



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA COMPLEMENTAÇÃO NO ABASTECIMENTO DAS ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL DO MUNICÍPIO DE ARARI - MARANHÃO

Patricia Benezath Herkenhoff

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Jorge Henrique Alves Prodanoff

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA COMPLEMENTAÇÃO
NO ABASTECIMENTO DAS ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL DO
MUNICÍPIO DE ARARI – MARANHÃO

Patricia Benezath Herkenhoff

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO
AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof. Jorge Henrique Alves Prodanoff, D. Sc.

Prof^a. Kátia Monte Chiari Dantas, D. Sc.

Prof^a. Monica Pertel, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO de 2017

Herkenhoff, Patricia Benezath

Aproveitamento de água da chuva para complementação no abastecimento das escolas de ensino fundamental do município de Arari – Maranhão/ Patricia Benezath Herkenhoff. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2017.

XVI, 126 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge Henrique Alves Prodanoff

Projeto de Graduação – UFRJ/POLI/ Engenharia Ambiental, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 119-125.

1. Águas pluviais. 2. Abastecimento. 3. Maranhão. 4. Escolas. 5. Arari. 6. Diagnóstico I. Prodanoff, Jorge Henrique Alves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Engenharia Ambiental. III. Aproveitamento de água da chuva para complementação no abastecimento das escolas de ensino fundamental do município de Arari – Maranhão.

Dedico este trabalho aos meus pais, avós, irmã, tios e primos, que me deram sempre apoio e tornaram este sonho possível, aos meus amigos, família que a vida se encarregou de criar, e aos professores que passaram de alguma forma pela minha vida até o momento. A todos vocês, com toda a minha dedicação e o meu mais profundo agradecimento.

“Quando a última árvore for cortada, o último peixe for comido e o último rio envenenado, descobriremos que não podemos comer dinheiro. ”

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Aproveitamento de água da chuva para complementação no abastecimento das escolas de ensino fundamental do município de Arari – Maranhão

Patricia Benezath Herkenhoff

Fevereiro/2017

Orientador: Jorge Henrique Alves Prodanoff

Arari está localizada no Maranhão, estado detentor de, pelo menos, dez bacias perenes e com significativos índices pluviométricos, uma vez que pertence à região pré-amazônica. A pluviometria média anual de 1773 mm do município ocorre de forma concentrada durante sete meses e nos demais cinco ocorre uma forte estiagem. A falta de água tem levado a interrupções no fornecimento e ao cancelamento das aulas nas escolas da rede municipal. Existem lacunas na forma como o abastecimento de água está sendo feito hoje e a falta de água se deve a dificuldade em se fazer um manejo do recurso no espaço e no tempo. O armazenamento de água da chuva é abordado neste trabalho como possível fator complementar. O município não tem um orçamento com sobras e o problema é recorrente e grave. A partir de visita in loco e entrevista com os responsáveis pelas 66 escolas, o trabalho apresenta um diagnóstico da situação atual das fontes de água de todas as escolas. Somente 24% nunca enfrenta problemas de falta de água, 26% enfrenta problemas de falta de água durante a estação seca e a metade enfrenta problemas de falta de água o ano todo. Com as comunidades isoladas entre si, soluções individuais são incentivadas e um estudo de caso considerando normas técnicas, bibliografia específica para uso de água da chuva em escolas e a realidade local exemplificam aspectos técnicos e de dimensionamento da tecnologia em parte das escolas, com o objetivo de incentivar que ela seja compreendida e desenvolvida.

Curso: Engenharia Ambiental

Palavras-chave: águas pluviais, abastecimento, Arari, Maranhão, escolas

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Rainwater harvesting for complementation in the supply of elementary schools in the municipality of Arari - Maranhão

Patricia Benezath Herkenhoff

February/2017

Advisor: Jorge Henrique Alves Prodanoff

Arari is located in Maranhão, state that has at least ten perennial basins and significant rainfall indexes, since it belongs to the pre-Amazon region. The average annual rainfall of 1,773 mm of the municipality occurs in a concentrated way during seven months and in the other five months a strong drought takes place. The lack of water has led to interruptions in the supply and cancellation of classes in municipal schools. There are gaps in how water supply occurs today and the lack of water is due to the difficulty in making a resource management in space and time. The storage of rainwater is approached in this work as a possible complementary source. The municipality does not have a budget with leftovers and the problem is recurrent and serious. From an in loco visit and interview with those responsible for the 66 schools, the paper presents a diagnosis of the current situation of the water sources in all schools. Only 24% never face water shortage problems, 26% face water shortage problems during the dry season, and half face water shortages all year round. Since communities are isolated, individual solutions are encouraged and a case study considering technical norms, specific bibliography for use of rainwater in schools and the local reality exemplify technical aspects and dimensioning of the technology in part of the schools, in order to encourage it to be understood and developed.

