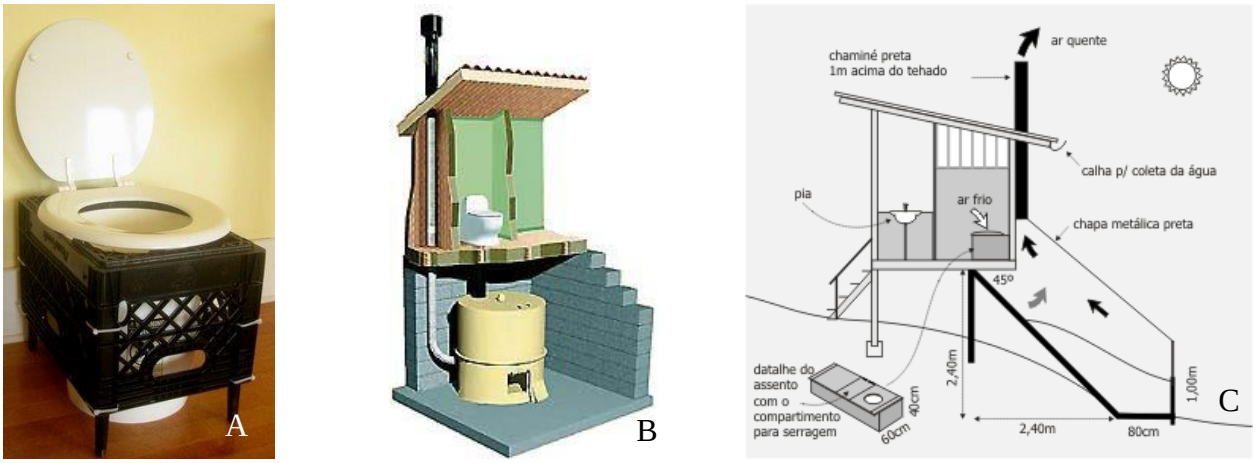


Figura 15 –Exemplos de banheiros secos (A) Recipientes Móveis; (B) Sistema Carrossel e (C) Com duas câmaras. Fontes: Home Grown Evolution, (2010); Ecological-engenharia (2008) e Setelombas, (2006), respectivamente.

Tabela 9 – Resumo das características dos tanques de evapotranspiração analisados.

Autor	Tipo de afluente	Eficiência [%]	Há a emissão de efluente?	Atende ao padrão de emissão?	Requer retirada de lodo? Manutenção?	Custo de Implantação e Manutenção (R$)
Benjamin (2013)	Águas negras	Ef. = 100 % - Coliformes Totais, Termotolerantes e *Salmonella spp.*, nas amostras de solo, folhas e frutos	Não avaliado, mas com tubulação de drenagem na saída do sistema	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado
Oliveira Neto, et al., (2015)	Águas negras + Águas cinzas	Ef. = 38% - DQO	Não avaliado, mas com tubulação de drenagem na saída do sistema	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado
Fiocruz (2013)	Águas negras, após tratamento primário.	Não avaliado	Sim	Não avaliado	Sim, anualmente é necessário retirar o lodo.	Não avaliado
Funasa (2015)	Águas negras, após tratamento primário.	Não avaliado	Sim	Não avaliado	Sim, anualmente	Não avaliado
Galbiati (2009)	Águas negras	Ef. = 81,7 % - Turbidez Ef. = 90,1 % - SST Ef. = 27,9 % - *E. coli* Ef. = 43,8 % - DQO	Sim	Não	Colheita de frutos, retirada do excesso de mudas, podas e retiradas das partes secas.	Não avaliado
Ferreira, et al., (2013)	Águas cinzas de lavanderias	Redução da condutividade elétrica; pH na faixa da neutralidade.	Não	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado
Pinha, et al., (2015)	Águas cinzas	Não avaliador	Não	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado

Os banheiros com recipientes móveis são formados por instalações sanitárias simples, um recipiente fica abaixo do assento sanitário e é removido periodicamente com os dejetos que foram depositados para um local afastado e encaminhados a uma composteira (JENKINS, 2005).

O sistema carrossel apresenta quatro câmaras rotatórias feitas de fibra de vidro para disposição do composto. O compartimento, onde fica o composto, é constituído de uma câmara externa e uma câmara interna rotatória. A câmara interna está dividida em quatro partes e é perfurada na parte inferior. Os dejetos são depositados em uma mesma câmara até que esta fique cheia, depois, através da rotação, é posicionada a câmara seguinte, de modo que enquanto uma está em uso a outra fica em repouso para desenvolver o processo de compostagem. Os líquidos são drenados para o fundo da câmara externa, onde o ar é aquecido e os líquidos evaporam. Não há escape de odor devido ao vácuo existente na câmara (BERGER, 2009).

No modelo com duas câmaras, a cabine com os vasos sanitários está acima das câmaras de compostagem. Entre o assento sanitário e a câmara existe uma rampa por onde descem os dejetos. A construção deve ser realizada deixando sempre as câmaras voltadas para o local que mais recebe irradiação solar, favorecendo o seu aquecimento. Na parte de traz do banheiro, onde estão as câmaras, há uma chapa metálica preta para garantir mais aquecimento do sistema. Existe também uma chaminé para a circulação do ar, que entra frio pela abertura do assento, é aquecido na câmara e sai pela chaminé (JENKIMS, 2005).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A comunidade Água Branca do Cajari está localizada na Região do Alto Cajari, às margens da referida rodovia BR 156, que interliga o município de Laranjal do Jari à capital do estado. As condições de tráfego nesta rodovia são seriamente comprometidas decorrente das chuvas intensas que precipitam na região, época do chamado "Inverno Amazônico", Figura 16, o que dificulta o escoamento da produção agrícola, o acesso a serviços de saúde, a compra de produtos diversos, dentre outras necessidades, que são realizadas no município de Laranjal do Jari e Mazagão. O acesso à comunidade pode ser feito por meio hidroviário ou terrestre, Figura 17.

Figura 16 - Condições de tráfego na BR 156, (A) Verão Amazônico (B) Inverno Amazônico. Fonte: Trabalho de campo e Lourival Queiroz, respectivamente.

4.1 ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

As entrevistas semiestruturadas integram perguntas abertas e fechadas, quando o entrevistado tem a possibilidade de relatar com maior liberdade sobre o tema estudado (BONI; QUARESMA, 2005). As entrevistas foram realizadas com auxílio de questionários semiestruturados, aplicados em domicílios, escolas e atividades comerciais da comunidade, entre os meses de Julho e Agosto de 2015 (Apêndices A, B e C, respectivamente), com o intuito de identificar o número de pessoas residentes nos domicílios, faixa etária da população, grau de escolaridade, formas de abastecimento, armazenamento, tratamento e estimativa da demanda de água, destino dos esgotos sanitários e fonte de renda, bem como observações adicionais feitas *in situ*.

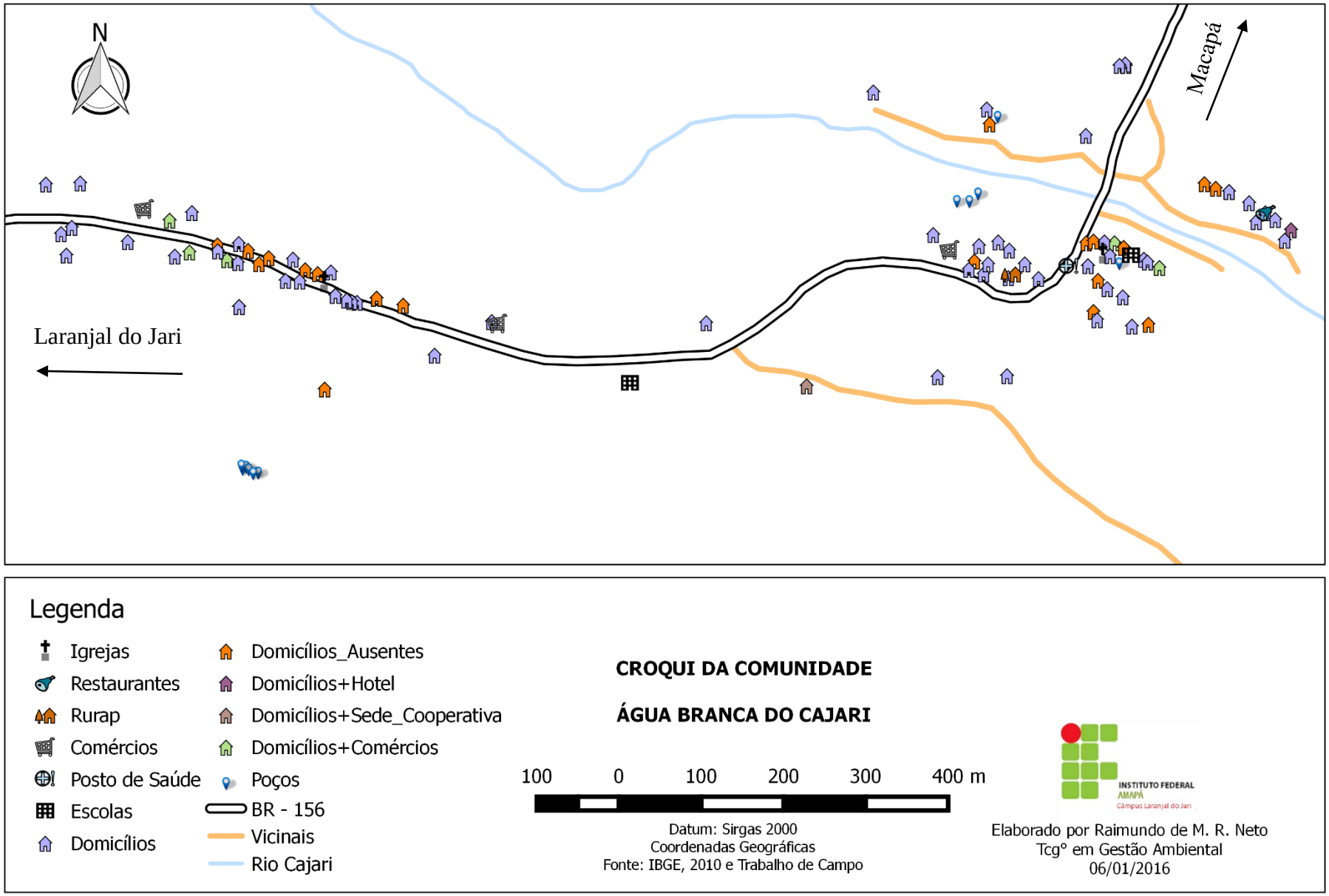


Figura 17 – Croqui da Comunidade Água Branca do Cajari. Fonte: A partir da imagem do satélite RapidEye e levantamento de campo.

No total foram visitados 96 pontos, dos quais, 91,6 % eram domicílios e os demais em hotéis, restaurantes, sede de cooperativas, comércios, igrejas, etc., Figura 18. Não responderam ou não havia residentes no momento da pesquisa em 25% dos domicílios.

Figura 18 – Exemplos de locais onde foram realizadas as entrevistas, (A) domiciliar, (B) sede de cooperativa, (C) feira de vendas de produtos locais e (D) restaurante. Fonte: Trabalho de campo.

4.2 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DAS ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO

O procedimento de amostragem, que envolve a coleta, preservação, transporte e análise de amostras, é provavelmente o passo mais importante para a avaliação da qualidade da água, portanto, é essencial que a amostragem seja realizada com precaução e técnica (BRANDÃO 2011). Com o intuito de diminuir o risco de contaminação, perdas de amostras, e com isso representar o mais próximo possível a realidade do ambiente estudado. Para caracterizar a qualidade das águas destinadas ao consumo humano, foi executada uma campanha de campo[6] em agosto de 2015 (período de estiagem), foram realizadas análises

[6] Pela limitação orçamentária, não foi possível realizar uma campanha de campo no período chuvoso, o que impossibilitou a identificação da variação sazonal dos parâmetros analisados.

in loco em 15 pontos[7] dos parâmetros listados na Tabela 10, com auxílio de uma sonda multiparamétrica, modelo Aquaread AP 700.

Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos analisados i*n loco* e identificação dos pontos.

Parâmetros Analisados	Ponto	Horário	Local	Latitude	Longitude
pH Condutividade Elétrica [µS/cm] Temperatura da Água [ºC] Sólidos Totais Dissolvidos [mg/l]	178	07:55:54	Poço 01	S 00°33.0820'	W 052°11.1483'
	179	08:10:05	Poço 02	S 00°33.0870'	W 052°11.1466'
	180	08:12:37	Poço 03	S 00°33.0890'	W 052°11.1375'
	181	08:34:17	Residência	S 00°32.9916'	W 052°11.0726'
	182	08:39:25	Residência	S 00°32.9886'	W 052°11.0708'
	183	09:08:34	Escola	S 00°33.0446'	W 052°10.8869'
	184	09:23:39	Escola	S 00°33.0476'	W 052°10.8934'
	185	09:47:21	Comércio	S 00°32.9561'	W 052°10.5613'
	186	09:49:04	Residência	S 00°32.9575'	W 052°10.5622'
	187	10:12:49	Residência	S 00°32.9087'	W 052°10.4835'
	188	10:27:22	Residência	S 00°32.9327'	W 052°10.4800'
	189	10:33:26	Residência	S 00°32.9328'	W 052°10.4803'
	190	10:45:21	Rio Cajari	S 00°32.9477'	W 052°10.4934'
	191	11:02:05	Restaurante	S 00°32.9142'	W 052°10.4736'
	192	11:11:57	Residência	S 00°32.8689'	W 052°10.6039'

Os pontos foram escolhidos primando por uma diversidade das fontes de abastecimento de água, poços e rios, formas de armazenamento, caixa d'água e baldes em geral e usos das águas, restaurantes, domicílios e comércios, Figura 19, bem como pela variação espacial. Os valores obtidos foram anotados na planilha de campo.

Figura 19 – Análises *in loco* de parâmetros físico-químicos, (A) poço freático, (B) Rio Cajari, fonte de abastecimento de água da população que reside as suas margens. Fonte: Trabalho de campo.

[7] Todos os pontos visitados foram georreferenciados com auxílio do GPS Garmin Etrex® 10.

Também foram coletadas 10 amostras simples na mesma campanha para serem encaminhadas ao Laboratório ANQUIM, Santana-AP, distante pouco mais de 150 km da área de estudo, os parâmetros analisados estão apresentados na Tabela 11. Foram utilizados frascos de vidro, previamente esterilizados, o tempo entre a coleta e as análises das amostras não ultrapassou 24 h, conforme estabelecido na literatura técnica (FUNASA, 2009).

Tabela 11 – Parâmetros analisados em laboratório e identificação dos pontos.

Parâmetros Analisados	Ponto	Horário	Local	Latitude	Longitude
Turbidez [uT] Cor Verdadeira [mg (PT-Co)/l] Amônia (como NH_3) [mg/l] Ferro Total [mg/l] Manganês Total [mg/l] Nitrato [mg/l] Nitrito [mg/l] Oxigênio Dissolvido [mg/l][8] Coliformes Totais [NMP/100 ml] *Escherichia coli* [NMP/100 ml]	178	07:55:54	Poço 02	S 00°33.0820'	W 052°11.1483'
	182	08:39:25	Residência	S 00°32.9886'	W 052°11.0708'
	183	09:08:34	Bebedouro - Escola	S 00°33.0446'	W 052°10.8869'
	184	09:23:39	Cozinha – Escola	S 00°33.0476'	W 052°10.8934'
	186	09:49:04	Residência	S 00°32.9575'	W 052°10.5622'
	187	10:12:49	Residência	S 00°32.9087'	W 052°10.4835'
	188	10:27:22	Residência	S 00°32.9327'	W 052°10.4800'
	190	10:45:21	Rio Cajari	S 00°32.9477'	W 052°10.4934'
	191	11:02:05	Restaurante	S 00°32.9142'	W 052°10.4736'
	192	11:11:57	Residência	S 00°32.8689'	W 052°10.6039'

Foi adotado o seguinte procedimento para a coleta das amostras destinadas as análises microbiológicas, a partir de Funasa (2009): desprezada a água durante 1 ou 2 minutos, quando coletada em torneiras, as amostras coletadas em poços foram realizadas com auxílio de um balde, previamente ambientalizado com a água da fonte de abastecimento; coleta das amostras, ao menos ¾ do volume do frasco; identificação; preenchimento da ficha de cadastro, fornecido pelo laboratório; armazenamento e preservação com gelo e ao final a caixa de isopor foi lacrada, para evitar variações bruscas de temperatura e com isso comprometer a preservação das amostras e a contaminação externa. Observa-se na Figura 20 o procedimento realizado.

[8] O sensor da sonda responsável pela medição de oxigênio dissolvido não estava funcionando adequadamente, impossibilitando a medição em campo.

Figura 20 – Procedimento de amostragem das águas destinadas ao consumo humano, (A) desprezo inicial da água da torneira utilizada para o preparo de alimentos e consumo, (B) coleta da amostra para análise bacteriológica, (C) identificação, (D) preservação, (E) coleta de amostra direta de poços freáticos e (F) caixa d'água usada para armazenamento da água captada de poço freático.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O levantamento realizado nesta pesquisa obteve uma população de 273 habitantes, dos quais 55,7% eram homens e 44,3% mulheres, com média de 4,5 residentes/domicílio, mínimo de 1 residente/domicílio e máximo de 13 residentes/domicílio. Localmente, há relatos de haver 110 residências e aproximadamente 320 habitantes, portanto os dados aqui apresentados provavelmente representam 85,3% da população estudada.

Em relação à distribuição etária, o padrão encontrado se assemelha, em parte, aos dados da Região Norte, com elevado número de crianças e jovens (0-14 anos), representando 34,4%, 10,2% acima da média nacional, provavelmente devido à alta taxa de fecundidade, característico da região e de comunidades rurais do país e, um segmento de idosos (acima de 65 anos) menos numerosos, 5,2%, 2,4 % a menos do que a média nacional e 6,9% da Região Norte, talvez decorrente às precárias condições de assistência à saúde do idoso e consequente diminuição da expectativa de vida, Figura 21 (BRASIL, 2010).

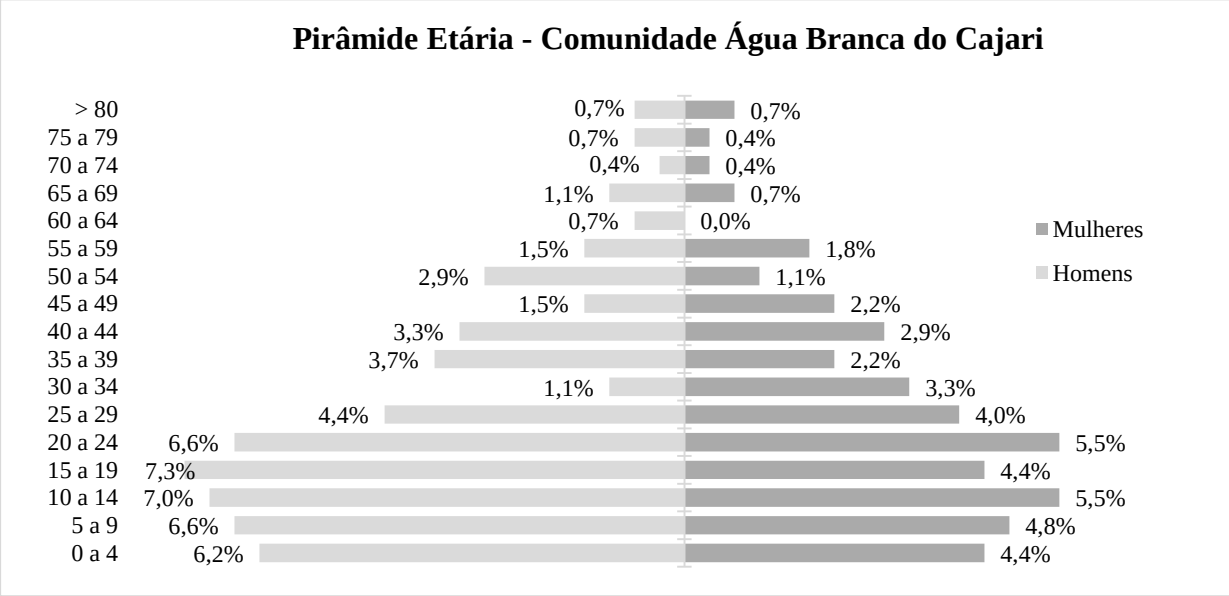


Figura 21 –Pirâmide etária da comunidade Água Branca do Cajari.

Não configurado como objeto principal desta pesquisa, o entendimento dos fenômenos demográficos de comunidades tradicionais, devem ser mais estudados afim de fomentar políticas públicas de fixação destas populações em seus territórios e desestimular o êxodo rural.

Há na comunidade uma escola de educação infantil municipal, sem dados oficiais publicados e uma escola de ensino fundamental e médio de responsabilidade administrativa do estado, com 156 alunos regularmente matriculados no ensino fundamental (1º ao 9º ano) e 73 matrículas no ensino médio regular.

Com relação ao grau de escolaridade da população, 19,9% das pessoas acima de 15 anos se autodeclararam analfabetas, 65,7% eram mulheres e 64,3% idosos[9]. Em 2013, a taxa de analfabetismo no Brasil foi de 8,3%, 50,6% destes eram mulheres e 23,9% idosos (IBGE, 2013).

A pobreza configura como um dos maiores problemas da humanidade, suas consequências variam de acordo com o panorama socioeconômico em que se encontra. Pode ser classificada com o intuito de separar os pobres dos não pobres, e conhecer o número de pessoas que se encontram na linha de pobreza ou de extrema pobreza (indigentes) e subsidiar na elaboração e execução de políticas de combate a estas mazelas sociais (FURSTENAU; WINKI JÚNIOR, 2016).

Algumas instituições de pesquisa calculam valores distintos para a pobreza e a extrema pobreza no país se baseando em diferentes metodologias, como calorias ou cestas de alimentos, frações do salário mínimo, quantidade de dólar/dia, padrões de consumo de diferentes grupos populacionais. Nessa breve análise sobre o panorama da pobreza e da extrema pobreza na comunidade em estudo, foram adotados os seguintes valores, baseando-se no que preconiza o Plano Brasil sem Miséria (BRASIL, 2014; FURSTENAU; WINKI JÚNIOR, 2016):

- Extrema pobreza: Valor menor ou igual a 77,00 R$/hab.mês
- Pobreza: Valor entre 77,01 R$/hab.mês a 154,00 R$/hab.mês

Como já mencionado anteriormente, a renda da população residente na comunidade advém principalmente do extrativismo de castanha, da exploração de madeiras nativas, da agricultura familiar, de atividades comerciais e de programas sociais. A renda per capita média por domicílio foi de 445,00 R$/hab.mês, mínimo de 77,00 R$/hab.mês e máximo de 1.760,00 R$/hab.mês. Dos entrevistados, 13,8% foram considerados pobres e 1,5% extremamente pobres ou indigentes. Para o ano de 2014, a taxa brasileira foi de 7% e 2,5%, respectivamente.

[9] No Brasil, é considerado idoso, a pessoa com idade igual ou maior a 60 anos, Lei n° 10.741/2003 (BRASIL, 2003).

5.2 DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

As pessoas que moram às margens do Rio Cajari obtém a água através do recalque, feito por conjuntos motor-bomba movido a eletricidade, de posse individual dos chefes de família de cada domicílio. Os que não possuem condições financeiras de adquirir o sistema pagam uma cota ao vizinho mais próximo que se disponha a fornecer o serviço. Na parte alta[10] da comunidade, distante mais de 350 m do Rio Cajari, a água é recalcada com conjuntos motor-bomba movidos a gasolina, a partir de poços freáticos, conhecidos como poços rasos, amazonas ou cacimbas, com profundidade variando de 3 a 4 metros. No total são 13 poços na comunidade, apenas 02 localizados na parte baixa. Foram georreferenciados 11, pois dois poços estavam inacessíveis.

Na época do verão amazônico, geralmente os poços secam e a população se desloca até o rio para a coleta e armazenamento da água em caixas d'água. Essa prática é feita com auxílio de veículos, com custos que comprometem o orçamento das famílias mais vulneráveis, relacionados ao pagamento de combustível e locação do automóvel. Os menos favorecidos se deslocam a pé, armazenando a água em baldes, atividade feita majoritariamente por mulheres e crianças.

As redes que interligam os mananciais abastecedores aos domicílios são improvisadas e foram feitas pelos próprios moradores, geralmente com o emprego de mangueiras usadas em sistemas de irrigação com diâmetro nominal de 25 mm, distantes até 500 m entre a fonte de água e o local de consumo, há diversos pontos de vazamentos, causando perdas e aumentando a vulnerabilidade à contaminação. A água é armazenada em caixas d'água de polietileno por 96,5% da população, geralmente com volume de 500 l a 1000 l, e os demais armazenam em baldes, potes, garrafas PET, etc.

Sobre o tratamento, 95 % de quem reside na parte alta da comunidade realiza a cloração da água para o consumo humano com hipoclorito de sódio 2,5%, disponibilizado no posto de saúde local. Esse dado indica percepção positiva da população sobre a necessidade de boas práticas para o consumo de água com qualidade e segurança e seu reflexo na saúde. Na parte baixa, o número de pessoas que fazem cloração também é expressivo, 97%, porém além da cloração, há a adição de um polímero não identificado,

[10] A população local distingui geograficamente a comunidade em parte baixa, onde residem 28,2% dos habitantes, e fica às margens do Rio Cajari, com cota geométrica de 20 m a 30 m aproximadamente, e alta, onde residem 71,8% dos habitantes, com cota geométrica entre 30 m e 80 m, dados obtidos a partir dos pontos georreferenciados com GPS de navegação.

com ação floculante, que é disponibilizado informalmente por funcionários da CAESA, para a clarificação das águas, Figura 22.

O tratamento realizado pela população local é seriamente comprometido, seja quando há a falta de hipoclorito de sódio no posto de saúde ou quando não é disponibilizado o polímero floculante e, quando disponível, não ser fornecido em quantidades suficientes, o que leva ao rateio entre os chefes de domicílios, pela conveniência de quem tem acesso ao produto.

Figura 22 – (A) Polímero usado pela população local para a clarificação das águas e (B) Sólidos sedimentados após adição do polímero. Fonte: Autor da pesquisa

Com base nas entrevistas realizadas, o consumo total de água resultou no valor de 26,6 m^3/dia, representado por um consumo médio per capita de 85,47 l/hab.dia, mínimo de 11,90 l/hab.dia e máximo de 190,48 l/hab.dia. Esse dado deve se manter relativamente constante ou tender a diminuir na época do verão amazônico, tendo em vista que parcela da população que utiliza poços amazonas raciona o uso da água, e aos que residem na parte baixa da comunidade, muitos optam por realizar algumas atividades, como tomar banho e lavar roupas diretamente no rio nesta época, conforme relatos colhidos nas entrevistas.

A ONU estabelece a seguinte classificação sobre o acesso a água, Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação sobre o acesso a água estabelecido pela ONU. Fonte Organização das Nações Unidas (2013).

Situação	Consumo de Água (l/hab.dia)
Valor crítico	< 50
Mínimo estabelecido	50 a 100
Ideal	> 100

Em termos quantitativos, 51,3% da população tem acesso ideal, de acordo com os padrões da ONU, 41,1% com o mínimo estabelecido, porém ainda 7,6% tem acesso a níveis

críticos de água diariamente, um contraste visto sobre a disponibilidade hídrica da região, conforme já discutido. A seguir serão apresentados e discutidos os resultados das variáveis físico-químicas e microbiológicas obtidas na amostragem das águas destinadas a consumo humano, os laudos estão no Anexo B.

Nos resultados das análises de pH, 75% das amostras, estavam com valores de fora dos padrões estabelecidos pela Portaria n° 2.914/11 M.S., todos os resultados em não conformidade, indicavam águas ácidas, Figura 23, característicos da região (Silva, et al., 2006).

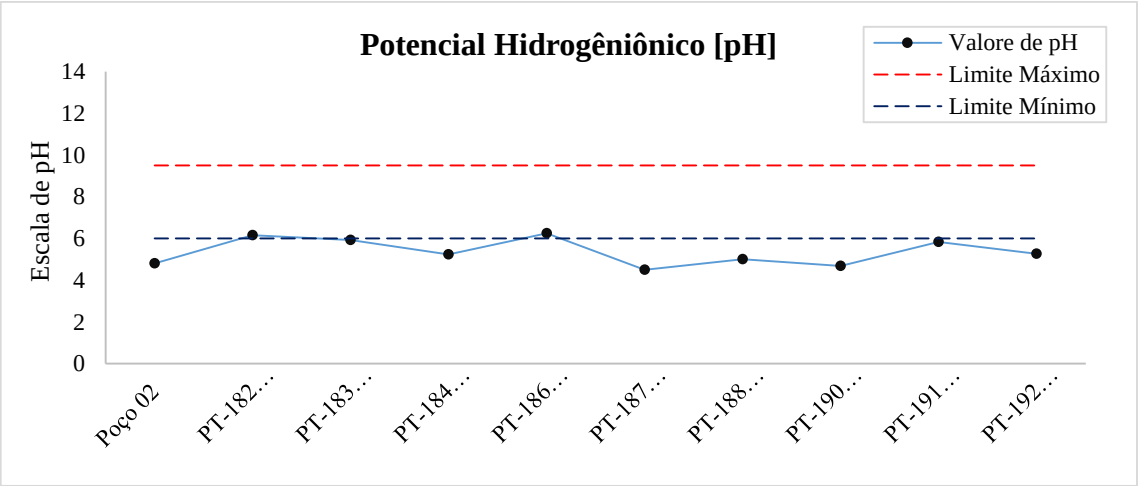


Figura 23 – Valores de pH das amostras analisadas.

Constatou-se que em 62,5% das amostras analisadas[11], os valores de turbidez estavam acima do limite máximo permitido, Figura 24, considerando como fonte de abastecimento, águas subterrâneas com desinfecção.

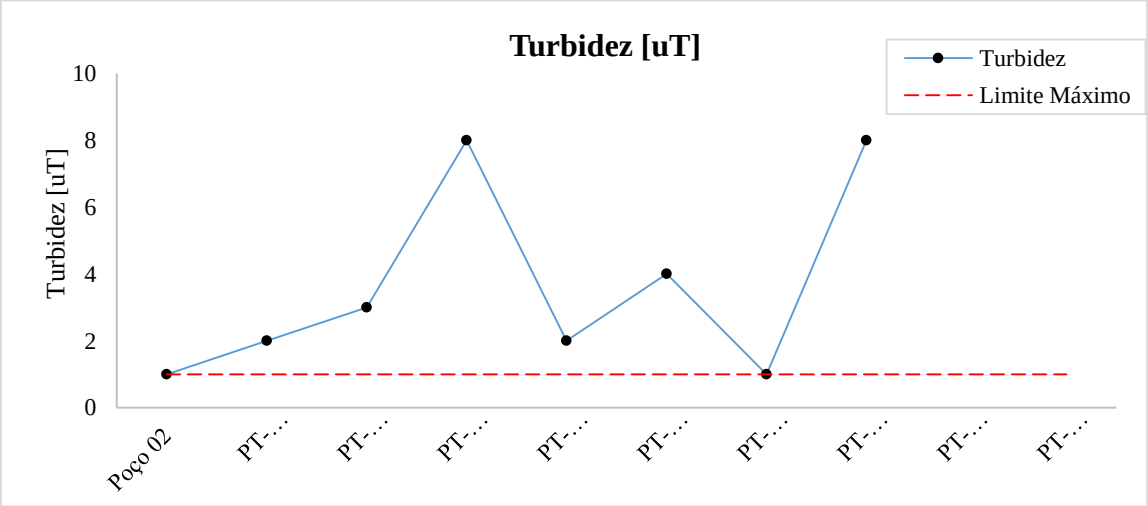


Figura 24 – Valores de turbidez das amostras analisadas.

[11] Os pontos 191 e 192 não foram analisados para os parâmetros: turbidez; cor verdadeira, amônia, nitritos, nitratos, ferro total e manganês total.

Na amostra coletada no Rio Cajari, os resultados estão dentro dos valores encontrados na literatura sobre os rios de águas escuras da região sul do Amapá, tipicamente com baixa concentração de sólidos em suspensão e consequente baixa turbidez, (SILVA et al., 2006).

Todas as amostras coletadas nas residências estavam com os valores de turbidez acima do limite máximo estabelecido, considerando como manancial abastecedor águas subterrâneas, tal resultado é devido, provavelmente, à falta de limpeza periódica ou cobertura das caixas d'água, conforme observado em campo.

É importante frisar que o limite máximo estabelecido pela legislação vigente trata de águas fornecidas por sistemas coletivos de abastecimento, com plano de amostragem definido e normatizado. Com isso, os dados apresentados nesta pesquisa são relevantes para discussões acadêmicas, para subsídios técnicos e posteriormente fomento de políticas públicas, ressalta-se sobre a fragilidade estatística que tais dados representam, tendo em vista o número limitado de amostras.

Os valores máximos permitidos para cor aparente em águas destinadas ao consumo humano é de até 15 mg Pt-Co/L[12]. Com relação a amostra do Rio Cajari, por se tratar de águas classe II, o resultado não está acima do limite máximo permitido, 75 mg Pt-Co/L, resolução CONAMA n° 357/05 e dentro dos valores encontrados na literatura (CONAMA, 2005; SILVA, et al., 2006). Os resultados estão expressos na Figura 25.

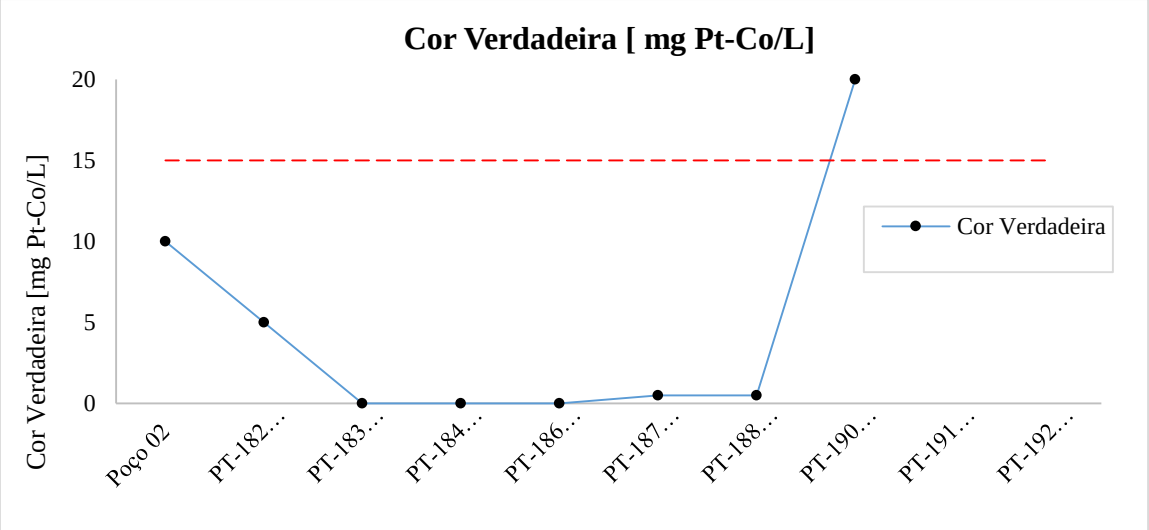


Figura 25 – Valores de cor real das amostras analisadas.

[12] Na Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde está expressamente regulamentado o valor máximo para cor aparente e não para cor real, será usado esse padrão para efeito de comparação. Salienta-se que os valores de cor real tendem a ser menores do que a de cor aparente, por causa da eliminação da turbidez no processo analítico.

As concentrações de amônia e nitrito nas águas usadas para o abastecimento na comunidade não ultrapassaram o limite máximo estabelecido pela legislação vigente, 0,3 mg/L para amônia (NH_3) e 0,012 mg/L para nitritos ($N\text{-}NO_2$), Figura 26. Não foi detectado nitrato em nenhumas das amostras analisadas.

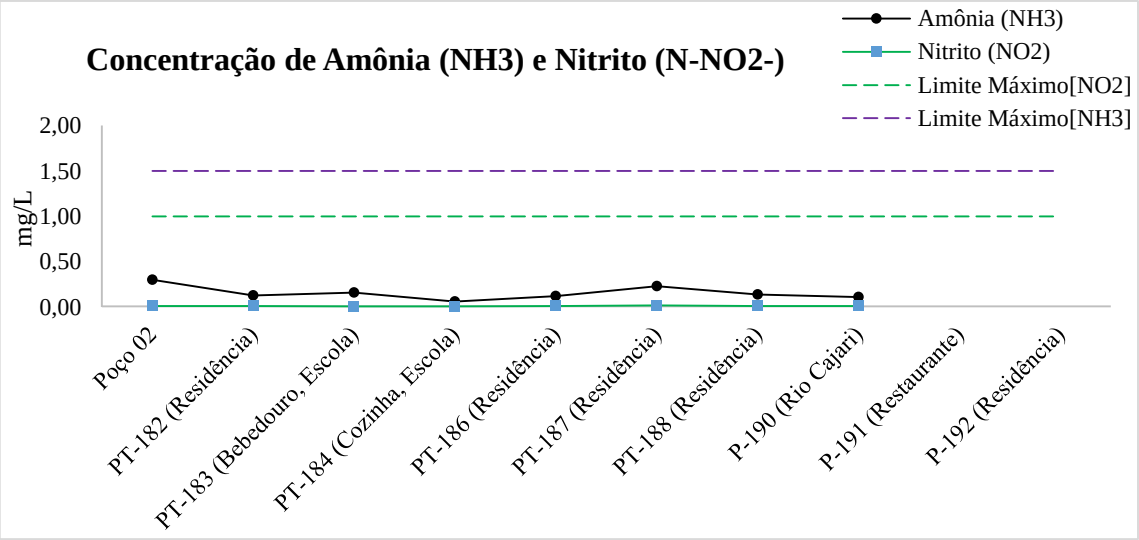


Figura 26 - Concentração de amônia (NH_3) e Nitrito ($N\text{-}NO_2^-$) nos mananciais abastecedores e águas de abastecimento.

Não foi detectado manganês nas amostras analisadas e as concentrações de ferro ficaram abaixo do limite máximo estabelecido. Com relação aos aspectos microbiológicos, 90% das amostras analisadas estavam contaminadas com coliformes totais ou *Escherichia coli*. Apenas a amostra do PT-187 (Residência) não havia contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*. A amostra do PT-188 (Residência) apresentou contaminação apenas por coliformes totais, Figura 27.

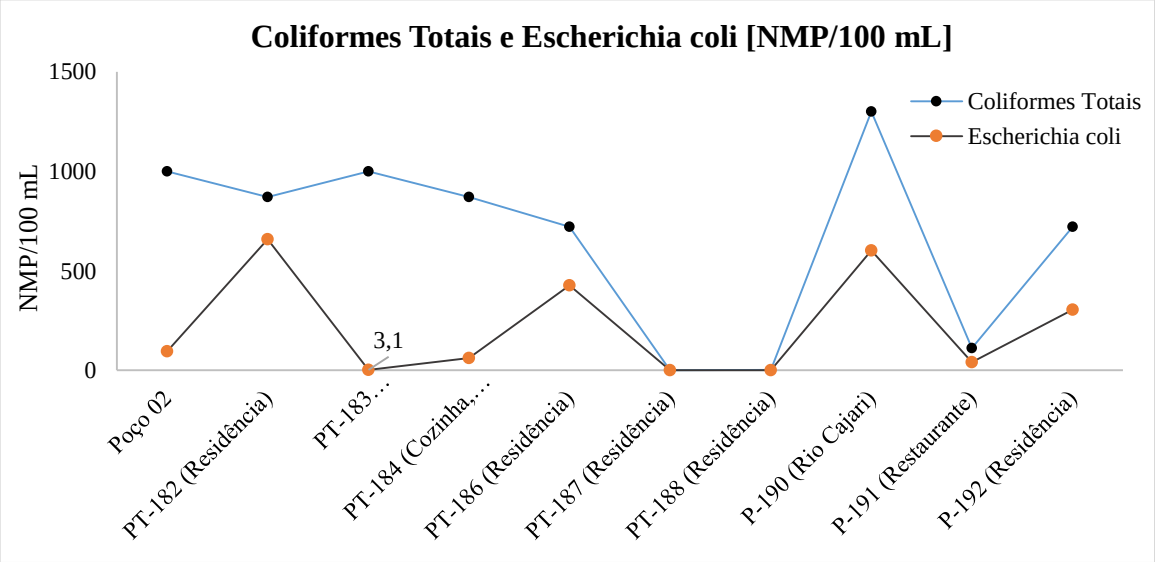


Figura 27 – Concentração de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras analisadas.

Observa-se que, apesar da consciência sobre a importância do consumo de água segura e desinfetada e da afirmação por parte da população de realizar a cloração, os resultados não foram satisfatórios, o que demonstra a necessidade de fomento a ações contínuas de educação sanitária, bem como no aprimoramento das políticas de distribuição de hipoclorito de sódio pelos postos de saúde ou a proposição de sistemas de tratamento de água, individual ou coletivo, que efetuem a desinfecção com eficiência, facilidade operacional e baixo custo.

Com relação aos esgotos sanitários, contatou-se que 6,5% dos pontos geradores de efluentes (domicílios e comércios) encaminhavam o esgoto cloacal para sistemas compostos por fossas sépticas seguida de sumidouro. Essas estruturas de tratamento individual de esgoto negro foram resultados da implementação do Programa de Desenvolvimento Sustentável do Estado Amapá entre os anos de 1994 a 2002 (GEA, 1996).

Cerca de 82,3% do esgoto séptico gerado é encaminhado a fossas negras e 13% das unidades domiciliares não dispõem de banheiro, portanto, os moradores fazem suas necessidades fisiológicas ao ar livre, uma prática problemática por representar um foco contínuo de doenças e de contaminação das fontes de água. No Brasil, 2% da população não tem acesso a um banheiro, são quase 4 milhões de pessoas, em 1990 este índice era de 17% (OMS, 2015). A precariedade das condições de despejos de esgoto sanitário pode justificar o alto grau contaminação bacteriológica das amostras analisadas.

5.3 PROPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS TECNÓLOGIAS E AVALIAÇÃO ECONÔMICA

5.3.1 USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Uma das alternativas para atender a demanda de água na comunidade seria através do aprimoramento do uso das águas subterrâneas. Para a análise técnica feita desta Dissertação foram consideradas algumas situações ideais, tendo em vista a ausência e impossibilidade de obtenção de alguns dados primários, que subsidiasse de forma mais precisa e exata as alternativas propostas.

Sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água + Cloradores Simplificados + Reservação e Distribuição por Setores

O uso de geradores fotovoltaicos para o bombeamento de águas subterrâneas mais a cloração com dispositivos simplificados, a partir de pastilhas de cloro e armazenamento em reservatórios elevados, para posterior distribuição, pode ser uma alternativa técnica e

economicamente viável para suprir a demanda quantitativa e qualitativa de água para consumo humano na comunidade Água Branca do Cajari.