Course: Environmental Engineering

Keywords: rainwater, water supply, Arari, Maranhão, schools

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| Capítulo 1 - Introdução | 1 |
| 1.1 Introdução ao tema..... | 1 |
| 1.2. Objetivo..... | 4 |
| 1.3. Metodologia | 5 |
| Capítulo 2 - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais | 8 |
| 2.1. Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais | 8 |
| 2.2. Superfície Coletora | 9 |
| 2.3. Calhas e Suporte para calhas..... | 11 |
| 2.4. Filtro de sedimentos grosseiros..... | 14 |
| 2.5. Dispositivo <i>First-Flush</i> ou de Primeira Descarga | 15 |
| 2.6. Suporte para tubulação condutora..... | 19 |
| 2.7. Reservatório..... | 21 |
| 2.8. Bombas..... | 31 |
| 2.9. Tratamentos para uso potável | 31 |
| 2.10. Demanda | 33 |
| 2.11. Manutenção | 35 |
| Capítulo 3 – Caracterização do local | 37 |
| 3.1. Região da Baixada Maranhense | 37 |
| 3.2. Município de Arari - MA | 44 |
| 3.3. Hidrografia | 49 |
| 3.4. Abastecimento de água | 54 |
| Capítulo 4 – Diagnóstico | 62 |
| 4.1. Caracterização das escolas | 62 |
| 4.2. Abastecimento de água | 63 |
| 4.3. Atendimento | 70 |
| 4.4. Visita técnica..... | 81 |
| Capítulo 5 - Análise | 100 |
| 5.1. Estudo de caso | 100 |
| 5.2. Conclusões | 114 |
| 5.3. Recomendações | 117 |
| Referência Bibliográfica | 119 |
| ANEXO I | 126 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial de acordo com o material da superfície coletora e com autores | 11 |
| Tabela 2 - Coeficiente de rugosidade dos materiais usados para calhas..... | 13 |
| Tabela 3 - Dimensão mínima de calhas retangulares em função do comprimento do telhado..... | 13 |
| Tabela 4 - Volumes de descarte da água de lavagem para a altura escolhida e a área da superfície coletora..... | 19 |
| Tabela 5 - Tipos de reservatórios com análise de vantagens e desvantagens | 22 |
| Tabela 6 - Frequência de manutenção dos componentes do SAAP..... | 36 |
| Tabela 7 - Características pluviométricas mensais na estação Pindaré-Mirim - MA, pertencente a ANA (código 345006) | 51 |
| Tabela 8 - Alturas de Chuva no Posto Barra do Corda..... | 53 |
| Tabela 9 - Intensidade de Chuva no Posto Barra do Corda | 53 |
| Tabela 10 - Volume de água enviado às escolas abastecidas pelo carro pipa de acordo com a destinação | 73 |
| Tabela 11 - Volume de água enviado às escolas abastecidas pelo carro pipa de acordo com a destinação | 74 |
| Tabela 12 - Tabela das escolas que alegaram não ter seu abastecimento atendido devido a dependência de fonte de terceiros para abastecimento contínuo de água | 76 |
| Tabela 13 - Tabela das escolas que alegaram ter seu abastecimento atendido somente por água de baixa qualidade | 77 |
| Tabela 14 - Dados das escolas municipais de Arari – MA que receberam visita técnica | 101 |
| Tabela 15 - Dimensão mínima de calhas retangulares em função do comprimento do telhado..... | 101 |
| Tabela 16 - Volume a ser descartado por cada uma das escolas de água de lavagem para uma altura de chuva de 2 mm | 105 |
| Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso o ano todo . | 108 |
| Tabela 18 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso sazonal | 108 |
| Tabela 19 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso na mudança de maré..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 20 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso o ano todo.. | 109 |
| Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso sazonal..... | 109 |
| Tabela 22 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso na mudança de maré..... | 110 |
| Tabela 23 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso o ano todo. | 110 |
| Tabela 24 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso sazonal..... | 110 |
| Tabela 25 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso na mudança de maré..... | 111 |
| Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório para a Escola D com uso o ano todo. | 111 |
| Tabela 27 - Dimensionamento do reservatório para a Escola D com uso sazonal | 111 |
| Tabela 28 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso na mudança de maré..... | 112 |
| Tabela 29 - Exemplo de tabela de consulta para dimensionamento máximo de reservatórios de 16 m ³ em série de acordo com a área da superfície coletora..... | 113 |
| Tabela 30 - Exemplo de tabela de consulta para número máximo de alunos a serem atendidos de acordo com o número de reservatórios em série de 16 m ³ instalados e a demanda a ser suprida..... | 114 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Componentes para um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) | 9 |
| Figura 2 - Cálculo da área de contribuição do projeto pela projeção horizontal da superfície coletora..... | 10 |
| Figura 3 - Representação do dimensionamento de calhas retangulares a partir do comprimento do telhado | 13 |
| Figura 4 - Exemplo de filtro caseiro de sedimentos grosseiros | 14 |
| Figura 5 - Filtro comercial Fortlev para telhados de até 100 m ² e vazões de 10000L/h | 14 |
| Figura 6 - Funcionamento de dispositivo para separação e descarte da água de lavagem da superfície coletora | 17 |
| Figura 7 - Representação do volume de chuva coletado formado por sua altura em mm e a área de coleta considerada..... | 18 |
| Figura 8 – Foto de suporte colocado de forma improvisada para apoiar a tubulação ... | 20 |
| Figura 9 – Reservatório apoiado, semienterrado e enterrado | 22 |
| Figura 10 – Reservatório apoiado da CODEVASF de 16 mil litros instalado pelo Programa 1 Milhão de Cisternas em Arari - MA..... | 23 |
| Figura 11 – Centro de construção de placas de cimento para a cisterna | 24 |
| Figura 12 – Construção da cisterna de placas..... | 24 |
| Figura 13 - Tanque de armazenamento da marca Fortilev com exemplo de local para a instalação e possibilidade de interligação para instalação em série do produto. | 25 |
| Figura 14 – Mapa com a localização geográfica do município de Arari em relação ao seu continente, a América do Sul e ao seu oceano de desague, o Oceano Atlântico. Observa-se a Noroeste e a Nordeste, os continentes vizinhos, América Central e África, respectivamente..... | 37 |
| Figura 15 - Relevo do estado do Maranhão, com destaque para a localização do município de Arari | 38 |
| Figura 16 - Mapa com a estrutura geológica do Maranhão, com destaque para a planície fluvio-marinha, onde se encontra Arari | 40 |
| Figura 17 - Mapa com a demarcação da APA Baixada Maranhense e dos municípios que estão em seu domínio, especialmente Arari..... | 43 |
| Figura 18 - Mapa com demarcação da zona urbana e rural de Arari – MA e rio Mearim e..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Gráfico com distribuição percentual da população residente na zona urbana e na zona rural de Arari – MA | 45 |
| Figura 19 - Produção caseira de mel dentro de tronco de árvore e do lado esquerdo observa-se rede de pesca, muito comum na região, usada para pesca de subsistência. Detalhe da abelha..... | 45 |
| Figura 20 - Foto de pequena horta para consumo próprio feita por moradores da zona rural e abaixo pato criado também para consumo próprio. Detalhe da caixa de água oferecida pela Codevasf para o P1MC..... | 46 |
| Figura 21 - Foto de vaca criada de forma extensiva para consumo de subsistência, bebendo água de açude na zona rural | 47 |
| Fonte: Autoria própria..... | 47 |
| Figura 22 - Foto da área de posse privada usada para plantação de arroz em zona localizada nas redondezas da sede do município | 47 |
| | 48 |
| Figura 23 - Fotos de trecho da Ferrovia Carajás que passa pelo município de Arari e se encontra em obras de duplicação a cargo de empresa terceirizada..... | 48 |
| Figura 24 - Fotos do local usado para descarte de resíduos sólidos do município de Arari – MA, com indícios de queima de lixo no local | 49 |
| Figura 25 - Mapa das doze bacias hidrográficas do estado do Maranhão, bem como seus rios e afluentes, com destaque para a Bacia do Mearim | 50 |
| Figura 26 - Gráfico com as características pluviométricas mensais de Pindaré-Mirim - MA | 52 |
| Figura 27 - Mapa do rio Mearim e localização do município de Arari - MA | 54 |
| Figura 28 - Mapa com a localização da Adutora de Água Bruta (AAB) e da Estação de tratamento de Água (ETA), além da zona urbana do município de Arari - MA | 55 |
| Figura 29 - Foto do ponto onde é feita a captação e adução da água bruta destinada a estação de tratamento de água. É possível observar na foto uma ponte a esquerda, que, como apresentado no mapa da figura 28, fica próxima ao local..... | 55 |
| Figura 30 - Fotos da aplicação de coagulante sulfato de alumínio na água e sua passagem pela calha Parshall..... | 56 |
| Figura 31 - Fotos do tanque de floculação..... | 56 |
| Figura 32 - Foto do tanque de decantação, com sedimentos ficando depositados ao fundo e a água vertendo | 57 |
| Figura 33 - Foto da etapa de filtração, com filtro descendente..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Figura 34 - Fotos do reservatório elevado do município e da ETA, com um dos operadores da estação | 58 |
| Figura 35 - Foto de casa de morador do município de Arari – MA atendido pelo P1MC, com cisterna de 16 mil litros e calhas e tubos instalados..... | 59 |
| Figura 36 - Gráfico com a distribuição das escolas e dos alunos entre zona rural e zona urbana na cidade de Arari | 62 |
| | 63 |
| Figura 37 - Gráfico com a divisão das escolas por número de alunos, entre zona urbana e zona rural de Arari | 63 |
| Figura 38 - Gráfico das fontes de água adotadas atualmente pelas escolas de Arari – MA para fins potáveis e não potáveis | 64 |
| Figura 39 - Gráfico das escolas de Arari – MA que sofrem com problemas no abastecimento de água em alguma época do ano..... | 71 |
| Figura 40 - Gráfico das fontes adotadas pelas escolas de Arari – MA nos diferentes períodos: chuvoso e seco, para cada um dos fins destinados..... | 78 |
| Figura 41 - Foto da entrada da E.M. Professora Luiza Francelina, na zona urbana de Arari – MA | 81 |
| Figura 42 - Foto da quadra localizada nos fundos da E.M. Professora Luiza Francelina | 82 |
| Figura 43 - Foto do telhado de telhas de barro da E.M. Professora Luiza Francelina... .. | 82 |
| | 83 |
| Figura 44 - Foto de sala de aula da E.M. Professora Luiza Francelina com maquete do local produzida pelos alunos..... | 83 |
| Figura 45 - Foto de banheiro da E.M. Professora Luiza Francelina..... | 83 |
| Figura 46 - Foto da entrada da E.M. Antônio Garcia Fernandes..... | 84 |
| Figura 47 - Foto da sala de aula da E.M. Antônio Garcia Fernandes | 85 |
| Figura 48 - Foto do vão no centro da E.M. Antônio Garcia, onde fica localizada a fossa séptica | 86 |
| Figura 49 - Foto da rua em frente a entrada da escola com esgoto correndo na sarjeta | 87 |
| Figura 50 - Foto da entrada da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho..... | 88 |
| Figura 51 - Foto do poço de onde é retirada a água para consumo não potável da comunidade e da escola | 89 |
| Figura 52 - Foto do Reservatório elevado usado pela comunidade na distribuição da água do poço..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| Figura 53 - Foto do lodo formado no tubo por onde passa a água captada em decorrência da presença de sais e da escola | 90 |
| Figura 54 - Foto do refeitório da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho | 91 |
| Figura 55 - Foto do da sala de aula da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho | 92 |
| Figura 56 - Fotos da entrada da E.M. Modesto Prazeres | 92 |
| Figura 57 - Foto do Corredor da E.M. Modesto Prazeres que permite ver a grande dimensão do telhado da escola..... | 93 |
| Figura 58 - Foto da Quadra da escola em região desocupada, gramada, nos fundos do terreno | 93 |
| Figura 59 - Foto da antiga localização da caixa d'água, nos fundos da escola | 95 |
| Figura 60 - Foto da Caixa d'água da Escola Municipal Modesto Prazeres, localizada na entrada da escola para ser abastecida pelo carro pipa da Prefeitura | 95 |
| Figura 61 - Foto da Cozinha da Escola Municipal Modesto Prazeres e filtros de barro usados para filtrar a água que e entregue pelo município nas caixas d'água localizadas na frente da escola | 96 |
| Figura 62 - Foto da Entrada da Escola Municipal de Moitas | 97 |
| Figura 63 - Foto da água retirada do poço pertencente à escola..... | 97 |
| Figura 64 - Foto da água filtrada do poço pertencente à escola | 98 |
| | 99 |
| Figura 65 - Foto da caixa d'água de 16 mil litros instalada pelo P1MC que se encontra em desuso devido a defeito na bomba | 99 |
| Figura 66 - Foto das instalações sanitárias da Escola Municipal de Moitas..... | 99 |
| Figura 67 – Calhas previstas para o SAAP da E.M. Professora Luiza Francelina | 102 |
| Figura 68 – Calhas previstas para o SAAP da E.M. Antônio Garcia | 102 |
| Figura 69 – Calhas previstas para o SAAP das E.M. Modesto Prazeres e E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho | 103 |