Com o intuito de diminuir a potência instalada dos geradores fotovoltaicos para acionar o conjunto motor bomba e, consequente custo inicial, a comunidade foi dividida em quatro setores, Figura 28. O dimensionamento e seleção do sistema de bombeamento solar fotovoltaico (BSFV) foi realizado a partir do manual para projeto de engenharia de sistemas fotovoltaico, proposto por (PINHO; GALDINHJO, 2014):

- **Estimativa da demanda de água;**
- **Determinação das características do poço e do sistema de reservação;**
- **Cálculo das perdas de carga;**
- **Seleção do conjunto motor bomba submerso;**
- **Dimensionamento do sistema de geração;**

- *Estimativa da demanda de água (TSUTYA, 2006):*

$$Q_a = \frac{K1 * Pop * \overline{QPC}}{3.600 * h} + Q_e$$ **Equação 6**

Legenda:
Q_a = Vazão de adução [m^3/s]
K_1 = Coeficiente do dia de maior consumo: 1,25 (Adotado)
Pop = População de projeto [hab]
$\overline{QPC}$ = Quota per capita média: 100 l/hab.dia (Adotado)
Q_e = Vazão específica: consumo de água em escolas, comércios, igrejas, etc. [m^3/s]
h = Tempo de funcionamento da adução [h]

- *Altura manométrica total, características do poço tubular freático e sistema de reservação*

Equação 7

$$AMT = ND + \Delta N + \left(NBS * \%_{perdas}\right) + J_{total}$$ **Equação 8**

$$J_{total} = J_{adução} + J_{clorador}$$

- **Legenda:**
- AMT = Altura manométrica total [m]
- N_d = Nível estático [m]
- ΔN = Desnível entre o poço e o reservatório [m]
- NBS = Nível da bomba submersa [m]
- J_{total} = Perda de carga total [m]
- $J_{adução}$ = Perda de carga na adução, localizada e distribuída [m]
- $J_{clorador}$ = Perda de carga no clorador Embrapa/EMATER [m]

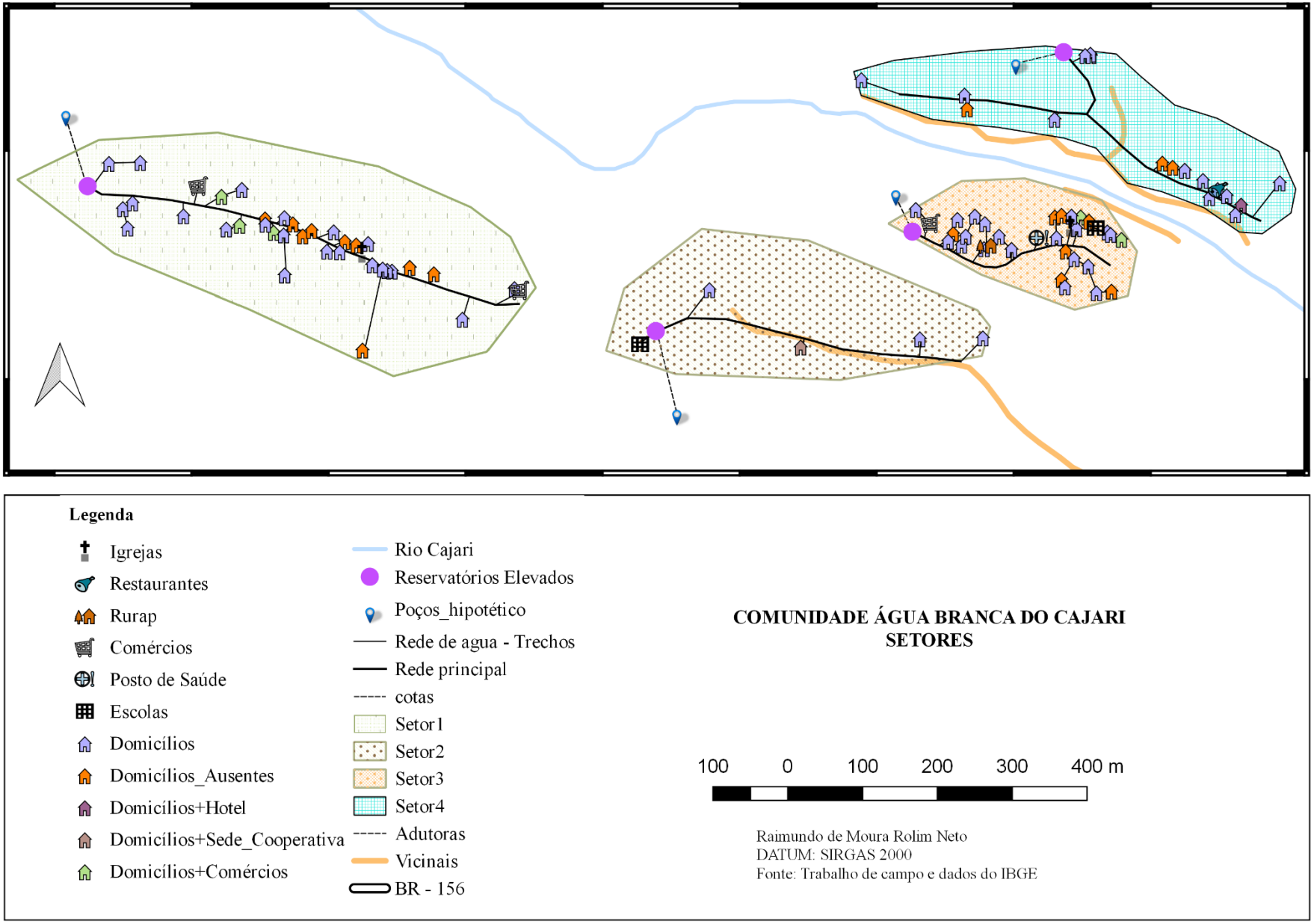


Figura 28 – Comunidade Água Branca do Cajari-Setores. Fonte: Trabalho de campo.

- Parâmetros dos poços tubulares freático

- N_e = Nível estático [m]
- N_r = Altura do reservatório [m]
- $P_{poço}$ = Profundidade total do poço [m]
- S_{cp} = Distância entre o poço e o castelo d'água
- Q_a = Vazão de adução [m^3/h]
- N_r = Altura do reservatório [m]
- ΔN = Desnível entre o poço e o reservatório [m]

- Dimensionamento do gerador fotovoltaico

$$E_h = 2{,}75 * Q_a * AMT$$ **Equação 9**

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{eb}}$$ **Equação 10**

$$P_{fv} = 1{,}25 \frac{E_e}{HSP}$$ **Equação 11**

$$HSP = \frac{IR_{solar}}{1}$$ **Equação 12**

Legenda:
E_h = Energia hidráulica [Wh/dia]
E_e = Energia elétrica [Wh]
ηe_b = Rendimento da eletrobomba [%]
P_{fv} = Potência fotovoltaica [Wp]
HSP = Horas de sol pleno [h]
IR_{solar} = Irradiação solar [Kwh/m^2]

1 = Constante [Kw/m^2]

Todos os cálculos estão descritos detalhadamente no Apêndice D. As características dos poços tubulares freáticos, conjuntos motor bomba e dos parâmetros básicos para o dimensionamento dos geradores fotovoltaicos, são apresentados na Tabela 13:

Tabela 13 – Resumo dos resultados – dimensionamento do sistema de bombeamento fotovoltaico.

Caterísticas dos poços					
Parâmetros	**Setores**				**Unid**
	1	**2**	**3**	**4**	
Diâmetro do poço tubular	200				mm
Nível estático	10	10	9	9	m
Nível dinâmico	12	12	11	11	
Altura do reservatório	15	15	15	15	

Caterísticas dos poços					
Parâmetros	**Setores**				**Unid**
	1	**2**	**3**	**4**	
Desnível geométrico – Poço/Reservatório	17	17	17	18	
Vazão de adução	2,5	2	3	2	m^3/h
Profundidade do poço	40	30	30	25	m
Perdas no conjunto motor bomba	50				%
Nível da bomba submersa	13	13	12	12	m
Diâmetro da tubulação de recalque	32				mm
Distância entre o poço e o reservatório	92	110	50	65	m
Perda de carga total na tubulação de adução	3,79	2,97	3,05	1,82	
Perda de carga no clorador EMBRAPA/EMATER	$1{,}92x10^{-3}$	$1{,}27x10^{-3}$	$2{,}70x10^{-3}$	$1{,}27x10^{-3}$	m
Altura Manométrica Total	39,29	38,47	37,06	36,82	
Energia hidráulica para o recalque	2676,96	2096,56	3029,30	2006,95	Wh/d
Rendimento do conjunto motor bomba	50				%
Energia elétrica	5353,91	4193,13	6058,59	4013,89	Wh
Radiação solar crítica	3,2				$Wh/m^2.d$
Horas de sol pleno	3,2				h/dia
Potência Fotovoltaica	**2091,37**	**1637,94**	**2366,64**	**1567,93**	**Wp**

Os sistemas fotovoltaicos utilizados para o bombeamento de águas são constituídos por placas solares e inversores de frequências, quando utilizadas eletrobombas com funcionamento em corrente alternada. Não há necessidade de utilização de baterias, o que favorece a viabilidade do uso do sistema em regiões isoladas, como o caso de estudo. Os módulos fotovoltaicos, inversores de frequências e eletrobombas selecionados para cada setor da comunidade estão apresentados nas Tabela 14 e Tabela 15:

Tabela 14 – Características e custos dos geradores fotovoltaicos. Fonte: Pesquisa de preço.

Gerador Fotovoltaico – Setor 1 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	5	1275	151
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	4	560	68,4
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	1	95	16,6
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL055P 17b 2/5	55	17,83	2	110	35,66

Gerador Fotovoltaico – Setor 1 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL020P-17b	20	18,18	5	100	90,9
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL010P-17b	10	18	5	50	90
Total				**2190**	**728,96**
Inversor de frequência					
Inversor Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca				1	

Gerador Fotovoltaico – Setor 2 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	4	1020	120,8
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	3	420	51,3
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	2	190	33,2
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL020P-17b	20	18,18	5	40	36,36
Total				**1670**	**241,66**
Inversor de frequência					
Inversor Senoidal Epsolar SHI2000-22 - 2000VA / 24Vcc / 220Vca				1	

Gerador Fotovoltaico – Setor 3 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	6	1530	181,2
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	5	700	85,5
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	2	190	33,2
Total				**2420**	**299,9**
Inversor de frequência					
Inversor Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca				1	

Gerador Fotovoltaico – Setor 4 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	4	1020	120,8
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	4	560	68,4

Gerador Fotovoltaico – Setor 1 [Placas Solares + Inversores de Frequência]					
Parâmetro	**Potencia [W]**	**Tensão [V]**	**Qtd**	**Potência Total [W]**	**Tensão Total[V]**
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	3	285	49,8
Total				**1865**	**239**
Inversor de frequência					
Inversor Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca				1	

Tabela 15 – Características das eletrobombas submersas.

Setores	Marca/Série /Tipo	Capacidade para 60Hz [m³/h]	n° de estágios	Potência Nominal (Hp)
1	KSB S 100 B	12	4	2
2				
3				
4		7	5	1,5

Ratifica-se que a viabilidade técnica e econômica desta alternativa depende da obtenção de dados precisos da planialtimetria da localidade, em escala compatível, afim de verificar o dimensionamento das redes de abastecimento de água, altura e capacidade de armazenamento do reservatório, bem como as condições de recalque, consequentemente a potência requerida dos geradores fotovoltaicos.

- *Análise Econômico-Financeira*

Para análise econômico-financeira foi estabelecido o horizonte de planejamento em 20 anos, horizonte temporal em que deve ser elaborado os planos de saneamento básico, conforme estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei n° 11.445/07, a taxa de juros[13] adotada foi de 9,5%. A análise foi feita a partir do cálculo do valor presente (VP), método de engenharia econômica usado para avaliar tecnologias, através da homogeneização dos custos de implantação, operação e manutenção e um dado tempo.

A composição dos custos para o gerador fotovoltaico, como já demonstrado anteriormente, clorador Embrapa/Emater e demanda de hipoclorito de cálcio 65%, foi realizada através do dimensionamento dos sistemas e estimativas operacionais e posterior

[13] A responsabilidade de formular, coordenar e implementar o programa de saneamento rural no país é do Ministério da Saúde, através da Funasa. Os recursos são oriundos do orçamento da união, portanto não reembolsáveis, ou seja, não cria passivo financeiro a ser quitado posteriormente. Para a análise econômico-financeira das tecnologias adotadas neste estudo, a taxa de juros foi estabelecida pela média das taxas de juros praticadas pelos dois maiores bancos públicos que financiam ações de saneamento no país, Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) e Caixa Econômica Federal (CEF) (BRASIL, 2007, CEF, 2008; BNDES, 2008).

pesquisa dos custos de materiais permanentes e de consumo. As bonificações de despesas indiretas (BDI) foram determinadas a partir dos valores máximo permitidos pelo Tribunal de Contas da União para execução das obras de engenharia. Os custos de perfuração e manutenção dos quatro poços propostos não foram considerados (TCU, 2013).

As redes de abastecimento e os reservatórios de água foram pré-dimensionados e orçados a partir de dados do Sistema Nacional de Preços, Custos e Índices da Construção Civil, para a cidade de Macapá, junho de 2016 (IBGE/SINAPI, 2016).

O detalhamento dos custos de instalação, operação/manutenção e reposição no horizonte de planejamento estão apresentados detalhadamente no Apêndice D:

- Custo implantação: R$ 410.686,01
- Custo de operação (ano): R$ 752,09
- Custo de reposição (investimento futuro – 20 anos) - Troca de bombas e inversores de frequência: R$ 81.875,41

Os cálculos foram realizados a partir de Sperling (1996).

- Valor Presente de Gastos Anuais Constantes (VP_{gac})

$$VP_{gac} = A * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$ **Equação 13**

- Valor Presente de um Investimento Futuro (VP_{if})

$$VP_{if} = \frac{F}{(1+i)^n}$$ **Equação 14**

- Valor Presente Total (VP_{total})

$$VP_{total} = Investimento\ inicial + VP_{gac} + VP_{if}$$ **Equação 15**

Legenda:

VP = Valor presente [R$]

A = Custo anual (operação/manutenção) [R$]

n = Horizonte de projeto (ano)

i = Taxa de juros [%]

O valor presente total de implantação, operação/manutenção e reposição para o horizonte de planejamento estabelecido foi de R$ 430.644,97. Considerando a população

estimada da comunidade em 320 habitantes, o valor presente representa um investimento total de aproximadamente 0,18 R$/hab.dia, pelos próximos 20 anos.

5.3.2 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Como solução para complementar o fornecimento de água na comunidade, optou-se pelo modelo de sistemas de coleta, pré-tratamento e armazenamento da água de chuva do Projeto Sanear Amazônia, porém, além desta tecnologia, nos próximos tópicos serão abordados os métodos de filtração lenta domiciliar e desinfecção solar como alternativas para o tratamento destas águas para o consumo humano.

Esta análise foi realizada a partir de dados científicos publicados que validam a eficiência de tais métodos, porém, recomenda-se que a implantação dos sistemas propostos deva preceder de pesquisas que comprovem a eficiência através de sistemas pilotos. O aproveitamento de água de chuva pode ser uma alternativa complementar para suprir a demanda de água no meio rural amazônico. Segue o roteiro de dimensionamento do sistema (NBR 10.844/1989; NBR 15.527, 2007; PLÍNIO, 2009;). O detalhamento dos cálculos está descrito no Apêndice E.

- *Características do telhado*[14]

- Comprimento: 8 m
- Largura: 6 m
- Declividade: 35%
- Área superficial: 56,4 m^2
- Coeficiente de escoamento superficial: 0,9 – Adotado
- $\eta_{\text{fator de captação}}$: 0,89

- *Precipitação Pluviométrica (P)*

Pela ausência de dados de precipitação na região, foram usados os dados do município de Macapá, Tabela 16.

Tabela 16 - Média mensal da precipitação pluviométrica - Macapá (1980-2002). Fonte: (SILVA; PORTELA, 2006)

Mês	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abril**	**Maio**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
Altura de chuva	302	347	407	384	351	220	184	98	42	35	48	142
Média mensal	213,3											
Total anual	2.560											

[14] A dimensão do telhado foi estabelecida com base no modelo de habitação do Minha Casa minha Vida Rural (CEF, 2016 b)

Unidade	mm

- *Volume de água aproveitável (V)*

Observa-se que com base no cálculo do volume mensal de água aproveitável, uma residência tem capacidade de captar 117.555,2 L/ano, sendo que 78,6% deste volume é potencialmente aproveitável entres os meses de janeiro a junho. No mês de março, verifica-se o maior potencial de coleta de água de chuva, 15,9% do acumulado anual, enquanto em outubro o de menor capacidade, 1,4 % do acumulado anual, Figura 29. Ratifica-se que esta tecnologia poderá ser utilizada somente como meio complementar a demanda de água domiciliar. Esta observação será melhor visualizada no item *Balanço Hídrico.*

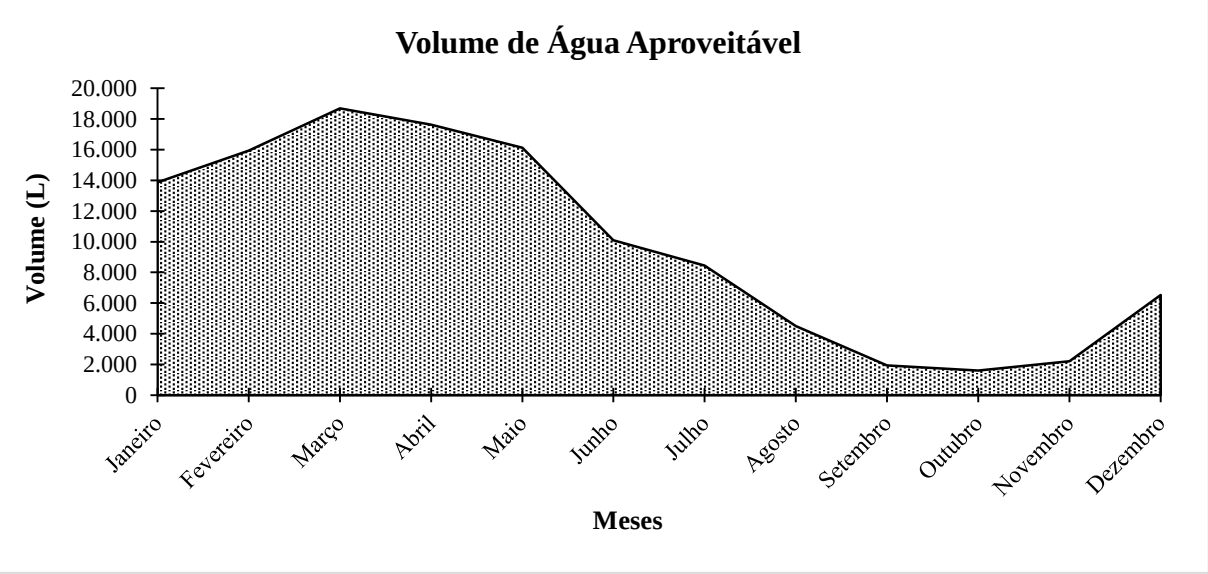


Figura 29 – Variação mensal do volume de água aproveitável, considerando o modelo de habitação rural.

- *Balanço hídrico mensal*

Na ausência de estudos, o volume de água que deve ser desprezada inicialmente será de 2 mm da precipitação pluviométrica, que no presente trabalho correspondeu a 114,8 L/chuva.

Considerando um consumo de água per capta de 80 L/hab.dia constante ao longo do ano e média de 4,5 hab/domicilio, a demanda de água mensal será de 10.800 L/domicilio.mês. O volume máximo de armazenamento foi fixado em 6.000 L/domicílio. Observa-se na Figura 30 que não haverá armazenamento apenas nos meses de novembro e dezembro.

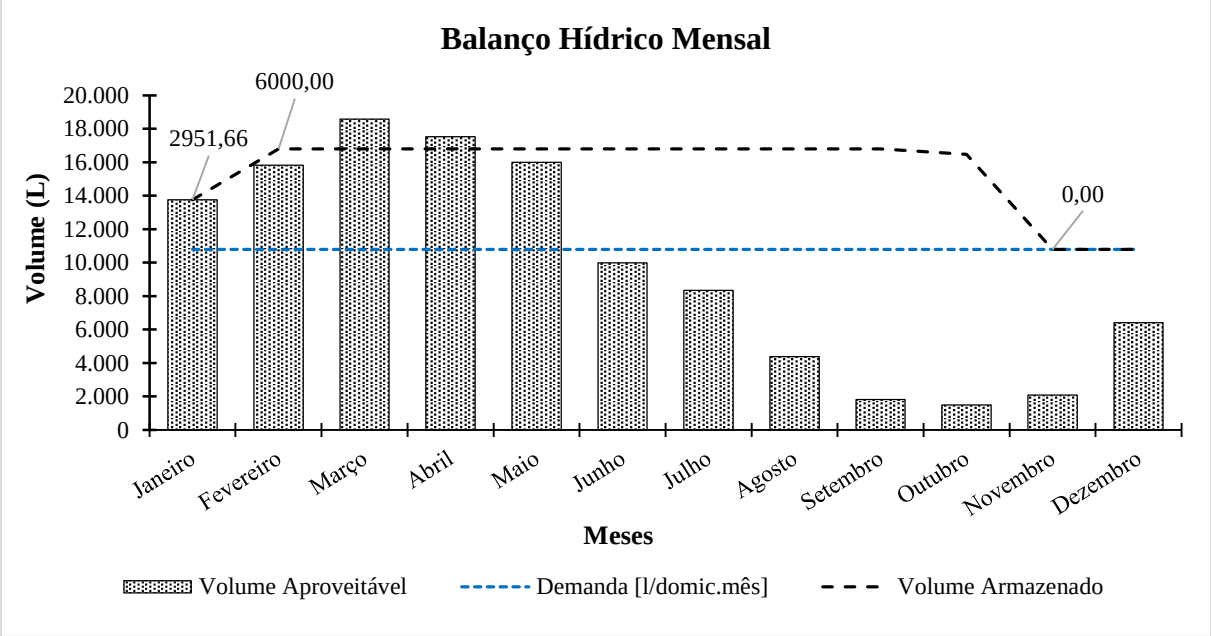


Figura 30 – Balanço hídrico mensal.

- *Característica da calha*

- Área de contribuição: 57,4 m^2
- Capacidade máxima de vazão na calha: 257,69 l/min
- Vazão de pico: 167,01 l/min
- Declividade: 0,5%
- Largura: 120 mm

- *Reservatório de autolimpeza (first flush)*

- Chuva de descarte inicial: 2 mm/chuva
- Volume de descarte inicial: 114,8 L/chuva
- Diâmetro do reservatório de descarte: 100 mm
- Altura do reservatório de descarte: 1,85 m
- Número de reservatório de descarte por domicílio: 2 unid
- Volume Total do reservatório de descarte: 116,18 L/domicílio

- *Características hidráulicas – manta bidin geotêxtil nãotecido (BIDIN, 2012)*

- Modelo: Bidim RT 07
- Permissibilidade – Ψ: 2,5 s^{-1}

- Capacidade de Fluxo de água: 233,9 L/min
- Permeabilidade normal – K_n: 0,4 cm/s
- Abertura aparente – O_{95}: 0,212 mm

- *Reservatórios*

- *01 Caixa d'água para filtração: 1.000 L*
- *01 Caixa d'água para armazenamento: 5.000 L*

O levantamento e os quantitativos dos materiais foram feitos com base nas instruções operacionais IOP n° 07 e 08 do Projeto Sanear com as devidas adaptações justificadas ao caso de estudo e os custos a partir de pesquisas de preços e de sistemas de referências, como o SINAPI, SIPROCE e ORSE (MEMORIAL CHICO MENDES, 2010; IBGE/SINAPI, 2016; SEINFRA/SIPROCE, 2016; SEINFRA/ORSE, 2016).

- *Análise Econômico-Financeira*

- Horizonte de planejamento: 20 anos
- Custo implantação: R$ 432.236,72
- Custo de operação: 0,00 R$/ano
- Custo de reposição (investimento futuro): 0,00 R$/ano

O custo total foi de R$ 432.236,72 ou 0,19 R$/hab.dia.

O aproveitamento da água de chuva para fins potáveis na Amazônia e no Brasil não é amplamente difundido. Dessa forma, faz-se necessário o fomento da pesquisa científica e inovação tecnológica, bem como na transferência de tecnologias para o uso seguro e potável das águas pluviais, tendo em vista a relevância social e de saúde pública que tais trabalhos poderiam impactar positivamente nas populações que residem em comunidades isoladas, adensadas, dispersas ou de difícil acesso no país.