LISTA DE ABREVIACÕES

| | |
|----------|---|
| ABB | - Adutora de Água Bruta |
| ABNT | - Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANA | - Agência Nacional de Águas |
| APA | - Área de Proteção Ambiental |
| ASA | - Articulação do Semiárido |
| CNM | - Confederação Nacional de Municípios |
| CODEVASF | - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba |
| CONAMA | - Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| E.M. | - Escola Municipal |
| ETA | - Estação de Tratamento de Água |
| FAO | - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura |
| FUNASA | - Fundação Nacional da Saúde |
| IBGE | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ISA | - Instituto Socio Ambiental |
| MA | - Estado do Maranhão |
| NBR | - Norma Técnica Brasileira |
| OMS | - Organização Mundial de Saúde |
| ONG | - Organização Não Governamental |
| ONU | - Organização das Nações Unidas |
| PBMC | - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas |
| IPCC | - Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas |
| P1MC | - Programa 1 Milhão de Cisternas |
| P1+2 | - Programa Uma Terra e Duas Águas |
| RAN1 | - Relatório de Avaliação Nacional |
| SAAP | - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais |
| SNIS | - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Introdução ao tema

O acesso a água potável no Planeta é privilégio para poucos. A escassez se deve a conjunção de fatores climáticos, aliado a problemas de saneamento, que tornam a falta d'água uma realidade principalmente nas zonas de pobreza e fora do perímetro urbano. Apesar da escassez de água atingir de forma quase irreversível alguns lugares, na maioria a falta de água se deve a dificuldade em se fazer um manejo do recurso no espaço e no tempo. Além das fontes superficiais e subterrâneas, uma fonte de água milenar pode ser capaz de romper este ciclo de miséria e levar água a regiões que sofrem com a seca. Para estes locais, existem lacunas na forma como o abastecimento está sendo feito hoje e o armazenamento de água da chuva vem como fator complementar na tentativa de fornecer outras fontes e mitigar o problema.

A importância da água para a existência humana e a preocupação com sua disponibilidade fez com que, em 2006, na Cidade do México, no IV Fórum Mundial da Água, fosse apontado expressamente pela primeira vez a preocupação com o direito a água. Mais recentemente, em 2010, a Assembleia Nacional da Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu o acesso à água potável como um direito humano fundamental. No Brasil, de acordo com a Constituição de 1988, a água ainda é abordada fora dos artigos destinados aos direitos fundamentais. A água é considerada bem da União e dos Estados. A Política Nacional de Recursos Hídricos de 1997, a considera um bem limitado e dotado de valor econômico. Portanto, é possível notar que no Brasil a água é tratada como valor econômico e socioambiental.

No mundo, aproximadamente um bilhão de pessoas não tem acesso a água potável. Em áreas rurais, o número é ainda pior: sete em cada dez (Trata Brasil). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a fonte de água deve estar localizada a uma distância máxima de 1.000 metros do lar e o tempo de recolhimento não deve ultrapassar 30 minutos. As instalações podem incluir poços e latrinas de fossa. Previsões da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), indicam que em 20 anos, dois terços da população mundial enfrentarão escassez de água severa. Estima-se que a captação de água aumente globalmente em 50% até 2050 (ONU, 2014). No entanto, não é necessário ir tão longe para perceber que a escassez e a má distribuição das águas são um problema que atinge não só o mundo, como também o Brasil. A

tendência mundial dos problemas relacionados a água se agravarem na zona rural se repete, em especial para aqueles que se encontram em situação de extrema pobreza. No Brasil, 72,2% da população rural ainda acessa água apenas por meio de poços, cacimbas, açudes e barreiros, acesso esse muitas vezes precário e com grande potencial para provocar doenças (IBGE, Censo Demográfico 2010). Em consequência da fraqueza dos serviços de água e saneamento nestes locais, aliados a fatores climáticos e a poluição, fazem com que as condições de vida destas pessoas sejam severamente afetadas.

É importante ressaltar que o cuidado com a água vem sendo negligenciado no Brasil há anos. Em 2012, a Agência Nacional de Águas (ANA) informou que o Brasil se encontra em uma situação confortável em relação à disponibilidade de recursos hídricos, se comparado a outros países. O Brasil conta com 12% das reservas de água disponíveis no planeta. Contudo, mais de 73% da reserva do país se concentra na região Norte, onde vive somente 4% da população (CEBDS, 2014). A ONG SOS Mata Atlântica fez em 2010 coletas em rios, córregos, lagos e outras fontes de água para análises hídricas em 12 estados e o distrito federal. Com base em parâmetros definidos pelo Ministério do Meio Ambiente, constatou que em 70% delas a qualidade da água foi considerada regular, em 25% a água era considerada ruim e em 5% péssima. Estudos da OMS apontam que no Brasil mais de 15 mil pessoas morrem todo ano devido somente a diarreia. Portanto, a falta de acesso regular a uma fonte de água potável é bastante recorrente no Brasil.

De todos os estados nordestinos, o Maranhão é um dos que menos se identifica com a escassez de recursos hídricos, uma das principais características da região. O Estado é detentor de uma importante rede hidrográfica composta por, pelo menos, dez bacias perenes, além de possuir melhores índices pluviométricos à medida que se aproxima da região amazônica. Contudo, os números continuam preocupantes e, de acordo com os resultados de uma pesquisa de 2013 da Confederação Nacional de Municípios, a CNM, 53% dos gestores municipais do estado indicam que seu município enfrenta problema de seca e suas consequências. De acordo com o mesmo estudo da CNM, somente 52% dos municípios, relataram que não necessitam comprar água durante o período da seca. Todos os outros 48% tem algum tipo de gasto. 10% alegam gastar mais de R\$ 100.000 ao mês e, como a maioria dos municípios é de pequeno porte, 26% gastam até R\$ 50 mil por mês.

Além disso, o estado do Maranhão é no país o que tem maior porcentagem de sua população vivendo em áreas rurais. De acordo com o Censo de 2010 feito pelo IBGE, 36,9% dos 6,5 milhões de maranhenses não moram em zonas urbanas. Isso representa um

universo de 2.427.640 pessoas em todo o Estado. Da água distribuída no estado, em 26% das cidades, existe uma relação entre consumo humano e consumo animal na ordem de três para um, mostrando que além de seus habitantes, os animais são parte importante na economia local, reflexo direto da parcela da população localizada na zona rural.

Arari é uma das cidades que se encontra no interior do Maranhão, a beira de um dos mais importantes rios do estado, o rio Mearim e em região sob forte regime pluviométrico na estação chuvosa. O rio abastece toda a região urbana, assim como alimenta córregos da zona rural. Além dele, devido ao isolamento de algumas famílias, outras fontes de água são usadas, principalmente de água subterrânea, nas comunidades da zona rural. Nestes locais, as fontes alternativas de água são usadas muitas vezes sem tratamento adequado para as famílias, inclusive suprindo a demanda para fins potáveis e não potáveis. Nas escolas de Arari, o abastecimento de água é feito de forma descentralizada, ou seja, é feito por sistemas independentes (isolados). Este tipo de solução ocorre quando não é possível construir uma rede interconectada e por essa razão são usados para soluções individuais. Com o isolamento dos municípios e a diferença nas possíveis fontes de acesso a água, é razoável entender que possíveis problemas no abastecimento das comunidades possam ser geridos de forma mais eficiente a nível local. Contudo, o que se tem hoje são escolas que não tem conseguido gerir este recurso, mesmo administrando sistemas individuais. Os serviços de saneamento se encontram sob intenso déficit, com ausência de coleta e tratamento de esgoto, sistema de drenagem, coleta e tratamento de resíduos. Além disso, mais de 78% da população tem renda inferior a um salário mínimo (IBGE), obrigando que vivam com uma infraestrutura mais básica.