Nos tópicos 5.3.3 e 5.3.4 são apresentadas as tecnologias que podem ser usadas para melhorar a qualidade das águas de chuva e destiná-las ao consumo humano. As alternativas propostas deverão ser aplicadas em situações de extrema necessidade, ou seja, onde não há outra fonte disponível e confiável para o consumo humano, realidade de muitas das comunidades da Amazônia retratadas neste estudo.

5.3.3 FILTRAÇÃO LENTA DOMICILIAR

O Filtro Lento Domiciliar (FLD) apresentado na Figura 31 é baseado nos trabalhos publicados pelo Ministério da Saúde da Guatemala (2002), Caws (2010) e Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013).

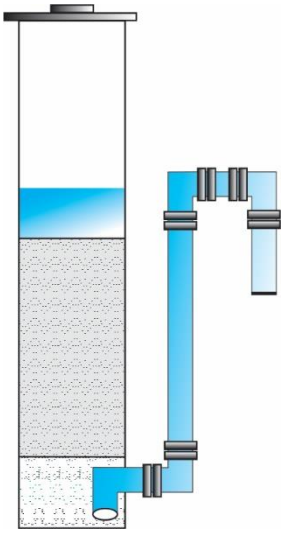


Figura 31 – Filtro Lento Domiciliar. Fonte: A partir de Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013).

A construção do FLD é relativamente simples, a operação e manutenção pode ser feita por cada unidade familiar que recebê-lo, portanto, considerou-se que não haverá custos de manutenção e nem de reposição futura.

Na Tabela 17 estão descritos os materiais/serviços e o preço total para a produção dos FLD.

Tabela 17 – Orçamento - Filtro Lento Domiciliar. A partir de Ministério da Saúde -Guatemala (2002), Caws (2010) e Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013), Sinapi (2016) e pesquisas de preços.

Materiais/Serviços	Unidade	Custo Unit [R$]		Qtd	Custo Total [R$]	
Caixa sifonada 250 x 150 x 50	Unid	R$	35,00	1	R$	35,00
Joelho 90° Marrom PVC Soldável 20mm ou 1/2"	Unid	R$	0,28	4	R$	1,12
Tubo Marrom PVC Soldável 20mm ou 1/2"	m	R$	2,88	1,16	R$	3,33
Tubo 250 mm Esgoto	m	R$	51,49	0,93	R$	47,89
Pedra Britada N° 0	m^3	R$	153,22		R$	0,38
Pedrisco		R$	150,00	2,45E-03	R$	0,37
Areia grossa	m^3	R$	60,00		R$	0,15
Areia fina		R$	66,00	2,70E-02	R$	1,78
Geotextil não-tecido 100% poliester com resistência a tração longitudinal mínima de 7KN/m (BIDIM RT-07)	m^2	R$	5,32	0,098	R$	0,52
Auxiliar de encanador	h	R$	9,67	1,5	R$	14,51
Encanador	h	R$	12,87		R$	19,31

Custo Parcial [R$]	*R$*	*90,54*
BDI = 26,44 % (acórdão do TCU n° 2622/2013)	*R$*	*23,94*
Preço Total [R$]	**R$**	**114,47**

O preço total para a produção da tecnologia é de R$ 7.326.27. O FLD poderá fornecer inicialmente 10,78 L/dia, considerando a taxa de aplicação superficial (TAS) de 0,11 m^3/m^2.dia, com base nos estudos de Val Magalhães e Sabogal-Paz (2013), podendo suprir a necessidade de água potável de 5 pessoas, mediante desinfecção final do efluente.

5.3.4 DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS)

O sistema é composto de garrafas PET comumente usadas, porém com a utilização de concentradores solares revestido com papel alumínio que favorece a redução do tempo de exposição das garrafas ao sol, de 6 h para 4 h e mantém a mesma eficiência na inativação de microrganismos.

Este sistema poderá desinfetar a água proveniente de fontes subterrâneas ou águas de chuva após a passagem por uma unidade de filtração. O uso de outras fontes de água está condicionado a valores de turbidez abaixo de 30 UNT. Os materiais e serviços necessários para a implantação do sistema na Comunidade Água Branca do Cajari estão descritos abaixo, com base os trabalhos de Paterniani e Silva (2005) e as referências de preços obtidas através do SINAPI (2016) e pesquisa de preço.

- Base: 70 x 70 x 3 cm (01 unidade)
- Aletas: 50 x 50 x 3 cm (04 unidades)
- Suportes triangulares: 8,5 x 15 x 17,5 x 3 cm (08 unidades)
- Revestimento de papel alumínio: 1,5 m^2
- Volume de madeira: 0,024 m^3/concentrador solar
- Marceneiro: 1,5 h/concentrador solar
- BDI para obras de saneamento ambiental: 26,44%

O orçamento base para implantação do sistema SODIS com os concentradores solares está detalhado na Tabela 18.

Tabela 18 - Orçamento base para implantação do SODIS e concentradores solares. Fonte: A partir de Paterniani e Silva (2005), Sinapi (2016) e pesquisa de preço.

Descrição do item	Unid	Qtd	Custo Unitário	Custo Total [R$]
Madeira peroba serrada 1° qualidade não aparelhada	m^3	0,0237	R$ 2.118,62	R$ 50,27
Marceneiro	h	1,5	R$ 11,56	R$ 17,34
Papel alumínio	m^2	2	R$ 1,31	R$ 2,62
Subtotal				R$ 70,23
BDI	%	26,44		R$ 18,57
Total Unitário				R$ 88,80
N° de Domicílios				110
Total Geral				**R$ 9.768,54**

5.3.5 FOSSA SÉPTICA "IMHOFF" E SUMIDOURO

Na concepção deste sistema de esgoto proposto para comunidade, primou-se por uma tecnologia de baixo custo de instalação/operação e principalmente pela possibilidade da manutenção, relacionado ao esgotamento e encaminhamento ambientalmente correto do lodo, fosse realizada pelos próprios moradores. Com isso as fossas sépticas do tipo "imhoff", que possuem um sistema de retirada do lodo por pressão hidrostática e posterior encaminhamento ao leito de secagem, pode ser utilizada como uma alternativa viável, do ponto de vista operacional, econômico e ambiental para o tratamento do esgoto sanitário na comunidade.

O efluente proveniente desta tecnologia poderá ser encaminhado a um sumidouro. Os componentes hidrosanitários que compõem o sistema de tratamento de esgoto proposto estão ilustrados na Figura 32.

Os cálculos do dimensionamento, orçamento detalhado e avaliação econômica estão descritos no Apêndice F. Como o manejo do lodo fica sob responsabilidade da própria população, não foram considerados custos de manutenção na avaliação econômica, com isso o valor presente total foi de R$ 434.371,32 ou 0,19 R$/hab.dia.

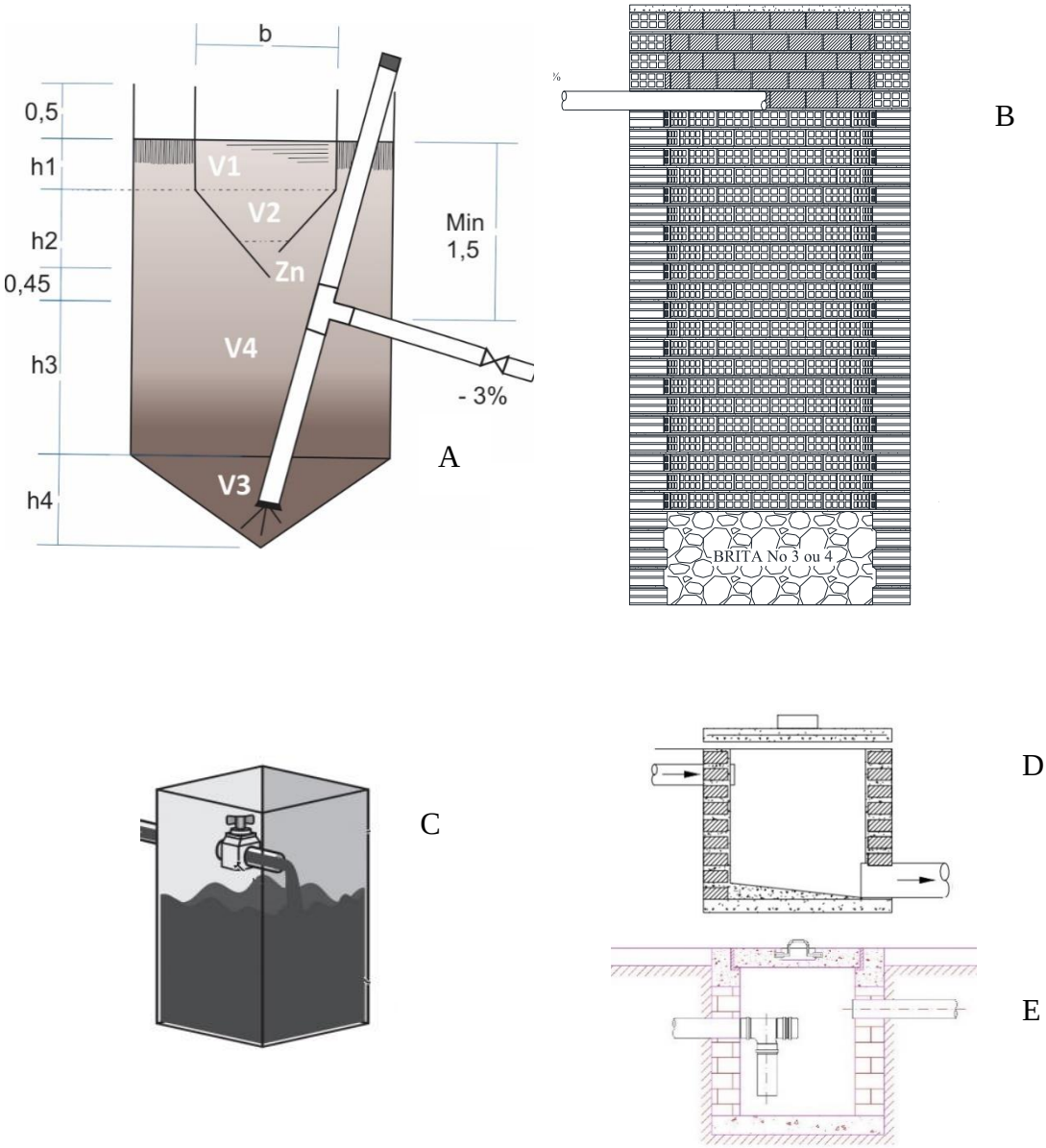


Figura 32 – Componentes hidrosanitários do sistema de tratamento de esgoto proposto para a comunidade Água Branca do Cajari. (A) Fossa séptica "Imhoff", (B) Sumidouro, (C) Leito de secagem, (D) Caixa de passagem e (E) Caixa de gordura. Fonte: A partir de Azevedo Netto (1975), Funasa ([21--]); AQUALIMP (2016);

6 CONCLUSÃO

A universalização do acesso aos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário na comunidade Água Branca do Cajari poderá ser realizada através da implantação de sistemas coletivos de distribuição e desinfecção de águas subterrâneas com o uso de sistemas de bombeamento fotovoltaico, apesar do maior custo de implantação e necessidade de mão de obra especializada para a sua manutenção, configura-se como uma alternativa viável do ponto de vista operacional, econômico e ambiental.

Enfatiza-se que a implementação de tecnologias de baixo custo e com simplicidade operacional, como o sistema de desinfecção solar, o aproveitamento de água de chuva, a filtração lenta domiciliar e para o tratamento do esgoto sanitário, as fossas sépticas "Imhoff" e sumidouro, também podem ser consideradas como alternativas a serem implantadas na comunidade.

Por ser tratar de uma tecnologia que pode dispensar o uso de coagulantes químicos, com baixo custo de operação e manutenção, assim como a não necessidade de mão de obra especializada, a FiME deveria ser bem mais utilizada em comunidades amazônicas.

Destaca-se sobre a dificuldade de cumprir os requisitos estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde em comunidades amazônicas, no que diz respeito ao atendimento aos padrões de potabilidade e de monitoramento dos sistemas isolados.

Todos os sistemas avaliados poderão ser utilizados em comunidades isoladas ou de difícil aceso da Região Amazônica, mediante avaliação criteriosa da estrutura socioeconômica, ambiental e cultural das comunidades, com a participação de equipes multidisciplinares. Ressalta-se que o saneamento rural brasileiro é custeado pela união a fundo perdido, portanto, o acesso aos recursos públicos é garantido, sendo necessário somente a capacidade de seleção da tecnologia mais adequada e a vontade política.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADALBERTO VERÍSSIMO (Brasil). Imazon/ISA (Org.). **Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira:** avanços e desafios. Belém: Imazon, 2011. 90 p. Disponível em: <http://imazon.org.br/publicacoes/2673/>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ALMEIDA, Francisco Edemburgo Ribeiro de. **Saneamento Básico - RESEX Cajari - Proposta de Mestrado - EESC/USP.** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <raimundo.neto@ifap.edu.br>. Em: 22 abr. 2014.

ANDRADE, Cristiana Gonçalves da Costa de. **Aproveitamento de Água da Chuva para Abastecimento em Área Rural na Amazônia. Estudo de caso**: ilha grande e murutucu, Belém/PA. 2013. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle>. Acesso em: 09 fev. 2016.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de et al. Decanto-Digestor seguido de Filtros, Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Descendente Afogados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais... .** Rio de Janeiro: Abes, 1999. p. 37 - 46. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-033.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2016.

ANDREOLI, C. V., et al.. **Lodo de Fossa e Tanque Séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 388 p. (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB). Disponível em: < https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_6.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016

AQUALIMP**.** **Biodigestor**. [S.l], 2016. 10 p. Disponível em: <http://www.acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA) (Brasl). **Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC).** 2012. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/acervo/publicacoes?artigo_id=279>. Acesso em: 08 fev. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: Abnt, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tratamento e Disposição Final dos Efluentes Líquidos de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: Abnt, 2007. 12 p.

AZEVEDO NETTO, José M. de. **Curso de Tratamento de Águas Residuárias: decantadores não mecanizados.** Revista DAE, [S.l], v. 534, n. 51, p.01-10, out. 1975. Capítulo 8. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_51_n_534.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2016.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDES). [2008] **Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/saneamento.html>. Acesso em: 26 jun. 2016.

BECKER, B. K. Geopolítica na Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, Abril 2005. 71-86.

BELÚCIO, Liana Pereira et al. Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.494-504, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130079. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862014000400003&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 02 jul. 2016.

BERGER, WOLFGANG. **Technology Review "Composting Toilets".** Eschborn: Gtz, 2009. 15 p. Program, Sustainable sanitation – ecosan of Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ) GmbH. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yNqBiLxSqXUJ:ocw.unesco-ihe.org/pluginfile.php/651/mod_folder/content/0/2_gtz2009-en-technology-review-composting-toilets.pdf?forcedownload=1+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 20 fev. 2016.

BERNARDES, Ricardo Silveira; BERNARDES, Carolina. Dívida Sanitária e Falta de Acesso aos Direitos Humanos: Acompanhamento da Transformação Social em Comunidade Ribeirinha na Amazônia Brasileira após Intervenções em Saneamento. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (gesta),** Salvador, v. 1, n. 1, p.045-056, maio 2013. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7104/4876>. Acesso em: 07 fev. 2016.

BENJAMIN, Amboko Muhiwa. **Bacia de Evapotranspiração:** tratamento de efluentes domésticos e produção de alimentos. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Eng° Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1701/3/DISSERTACAO_Bacia de evapotranspiração...pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

BIDIM. **Soluções em geossintéticos: Especificação Técnica Geotêxtil.** Bidim. São Paulo: Bidim, [2012]. 02 p. Disponível em: <http://www.bidim.com.br/public/files/produtos/14079559181407955918578914894 0.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2016.

BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em Tese: Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC,** Florianópolis, v. 2, n. 1, p.68-80, jul. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/viewFile/18027/16976>. Acesso em: 07 jan. 2016.

BORGES, Maria Lúcia Teixeira; CASTRO, Maria Luiza de. Capital Social e Educação: Condições para o Desenvolvimento na Reserva Extrativista do Rio Cajari. **Práxis Educacional,** Vitória da Conquista, v. 3, n. 3, p.309-331, jan. 2007. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/praxis/article/viewFile/363/395>. Acesso em: 01 fev. 2016.

BRANDÃO, CARLOS JESUS. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e Agência Nacional de Águas (Org.). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de**

Amostras: Brasília: Athália, 2011. 326 p. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_704673733_Guia_Nacional_de_Coleta_e_Preservacao_de_Amostras_.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2016

BRASIL. Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. **Disponbilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília: Ana, 2005. 134 p. (Cadernos de Recursos Hídricos). Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF DisponibilidadeDemanda.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2016.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Data Escola Brasil.** Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.dataescolabrasil.inep.gov.br/dataEscolaBrasil/>. Acesso em: 19 maio 2016.

BRASIL. Lei nº 8.232, de 30 de abril de 2014. **Altera O Decreto Nº 5.209, de 17 de setembro de 2004, Que Regulamenta O Programa Bolsa Família, e O Decreto Nº 7.492, de 2 de junho de 2011, Que Institui O Plano Brasil Sem Miséria**. Brasília, 05 maio 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/Decreto/D8232.htm>. Acesso em: 20 maio 2016.

BRASIL. Lei nº 10.741, de 01 de outubro de 2003. Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. **Estatuto do Idoso**. Brasília, 03 out. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.741.htm>. Acesso em: 19 maio 2016.

BRASIL. Lei nº 11.447, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece Diretrizes Nacionais Para O Saneamento Básico**. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 26 jun. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Presidência da República. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá.** Macapá: Gea/sema, 2008. Disponível em: <http://www.mpap.mp.br/download/107-atlas-das-unidades-de-conservacao-do-estado-do-amapa>. Acesso em: 28 jan. 2016.

_____. Decreto s/n, de 30 de setembro de 1997. **Dispõe sobre A Declaração de Interesse Social e Ecológico Para Fins de Desapropriação da área de Terra Abrangida Pela Reserva Extrativista do Rio Cajari, Criada Pelo Decreto Nº 99.145, de 12 de Março de 1990, e Dá Outras Providências.** Brasília, DF, 30 set. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior a 2000/1997/Dnn5788.htm>. Acesso em: 26 jan. 2016.

_____. Constituição Federal Brasileira. **www.planalto.gov.br**, 1988. Disponivel em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 28 Maio 2015.

_____. Decreto nº 99.145, de 12 de março de 1990. **Cria A Reserva Extrativista do Rio Cajari.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99145.htm>. Acesso em: 26 jan. 2016.

_____. Instrução Normativa nº 07, de 09 de outubro de 2014. **Modelo da Tecnologia Social de Acesso à Água Nº 07**: Sistema de Acesso à Água Pluvial Multiuso Comunitário. Brasília, DF: MDS, 10 out. 2014. Anexo IVb da IN (Projeto Cisterna - Ministério do Desenvolvimento Social).

_____. 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 O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e Dá Outras Providências.** Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 18 jan. 2016.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).** Brasília: 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_publicacao/240_publicacao05072011052536.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2016.

_____. Política Nacional de Saneamento Básico. **www.planalto.gov.br**, 2007. Disponivel em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 28 Maio 2015.

_____. Portaria nº 2.914, de 2011. **Dispõe Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade, e de outras Providências**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 10 fev. 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (C.E.F). **Programa Saneamento para Todos.** [2008]**.** Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/financiamento/saneamento_para_todos/saiba_mais.asp>. Acesso em: 26 jun. 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Programa Nacional de Habitação Rural.** [2009]. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/programa-nacional-habitacao-rural/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 07 maio 2016.

CAMPOS, J. R., et al.. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB). Disponível em: < http://sitefinep-old.ad.finep.gov.br/prosab/livros/prosabcamposfinal.pdf >. Acesso em: 15 fev. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais Para O Seu Enquadramento, Bem Como Estabelece As Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, e Dá Outras Providências**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

COSTA, Cinthia Cabral da; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Saneamento Rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** [s.l.], v. 19, p.51-60, 2014. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522014019010000171.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores Anaeróbios.** 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2007. 380 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

CHOY, S. H. et al. Prevalence and Associated Risk Factors of Giardia Infection among Indigenous Communities in Rural Malaysia. **Scientific Reports**, 4 Novembro 2014. 01-09.

DANIEL, L. A., et al.. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável.** São Carlos: Finep, 2001. 149 p. (Programa de Pesquisa em

Saneamento - PROSAB). Disponível em: < https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/LuizDaniel.pdf >. Acesso em: 11 fev. 2016.

DI BERNARDO, L; BRANDÃO, C.C.S.; HELER, L.. **Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas.** São Carlos: Finep, 1999. 121 p. (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB). Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2016.

DI BERNARDO, Luis; SABOGAL PAZ, Lyda Patrícia. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água.** São Carlos: Ldibe, 2008. v 1.

DIAS, Adriana Dias e. **A Sustentabilidade das tecnologias Sociais de Abastecimento de Água de Chuva:** o caso de comunidades insulares de Belém. 2013. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/5256>. Acesso em: 09 fev. 2016.

ECOLOGICAL-ENGINNERING (Estados Unidos). **EcoTech Carousel Composting Toilet System.** 2008. Disponível em: <https://ecotechproducts.net/product/ecotech-carousel-composting-toilet-system/>. Acesso em: 17 maio 2016.

EFSA-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (Itália). Health risk of ammonium released from water filters. **Efsa Journal,** Parma, v. 10, n. 10, p.2916-2934, out. 2012. Wiley-Blackwell. http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2918. Disponível em: <http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/2918.pdf>. Acesso em: 24 maio 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Clorador Embrapa.** 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/716/clorador-embrapa>. Acesso em: 13 fev. 2016.

_____. **Transferência de Tecnologia Fossa Séptica Biodigestora é apresentada a Agricultores de Roraima.** 2015. Clarice Rocha. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2615807/fossa-septica-biodigestora-e-apresentada-a-agricultores-de-roraima>. Acesso em: 16 fev. 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Principais problemas de qualidade da água subterrânea da região do Alto Uruguai Catarinense (e subsídios para resolvê-los).** Concórdia: Embrapa, 2015. (Comunicado Técnico 531). ISSN: 0100-8862. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040759/1/final8046.pdf>. Acesso em: 24 maio 2016.

Empresa Minera de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-MG). **Tratamento de Água:** clorador de pastilhas. Belo Horizonte: Emater-mg, 2014. 26 p. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/cartilha tratamento de água montagem clorador.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2016.

ESTEVES, Francisco de Assis (Org.). **Fundamento de Limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p.

FERREIRA, Aline C et al. Unidades de Produção Agrícola Controlada no Semiárido para o Tratamento de Água Cinza. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,** Mossoró, v. 8, n. 4, p.183-188, dez. 2013. Disponível em:

<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2330>. Acesso em: 19 fev. 2016.

FILOCREÃO, Antônio Sérgio Monteiro. **Extrativismo e capitalismo na Amazônia:** a manutenção, o funcionamento e a reprodução da economia extrativista do sul do Amapá. 1993. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia em Economia Rural, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1993.

Fundação Nacional da Saúde (FUNASA). Ministério da Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades:** utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.

_____. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares.** Brasília: Funasa, 2014a. 44 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdeorientacoestecnicasparaelaboracaodepropostasmelhoriassanitariasdomiciliares.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

Fundação Nacional da Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs.** Brasília: Funasa, 2014b. 112 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 23 maio 2016.

_____. Engenharia de Saúde Pública. **Saneamento Rural**, Brasília, 2012. Disponivel em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/#prettyPhoto>. Acesso em: 20 Setembro 2015.

_____. **Melhorias Sanitárias Domiciliares**. [21--]. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/melhorias-sanitarias-domiciliares/>. Acesso em: 19 jul. 2016.

Fundação Oswaldo Cruz. **Tratamento de Esgoto Doméstico com o uso de Fossa Verde.** 2013. Passo a passo Tecnologia Social em Saúde Ambiental. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/ts_em_saude_ambiental_-_folder_montado_fossa_verde.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

FURSTENAU, Carina Ribas; WINK JÚNIOR, Marcos Vinicio. Medidas de extrema pobreza no Brasil, nas Grandes Regiões e no Rio Grande do Sul: uma análise com os dados da PNAD de 2011 a 2014. **Indicadores Econômicos,** Porta Alegre, v. 43, n. 4, p.79-90, 11 jan. 2016. ISSN 0103-3905 | E-ISSN 1806-8987. Disponível em: <http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/3722/3714>. Acesso em: 20 maio 2016.

FREITAS, C. M. D.; GIATTI, L. L. **Sustentabilidade Ambiental na Amazônia Legal, Brasil: uma análise através de indcadores**. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília. 2010.GALBIATI, Adriana Farina. **Tratamento Domiciliar de Águas Negras através de Tanques de Evapotranspiração.** 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. Disponível em: <https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/319/cursoId:33>. Acesso em: 19 fev. 2016.

GALINDO, Natália et al. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora.** 34. ed. São Carlos: Embrapa, 2010. 30 p. (Documentos). Disponível em: <http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/tecnologias/Perguntas_e_Respostas_DOC49_2010.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

GIARDI, E. P. **Atlas da Questão Agrária Brasileira**, 2008. Disponivel em: <http://www2.fct.unesp.br/nera/atlas/>. Acesso em: 19 Setembro 2015.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo et al. A Captação de Água de Chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p.07-16, mar. 2014. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/70d0a9f15c2cc2d40d222975ad6bde0f_57e03f5568f670400e90ec72b8d60fd2.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2016.

Governo do Estado do Amapá (GEA). **Programa de Desenvolvimento Sustentável [PDSA].** Macapá: GEA, 2006.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. II, n. 2, p. 73-84, 1998. ISSN 1678-4561.

HOME GROWN EVOLUTION (Estados Unidos). **Humanure Dry Toilet Made From a Milk Crate.** 2009. Disponível em: <http://www.rootsimple.com/2009/07/humanure-dry-toilet-made-from-a-milk-crate/>. Acesso em: 17 maio 2016.

HUTTON, G. **Global Costs and Benefits of Drinking-Water Supply and Sanitation Interventions to Reach The MDG Target and Universal Coverage - WHO/HSE/WSH/12.01**. World Health Organization. Genebra, p. 67. 2012.

IBAMA. 1990. Plano de utilização da RESEX Cajari. CNPT - Centro Nacional de Populações Tradicionais. Disponível em: SOUSA, W. P. D. 2006. A dinâmica dos sistemas de produção praticados em uma unidade de conservação de uso direto na Amazônia – A reserva extrativista do Rio Cajari no Estado do Amapá. (Dissertação de mestrado). Centro de Ciências Agrárias, UFPA, Belém, PA. 167p. Disponivel em: < http://www.cienciaanimal.ufpa.br/pdfs/AA_Agriculturas_Amazonicas/AA_WALTER_PAIXAO_DE_SOUZA.pdf>. Acesso em: 30 de Janeiro 2016.

INFOAMAZÔNIA. VISAGUAS - Água e Doenças na Amazônia Legal, 2013. Disponivel em: <http://visaguas.infoamazonia.org/dados/abastecimento/agua_outras/>. Acesso em: 16 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. **IBGE**, 2010. Disponivel em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00>. Acesso em: 03 ago. 2015.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio - PNAD**. IBGE. Rio de Janeiro, 288 p. 2013.

INSTITUTO DE INFORMAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM SAÚDE. **Água Brasil:** sistema de avaliação da qualidade da água, saúde e saneamento, 2010. Disponivel em: <http://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php>. Acesso em: 31 Julho 2015.

Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA). **Déficit de Acesso aos Serviços de Saneamento Básico no Brasil**. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Brasília, p. 53. 2006.

JENKINS, Joseph. **The Humanure Handbook:** a guide tocompostinghuman manure. 2. ed. Grove City: Chelsea Green, 1999. 270 p. Disponível em: <https://humanurehandbook.com/downloads/H2.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

KOURI, Joffre et al. **Estrutura de Renda dos Produtores da Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá.** 55. ed. Macapá: Embrapa Amapá, 2002. 18 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AP/7752/1/Boletim200255.PDF>. Acesso em: 01 fev. 2016.

LIMA, S. C. R. B. D.; MARQUES, D. H. F. **Evolução e perspectivas do abastecimento de água e do esgotamento sanitário no Brasil**. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas - IPEA e Comissão Econômica para América Latina e Caribe - CEPAL. Brasília, p. 54. 2012. (2179-5495).

MAGALHÃES, Alex Fabiano Ribeiro de. **Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento de Águas Brancas e Pretas da Região Amazônica para Consumo Humano.** 2010. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <http://biblioteca.versila.com/2601063/desenvolvimento-de-tecnologias-de-tratamento-de-aguas-brancas-e-pretas-da-regiao-amazonica-para-consumo-humano-development-of-technologies-of-treatment-of-white-and-black-waters-of-the-amazonian-region-for-human-consumption>. Acesso em: 07 fev. 2016.

MANO, Rafael Simões. **Captação de Água de Chuva para Fins Não Potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema.** 2004. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: < http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8742/000586430.pdf?sequence=1>. Acesso em: 09 fev. 2016.

MARMO, Carlos Renato; SILVA, Wilson Tadeu Lopes da. Fossa Séptica Biodigestora: experiências de transferência de tecnologia na Amazônia Legal. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA: CIÊNCIA, INOVAÇÃO E MERCADO, 01., 2014, São Carlos. **Anais... .** São Carlos: Embrapa, 2014. p. 727 - 730. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115929/1/727siagro-2014-print01.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

MEMORIAL CHICO MENDES (Manaus). **Projeto Sanear Amazônia.** 2010. Disponível em: <http://memorialchicomendes.org/projeto-sanear-amazonia/>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MERCHANT, A. et al. Water and Sanitation Associated With Improved. **European Journal of Clinical Nutrition**, Boston, Novembro 2002. 1562–1568.

Ministério da Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (B. Textos Básicos de Saúde). Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica Amazônica**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, p. 124. 2006. (85-7738-065-3).

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Nota Técnica 03/2004-Refrigeração Industrial por Amônia:** risco segurança e auditoria fiscal. Brasília: MTE, 2004. 31 p.

Disponível em: <http://acesso.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3E7A205F013F861DEE1D167F/pub_cne_refrigeracao.pdf>. Acesso em: 24 maio 2016.

MOURÃO, Ruthilene Gomes; COSTA, Wagner José Pinheiro. Estudos para Utilização das Águas Pluviais na Usina Termoelétrica de Santana, Estado do Amapá, Brasil: uma contribuição para o uso sustentável dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Abrh, 2007. p. 01 - 11. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/006e50ed82ab5696e22394cd3467f1e1_ac0f313f693e359218b887e65a3bb6fe.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2016.

MORUZZI, Rodrigo Braga et al. Caracterização Química e Mineralógica da Incrustação em Rede de Ferro Fundido e potencial de Recuperação da Capacidade Hidráulica. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental,** Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p.305-314, set. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n3/v17n3a07.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.

MOUSSAVI, G.; KAZEMBEIGI, F.; FARZADKIA, M.. **Performance of a Pilot Scale Up-Flow Septic Tank for On-Site Decentralized Treatment of Residential Wastwater.** Process Safety and Enviromental Protection, v. 88 n 1. p. 47-52, Jan 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582009001062>. Acesso em: 14 fev. 2016.

MUNIZ, Rafael Ninno; ROCHA, Brigida Ramati Pereira da. Gaseificação de Biomassa Residuária na Amazônia: estudo de caso em comunidade quilombola no Pará. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 8., 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2013. v. 1, p. 2 - 9. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rafael_Muniz/publication/273134063_Gaseificao_de_Biomassa_Residuria_na_Amaznia_Estudo_de_Caso_em_Comunidade_Quilombola_no_Par/links/54f8cc9c0cf28d6deca2c09d.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2016.

OLIVEIRA, Sandro Henrique de Souza Dantas et al. Complicação de abscesso hepático em criança ribeirinha poli parasitada: um relato de caso e discussão sobre as condições de saneamento e acesso à saúde dessa população. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade,** Rio de Janeiro, v. 31, n. 9, p.213-218, fev. 2014. Disponível em: <http://www.rbmfc.org.br/rbmfc/article/view/656>. Acesso em: 04 fev. 2016.

OLIVEIRA NETO, Antônio Pedro de et al. Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento,** Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p.103-113, dez. 2015. Disponível em: <http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/101>. Acesso em: 19 fev. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU BR. **Nações Unidas no Brasil**, 2010. Disponivel em: <http://nacoesunidas.org/declaracao-oficial-da-relatora-especial-sobre-o-direito-humano-a-agua-e-saneamento-ao-finalizar-a-sua-visita-ao-brasil-em-dezembro-de-2013/>. Acesso em: 27 Maio 2015.

_____. O Direito Humano a Água e ao Saneamento. **www.un.org**, 01 Março 2013. Disponivel em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em: 28 Maio 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Progresso no Saneamento e na Água Potável:** 2015 - atualização e avaliação dos objetivos do milênio. Nova York: Unicef, 2015. (OMS/Unicef). ISBN 978 92 4 150914 5. Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment. Disponível em: <http://files.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update_.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2016.

PAZ, M. G. A. D.; ALMEIDA, M. F. D.; GÜNTHER, W. M. R. Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Epdemiologia** , São Paulo, Março 2012. 188-197.

PICANÇO, José Reinaldo Alves. **Desenvolvimento, sustentabilidade e conservação da biodiversidade na Amazônia:** a produção familiar agroextrativista familiar no sul do Amapá. 2009. 383 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/13731/1/JoseRAP_TESE.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2016.

PINHA, Patrícia Ribeiro Salgado et al. Bioconstrução na Reserva Biológica do Lago Piratuba: sustentabilidade e tecnologias apropriadas. **Bio Brasil: revista brasileira de biodiversidade,** Brasília, v. 5, n. 1, p.74-93, dez. 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/article/view/474/434>. Acesso em: 19 fev. 2016.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: Cepel, 2014. 530 p. (Edição revisada e atualizada). Grupo de trabalho em Enegia Solar-GTES/DTE/CRESEB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 01 maio 2016.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, Março 2008. 21-32.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de Água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Blucherd, 1991. 330 p. 7° reimpressão (2007).

SÁ, Maira Cristina de. **Avaliação da Qualidade do Composto e dos Aspectos Construtivos e Operacionais de Banheiros Compostáveis.** 2011. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia, Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000788673&fd=y>. Acesso em: 20 fev. 2016.

SABOGAL PAZ, Lyda Patrícia; DI BERNARDO, Luis. Seleção de Tecnologia de Tratamento de Água em função do Risco e da Eficiência das ETA's. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica,** v. 2, n. 3, p.01-20, jun. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/viewFile/14427/13762>. Acesso em: 06 fev. 2016.

SANDEC - DEPARTMENT OF SANITATION WATER AND SOLID WASTE FOR DEVELOPMENT (Switzerland). Swiss Federal Institute Of Aquatic Science And Technology. **SODIS manual:** Guidance on solar water disinfection. 2. ed. Dübendorf/switzerland: Sodis, 2016. 56 p. Disponível em:

<http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/sodismanual_2016_lr.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.

SANTANA, A. B. **A BR-163:** “ocupar para não entregar”, a política da ditadura militar para a ocupação do “vazio” Amazônico. Anais do XXV Simpósio Nacional de História - História e Ética. Fortaleza: [s.n.]. 2009. p. 25-30.

Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA/CE). **Sistema de Orçamento de Obras do Ceará.** 2016. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos>. Acesso em: 07 jul. 2016.

Secretaria de Infraestrutura de Sergipe (SEINFRA/ORSE). **Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe**. 2016. Disponível em: <http://187.17.2.135/orse/default.asp>. Acesso em: 07 jul. 2016.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Sistema de Informação de Águas Subterrâneas.** 2016. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 30 jun. 2016.SETELOMBAS (Santa Catarina) (Org.). **Sanitário Compostável.** 2006. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br/2006/04/sanitario-compostavel/>. Acesso em: 17 maio 2016.

SILVA, A. Q. D. **Relatório técnico do desmatamento no estado do Amapá**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Macapá, p. 28. 2004.

SILVA, Ludmila Monteiro da; PORTELA, Bruno Takeshi Tanaka. Um Estudo da Precipitação, Temperatura e Umidade Relativa do Ar na Costa Norte-Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEREOLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais**... . Florianópolis: Sbmet, 2006. p. 01 - 06. Disponível em: <http://cbmet.com/cbm-files/14-d8543d98ead52056948606c2eede7c97.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

SILVA, Luiz de Jesus Dias da et al. SODIS-AMAZÔNIA, Uma Esperança para as Populações Carentes de Água Boa para Beber. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROFESSO DA CIêNCIA, 59., 2007, Belém. **Resumos.** Belém: Sbpc, 2007. p. 01 - 02. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/59ra/livroeletronico/resumos/R6195-1.html>. Acesso em: 11 fev. 2016.

SILVA, José Bitencourt da. Política pública na Reserva Extrativista Rio Cajari: a questão educacional. In: SIMONIAN, L. T. L. (Org.). Gestão sócio ambiental, políticas públicas e movimentos sociais na região do rio Jari, Amapá/Pará. Belém: Naea; Projeto Fundação Ford, 2005. Disponível em: Acesso em 01 de Fevereiro de 2016.

Silva, U.R.L, et al.. **Atlas Zona Costeira Estuarina do Estado do Amapá:** do Diagnóstico Socioambiental ao Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro Participativo. Macapá: Iepa, 2006. 77 p. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/not/zee.php>. Acesso em: 23 maio 2016.

SILVA, Wilson Tadeu Lopes da; FAUSTINO, Adriana Soares; NOVAES, Antônio Pereira de. **Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino.** 34. ed. São Carlos: Embrapa, 2007. 20 p. (Documentos). Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/DOC34_2007.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2007.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2008.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2009.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2010.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2011.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2012.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Brasília. 2013.

SOUZA, Rodrigo O. R. de M. et al. **Equações de chuvas intensas para o estado do Pará**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 16, n. 9, p.999-1005, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000900011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000900011>. Acesso em: 13 jul. 2016.

TEIXEIRA, J. C. et al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, Março 2014. 87-96.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L. atores ambientais associados à desnutrição infantil em áreas de invasão, Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, Setembro 2004. 270-278.

TEIXEIRA, J. C.; PUNGIRUM, M. E. M. D. C. Análise da associação entre saneamento e saúde nos países da América Latina e do Caribe, empregando dados secundários do banco de dados da Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, Dezembro 2005. 365-376.VALLE, José Alexandre Borges et al. Aproveitamento de Água de Cchuva: Avaliação do Seu Tratamento para Fins Potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. 2005, Campos Grande. **Anais.** Campos Grande: Abes, 2005. p. 01 - 09. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-024.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2016.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. In: TOMAZ, Plínio. **Conservação da Água**. São Paulo: ., 2009. p. 01-13. Capítulo 8. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2016.

VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González et al. A Geração de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas na Amazônia a partir de Biomassa Sustentável: Projeto ENERMAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE-ENERMAD, 13., 2013, Rio de Janeiro. **Anais... .** Rio de Janeiro: Coppe, 2013. v. 1, p. 383 - 396. Disponível em: <http://143.107.4.241/download/publicacoes/xiiicbe_enermad.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2016.

VELOSO, Nircele da Silva Leão; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p.229-242, mar. 2014.

Disponível em: < http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/7087a6f8be4e95fce5f6369872da77d4_4c22a6bbe0101a10b45df3f5e7543596.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2016.

VERAS, Luciana Rodrigues Valadares; DI BERNARDO, Luis. Tratamento de água de abastecimento por meio de tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FiME. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** Rio de Janeiro, v. XIII, n.1, 2008. ISSN 1809-4457. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000100014>. Acesso em: 06 fev. 2016.

VIANA, Virgílio M. **Sustainable Development in Pratice:** lessons learned from Amazonas. Manaus: Iied, 2010. 58 p. Disponível em: < http://pubs.iied.org/pdfs/17508IIED.pdf >. Acesso em: 09 fev. 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, v. I, 2005. 452 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UN-WATER. **UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2014 report: investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities**. World Health Organization. [S.l.], p. 90. 2014. (9789241508087).

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DOMICILIAR

I – *QUESTIONÁRIO – Água Branca do Cajari Domiciliar*

Coordenadas Geográficas. *Datum WGS 84*

Latitude: 9939745

Longitude: 0368979

Fuso/Zona: 22M

Ponto: PT-04

Fotos: 1308 – 1310

1. Quantas pessoas residem no domicílio? (Ver segunda página)

08

2. Forma de abastecimento de água.

(X) Poço
( ) Rede de Distri. ( ) Carro Pipa
( ) Direto do Rio ( ) Cacimba
( ) Outros _____

3. Qual a distância da fossa séptica, negra ou qualquer outra forma de despejo dos esgotos ao poço?

( ) < 20 metros ( ) > 20 metros

não tem

4. Qual a forma de armazenamento da água?

(X) Caixa d'água ( ) Cisterna
( ) Outros _____

5. A água consumida passa por algum processo de tratamento?

( ) Filtração (X) Cloração
( ) Fervura ( ) Exposta ao Sol
( ) Sedimentação ( ) Não há
( ) Outros _____

6. Qual o destino dos despejos domésticos?

( ) Fossa Séptica
(X) Fossa Negra ( ) Direto no solo
( ) Direto no Rio ( ) _____

sem banheiro
o próprio quintal
temo banho no Rio

7. Fonte de Renda

(X) Agricultura ( ) Pecuária
(X) Extrativismo (X) Programas Sociais
( ) Outros Extração de Madeira

8. Número de salários mínimos por residência

(X) 1 ( ) 4
( ) 1,5 ( ) 4,5
( ) 2 ( ) 5
( ) 2,5 ( ) 5,5
( ) 3 ( ) 6
( ) 3,5 ( ) 6,5

9. Estimativa do Consumo de Água

1300 l / semana

10. Observações

1

11. Sexo, faixa etária e grau de instrução dos membros da família

Nº	Sexo		Idade*	Escolaridade						
	F	M		F.I	F.C	M.I	M.C	Téc	S.I	S/P
1	X			X						
2		X		X						
3		X		X						
4		X		X						
5		X		X						
6		X		X						
7		X		X						
8		X								
9										
10										

Legenda: Escolaridade

F.I: Fundamental Incompleto
F.C: Fundamental Completo
M.I: Médio Incompleto
M.C: Médio Completo
Téc.: Técnico
S.I: Superior Incompleto
S/P: Superior ou Pós Graduação Completo

→ não estudo ainda

Nº	Idade*																
1	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	~~35-39~~	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
2	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	~~45-49~~	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
3	0-4	5-9	10-14	~~15-19~~	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
4	0-4	5-9	~~10-14~~	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
5	0-4	5-9	~~10-14~~	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
6	0-4	5-9	~~10-14~~	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
7	0-4	~~5-9~~	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
8	~~0-4~~	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
9	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80
10	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	+80

8.2 APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ESCOLAR

I – *QUESTIONÁRIO – Água Branca do Cajari Escolar* UTM

Coordenadas ~~Geográficas~~. *Datum WGS 84*

Latitude: 9939135

Longitude: 0368521

Ponto: PT-05

Fotos: 1310 - 1318 22m

1. Número de alunos matriculados?

286

2. Esfera responsável pela administração da escola.

(X) Estadual ( ) Federal

( ) Municipal ( ) _____

3. Qual o regime escolar?

(X) Modular ( ) EJA

(X) Regular ( ) _____

4. Quais os níveis escolares que são ofertados.

( ) Maternal ( ) Fund. II

( ) Fund. I (X) Médio

5. Forma de abastecimento de água.

(X) Poço Amazonas

( ) Rede de Distri. ( ) Carro Pipa

( ) Direto do Rio ( ) Cacimba

( ) Outros _____

6. Qual a distância da fossa séptica, negra ou qualquer outra forma de despejo dos esgotos ao poço?

( ) < 20 metros ( ) > 20 metros

7. Qual a forma de armazenamento da água?

(X) Caixa d'água ( ) Cisterna

( ) Outros _____

8. A água consumida passa por algum processo de tratamento?

( ) Filtração (X) Cloração

( ) Fervura ( ) Exposta ao Sol

( ) Sedimentação ( ) Não há

( ) Outros _____

9. Qual o destino dos despejos domésticos?

(X) Fossa Séptica

( ) Fossa Negra ( ) Direto no solo

( ) Direto no Rio ( ) _____

10. Estimativa do Consumo de Água

12 mil / semana

11. Observações

- Escola Estadual Água Branca do Cajari
- fundada 2014
- caixa d'água (2 de 3 mil)

6 docentes

1

8.3 APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COMERCIAL

I – *QUESTIONÁRIO – Água Branca do Cajari Comercial*

Coordenadas Geográficas: *Datum WGS 84*

Latitude: 9939207

Longitude: 0368360

Ponto: PT-06

Fotos: 1319 - 1321

1. Tipo de Atividade Comercial

( ) Restaurante

( ) Bar

(X) Feira de Produtos Locais

( ) Mercadinho, quitanda, etc.