Apesar dos altos índices pluviométricos da região, sua distribuição temporal no ano é bastante irregular. As chuvas abundantes ocorrem de forma concentrada durante sete meses em média e nos demais cinco meses ocorre uma forte estiagem. A falta de infraestrutura para armazenamento impossibilita que seja feito o aproveitamento racional dos volumes excedentes desta água. Quando todo o local fica sem chuva, a falta de água se inicia. Além de fontes secas, na ausência de águas fluviais e pluviais e barreiras de relevo, ocasionalmente o local é tomado por água salobra e sedimentos carreados pela água do mar que adentra a costa durante o período. A inexistência de fontes seguras de água durante todo o ano tem demandado o controle do recurso por parte dos responsáveis pelas escolas. Devido a todos estes problemas, a cidade está entre as que necessitam fazer compra de água, apesar do acesso a um rio perene. A água é item restrito somente às

necessidades mais básicas e é retirada de algumas atividades necessárias, como saneamento e limpeza. Além da economia compulsória, em casos mais graves, a falta de água tem levado a interrupções no fornecimento e atitudes mais drásticas, como o cancelamento parcial ou total das aulas. As crianças sofrem, portanto, com os problemas decorrentes da falta de água e também com as conseqüentes e constantes paralisações no calendário de aulas. O município apesar de estar investindo nas escolas, não tem um orçamento com sobras e como são muitas escolas e o problema é recorrente e grave. As comunidades sem as escolas se encontrariam mais suscetíveis ainda ao problema da seca e a proposta é que a água que nem sempre é garantida nas escolas, ganhe uma nova fonte, reduzindo os problemas decorrentes de sua falta. As ações na área de saneamento estão sendo feitas gradativamente, mas o desenvolvimento de um plano de saneamento é positivo para a adoção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais como fonte complementar no abastecimento.

O primeiro ponto a se compreender é o crescente papel da captação direta das águas pluviais, que devem ser consideradas na gestão dos recursos hídricos, tal como se faz com as águas superficiais e subterrâneas. Para a realização de um projeto com o rigor técnico necessário, estudos mais aprofundados devem ser feitos. Contudo, este estudo pode gerar informações de grande relevância social para o município, fornecendo uma visão mais ampla e acesso a dados importantes no processo de tomada de decisão. Além de trazer mudanças e reflexões a nível local, devido ao alcance do problema, o estudo também vem na tentativa de impactar o entorno, se tornando referência para que outras regiões estudem o sistema e se sintam estimuladas a implanta-lo como uma alternativa na luta pela falta d'água.

O desenvolvimento do trabalho está pautado em levantamento bibliográfico das características do local, estudo de projetos de uso de água da chuva anteriores e já existentes no município e uma visita técnica ao local. Este estudo está dividido em 4 capítulos. O primeiro capítulo aborda a metodologia, o segundo capítulo engloba a base teórica para o desenvolvimento de um projeto para uso de água da chuva, o terceiro capítulo traz os resultados encontrados e um diagnóstico da situação atual e o quarto capítulo traz um estudo de caso para a implantação do sistema em algumas das escolas que foram visitadas.

1.2. Objetivo

Objetivo geral: Realizar um estudo que esclareça a situação atual de abastecimento de água nas escolas do município de Arari - MA e que em seus resultados, em conjunto com experiências anteriores, ofereça um posicionamento quanto as possibilidades de captar e utilizar água da chuva como fonte complementar nestes locais.

Objetivos específicos:

- 1) Executar levantamento *in loco* da situação atual das fontes de abastecimento das escolas municipais;
- 2) Realizar caracterização hidrológica e geográfica da região;
- 3) Elaborar proposta de soluções replicáveis para o abastecimento adequado à realidade local;
- 4) Propor diferentes arranjos para o sistema de captação de águas pluviais;

1.3. Metodologia

- 1) Levantamento bibliográfico sobre o tema;

Um levantamento bibliográfico sobre o local foi feito para permitir identificar as características geográficas e hidrológicas da região, que são causa dos problemas e peculiaridades do local (Abreu, 2013; Bernardi, 2005; Concremat Engenharia, 2002; Feitosa, 1989; IBGE; ISA; MIQCB, 2005; Santos, 2007; Santos, 2010; Sematur, 1991; SNUC). Além disso, o levantamento bibliográfico trouxe outros pontos de vista sobre a solução proposta inicialmente. Existem no país casos históricos de projetos para utilização de água da chuva já implantados no semiárido do Nordeste, estes casos merecem destaque tanto na forma como foram planejados e colocados em ação como nos desafios e soluções encontrados e obtidos. (Programa 1 Milhão de Cisternas; Programa Uma Terra e Duas Águas; Programa Cisterna nas Escolas, Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano, 2015). Como Arari está na região de atuação de alguns destes programas, estas cisternas já fazem parte da realidade local e merecem ser estudadas.

- 2) Viagem ao local de estudo;

Inicialmente foi feito contato com a Profa. Dra. Larissa Barreto da Universidade Federal do Maranhão que realiza diversos trabalhos na região das bacias hidrográficas do rio Pindaré e Mearim. Logo a seguir foi contatado o Secretário de Meio Ambiente do município de Arari, Sr. Jocei Jardim Ribeiro. A partir de conversas sobre os problemas e

as possíveis soluções a serem adotadas pela prefeitura, constatou-se que este estudo não seria possível sem a realização de uma visita técnica.

A visita a Arari foi realizada na semana de 04 a 08 de julho de 2016 e teve todo o apoio da Prefeitura de Arari. Com a chegada, houve uma aproximação com os atores envolvidos a partir das entrevistas e visitas. Novas informações foram colhidas para permitir um bom diagnóstico e questões que haviam inicialmente se transformaram e se ampliaram a partir do contato com a realidade local.

Observação da realidade foi uma das técnicas utilizadas e veio acompanhada de fotografias que funcionam como uma forma de registro, mas também como uma forma de diálogo, ilustrando a realidade, chamando a atenção para alguns detalhes e possibilitando ter um novo olhar sob essa realidade.

3) Entrevistas com os responsáveis por todas as escolas do município;

O município de Arari possui um grande número de escolas municipais, 66 no total. Para o levantamento *in loco* da situação atual das fontes de abastecimento das escolas municipais, foram feitas entrevistas com todos os 14 responsáveis por elas. As entrevistas ocorreram durante dois dias e seguiram um roteiro de perguntas feitas que permitiam respostas abertas e flexibilidade para que novas questões fossem trazidas.

A ficha usada na entrevista com todas as 66 escolas pode ser observada no Anexo I. A entrevista teve como objetivo inicial descobrir o nome das escolas e a quantidade de alunos em cada uma delas, em seguida todas as fontes de água que estão sendo usualmente adotadas, a segurança quantitativa e qualitativa destas fontes e a situação atual das instalações e infraestrutura nas escolas. Durante a entrevista houve a oportunidade de os entrevistados despertarem para novas questões frente aos questionamentos.

4) Reuniões técnicas com o Secretário de Meio Ambiente de Arari;

Para o desenvolvimento desse projeto, foi essencial o apoio do Secretário de Meio Ambiente do município, Sr. Joice Jardim Ribeiro. Além de suporte logístico e sua companhia nas visitas técnicas, reuniões quase que diárias foram feitas, agregando de forma enriquecedora percepções, planos futuros e perspectivas às considerações aqui colocadas. Além disso, o apoio do secretário permitiu a ampliação do contato para a Secretaria de Educação, onde houve o devido encaminhamento pela atual titular, Sra. Joelma Braga.

5) Visita e inspeção técnica em cinco escolas com características distintas;

As entrevistas feitas com todos os responsáveis pelas escolas permitiram a visualização de um panorama geral das situações existentes. Contudo, para conferir as características das condições relatadas e entender como acontece o funcionamento real, cinco escolas com características distintas entre si, mas aspectos comuns a alguns grupos identificados com semelhanças foram selecionadas para a visita técnica. As visitas foram realizadas em dois dias, acompanhadas pelos responsáveis pelas escolas e incluiu tanto escolas da zona urbana como da zona rural de Arari.

Capítulo 2 - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

2.1. Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

O Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) tem como função ser capaz de realizar corretamente a coleta e o armazenamento das águas pluviais de uma região. O fornecimento de água aos usuários deve ocorrer de forma segura. Para que o aproveitamento de água da chuva seja realizado, é preciso que alguns fatores inerentes ao sistema sejam conhecidos.

A coleta e o armazenamento devem atender a critérios técnicos e sanitários, encontrados na NBR 15.527 de outubro de 2007 e na NBR 10.884 de dezembro de 1989, ambas da ABNT. Além dos critérios técnicos, também diferem em cada lugar critérios sociais e econômicos que devem ser levados em consideração. Os critérios socioeconômicos devem considerar o local onde o sistema será inserido, as necessidades e limitações dos usuários envolvidos e os custos e mão de obra envolvidos tanto na etapa de construção quanto nas etapas de manutenção e operação do sistema. As decisões quanto ao sistema a ser implantado devem ser tomadas baseadas em estudos de dimensionamento, recomendações técnicas, estudos de caso anteriores tanto de sucesso como de fracasso e principalmente visando atender às necessidades específicas do local.

Antes de atingir a superfície, a água que precipita está sujeita a fontes de poluição atmosférica, como interferência externa, o clima, condições locais de fauna e flora, uso e ocupação do solo, capazes de causar a sua contaminação. A região em que ele se encontra inserido e sua ocupação fazem com que a água apresente minerais característicos como ferro, alumínio e sílica, em regiões não pavimentadas e sódio, potássio e magnésio em regiões próximas ao oceano, além de poluentes de origem antrópica. Os telhados das edificações acumulam sujeira como sedimentos, folhas, galhos e fezes de animais.

Para a coleta, uma área impermeabilizada a céu aberto necessita de dispositivos que permitam a limpeza de contaminantes provenientes do ambiente, garantindo o funcionamento do sistema atendendo a critérios sanitários. Um sistema de tubulações leva a água do ponto de coleta aos pontos de tratamento e então até o reservatório de armazenamento.

Além da superfície coletora e do reservatório, para o funcionamento de um SAAP instalado em telhados, os componentes necessários podem ser identificados na figura 1.

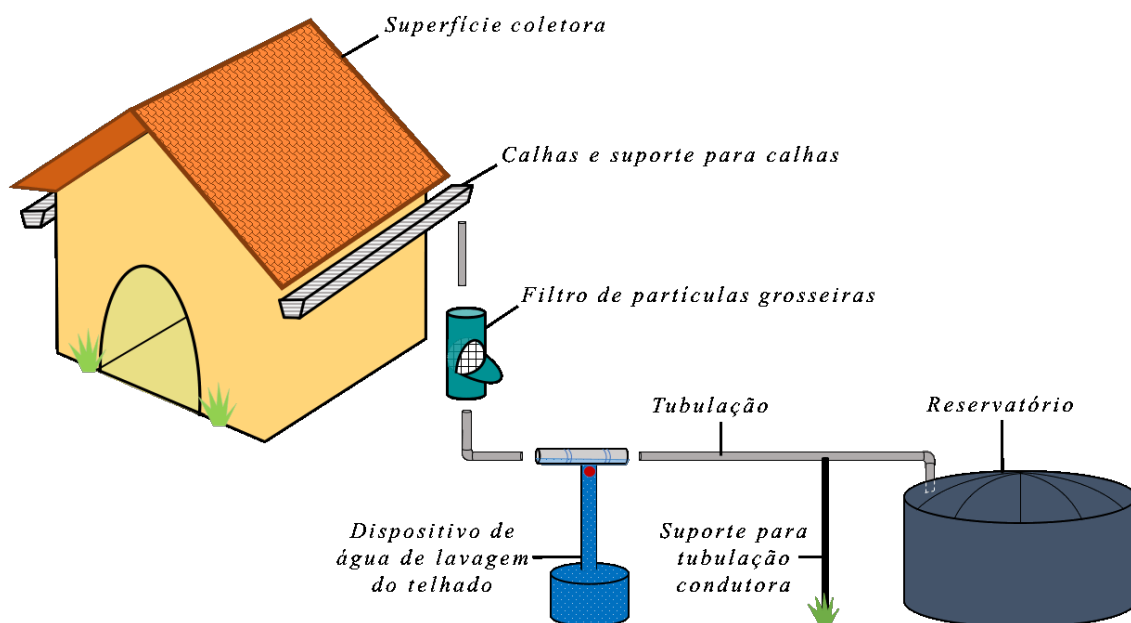


Figura 1 - Componentes para um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP)
Fonte: Autoria própria

2.2. Superfície Coletora

As superfícies comumente escolhidas como coletoras são os telhados ou superfícies localizadas no solo. Influências causadas pelo índice pluviométrico e sua distribuição no tempo, somam-se à área destinada à captação, que quanto maior, mais chuva é capaz de coletar. Para o funcionamento do SAAP é necessário que esta superfície esteja disponível, protegida, se encontre a céu aberto e seja impermeabilizada.

No Brasil, o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), visando beneficiar famílias do Nordeste brasileiro que enfrentam problema de falta d'água, implementou tanto cisternas coletando água captada nos telhados, quanto recebendo calçadões cimentados de 200 m² construídos sobre a superfície do solo. Com esta área e apenas 300 mm de precipitação anual média, o sistema é capaz de alimentar cisternas de 52 mil litros. Além da tecnologia da cisterna calçadão, o mesmo programa implantou como parte de sistemas de aproveitamento de água da chuva tanques de pedra a céu aberto, estes funcionando tanto como superfície coletora quanto como reservatório. (ASA, Ações P1+2). Em comparação

com superfícies no solo, a implantação de SAAP em superfícies de telhados é considerada mais simples e menos vulnerável ao acúmulo de sujeira. O telhado é a principal superfície escolhida para fazer a captação de água da chuva nas edificações. Visando o aproveitamento de estrutura já existente no local, para o presente trabalho será abordado como superfície coletora das edificações o uso de telhados.

Na escolha do telhado adequado, cuidados referentes ao material de que são feitos e de possíveis revestimentos aplicados a sua estrutura devem ser tomados. Os telhados devem ser feitos de materiais atóxicos, evitando a contaminação da água com substâncias tóxicas. Devem ser também não porosos, a fim de evitar a perda de água por evaporação e a retenção de partículas oriundas de deposição atmosférica. Os telhados metálicos, apesar de serem considerados adequados por não reter a água em sua textura lisa, podem se desgastar e gerar resíduos na água como contaminantes. Os telhados de concreto e cerâmica, apesar de atóxicos, são porosos. Seu uso é considerado adequado, mas recomenda-se se possível o revestimento com pintura não tóxica que elimine sua porosidade e reduza as perdas de água e absorção de poluentes.

A área da superfície coletora é calculada pela projeção horizontal das superfícies que compõem a estrutura de captação dos telhados e determina quanto de chuva poderá ser coletada de acordo com a pluviometria local. Desta forma, o valor da área a ser utilizada nos cálculos pode ser estimado medindo-se a sombra projetada no terreno quando o sol está a pino, por exemplo, o que inclui os beirais. A projeção horizontal da superfície está representada na figura 2.

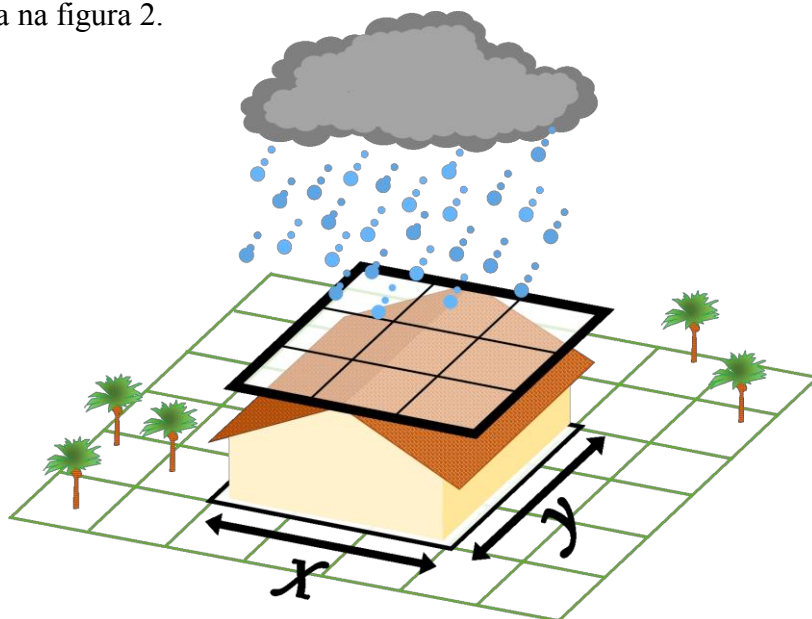


Figura 2 - Cálculo da área de contribuição do projeto pela projeção horizontal da superfície coletora

Fonte: Autoria própria

Parte da água que precipita não pode ser aproveitada, pois não escoar pela superfície de captação e é perdida. Este coeficiente a perder varia com o material da superfície. No dimensionamento do SAAP, o valor utilizado para representar esta perda é o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de runoff, que é a relação entre a água que escoar e a água que precipita. Na tabela 1 podem ser identificados os coeficientes de escoamento superficial para diferentes tipos de material utilizados na superfície coletora. O valor de $C = 0,8$ é uma boa estimativa e significa uma perda de 20% da água precipitada.

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial de acordo com o material da superfície coletora e com autores

| MATERIAL | COEFICIENTE DE ESCOAMENTO | AUTORES |
|-----------------|----------------------------------|---|
| Telha cerâmica | 0,80 a 0,90 | Hofkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004) |
| | 0,75 a 0,90 | Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999) |
| Telha esmaltada | 0,90 a 0,95 | Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999) |
| Telha metálica | 0,70 a 0,90 | Hofkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004) |
| | 0,85 | Khan (2001) |
| Plástico | 0,94 | Khan (2001) |
| Betume | 0,80 a 0,95 | Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999) |
| Telhados verdes | 0,27 | Khan (2001) |
| Pavimentos | 0,40 a 0,90 | Wilken (1978) apud Tomaz (2003) |
| | 0,68 | Khan (2001) |

Fonte: Anecchini, 2005

2.3. Calhas e Suporte para calhas

Os materiais das calhas podem ser chapas galvanizadas, ligas de alumínio e plásticos. É importante que o dimensionamento e a instalação de calhas e condutores verticais sejam feitos com atenção para que não ocorra um sub-dimensionamento do sistema e, conseqüentemente, uma redução significativa na eficiência de coleta. As calhas e condutores verticais deverão obedecer às normas brasileiras de instalações prediais de águas pluviais, NBR 10.844 de dezembro de 1989 da ABNT.