( ) Outros _____

2. Qual a distância da fossa séptica, negra ou qualquer outra forma de despejo dos esgotos ao poço?

( ) < 20 metros ( ) > 20 metros

3. Qual a forma de armazenamento da água?

( ) Caixa d'água ( ) Cisterna

( ) Outros _____ Sacos bolas

4. Qual o destino dos despejos domésticos?

( ) Fossa Séptica

( ) Fossa Negra ( ) Direto no solo

( ) Direto no Rio ( ) _____

5. Estimativa do Consumo de Água

Água filtrada no balde!

15 l a bolas

30 l por dia

Sem banheiro

6. Observações

8.4 APÊNDICE D – MEMORIAL DE CÁLCULO: SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO (SBFV)

a) Na presente análise, considera-se que a vazão dos poços tubulares atenderá a demanda de explotação, assim como os parâmetros hidrogeológicos estabelecidos. Estas informações foram apresentadas a partir de dados publicados de poços freáticos das comunidades circunvizinhas, e adaptados nesta análise acadêmica (CPRM, 2016).

b) Para a determinação do traçado da rede, utilizou-se os dados de declividade obtidos por GPS de navegação usada nas campanhas de campo, o que pode acarretar em erros grosseiros.

1. Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SBFV)

1.1. Setor 1

1.1.1. Demanda de Água

Tabela 19 – Demanda de água-Setor 1.

Tipo	Qtd	QPC [l/unid.dia]	Unid	Total [l/dia]
Igreja*	1	2	50	100
Domicílios/Domicílios Ausentes, hotel e cooperativa**	26	100	4,5	11.700
Consumo Total				**11.800**

** Unidade = N° de lugares*
*** Unidade = Habitante. Pela baixa taxa de hospedagem, considerou-se apenas os residentes no domicílio.*

1.1.2. Vazão de Adução (Q_a) e Vazão de Distribuição (Q_d)

$$Q_a = \frac{K_1 * Pop * \overline{QPC}}{3.600 * h} + Q_e$$

$$Q_a = \frac{1{,}25 * 117 * 100}{3.600 * 10} + 0{,}0012$$

$$Q_a = 0{,}41\ l/s$$

$$Q_a = 1{,}46\ m^3/h$$

$$Q_d = \frac{K_1 * K_2 * Pop * \overline{QPC}}{86.400} + Q_e$$

$$Q_d = \frac{1{,}25 * 1{,}5 * 117 * 100}{86.400} + 0{,}0012$$

$$Q_d = 0{,}26\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_d = 22\ m^3/dia}$$

Legenda:

Q_a = Vazão de adução
Q_e = Vazão específica: consumo de água em escolas, comércios, igrejas, etc.
K_1 = Coeficiente do dia de maior consumo: 1,25 (Adotado)
K_2 = Coeficiente da hora de maior consumo: 1,5 (Adotado)

Pop = População de projeto [hab]
$\overline{QPC}$ = Quota per capita média: 100 l/hab.dia (Adotado)
h = Tempo de funcionamento da adução [h]

A vazão de adução adotada foi de **2,5 m³/h**, considerou-se o tempo mínimo de funcionamento da eletrobomba de 10 h/dia para atender a vazão de distribuição.

1.1.3. Volume de reservação

Adotado em **25 m³.**

1.1.4. Características do Poço Tubular Freático e do Reservatório Elevado

- Diâmetro do poço = 200 mm

- Nível Estático (NE) = 10 m [Adotado]

- Nível Dinâmico (ND) = 12 m [Adotado]

- Profundidade do poço ($P_{poço}$) = 40 m

- Altura do reservatório (Hr) = 15 m [Adotado]

- Distância entre o poço e o reservatório elevado ($S_{poço}$) = 92 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o poço e a base do reservatório (D_{pr}) = 2 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o reservatório e o poço (ΔN)

$\Delta N = H_r + D_{pr} \qquad \Delta N = 15 + 2 \qquad \therefore \qquad \boldsymbol{\Delta N = 17\ m}$

1.1.5. Altura Manométrica Total [AMT]

- Nível da Bomba Submersa (NBS) = 13 m [Adotado]

- % Perdas na eletrobomba ($\%_{eb}$) = 50% [Adotado]

- Perda de carga total na tubulação de recalque ($J_{recalque}$)

Tabela 20 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 1

Dispositivos	L - unit	Qtd	Total	Unidade
Curva 90°	0,7	3	2,1	m
Válvula de retenção	2,7	1	2,7	
Niple 32mm	0,1	1	0,1	
Registro de gaveta aberto	0,4	1	0,4	
Saída da canalização	1,4	1	1,4	
Comprimento Equivalente Total			**6,7**	

A perda de carga total na tubulação de recalque foi calculada pela equação de Hazen-Willians:

$$J_{tubulação} = L * 10{,}641 * \frac{{Q_a}^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * D^{4{,}87}}$$

$$J_{tubulação} = 98{,}7 * 10{,}641 * \frac{(6{,}94 * 10^{-4})^{1{,}85}}{125^{1{,}85} * 0{,}032^{4{,}87}}$$

$$\boldsymbol{J_{tubulação} = 3{,}79\ m}$$

$$L = S_{poço} + C_e$$

$$L = 92 + 6{,}7$$

$$\boldsymbol{L = 98{,}7\ m}$$

Legenda:
$J_{tubulação}$ = Perda de carga na tubulação de recalque [m]
L = Comprimento total da tubulação de recalque [m]
$S_{poço}$ = Distância entre o poço e o reservatório [m]
C_e = Comprimento equivalente [m]
Q_a = Vazão de adução [m^3/s]
C = Coeficiente de Hazen-Willians [Adotado 125 para tubulação de PVC]
D = Diâmetro da tubulação de recalque [m]

- Perda de carga total no clorador ($J_{clorador}$)

Tabela 21 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 1

Dispositivo	Qtd	L_{unit}	L_{equi}	Unidade
Tê PVC 60mm soldável	1	2,3	2,3	m
Tê PVC 32 mm soldável	2	1,5	3	
Joelho PVC 90° 60mm soldável	1	3,4	3,4	
Bucha redutora PVC longa 60x32mm	2	0,15	0,3	
Registro PVC 32mm soldável	1	0,4	0,4	
Comprimento Equivalente Total		**9,4**		
Dispositivos		**L**	**Total equi** *($L+L_{equi}$)*	
Tubo PVC 60mm soldável		0,4	2,7	m
Tubo PVC 40mm soldável		0,5	0,5	
Tubo PVC 32mm soldável		0,25	3,25	
C - PVC Adotado-Hazen-Wilians		125		

A perda de carga no clorador foi calculada pela equação da Hazen-Willians, adotando o comprimento total ($L+L_{equi}$) para caba tubulação (60mm, 40mm e 32mm), e após, os resultados foram somados. A vazão que passará pelo clorador foi adotado em 10% da vazão de recalque, porém na prática essa vazão deve ser ajustada através do registro de saída nas condições de operação do sistema, com o intuito de aplicar a dosagem ideal de cloro. Os resultados estão sintetizados na Tabela 22.

Tabela 22 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 1

Perda de Carga	Valor	Unidade
Tubulação de 60mm	6,86E-05	m
Tubulação de 40mm	9,16E-05	
Tubulação de 32mm	1,76E-03	
Perda de carga total	**1,92E-03**	

- Altura Manométrica Total [AMT]

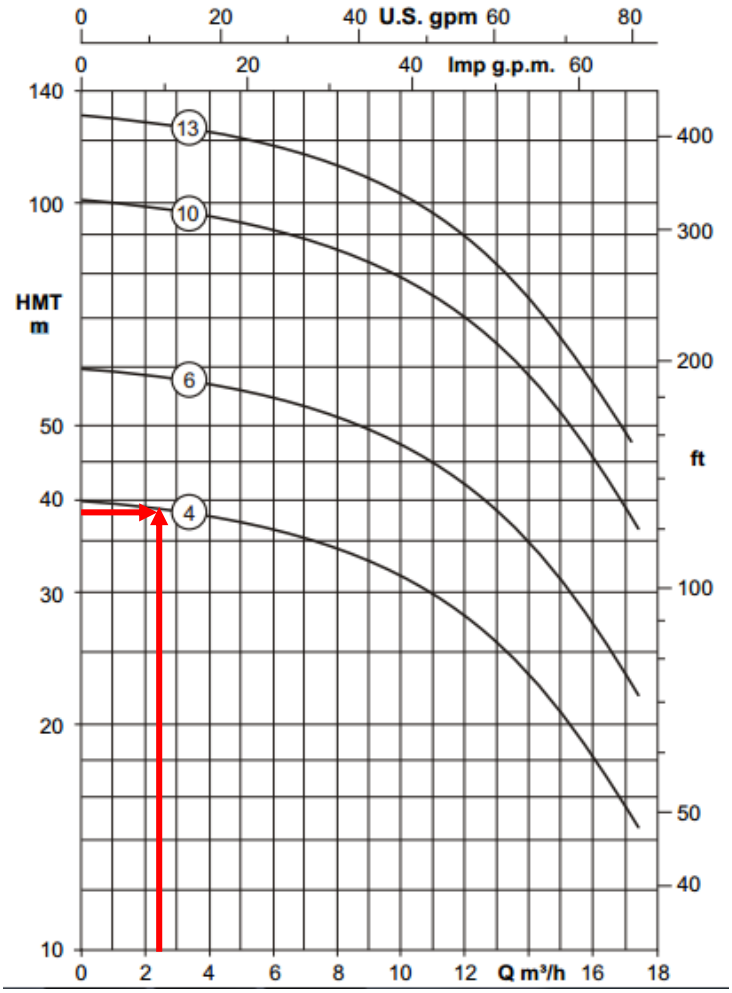
$$AMT = ND + \Delta N + \left(NBS * \%_{perdas}\right) + J_{tubulação} + J_{Clorador}$$

$$AMT = 12 + 17 + (13 * 0{,}5) + 3{,}79 + 1{,}92E^{-3}$$

$$\boldsymbol{AMT = 39{,}29\ m}$$

1.1.6. Seleção da eletrobomba

- Marca: KSB
- Série: S
- Bomba Tipo: B
- Capacidade p/ 60 Hz: 12 m^3/h
- N° de estágios: 12
- Tensão: 220 v



1.1.7. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

- *Energia Hidráulica [E_h]*

$E_h = 2{,}725 * Q_a * AMT$

$E_h = 2{,}725 * 25 * 39{,}29$

$\boldsymbol{E_h = 2.676{,}96\ Wh/dia}$

- *Energia Elétrica [E_e]*

$E_e = \frac{E_h}{\eta}$

$E_e = \frac{2.676{,}96}{0{,}5}$

$\boldsymbol{E_e = 5.353{,}91\ Wh}$

- *Potência Fotovoltaica [P_{fv}] (BELUCIO, 2014)*

$HSP = \frac{RS_{crítica}}{1}$

$HSP = \frac{3{,}2}{1} \therefore \boldsymbol{HSP = 3{,}2\ h/dia}$

$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{E_e}{HSP}$

$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{5.353{,}91}{3{,}2}$

$\boldsymbol{P_{fv} = 2.091{,}37\ Wp}$

Legenda:
E_h = Energia hidráulica [Wh/dia]
Q_a = Vazão de adução [m^3/dia]
AMT = Altura manométrica total [m]
E_e = Energia elétrica [Wh]
η = Rendimento da eletrobomba [%]
HSP = Horas de sol pleno [h]
$RS_{crítica}$ = Radiação solar crítica[15] [KWh/m^2.dia]
P_{fv} = Potência fotovoltaica [Wh]

1.2. Setor 2

[15] Foi adotado o valor de 3,2 KWh/m^2.dia para a cidade de Macapá, a partir de Belúcio (2014).

1.2.1. Demanda de Água

Tabela 23 – Demanda de água-Setor 2.

Tipo	Qtd	QPC [l/Unid.dia]	Unid	Total [l/dia]
Domicílios/Domicílios ausentes, hotel e cooperativa	4	100	4,5	1.800
Escolas*	1	50	280	14.000
Consumo Total				**15.800**

** Unidade = Alunos.*

1.2.2. Vazão de Adução (Q_a) e Vazão de Distribuição (Q_d)

$$Q_a = \frac{K_1 * Pop * \overline{QPC}}{3.600 * h} + Q_e$$

$$Q_a = \frac{1{,}25 * 18 * 100}{3.600 * 10} + 0{,}16$$

$$Q_a = 0{,}22\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_a = 0{,}80\ m^3/h}$$

$$Q_d = \frac{K_1 * K_2 * Pop * \overline{QPC}}{86.400} + Q_e$$

$$Q_d = \frac{1{,}25 * 1{,}5 * 18 * 100}{86.400} + 0{,}16$$

$$Q_d = 0{,}20\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_d = 17{,}2\ m^3/dia}$$

A vazão de adução adotada foi de **2 m³/h**, para simplificação na etapa de seleção da eletrobomba, bem como para atender a demanda de água com base no valor da vazão de distribuição.

1.2.3. Volume do reservatório elevado

O volume total do reservatório foi estabelecido em **20 m³**.

1.2.4. Características do Poço Tubular Freático e do Reservatório Elevado

- Diâmetro do poço = 200 mm

- Nível Estático (NE) = 10 m [Adotado]

- Nível Dinâmico (ND) = 12 m [Adotado]

- Profundidade do poço ($P_{poço}$) = 30 m

- Altura do reservatório (Hr) = 15 m [Adotado]

- Distância entre o poço e o reservatório elevado ($S_{poço}$) = 110 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o poço e a base do reservatório (D_{pr}) = 2 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o reservatório e o poço (ΔN)

$$\Delta N = H_r + D_{pr}$$

$\Delta N = 15 + 2 \therefore \boldsymbol{\Delta N = 17\ m}$

1.2.5. Altura Manométrica Total [AMT]

- Nível da Bomba Submersa (NBS) = 13 m [Adotado]

- % Perdas na eletrobomba ($\%_{eb}$) = 50% [Adotado]

- Perda de carga total na tubulação de recalque ($J_{recalque}$)

Tabela 24 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 2

Dispositivos	L - unit	Qtd	Total	Unidade
Curva 90°	0,7	3	2,1	m
Válvula de retenção	2,7	1	2,7	
Niple 32mm	0,1	1	0,1	
Registro de gaveta aberto	0,4	1	0,4	
Saída da canalização	1,4	1	1,4	
Comprimento Equivalente Total			**6,7**	

A perda de carga total na tubulação de recalque foi calculada pela equação de Hazen-Willians:

$$J_{tubulação} = L * 10{,}641 * \frac{{Q_a}^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * D^{4{,}87}}$$

$$J_{tubulação} = 116{,}7 * 10{,}641 * \frac{(5{,}56 * 10^{-4})^{1{,}85}}{125^{1{,}85} * 0{,}032^{4{,}87}}$$

$$\boldsymbol{J_{tubulação} = 2{,}97\ m}$$

$$L = S_{poço} + C_e$$

$$L = 110 + 6{,}7$$

$$\boldsymbol{L = 116{,}7\ m}$$

- Perda de carga total no clorador ($J_{clorador}$)

Tabela 25 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 2

Dispositivo	Qtd	L_{unit}	L_{equi}	Unidade
Tê PVC 60mm soldável	1	2,3	2,3	m
Tê PVC 32 mm soldável	2	1,5	3	
Joelho PVC 90° 60mm soldável	1	3,4	3,4	
Bucha redutora PVC longa 60x32mm	2	0,15	0,3	
Registro PVC 32mm soldável	1	0,4	0,4	
Comprimento Equivalente Total		**9,4**		

–

Dispositivos	L	Total equi ($L+L_{equi}$)

Tubo PVC 60mm soldável	0,4	2,7	m
Tubo PVC 40mm soldável	0,5	0,5	
Tubo PVC 32mm soldável	0,25	3,25	
C - PVC Adotado-Hazen-Wilians	125		

Os resultados da perda de carga no clorador estão sintetizados na Tabela 26:

Tabela 26 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 2

Perda de Carga	Valor	Unidade
Tubulação de 60mm	4,54E-05	m
Tubulação de 40mm	6,06E-05	
Tubulação de 32mm	1,17E-03	
Perda de carga total	**1,27E-03**	

- Altura Manométrica Total [AMT]

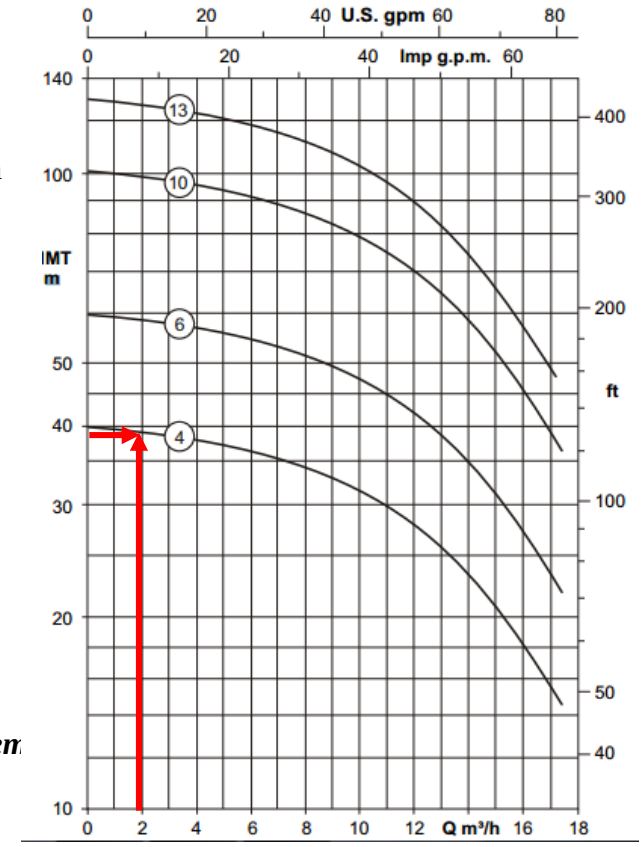
$$AMT = ND + \Delta N + \left(NBS * \%_{perdas}\right) + J_{tubulação} + J_{Clorador}$$

$$AMT = 12 + 17 + (13 * 0{,}5) + 2{,}97 + 1{,}27E^{-3}$$

$$\boldsymbol{AMT = 38{,}47\ m}$$

1.2.6. Seleção da eletrobomba

- Marca: KSB
- Série: S
- Bomba Tipo: B
- Capacidade p/ 60 Hz: 12 m³/h
- N° de estágios: 12
- Tensão: 220 v



1.2.7. Dimensionamento do sistem

- *Energia Hidráulica [E_h]*

$E_h = 2{,}725 * Q_a * AMT$

$E_h = 2{,}725 * 20 * 38{,}47$

$\boldsymbol{E_h = 2.096{,}56\ Wh/dia}$

- Energia Elétrica [E_e]

$E_e = \frac{E_h}{\eta}$

$E_e = \frac{2.096{,}56}{0{,}5}$

$\boldsymbol{E_e = 4.193{,}13\ Wh}$

- Potência Fotovoltaica [P_{fv}]

$HSP = \frac{RS_{crítica}}{1}$

$HSP = \frac{3{,}2}{1} \therefore \boldsymbol{HSP = 3{,}2\ h/dia}$

$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{E_e}{HSP}$

$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{4.193{,}13}{3{,}2}$

$\boldsymbol{P_{fv} = 1.637{,}94\ Wp}$

1.3. Setor 3

1.3.1. Demanda de Água

Tabela 27 – Demanda de água-Setor 3.

Tipo	Qtd	QPC [l/unid.dia]	Unid	Total [l/dia]
Igreja	1	2	50	100
Órgão Público*	1	65	2	130
Domicílios/Domicílios ausentes, hotel e cooperativa	28	100	4,5	12.600
Escolas	1	50	30	1.500
Posto de saúde**	1	50	3	150
Consumo Total				**14.480**

** Unidade = Pessoa.*
*** Unidade = Servidor.*

1.3.2. Vazão de Adução (Q_a) e Vazão de Distribuição (Q_d)

$$Q_a = \frac{K_1 * Pop * \overline{QPC}}{3.600 * h} + Q_e$$

$$Q_a = \frac{1{,}25 * 126 * 100}{3.600 * 8} + 0{,}0062$$

$$Q_a = 0{,}55\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_a = 2\ m^3/h}$$

$$Q_d = \frac{K_1 * K_2 * Pop * \overline{QPC}}{86.400} + Q_e$$

$$Q_d = \frac{1{,}25 * 1{,}5 * 126 * 100}{86.400} + 0{,}0062$$

$$Q_d = 0{,}28\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_d = 24{,}2\ m^3/dia}$$

A vazão de recalque foi estabelecida em **3 m³/h**.

1.3.3. Volume do reservatório elevado

O volume total do reservatório foi fixado em **25 m³**.