É importante observar que para o dimensionamento das calhas e condutores, a norma não leva em conta o coeficiente de escoamento superficial C . A vazão de projeto a ser atendida e a declividade necessária para proporcionar o escoamento da água coletada fornecem o diâmetro das calhas.

De acordo com a NBR 10.844/89, para o cálculo da vazão de projeto, usa-se:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m²)

O dimensionamento das calhas pode ser feito através da fórmula de Manning-Strickler.

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{R_H^2 \cdot \sqrt{i}}}{n}$$

onde:

Q = vazão da calha (l/min)

S = área de seção molhada (m²)

Rh = raio hidráulico = S/P (m)

P = perímetro molhado (m)

i = declividade da calha (m/m)

n = coeficiente de rugosidade

K = 60.000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min)

A determinação da intensidade pluviométrica I deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração da precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais. O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo 5 anos, para coberturas e/ou terraços. A duração de precipitação deve ser fixada em t = 5 min.

De acordo com a Norma, além do dimensionamento da vazão e do coeficiente de rugosidade, as calhas, condutores e superfícies horizontais deverão ter declividade mínima de 0,5%. A tabela 2 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 2 - Coeficiente de rugosidade dos materiais usados para calhas

| Material | n |
|--|-------|
| plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos | 0,011 |
| ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| cerâmica, concreto não-alisado | 0,013 |
| alvenaria de tijolos não-revestida | 0,015 |

Fonte: ABNT NBR 10.844/89

Para calhas retangulares, a largura da calha é definida em função do comprimento do telhado, sendo o comprimento do telhado a medida na direção do escoamento da água. Deve ser respeitada a relação de altura correspondente à metade da largura, como apresentado na tabela 3 e na figura 3.

Tabela 3 - Dimensão mínima de calhas retangulares em função do comprimento do telhado

| Comprimento do telhado (m) | Largura da calha (m) |
|----------------------------|----------------------|
| Até 5 | 0,15 |
| 5 a 10 | 0,20 |
| 10 a 15 | 0,30 |
| 15 a 20 | 0,40 |
| 20 a 25 | 0,50 |
| 25 a 30 | 0,60 |

Fonte: Azevedo Netto e Vanderley de Oliveira Melo, 1988

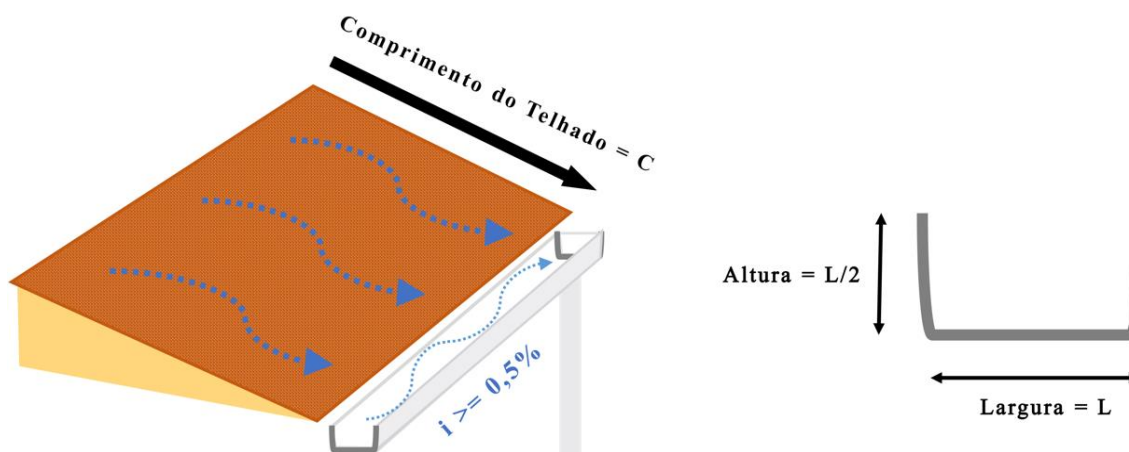


Figura 3 - Representação do dimensionamento de calhas retangulares a partir do comprimento do telhado

Fonte: Autoria própria

2.4. Filtro de sedimentos grosseiros

Os telhados das edificações durante os períodos secos acumulam sujeira como sedimentos, folhas, galhos e fezes de animais. A entrada destes poluentes no sistema deve ser evitada com a instalação de telas ou filtros que impeçam sua passagem. Em geral são dispositivos simples que devem ser instalados na calha ou no tubo de descida de forma que seja possível sua limpeza. Para retirar folhas utilizam-se telas de ¼ polegadas ao longo do comprimento da calha. Uma peneira feita com material não corrosivo e abertura de 6 mm a 13 mm é capaz de impedir a entrada de folhas e outros materiais. Para mosquitos a abertura deve ser de no máximo 0,315 mm.

Os filtros podem ser do tipo caseiro, mas o mais prático e confiável é usar filtros comerciais. Outros dispositivos simples que podem ser instalados no tubo de descida são cestos ou um pedaço de tecido de nylon colocado na boca do tubo. Exemplo de filtro caseiro e comercial podem ser observados nas figuras 4 e 5, respectivamente.

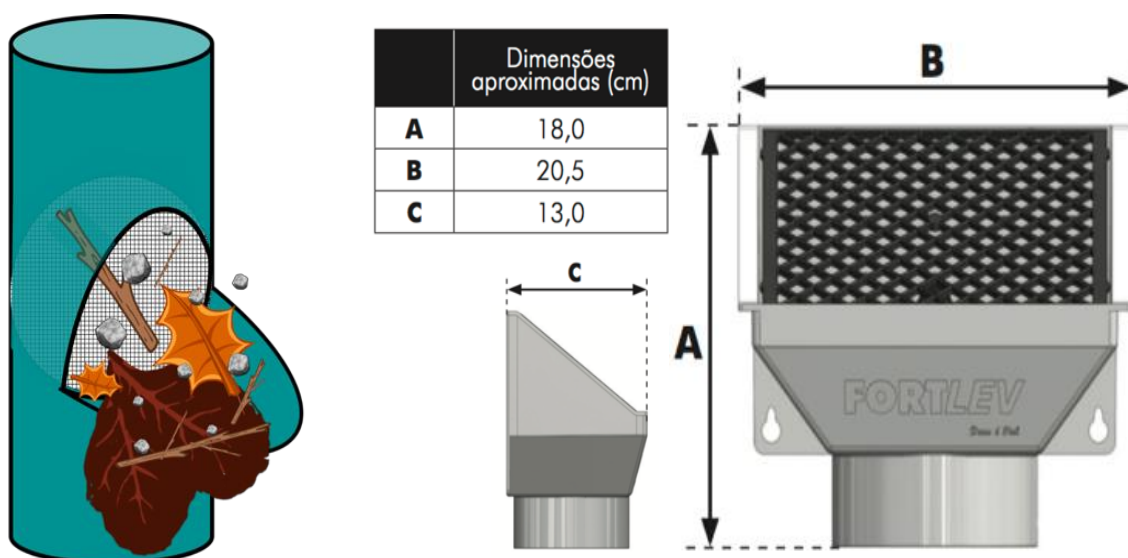


Figura 4 - Exemplo de filtro caseiro de sedimentos grosseiros

Fonte: Autoria própria

Figura 5 - Filtro comercial Fortlev para telhados de até 100 m² e vazões de 10000L/h

Fonte: Catálogo Fortlev - Separador de folhas

A manutenção do dispositivo, com a retirada das folhas e sedimentos que se acumularem no sistema é importante de ser garantida. É recomendado que a limpeza da peneira seja feita frequentemente.

2.5. Dispositivo *First-Flush* ou de Primeira Descarga

As águas pluviais podem estar sujeitas a diversas fontes de poluição, dependendo principalmente das condicionantes ambientais naturais ou antrópicas. Além das possíveis fontes de contaminação externa e da possibilidade de contaminação pelo próprio desgaste do material da cobertura, existe a contaminação da água pela deposição seca proveniente da atmosfera na superfície. Com o passar dos dias sem haver precipitação, ocorre o acúmulo de sujeira nos telhados.

Quando ocorre a chuva e conseqüentemente o carreamento destes poluentes, temos que a peneira é capaz de retirar folhas, pedaços de madeiras e alguns insetos. Contudo, a peneira não é capaz de reter todos os contaminantes biológicos e químicos. Exemplos de contaminantes que não ficam retidos nos filtros e podem ser encontrados são as fezes de passarinhos, pombos, ratos, morcegos e outros animais, bem como poeiras, revestimento do telhado, fibrocimento, metais e tintas. Para evitar problemas de contaminação presentes na água, o volume de chuva nos primeiros minutos não deve ser captado. Sua função passa a ser de limpeza da superfície coletora, carreando os poluentes que se acumularam no tempo e preparando o telhado para uma coleta segura da água. A essa água de lavagem dá-se o nome de *first-flush* ou água de primeira lavagem e, devido aos riscos associados ao seu uso em geral, seu destino normalmente é o descarte.

É importante notar a importância do ato de separar a água de lavagem do telhado da água que segue para o reservatório e as conseqüências negativas de negligenciar esta separação. O Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC) não inclui um sistema dedicado ao desvio das primeiras águas. Os usuários da cisterna se limitam a desacoplar um dos tubos condutores próximos à superfície coletora e retirar as primeiras águas de forma manual. No entanto, esse sistema apresenta limitações claras comprovadas. As conclusões são baseadas em um estudo da publicação "Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano", de 2015, com o recolhimento de várias amostras de água de cisternas em várias escolas de Alagoas que receberam sistema de captação de água da chuva e faziam separação manual da água de lavagem de acordo com instruções passadas pelo programa. Estas amostras foram recolhidas a cada duas semanas durante 5 meses da estação seca, nos reservatórios de oito escolas. As amostras foram submetidas a análise para se constatar a presença de coliformes fecais.

Os resultados apresentados foram:

“100% das escolas que sempre retiravam a tubulação para que não houvesse contato com a água contaminada do telhado (2 das 8 escolas entrevistadas), não apresentava coliformes fecais em nenhuma das 23 amostras analisadas, enquanto que nas escolas onde não se realizou tal procedimento (4 das 8 cisternas), o percentual acusou 61% de coliformes fecais, em 38 análises realizadas. Enquanto isso, as duas escolas que realizaram “às vezes” o processo de retirada, apresentaram bactérias em 36% das amostras analisadas. “

(Fernandez *et al.*, 2015, p. 80)

Portanto, dados consistentes de consequências diretas causadas à qualidade da água nos reservatórios devido à ausência de operação ou operação incorreta do dispositivo de separação de água de lavagem são apresentados. Além disso, os resultados indicam que a retirada da água de lavagem tem se mostrado ferramenta essencial na obtenção de água livre de contaminação fecal no reservatório e dentro de parâmetros aceitáveis para ser tratada e consumida. As conclusões finais apresentadas são de que o dispositivo para a descarga da água de lavagem da superfície deve estar previsto em todos os projetos similares de uso de água da chuva nas escolas e é essencial para garantir o fornecimento de uma água com qualidade para os beneficiários.

“Escolas que sempre retiraram as primeiras águas das suas cisternas reduziram a quase zero a presença de coliformes fecais. Por conseguinte, garantir a retirada dessas primeiras águas é crucial em projetos baseados em sistemas de coleta das águas de chuva. “

(Fernandez *et al.*, 2015, p. 90)

É importante lembrar que o termo “coliformes fecais”, usado no estudo, não está mais em uso por englobar um grupo de bactérias que podem ser encontradas também no solo, sem que tenha ocorrido contaminação fecal. Atualmente, a análise indicada para avaliar contaminação de origem fecal é pela detecção de coliformes do grupo termotolerantes, estes sim podendo ser apresentados como indício de presença de fezes de animais de sangue quente, incluindo humanos. O estudo apresenta esta explicação, contudo não faz uso do termo adotado mais recentemente.

Na ausência de um funcionário para manipular o sistema no momento da chuva, as chances de que o descarte não seja feito corretamente podem se elevar caso o sistema dependa da intervenção. No mesmo estudo de Alagoas, foi constatado que entre as amostras que apresentaram contaminação fecal, em 57% dos casos as escolas se

encontravam fechadas e em 23% as escolas se encontravam abertas, mas fora do período escolar, portanto, fora de seu funcionamento. Por isso, é importante considerar a instalação de um sistema que seja autônomo, ou ao menos que não esteja completamente atrelado à presença de um usuário no momento da chuva, havendo tempo para que alguém capacitado para operar o sistema chegue ao local sem que a qualidade da água seja prejudicada.

O princípio de funcionamento para dispositivos de descarte de água da chuva que funcionam de forma automática é simples e faz com que a quantidade correta de água a ser descartada seja desviada do curso do reservatório e separada. Com a separação da água de limpeza, o dispositivo já dimensionado se enche e, a partir do momento em que a quantidade ideal de água a ser descartada é atingida, a entrada de água se fecha, e a chuva mais limpa vinda em seguida passa a seguir caminho até o reservatório, ao invés de ser desviada para o dispositivo, como pode ser observado na figura 6.

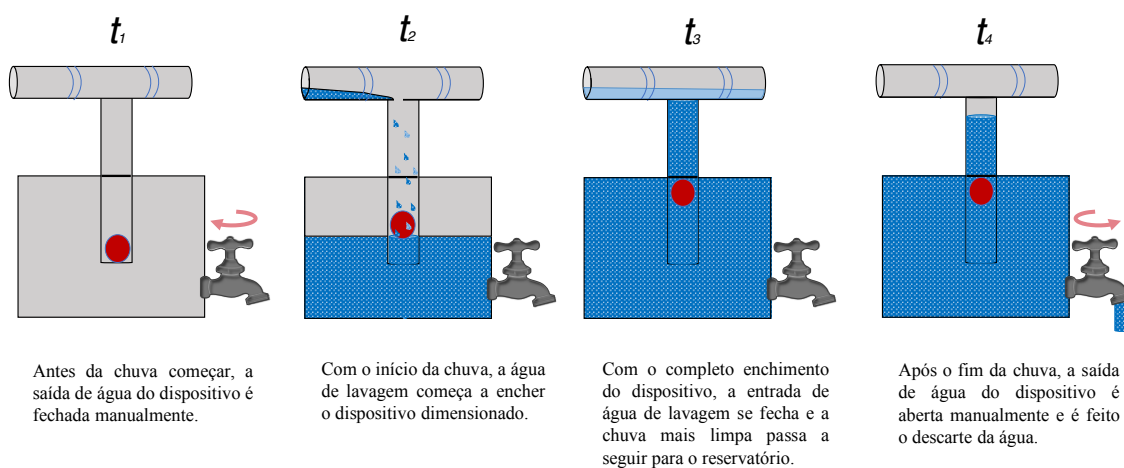


Figura 6 - Funcionamento de dispositivo para separação e descarte da água de lavagem da superfície coletora
Fonte: Autoria própria

O volume de água recomendado a ser descartado varia de acordo com a situação e é objeto de divergência entre as fontes de informação na literatura especializada. A quantidade de poluição é influenciada pela ocupação do local e do regime pluviométrico que garante uma limpeza mais ou menos constante na área. Segundo o trabalho “*Guidance on the use of rain watertanks*” (1998), o volume a ser descartado fica entre 20 e 25 litros para 100m² de área de coleta, ou o mesmo que 2 a 2,5 litros para 1 m² de área coletada. Para uma taxa de contaminação muito baixa ou muito alta, os valores adotados podem divergir, variando entre 0,5 mm até 8 mm, ou seja, de 0,5 a 8 litros de água da chuva descartada para cada 1 m² de área de telhado para locais com alta contaminação. (Thomaz, 2000 apud *American*

Rainwater Catchment, 2009). A figura 7 traz uma referência de como é calculado este volume a partir da projeção horizontal da superfície coletora e da altura de chuva a ser descartada.

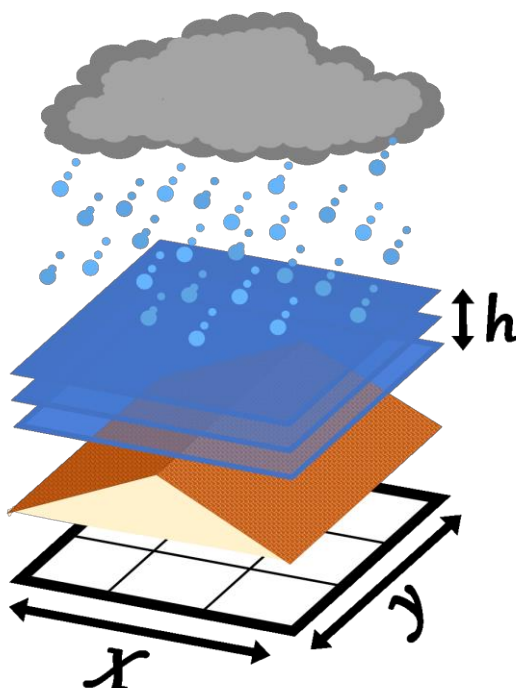


Figura 7 - Representação do volume de chuva coletado formado por sua altura em mm e a área de coleta considerada
Fonte: Autoria própria

A partir da NBR 15.527 de 2007:

"Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial. "

(NBR 15.527/07)

Este valor se encontra dentro do valor adotado pela American Rainwater Catchment de janeiro de 2009 e retorna um descarte de *first-flush* no valor de 2 l/ m² de área de telhado. De acordo com o estudo "Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano", em áreas rurais localizadas distantes das áreas industriais, onde não é encontrada poluição atmosférica, a água da chuva possui qualidade aceitável para consumo humano devido ao processo natural de destilação do ciclo da água. Contudo, é importante que estudos sejam realizados a fim de avaliar o quanto a poluição no local pode afetar o sistema e determinar um valor apropriado das primeiras águas a serem descartadas. A tabela 4 traz um exemplo dos diferentes volumes que devem ser descartados de acordo com a área da superfície coletora e com a altura de água escolhida para o local, variando entre 1 mm e 8 mm.