1.3.4. Características do Poço Tubular Freático e do Reservatório Elevado

- Diâmetro do poço = 200 mm

- Nível Estático (NE) = 9 m [Adotado]

- Nível Dinâmico (ND) = 11 m [Adotado]

- Profundidade do poço ($P_{poço}$) = 30 m

- Altura do reservatório (Hr) = 15 m [Adotado]

- Distância entre o poço e o reservatório elevado ($S_{poço}$) = 50 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o poço e a base do reservatório (D_{pr}) = 2 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o reservatório e o poço (ΔN)

$$\Delta N = H_r + D_{pr}$$

$$\Delta N = 15 + 2 \therefore \boldsymbol{\Delta N = 17\ m}$$

1.3.5. Altura Manométrica Total [AMT]

- Nível da Bomba Submersa (NBS) = 12 m [Adotado]

- % Perdas na eletrobomba ($\%_{eb}$) = 50% [Adotado]

- Perda de carga total na tubulação de recalque ($J_{recalque}$)

Tabela 28 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 3

Dispositivos	L - unit	Qtd	Total	Unidade
Curva 90°	0,7	3	2,1	m
Válvula de retenção	2,7	1	2,7	
Niple 32mm	0,1	1	0,1	
Registro de gaveta aberto	0,4	1	0,4	
Saída da canalização	1,4	1	1,4	
Comprimento Equivalente Total			**6,7**	

A perda de carga total na tubulação de recalque foi calculada pela equação de Hazen-Willians:

$$J_{tubulação} = L * 10{,}641 * \frac{{Q_a}^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * D^{4{,}87}}$$

$$J_{tubulação} = 56{,}7 * 10{,}641 * \frac{(8{,}33 * 10^{-4})^{1{,}85}}{125^{1{,}85} * 0{,}032^{4{,}87}} = \mathbf{3{,}05\ m}$$

$$\boldsymbol{L = S_{poço} + C_e}$$

$$L = 50 + 6{,}7$$

$$\boldsymbol{L = 56{,}7\ m}$$

- Perda de carga total no clorador ($J_{clorador}$)

Tabela 29 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 3

Dispositivo	Qtd	L_{unit}	L_{equi}	Unidade
Tê PVC 60mm soldável	1	2,3	2,3	m
Tê PVC 32 mm soldável	2	1,5	3	
Joelho PVC 90° 60mm soldável	1	3,4	3,4	
Bucha redutora PVC longa 60x32mm	2	0,15	0,3	
Registro PVC 32mm soldável	1	0,4	0,4	
Comprimento Equivalente Total		**9,4**		

Dispositivos	L	Total equi ($L+L_{equi}$)	
Tubo PVC 60mm soldável	0,4	2,7	m
Tubo PVC 40mm soldável	0,5	0,5	
Tubo PVC 32mm soldável	0,25	3,25	
C - PVC Adotado-Hazen-Wilians		125	

Os resultados da perda de carga no clorador estão sintetizados na Tabela 30:

Tabela 30 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 3

Perda de Carga	Valor	Unidade
Tubulação de 60mm	9,62E-05	m
Tubulação de 40mm	1,28E-05	
Tubulação de 32mm	2,47E-03	
Perda de carga total	**2,27E-03**	

- Altura Manométrica Total [AMT]

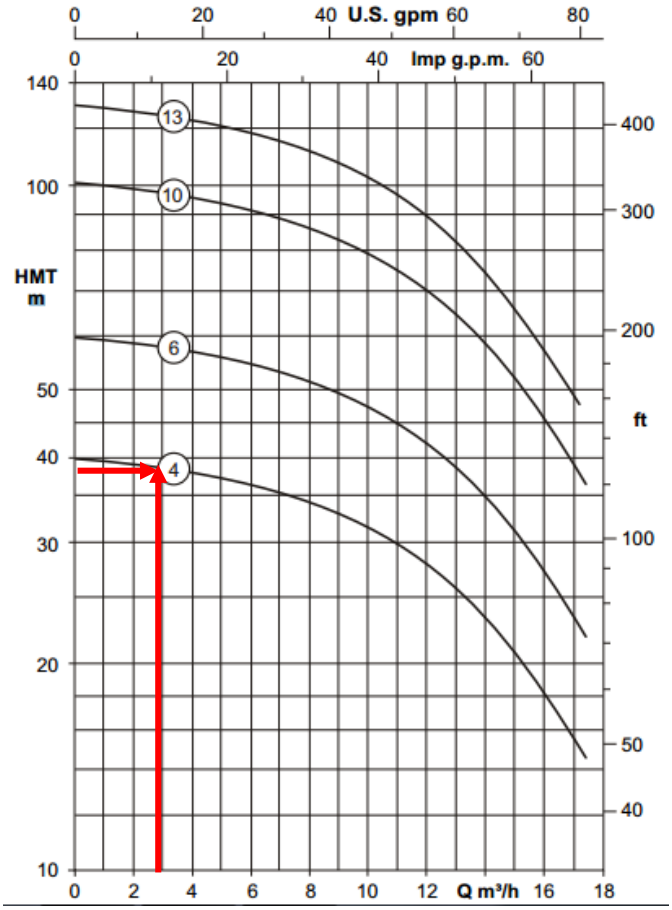
$$AMT = ND + \Delta N + \left(NBS * \%_{perdas}\right) + J_{tubulação} + J_{Clorador}$$

$$AMT = 11 + 17 + (12 * 0{,}5) + 3{,}05 + 2{,}7E^{-3}$$

$$\boldsymbol{AMT = 37{,}06\ m}$$

1.3.6. Seleção da eletrobomba

- Marca: KSB
- Série: S
- Bomba Tipo: B
- Capacidade p/ 60 Hz: 12 m^3/h
- N° de estágios: 04
- Tensão: 220 v



1.3.7. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

- Energia Hidráulica [E_h]

$$E_h = 2{,}725 * Q_a * AMT$$

$$E_h = 2{,}725 * 25 * 37{,}06$$

$$\boldsymbol{E_h = 3.029{,}30\ Wh/dia}$$

- Energia Elétrica [E_e]

$$E_e = \frac{E_h}{\eta}$$

$$E_e = \frac{3.029{,}30}{0{,}5}$$

$$\boldsymbol{E_e = 6.058{,}59\ Wh}$$

- Potência Fotovoltaica [P_{fv}]

$$HSP = \frac{RS_{crítica}}{1}$$

$$HSP = \frac{3{,}2}{1} \therefore \boldsymbol{HSP = 3{,}2\ h/dia}$$

$$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{E_e}{HSP}$$

$$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{6.058{,}59}{3{,}2}$$

$$\boldsymbol{P_{fv} = 2.366{,}64\ Wp}$$

1.4. Setor 4

1.4.1. Demanda de Água

Tabela 31 – Demanda de água-Setor 4.

Tipo	Qtd	QPC [l/unid.dia]	Unid	Total [l/dia]
Restaurante	1	25	10	250
Domicílios/Domicílios Ausentes, Hotel e cooperativa	16	100	4,5	7.200
Consumo Total				**7.450**

1.4.2. Vazão de Adução (Q_a) e Vazão de Distribuição (Q_d)

$$Q_a = \frac{K_1 * Pop * \overline{QPC}}{3.600 * h} + Q_e$$

$$Q_a = \frac{1{,}25 * 72 * 100}{3.600 * 10} + 0{,}011$$

$$Q_a = 0{,}26\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_a = 0{,}94\ m^3/h}$$

$$Q_d = \frac{K_1 * K_2 * Pop * \overline{QPC}}{86.400} + Q_e$$

$$Q_d = \frac{1{,}25 * 1{,}5 * 72 * 100}{86.400} + 0{,}011$$

$$Q_d = 0{,}17\ l/s$$

$$\boldsymbol{Q_d = 14{,}45\ m^3/dia}$$

A vazão de recalque foi estabelecida em 2 **m³/h**.

1.4.3. Volume do reservatório elevado

O volume total do reservatório foi fixado em **20 m³**.

1.4.4. Características do Poço Tubular Freático e do Reservatório Elevado

- Diâmetro do poço = 200 mm

- Nível Estático (NE) = 9 m [Adotado]

- Nível Dinâmico (ND) = 11 m [Adotado]

- Profundidade do poço ($P_{poço}$) = 25 m

- Altura do reservatório (Hr) = 15 m [Adotado]

- Distância entre o poço e o reservatório elevado ($S_{poço}$) = 65 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o poço e a base do reservatório (D_{pr}) = 3 m [Medido no mapa]

- Desnível entre o reservatório e o poço (ΔN)

$$\Delta N = H_r + D_{pr}$$

$$\Delta N = 15 + 3 \therefore \boldsymbol{\Delta N = 18\ m}$$

1.4.5. Altura Manométrica Total [AMT]

- Nível da Bomba Submersa (NBS) = 12 m [Adotado]

- % Perdas na eletrobomba ($\%_{eb}$) = 50% [Adotado]

- Perda de carga total na tubulação de recalque ($J_{recalque}$)

Tabela 32 - Comprimento equivalente (C_e) [PVC – 32mm]-Setor 4

Dispositivos	L - unit	Qtd	Total	Unidade
Curva 90°	0,7	3	2,1	m
Válvula de retenção	2,7	1	2,7	
Niple 32mm	0,1	1	0,1	
Registro de gaveta aberto	0,4	1	0,4	
Saída da canalização	1,4	1	1,4	
Comprimento Equivalente Total			**6,7**	

A perda de carga total na tubulação de recalque foi calculada pela equação de Hazen-Willians:

$$J_{tubulação} = L * 10{,}641 * \frac{{Q_a}^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * D^{4{,}87}}$$

$$J_{tubulação} = 56{,}7 * 10{,}641 * \frac{(5{,}56 * 10^{-4})^{1{,}85}}{125^{1{,}85} * 0{,}032^{4{,}87}}$$

$$\boldsymbol{J_{tubulação} = 1{,}82\ m}$$

$$L = S_{poço} + C_e$$

$$L = 50 + 6{,}7$$

$$\boldsymbol{L = 56{,}7\ m}$$

- Perda de carga total no clorador ($J_{clorador}$)

Tabela 33 – Comprimento equivalente total - Clorador EMBRAPA/EMATER-Setor 4

Dispositivo	Qtd	L_{unit}	L_{equi}	Unidade
Tê PVC 60mm soldável	1	2,3	2,3	m
Tê PVC 32 mm soldável	2	1,5	3	
Joelho PVC 90° 60mm soldável	1	3,4	3,4	
Bucha redutora PVC longa 60x32mm	2	0,15	0,3	
Registro PVC 32mm soldável	1	0,4	0,4	
Comprimento Equivalente Total		**9,4**		
Dispositivos		**L**	**Total equi** $(L+L_{equi})$	
Tubo PVC 60mm soldável		0,4	2,7	m
Tubo PVC 40mm soldável		0,5	0,5	
Tubo PVC 32mm soldável		0,25	3,25	
C - PVC Adotado-Hazen-Wilians		125		

Os resultados da perda de carga no clorador estão sintetizados na Tabela 34:

Tabela 34 – Perda de carga total no clorador EMBRA/EMATER-Setor 4

Perda de Carga	Valor	Unidade
Tubulação de 60mm	4,54E-05	m
Tubulação de 40mm	6,06E-05	
Tubulação de 32mm	1,17E-03	
Perda de carga total	**1,27E-03**	

- Altura Manométrica Total [AMT]

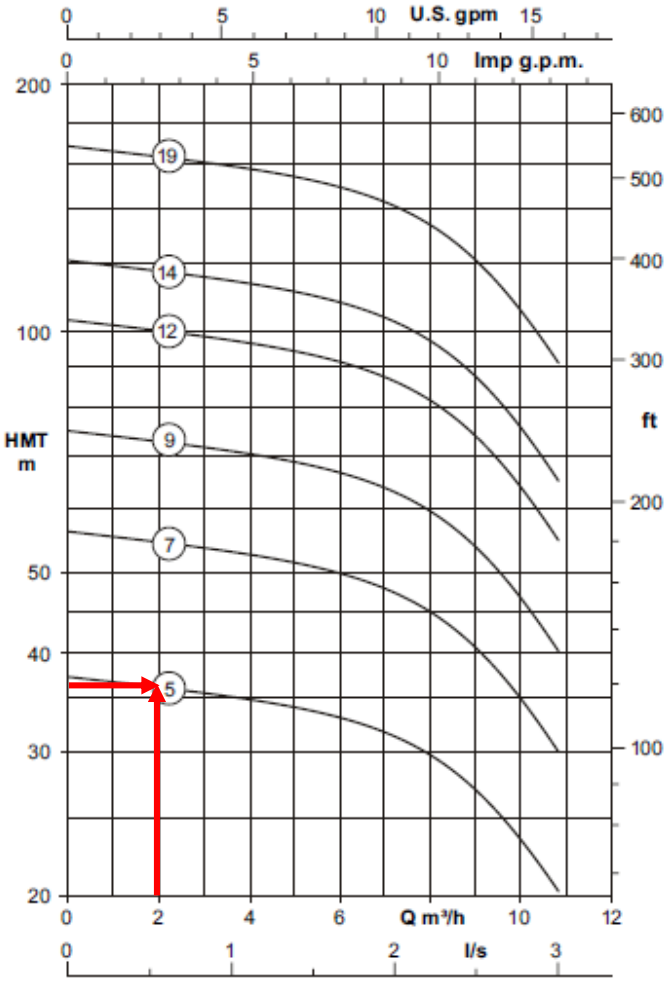
$$AMT = ND + \Delta N + \left(NBS * \%_{perdas}\right) + J_{tubulação} + J_{Clorador}$$

$$AMT = 11 + 18 + (12 * 0{,}5) + 1{,}82 + 1{,}27E^{-3}$$

$$\boldsymbol{AMT = 36{,}82\ m}$$

1.4.6. Seleção da eletrobomba

- Marca: KSB
- Série: S
- Bomba Tipo: B
- Capacidade p/ 60 Hz: 07 m^3/h
- N° de estágios: 07
- Tensão: 220 v



1.4.7. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

- *Energia Hidráulica [E_h]*

$$E_h = 2{,}725 * Q_a * AMT$$

$$E_h = 2{,}725 * 20 * 36{,}82$$

$$\boldsymbol{E_h = 2.006{,}69\ Wh/dia}$$

- *Energia Elétrica [E_e]*

$$E_e = \frac{E_h}{\eta}$$

$$E_e = \frac{2.006{,}69}{0{,}5}$$

$$\boldsymbol{E_e = 4.013{,}89\ Wh}$$

- Potência Fotovoltaica [P_{fv}]

$$HSP = \frac{RS_{crítica}}{1}$$

$$HSP = \frac{3{,}2}{1} \therefore \boldsymbol{HSP = 3{,}2\ h/dia}$$

$$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{E_e}{HSP}$$

$$P_{fv} = 1{,}25 * \frac{4.013{,}89}{3{,}2}$$

$$\boldsymbol{P_{fv} = 1.567{,}93\ Wp}$$

2. Análise Econômico-Financeira – Sistema de Bombeamento Fotovoltaico

A seguir serão apresentados os custos de aquisição dos geradores fotovoltaicos, do clorador EMBRAPA/EMATER, das eletrobombas e da demanda das pastilhas de cloro, a partir dos dimensionamento e estimativas operacionais. Os valores de referências foram obtidos em pesquisas de preço. A execução das obras de rede de água e dos reservatórios elevados foram orçadas a partir dos pré-dimensionamento apresentados e os custos com base no SINAPI.

Para o cálculo do Valor Presente (VP) dos custos de instalação, operação/manutenção e reposição, determinou-se o horizonte de planejamento de 20 anos e a taxa de juros de 9,5% a.a. A reposição das pastilhas de cloro pode ser feita pelos próprios moradores. Não foram considerados os custos de perfuração dos poços e nem o BDI dos serviços.

Tabela 35 – Seleção dos geradores fotovoltaicos e custos. Fonte: Pesquisa de preço.

Gerador Fotovoltaico – Setor 1							
Parâmetro	**P unit [W]**	**T unit [V]**	**Qtd**	**P Total [W]**	**T Total [V]**	**Valor [R$]**	**Total [R$]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	5	1275	151	R$ 815,04	R$ 4.075,20
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	4	560	68,4	R$ 575,04	R$ 2.300,16
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	1	95	16,6	R$ 450,24	R$ 450,24
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL055P 17b 2/5	55	17,83	2	110	35,66	R$ 219,84	R$ 439,68
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL020P-17b	20	18,18	5	100	90,9	R$ 123,84	R$ 619,20
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL010P-17b	10	18	5	50	90	R$ 71,04	R$ 355,20
Total				**2190**	**452,56**	**R$**	**8.239,68**
Inversor de frequência							
Inversor Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca				1		R$ 3.830,40	**R$ 3.830,40**
Total	**R$**						**12.070,08**
Gerador Fotovoltaico – Setor 2							
Parâmetro	**P unit [W]**	**T unit [V]**	**Qtd**	**P Total [W]**	**T Total[V]**	**Valor [R$]**	**Total [R$]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	4	1020	120,8	R$ 815,04	R$ 3.260,16
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	3	420	51,3	R$ 575,04	R$ 1.725,12
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	2	190	33,2	R$ 450,24	R$ 900,48
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL020P-17b	20	18,18	2	40	36,36	R$ 123,84	R$ 247,68
Total				**1670**	**241,66**	**R$**	**6.133,44**
Inversor de frequência							
Inversor Senoidal Epsolar SHI2000-22 - 2000VA / 24Vcc / 220Vca				1		R$ 2.678,40	**R$ 2.678,40**
Total	R$						8.811,84
Gerador Fotovoltaico – Setor 3							

Parâmetro	P unit [W]	T unit [V]	Qtd	P Total [W]	T Total[V]	Valor [R$]	Total [R$]
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	6	1530	181,2	R$ 815,04	R$ 4.890,24
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	5	700	85,5	R$ 575,04	R$ 2.875,20
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	2	190	33,2	R$ 450,24	R$ 900,48
Total				**2420**	**299,9**	**R$**	**8.665,92**
Inversor de frequência							
Inversor Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca				1		R$ 3.830,40	**R$ 3.830,40**
Total	**R$**						**12.496,32**
Gerador Fotovoltaico – Setor 4							
Parâmetro	**P unit [W]**	**T unit [V]**	**Qtd**	**P Total [W]**	**T Total[V]**	**Valor [R$]**	**Total [R$]**
Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P	255	30,2	4	1020	120,8	R$ 815,04	R$ 3.260,16
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL140P-17b	140	17,1	4	560	68,4	R$ 575,04	R$ 2.300,16
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL095P-17b 2/3	95	16,6	3	285	49,8	R$ 450,24	R$ 1.350,72
Total				**1865**	**239**		**R$ 6.911,04**
Inversor de frequência							
Inversor Senoidal Epsolar SHI2000-22 - 2000VA / 24Vcc / 220Vca				1		R$ 2.678,40	**R$ 2.678,40**
Total	**R$**						**9.589,44**

Total Geral	**R$**	**42.967,68**

Tabela 36 – Custo dos materiais, Clorador EMBRAPA/EMATER. Fonte: Emater-MG (2014) e pesquisa de preço.

Clorador EMBRAPA/EMATER				
Material	**Unidade**	**Quantidade**	**Custo Unitário**	**Custo Total**
Tê PVC 60mm soldável	Unid.	1	R$ 14,69	R$ 14,69
Tê PVC 25 mm soldável		2	R$ 6,39	R$ 12,78
Joelho, PVC Soldável, 90 Graus, 60 MM, para agua fria predial		1	R$ 13,90	R$ 13,90
Bucha redutora PVC longa 60x25mm		2	R$ 12,19	R$ 24,38
Adptador PVC 60mmx2" soldável-roscável		1	R$ 9,89	R$ 9,89
Cap PVC 60mm		1	R$ 16,90	R$ 16,90
Cap PVC 40mm		1	R$ 6,09	R$ 6,09
Registro PVC 25mm soldável		2	R$ 18,19	R$ 36,38
Tubo PVC 60mm soldável	m	0,4	R$ 32,30	R$ 12,92
Tubo PVC 40mm soldável		0,5	R$ 8,97	R$ 4,48
Tubo PVC 25mm soldável		0,25	R$ 2,66	R$ 0,67
Total	**R$**			**153,08**

Total Geral	**4**	**R$ 153,08**	**R$ 612,32**

- *Estimativa da demanda de hipoclorito de cálcio, (FUNASA, 2014)*

- 32 g de hipoclorito de cálcio 65% para cada 20.000 L de água distribuída
- Vazão de distribuição: 78.050 l/dia
- Consumo de cloro diário: 124,8 g/dia
- Hipoclorito de cálcio: 16,5 R$/Kg [cotação]
- **Custo de cloração: 2,06 R$/dia ou 752,09 R$/ano**

- *Custo das eletrobombas*

- KSB 100 B 12/05: R$ 2.500,00
- KSB 100 B 07/05: R$ 2.000,00
- **Custo Total: R$ 9.500,00**

- *Administração geral da obra e despesas gerais inserido no custo direto - sem BDI (TCU, 2013)*

- **Obras Hidráulicas (10,89% do valor da obra): R$ 26.120.17**
- **Obras do Setor Elétrico (7,45% do valor da obra): R$ 4.434.51**

- *Bonificação de Despesas Indiretas (BDI), valor máximo permitido (TCU, 2013)*

- **Obras Hidráulicas (BDI = 26,44%): R$ 16.583,30**
- **Obras do Setor Elétrico (BDI = 27,86%): R$ 63.417,58**

- *Rede de abastecimento e reservatório elevado, composição de custos (IBGE/SINAPI, 2016).*

- Extensão total da rede: 3.277,83 m [medido no mapa]
- Custo de execução da obra da rede de abastecimento[16]: 46,34 R$/m [Código SINAPI 74215/3]
- Custo da execução de obra do reservatório elevado, estrutura de madeira: 950,12 R$/$m^3$ [código SINAPI 93214]

[16] Os custos de execução da obra da rede da abastecimento de água foram calculadas com base nos valores de referência das composições analíticas do SINAPI, para a seguinte especificação: Módulo tipo: rede de água, com fornecimento e assentamento de tubo PVC DEFoFo 100 mm EB-1208 para rede de água JE 1 mpa, compreendendo a locação; cadastramento de interferências, escavação e reaterro compactado de vala, exceto rocha, até 1,5 m. É sabido que uma rede de abastecimento de água pode possuir diâmetro nominal diferente para cada trecho, afim de garantir a pressão adequada, com isso os valores aqui apresentados podem estar com sobre preços.

- **Custo Total-Rede de Abastecimento: R$ 151.894,54**
- **Custo Total -Reservatórios Elevados: R$ 85.510,80**

- *Custo de reposição*

- Troca das eletrobombas (Vida útil de cinco anos): 38.000,00 R$/20 anos
- Troca dos Inversores de frequência (Vida útil de 10 anos): 26.035,20 R$
- **Custo Total: R$ 81.875,41**

- *Investimento Inicial*

- Somatório dos custos de instalação dos geradores fotovoltaico, eletrobombas, cloradores, execução das obras da rede e dos reservatórios, mais as taxas de BDI: **R$ 410.686,01.**

- Valor Presente de Gastos Anuais Constantes (VP_{gac})

$$VP_{gac} = A * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

$$VP_{gac} = 752{,}09 * \frac{(1+0{,}095)^{20} - 1}{0{,}095 * (1+0{,}095)^{20}}$$

$$\boldsymbol{VP_{gac} = R\$\ 6.627{,}70}$$

- Valor Presente de um Investimento Futuro (VP_{if})

$$VP_{if} = \frac{F}{(1+i)^n}$$

$$VP_{if} = \frac{81.875{,}41}{(1+0{,}095)^{20}}$$

$$\boldsymbol{VP_{if} = R\$\ 13.331{,}26}$$

- Valor Presente Total (VP_{total})

$$VP_{total} = Investimento\ inicial + VP_{gac} + VP_{if}$$

$$VP_{total} = 405.262{,}29 + 6.627{,}70 + 13.331.26$$

$$\boldsymbol{VP_{total} = \text{R\$}\ 430.644{,}97}$$

8.5 APÊNDICE E – MEMORIAL DE CÁLCULO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A seguir serão descritos os cálculos detalhadamente para o dimensionamento e avaliação econômico-financeira do sistema de aproveitamento das águas de chuva.

1. Dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas de chuva

- *Características do telhado*

- Largura (a): 3 m
- Comprimento (b): 8 m
- Declividade (I): 35%
- Altura do telhado: 1,05 m
- Área superficial – Superfície inclinada (A)

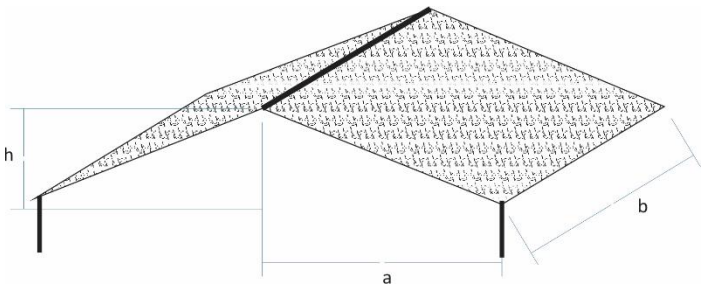


Figura 33 – Modelo de telhado para o cálculo da área em superfície inclinada. Fonte: (NBR 10844/89)

Equação 16

$$A = \left[\left(a + \frac{h}{2}\right) * b\right] * 2$$

$$A = \left[\left(3 + \frac{1{,}17}{2}\right) * 8\right] \therefore \boldsymbol{A = 57{,}4\ m^2}$$

Equação 17

$$h = Tg\ 21{,}43° * 3$$

$$h = 0{,}392 * 3$$

$$h = 1{,}17\ m$$

- Coeficiente de escoamento superficial (C): 0,9 Adotado, (TOMAZ, 2009)
- Eficiência do first flush (η)

$$\eta = \frac{0{,}8}{C} = \boldsymbol{0{,}89}$$

Equação 18

- *Volume de água aproveitável*

$$V = P * A * C * \eta$$

Equação 19

Legenda:

V = Volume de água aproveitável [L/mês]

P = Precipitação média mensal [mm/mês]

A= Área do telhado [m^2]

C = Coeficiente de escoamento superficial

η = Eficiência do sistema de descarte inicial de chuva

Tabela 37 – Volume mensal de água potencialmente aproveitável

Mês	Volume	Unidade
Janeiro	13.867,84	L
Fevereiro	15.934,24	
Março	18.689,44	
Abril	17.633,28	
Maio	16.117,92	
Junho	10.102,40	
Julho	8.449,28	
Agosto	4.500,16	
Setembro	1.928,64	
Outubro	1.607,20	
Novembro	2.204,16	
Dezembro	6.520,64	
Total	**117.555,20**	

- *Balanço Hídrico*

$$S = VR_{aproveitavel} - Dem$$ **Equação 20**

$$VR_{apro} = V_{apro} - first\ flush$$ **Equação 21**

Se, S ≥ 6.000 L/mês, S_{arm} = 6.000 L/mês

Se S < 6.000 L/mês, S_{arm} = S + S_{arm}(mês anterior)

Legenda:

S = Água potencialmente armazenável [L/mês]

VR_{apro} = Volume real de água aproveitável [L/mês]

Dem = Demanda de água [L/domicílio.mês]

V_{apro} = Volume de água potencialmente aproveitável [L/domicílio.mês]

First flush= Volume de água descartada inicialmente [L/chuva]

S_{arm} = Água armazenada [L/domicílio.mês]

Tabela 38 - Balanço Hídrico Mensal

Mês	VR_{Aprov}	Dem	S	S_{arm}
Janeiro	13.751,66		2.951,66	2.951,66
Fevereiro	15.818,06		7.969,72	6.000,00
Março	18.573,26		15.742,98	6.000,00
Abril	17.517,10		22.460,08	6.000,00
Maio	16.001,74		27.661,82	6.000,00
Junho	9.986,22	10.800,00	26.848,04	6.000,00
Julho	8.333,10		24.381,14	6.000,00
Agosto	4.383,98		17.965,12	6.000,00
Setembro	1.812,46		8.977,58	6.000,00
Outubro	1.491,02		-3.31,40	5668,60
Novembro	2.087,98		-9.043,42	0,00
Dezembro	6.404,46		-13.438,96	0,00

- Dimensionamento das calhas

- Área de contribuição: 57,4 m^2
- Intensidade máxima de chuva (I_{max})

Este parâmetro foi calculado com base na equação da intensidade máxima de chuva para a cidade de Almeirim-PA, 120 Km distante da área de estudo, considerando tempo de retorno (Tr) de 5 anos e tempo de duração (Td) de chuva de 5 min (SOUZA et al., 2012; NBR 10.844/1989):

$$I_{max} = \frac{K * Tr^{a}}{(Td + b)^{c}} = \frac{1031{,}05 * 5^{0{,}109}}{(5 + 9{,}8)^{0{,}724}} \therefore \boldsymbol{I_{max} = 174{,}5\, mm/h}$$ **Equação 22**

- Vazão na calha (Q_{calha})

$$Q_{calha} = \frac{I * A}{60} = \frac{174{,}5 * 57{,}4}{60} \therefore \boldsymbol{Q_{calha} = 167{,}02\ L/min}$$ **Equação 23**

- Capacidade máxima de vazão na calha (Q_{max})

$$P_m = \pi * r = 3{,}14 * 0{,}065 \therefore \boldsymbol{P_m = 0{,}204\ m}$$ **Equação 24**

$$A_m = \frac{\pi * r^2}{2} = \frac{3{,}14 * 0{,}065^2}{2} \therefore \boldsymbol{A_m = 0{,}0066\ m^2}$$ **Equação 25**

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} = \frac{0{,}204}{0{,}0066} \therefore \boldsymbol{R_h = 00325\ m}$$ **Equação 26**

$$Q_{max} = \frac{K * S * R_h^{2/3} * i^{0{,}5}}{n} = \frac{60.000 * 57{,}4 * 0{,}032^{2/3} * 0{,}05^{0{,}5}}{60}$$ **Equação 27**

$$Q_{max} = 257,6\ L/min$$

Legenda:

P_m = Perímetro molhado [m]

A_m = Área molhada [m^2]

R_h = Raio hidráulico [m]

Q_{max} = Vazão máxima na calha [l/min]

- *First flush*

- Descarte inicial: 2 mm/chuva
- Diâmetro do reservatório de descarte: 100 mm
- Altura do reservatório: 1,85 m
- Volume do reservatório de descarte: 58,09 L/reservatório
- N° de reservatórios: 02
- Volume total de descarte: 116,18 L/chuva.residência

- *Manta Bidim para filtração*

	Produto Producto	Norma Estándar		RT 07	RT 08	RT 09	RT 10	RT 14	RT 16	RT 21	RT 26	RT 31
Propriedades Mecânicas PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistência à tração faixa larga Resistencia a la tracción faja ancha	ABNT NBR 12824										
	Valor na ruptura - L Tracción a la rotura – L		kN/m	7,0	8,0	9,0	10,0	14,0	16,0	21,0	26,0	31,0
	Alongamento - L Elongación – L		%	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50
	Valor na ruptura - T Tracción a la rotura – T		kN/m	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0	14,0	19,0	24,0	29,0
	Alongamento - T Elongación – T		%	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50
	Resistência à tração grab Resistencia a la tracción grab	ASTM D 4632										
	Tração na ruptura - L Tracción a la rotura		N	420	500	570	630	840	1005	1250	1450	1900
	Alongamento - L Elongación		%	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50
	Tração na ruptura - T Tracción a la rotura		N	350	430	500	580	740	920	1180	1400	1860
	Alongamento - T Elongación		%	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50	>50	> 50
	Rasgo trapezoidal Rasgado trapezoidal	ASTM D 4533										
	Valor na ruptura - L Valor a la rotura – L		N	190	230	240	260	340	400	500	550	650
	Valor na ruptura - T Valor a la rotura – T		N	170	210	220	240	320	380	480	500	600
	Puncionamento Punzonamiento	ASTM D 4833	N	240	260	290	330	400	460	560	680	800
	Puncionamento CBR Punzonamiento CBR	ABNT NBR 13359	kN	1,1	1,3	1,5	1,7	2,3	2,7	3,3	4,0	5,2
Propriedades Hidráulicas PROPIEDADES HIDRÁULICAS	Permissividade Permitividad	ASTM D 4491	s^{-1}	2,5	2,2	2,0	2,0	1,6	1,3	1,1	0,8	0,8
	Fluxo de água Flujo de agua		$l/min/m^2$	7450	6850	6150	5820	5450	4820	3420	2760	2340
	Permeabilidade normal Permeabilidad normal	ABNT NBR 15223	cm/s	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37	0,37
	Abertura aparente Abertura aparente O95	ASTM D 4751	mm (peneira / tamiz)	0,212 (70)	0,212 (70)	0,212 (70)	0,212 (70)	0,180 (80)	0,180 (80)	0,150 (100)	0,150 (100)	0,125 (120)
	Comprimento Largo		m	200	200	200	200	150	150	150	150	100

Figura 34 – Seleção da manta Bidim. Fonte: (BIDIM, 2012)

2. Análise Econômico-Financeira

- *Orçamento base para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva*

Tabela 39 – Orçamento, sistema de aproveitamento de água de chuva. Fonte: SINAPI (2016), SEINFRA/ORSE (2016), SEINFRA/CE (2016) e pesquisa de preço.

Descrição do item	Unid	Qtd	Custo Unitário	Custo Total [R$]
Calha de PVC Classic Tubular Aberta Marrom 120mm	m	14	R$ 18,30	R$ 334,89
Bocal de PVC para calha 120x100 mm	unid	2	R$ 16,00	R$ 32,00
Curva PVC serie R p/ esg predial 100mm	unid	3	R$ 31,48	R$ 94,44
Tê PVC serie R p esgoto predial	unid	2	R$ 41,42	R$ 82,84
Cap PVC Serie R p/ esgoto predial	unid	3	R$ 12,59	R$ 37,77
Marceneiro	h	16	R$ 11,56	R$ 184,96
Ajudante especializado (Marceneiro)	h	16	R$ 9,76	R$ 156,16
Suporte para calha de 150 mm em ferro galvanizado	unid	8	R$ 6,18	R$ 49,44
Madeira de lei 3° qualidade serrada aparelhada pilares	m3	0,2	R$ 999,71	R$ 199,94
Madeira peroba serrada 1° qualidade não aparelhada	m3	0,15	R$ 2.118,62	R$ 317,79
Caixa d'água de fibra de vidro 5000 L, com tampa	unid	1	R$ 1.312,05	R$ 1.312,05
Caixa d'água de fibra de vidro 1000 L, com tampa	unid	1	R$ 359,90	R$ 359,90
Tubo PVC serie normal DN 100mm-NBR 5688	m	6	R$ 7,67	R$ 46,02
Curva PVC longa 90g p esgoto predial 100mm	unid	1	R$ 32,00	R$ 32,00
Geotextil não-tecido 100% poliester com resistência a tração longitudinal mínima de 7KN/m (BIDIM RT-07)	m2	1	R$ 5,32	R$ 5,32
Curva PVC longa 90g p esgoto predial 100mm	unid	1	R$ 32,00	R$ 32,00
Subtotal por domicílio				R$ 3.277,53
Administração Local (10,84%)				R$ 651,90
Total por domicilio				R$ 3.929,42
n° de domicílios				110
BDI (26,44%)				**R$ 114.283,39**
Total Geral				**R$ 546.520,11**

Não há custos de operação para este sistema, com relação aos custos de reposição, os componentes hidráulicos possuem vida útil de mais de 20 anos, a substituição da base de madeira para as caixas d'água não precisa ser computada como item passível de financiamento futuro, pois este serviço poderá ser feito pelos próprios moradores, haja vista que residem em uma reserva extrativista que permite a exploração racional de madeira. Pelo custo irrisório de aquisição, as mantas Bidim poderão ser respostas pelos próprios moradores da comunidade. Portanto, o investimento total para a implantação do sistema coleta e armazenamento de água de chuva é de R$ 546.520,11, o que representa um investimento per capita de 0,23 R$/hab.dia.

8.6 APÊNDICE F – MEMORIAL DE CÁLCULO: FOSSA SÉPTICA "IMHOFF" E SUMIDOURO

1. Dimensionamento do Sistema - Fossa Séptica "Imhoff" e Sumidouro

- *Volume da câmara de decantação (Mínimo de 500 L)*

$V_1 = N * C * T$

$V_1 = 5 * 100 * \frac{1}{12} \therefore V_1 = 41{,}57\ L$

$\boldsymbol{Adotado\ em\ V_1 = 500\ L}$

- *Volume decorrente do período de armazenamento*

$V_2 = R_1 * N * Lf * Ta$

$V_2 = 0{,}25 * 5 * 1 * 300 \therefore \boldsymbol{V_2 = 375\ L}$

- *Volume correspondente ao lodo em digestão*

$V_3 = R_2 * N * Lf * Td$

$V_1 = 0{,}5 * 5 * 1 * 60 \therefore \boldsymbol{V_1 = 150\ L}$

- *Volume total útil*

$V_{tu} = V_1 + V_2 + V_3$

$\boldsymbol{V_{tu} = 1.025\ L}$

Legenda:

N = número de contribuintes

C = contribuição de despejos. Adotado: 100 L/hab.dia

T = período de retenção. Adotado 2 horas ou 1/12 dia

Ta = período de armazenamento de lodo em dias. Prevendo-se a limpeza anual do tanque Ta = 360 – Td = 300 dias

Td = período de digestão de lodo. Aproximadamente 60 dias;

Lf = contribuição de lodos frescos: Adotado 1 L/hab.dia

R_1 = 0,25 – coeficiente de redução do lodo digerido;

R_2 = 0,50 – coeficiente de redução do lodo em digestão.

- Diâmetro (D): 2,0 m

- Altura total: 1,5 m
- Volume Total: 4,71 m^3

2. Análise Econômico-Financeira

- Orçamento base para implantação do sistema de esgotamento sanitário composto pela fossa séptica "Imhoff" e sumidouro

Tabela 40 – Orçamento, sistema de esgotamento sanitário – fossa séptica "Imhoff" e sumidouro. Fonte: SINAPI (2016), SEINFRA/ORSE (2016), SEINFRA/CE (2016) e pesquisa de preço.

Composição/Insumo	Valor Unitário	Qtd	Unidade	Valor Total
Caixa de inspeção em alvenaria de tijolo maciço 60X60X60 cm, revestida internamente com barra lisa (cimento e areia, traço 1:4) E=2,0 cm, com tampa pré-moldada de concreto e fundo de concreto 15 mpa tipo c – escavação e confecção	R$ 121,95	1	und	R$ 121,95
Caixa de gordura simples em concreto DN 100 mm com tampa – fornecimento e instalação	R$ 117,32	1	und	R$ 117,32
Cano PVC Esgoto 50mm	R$ 6,63	3	m	R$ 19,90
Cano PVC Esgoto 100mm	R$ 14,98	10	m	R$ 149,83
Fossa "Imhoff" para cinco contribuintes em concreto armado, escavação e reaterro (com retirada do material excedente) – fornecimento e instalação	R$ 1.420,13	1	und	R$ 1.420,13
Leito de Secagem 0,4x0,4x1, fundo com brita n°4 e tampa em concreto	R$ 155,21	1	und	R$ 155,21
Sumidouro em alvenaria de tijolo cerâmico maciço, diâmetro 2,0 m e altura de 1,5 m com tampa em concreto armado, diâmetro 1,70 m e espessura 0,1 m	R$ 895,70	1	und	R$ 895,70
Subtotal				R$ 2.880,05
Administração local (10,89%)				R$ 313,64
BDI (26,44%)				R$ 755,15
N° de residências				110
Total Geral				R$ 434,371,32

9 ANEXOS

9.1 ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA CIENTÍFICA EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 45136-1	Data da Emissão: 30/07/2014 08:28	Data para Revalidação*: 29/08/2015

* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Dados do titular

Nome: Raimundo de Moura Rolim Neto	CPF: 005.325.102-40
Título do Projeto: Saneamento Básico na Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, Amapá: avaliação e formulação de alternativas tecnológicas	
Nome da Instituição : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá	CNPJ: 10.820.882/0001-95

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de amostras de água, entrevistas e relatos fotográficos	01/2015	02/2015

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
5	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen.
7	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	Informar as datas e pontos de coleta nos email: francisco-edemburgo.almeida@icmbio.gov.br e cristiane.gois@icmbio.gov.br

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		AP	RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAJARI	UC Federal

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 83176912

Página 1/3

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 45136-1	Data da Emissão: 30/07/2014 08:28	Data para Revalidação*: 29/08/2015

* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Dados do titular

Nome: Raimundo de Moura Rolim Neto	CPF: 005.325.102-40
Título do Projeto: Saneamento Básico na Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, Amapá: avaliação e formulação de alternativas tecnológicas	
Nome da Instituição : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá	CNPJ: 10.820.882/0001-95

SISBIO

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº154/2007, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

SISBIO

Código de autenticação: 83176912

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 45136-1	Data da Emissão: 30/07/2014 08:28	Data para Revalidação*: 29/08/2015

* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Dados do titular

Nome: Raimundo de Moura Rolim Neto	CPF: 005.325.102-40
Título do Projeto: Saneamento Básico na Comunidade Água Branca do Cajari, Resex Cajari, Amapá: avaliação e formulação de alternativas tecnológicas	
Nome da Instituição : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá	CNPJ: 10.820.882/0001-95

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 83176912

9.2 ANEXO B – BOLETINS DE ANÁLISES DE ÁGUA

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131482015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água de um balde - PT192			
PONTO DE COLETA: PT192	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 / 8 / 2015	HORA DA COLETA: 11H09
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 / 8 / 2015	HORA DA ANÁLISE: 11H00
		FINAL DA ANALISE: 9 / 8 / 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 11H20

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	28,5
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	721,5
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	304,4

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações
NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica
Nacelia Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico
Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data
Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131472015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Caixa d´água - PT191			
PONTO DE COLETA: PT191	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: 10H58
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 10H45
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 11H00

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	30,5
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	111,2
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	40,1

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelia Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luís Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131462015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de Água de rio - PT190

PONTO DE COLETA	RESONSÁVEL PELA COLETA	DATA DA COLETA	HORA DA COLETA
PT190	Cliente	28 8 2015	10H37
INTERESSADO PELA ANÁLISE	**ÁREA**	**INÍCIO DA ANÁLISE**	**HORA DA ANÁLISE**
Cliente	Resex Cajari / Comunidade Água Branca	29 8 2015	10H35
		FINAL DA ANÁLISE	**HORA FINAL DA ANÁLISE**
		9 8 2015	10H50

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	26,7
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	8
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	20
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,11
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	0,16
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO3⁻ B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO2⁻ B	0,01	1,0		mg/L	0,033
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,53
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	>1000
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	601,5

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Detecção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelio Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131452015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Caixa d´água - PT188			
PONTO DE COLETA: PT188	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: 10H28
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 10H20
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H40

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	30,5
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	1
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	<1
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,14
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	ND
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO3¯ B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO2¯ B	0,01	1,0		mg/L	0,034
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,68
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	3,1
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	negativo

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelio Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131442015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA			
Amostra de água Abastecimento - PT187			
PONTO DE COLETA: PT187	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: 10H13
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 10H00
		FINAL DA ANALISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H25

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	30
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	4
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	<1
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,23
Aluminio Total	SM 3500-AL B	0,02	0,1		mg/L	0,046
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	<0,005
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO3⁻ B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO2⁻ B	0,01	1,0		mg/L	0,058
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,72
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	negativo
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	negativo

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Minima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelio Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131432015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Abastecimento - PT186			
PONTO DE COLETA: PT186	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: 09H50
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 9H55
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H40

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	28,6
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	2
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	ND
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,12
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	ND
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO3⁻ B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO2⁻ B	0,01	1,0		mg/L	0,033
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,12
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	721,5
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	436,6

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelio Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131422015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Abastecimento - PT184			
PONTO DE COLETA: PT184	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: -
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 9H40
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H25

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		° C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		° C	27,1
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	8
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	ND
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,06
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	ND
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO_3^- B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO_2^- B	0,01	1,0		mg/L	0,024
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	6,45
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	870,4
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	62,4

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Naceliomaciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131412015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Abastecimento - PT183			
PONTO DE COLETA: PT183	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: -
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 9H30
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H15

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		°C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		°C	26,5
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	3
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	ND
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,16
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	ND
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO_3^- B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO_2^- B	0,01	1,0		mg/L	0,024
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,43
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	>1000
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	3,1

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Nacelio Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente

ANQUIM
Análise Química Mineral, Ambiental e Industrial

ANQUIM - Rua D 21 - 354 - Vila Amazonas - Santana-AP
CEP 68925-000 - E-mail: naceliomp@oi.com.br
Tel: (96) 3283-3938, 99144-6356

Empresa contratante: Raimundo Neto

BOLETIM DE ANÁLISE 131402015AM

Identificação da amostra

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: Amostra de água Caixa d'água - PT182			
PONTO DE COLETA: PT182	RESONSÁVEL PELA COLETA: Cliente	DATA DA COLETA: 28 8 2015	HORA DA COLETA: 8H37
INTERESSADO PELA ANÁLISE: Cliente	ÁREA: Resex Cajari / Comunidade Água Branca	INÍCIO DA ANÁLISE: 29 8 2015	HORA DA ANÁLISE: 9H15
		FINAL DA ANÁLISE: 9 8 2015	HORA FINAL DA ANÁLISE: 10H04

Padrões

PARÂMETROS	Método Analítico	LDM	VMP CONAMA 357 / 2005	VMP CONAMA 396 / 2008	UND	RESULTADO
Temperatura do Ar	SM 2550 B		até 40		°C	-
Temperatura da amostra	SM 2550 B		até 40		°C	27,2
Turbidez	SM 2130 B		até 100		UNT	2
Cor Verdadeira	SM 2120 B, C	5			mg(Pt-Co)/L	5
Amônia	SM 4500-NH3 B	0,2	3,7		mg/L	0,13
Ferro Total	SM 3500-Fe B.	0,01			mg/L	ND
Manganês Total	SM 3500-Mn B.	0,007	0,1	0,1	mg/L	ND
Nitrato	SM 4500-NO3⁻ B	0,01	10		mg/L	ND
Nitrito	SM 4500-NO2⁻ B	0,01	1,0		mg/L	0,030
Oxigênio Dissolvido	SM 4500-O B, C.	0,1		≥5	mg / l O_2	7,41
Coliforme Total	SM 9223 B	1			NMP/100mL	870,4
Coliforme Fecal (E. Coli)	SM 9223 B	1			NMP/100mL	658,6

VMP: valor máximo permitido pela legislação ou norma.
LDM: Limite de Deteção Mínima

Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 - Águas Superficiais
Resolução CONAMA Nº 396 de 03 de abril de 2008 - Águas Subterrâneas

Diagnóstico

Observações

NM = Não Medido; ND = Não Detectado;
* Resultados laboratório Ceimic

Mês de Referência: agosto

Supervisão Técnica

Naceliomar Maciel Pinto - CRQ-VI 06400483

Responsável Técnico

Luis Roberto Takiyama - CRQ-VI 061.00113

Local e Data

Santana, 09 de setembro de 2015

Ciente