Tabela 4 - Volumes de descarte da água de lavagem para a altura escolhida e a área da superfície coletora

VOLUME DA ÁGUA DE LAVAGEM (L)

| Área do telhado (m ²) | Altura do descarte de <i>first-flush</i> (mm) | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 mm | 2 mm | 3 mm | 4 mm | 5 mm | 6 mm | 7 mm | 8 mm |
| 10 m ² | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 25 m ² | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
| 50 m ² | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| 100 m ² | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| 200 m ² | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 |
| 300 m ² | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 | 2100 | 2400 |
| 400 m ² | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 | 2400 | 2800 | 3200 |
| 500 m ² | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| 600 m ² | 600 | 1200 | 1800 | 2400 | 3000 | 3600 | 4200 | 4800 |
| 700 m ² | 700 | 1400 | 2100 | 2800 | 3500 | 4200 | 4900 | 5600 |
| 800 m ² | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6400 |
| 900 m ² | 900 | 1800 | 2700 | 3600 | 4500 | 5400 | 6300 | 7200 |
| 1000 m ² | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 |

Fonte: Autoria própria

2.6. Suporte para tubulação condutora

Devido ao comprimento da tubulação a ser percorrida da calha até o reservatório, muitas vezes se faz necessário a colocação de um suporte no tubo, a fim de mantê-lo erguido. A falta de inclusão do suporte no orçamento somado a tomada de decisão incumbida aos pedreiros acarretou ao PIMC a instalação de suportes improvisados das mais variadas tipologias a fim de atender à necessidade detectada, como pode ser observado em um exemplo da figura 8.

De acordo com a publicação "Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano", assim como ocorre com o dispositivo de retirada das primeiras águas, por não estarem inclusos os suportes no orçamento, sua inclusão de forma apropriada se torna difícil de ser garantida, ficando a critério dos obreiros a instalação ou não da peça e da forma que se considera a mais adequada.



Figura 8 – Foto de suporte colocado de forma improvisada para apoiar a tubulação
Fonte: Celso Calheiros

Em muitos casos, a solução adotada se mostrou incapaz de cumprir o seu papel adequadamente, levando a um colapso do sistema, com a queda da tubulação. De acordo com as conclusões do estudo com relação à ausência de material para realizar a construção de um suporte adequado, aliado aos problemas relatados consequentes desta ausência, é importante que o suporte passe a figurar entre os materiais do sistema tanto para fins orçamentários como no detalhamento do projeto, devendo ficar a critério do responsável pela obra, excluí-lo, caso seja detectado corretamente sua dispensabilidade.

2.7. Reservatório

Após coletada, a água deve ser devidamente armazenada para uso posterior. As opções ideais para armazenamento diferem para cada lugar e são influenciadas por critérios técnicos, sociais e econômicos. O reservatório é parte essencial no sistema. Quanto maior, mais chuva pode ser armazenada, contudo mais caro ficará o sistema. É importante salientar que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda e nem sempre toda a água precipitada poderá ser coletada. Fatores socioeconômicos estão relacionados em várias narrativas como determinantes na escolha do reservatório e no sucesso e continuidade de uso do sistema de aproveitamento de água da chuva. Para uma escolha consciente, deve-se considerar a mobilidade, acessibilidade e durabilidade das opções. A escolha da melhor forma de armazenamento difere para cada localidade. A disponibilidade de espaço e ocupação do entorno são determinantes no posicionamento do reservatório e na escolha da solução mais adequada.

No local de implantação do reservatório, é preciso evitar locais próximos a árvores e arbustos, de forma a evitar o contato de suas raízes com as paredes da cisterna. A cisterna também deve manter uma distância mínima entre 10 e 15 metros de locais como currais, fossas, latrinas e depósitos de lixo, para que não ocorra contaminação da água. O reservatório inferior pode ser de diferentes materiais e ser disposto de diferentes maneiras. Podem ser enterrados, semienterrados ou na superfície, como representado na figura 9. Os tanques instalados na superfície ou semienterrados são mais fáceis de serem instalados e sofrerem manutenção. Contudo, ocupam espaço e estão sujeitos a contaminação por animais e insetos. Estes problemas não ocorrem nos tanques enterrados, porém a instalação e manutenção são mais difíceis. Reservatórios enterrados ou parcialmente enterrados tem como fator favorável para a sua resistência estrutural as pressões da terra compensando parcialmente as pressões hidrostáticas horizontais da água. (Fernandez *et al.*, 2015)

Além das vantagens e desvantagens apresentadas para a escolha da melhor forma de implantação do reservatório, muitas vezes há restrições com relação à área e ao terreno disponível no local.

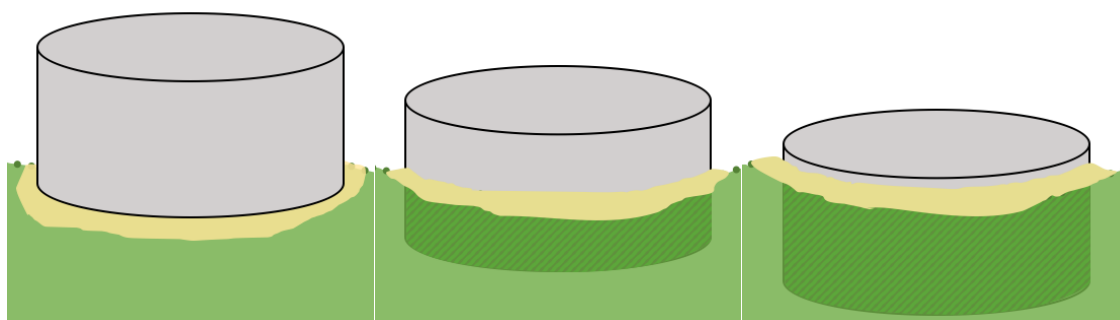


Figura 9 – Reservatório apoiado, semienterrado e enterrado
 Fonte: Autoria própria

Quanto ao tipo de material da cisterna, este pode ser de plásticos como fibra de vidro e polietileno, metal, concreto e madeira. O *The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005)* lista os principais materiais e as vantagens e desvantagens de cada um deles, conforme são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de reservatórios com análise de vantagens e desvantagens

| Material | Vantagens | Desvantagens |
|---------------------|------------------------------------|--|
| Plástico | | |
| Fibra de vidro | Comercialmente acessível removível | Deve ser colocada em local plano e liso |
| Polietileno | Comercialmente acessível removível | UV degradável, deve ser pintado ou enterrado. |
| Metal | | |
| Tambores de aço | Comercialmente acessível removível | Não pode ser aproveitado de materiais tóxicos. Suscetível à corrosão e ferrugem |
| Aço galvanizado | Comercialmente acessível removível | Suscetível à corrosão e ferrugem. Devem ser revestidos para uso potável. |
| Concreto | | |
| Concreto armado | Durável e irremovível | Pode quebrar |
| Bloco de concreto | Durável e irremovível | Dificuldade de manter |
| Construído no local | Durável e irremovível | Pode quebrar |
| Madeira | Durável, removível e atrativo. | Caro, antiecológico |

Fonte: The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005)

No planejamento do reservatório, é importante que cuidados sejam tomados e detalhes pensados. Seu material deve impedir a entrada de luz para evitar a proliferação de algas. Tanto na entrada de água como no extravasor, telas devem ser instaladas, impedindo a

entrada de pequenos animais e insetos. Para possibilitar que sejam feitas inspeções e limpeza, deve existir uma abertura para visita. A manutenção do reservatório deve ser possível. A chegada da água ao reservatório deve ser feita de forma não turbulenta evitando suspender o lodo depositado no fundo. A retirada deste lodo e a limpeza do reservatório deve ser feita uma vez por ano.

Nos programas anteriormente implantados na região Nordeste do Brasil, a escolha dos reservatórios se limitou a duas opções. A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), empresa pública responsável por promover a revitalização e o desenvolvimento das bacias dos rios São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim, fez em alguns locais a implantação de cisternas de polietileno, com capacidade de 16 mil litros, como apresentada na figura 10. Após adquiridas, para uso basta somente a implantação do sistema no local selecionado e preparado previamente pela equipe.



Figura 10 – Reservatório apoiado da CODEVASF de 16 mil litros instalado pelo Programa 1 Milhão de Cisternas em Arari - MA

Fonte: Autoria própria

Quando não usada a cisterna pré-fabricada, os programas da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) voltados para uso de água da chuva, adotaram como reservatórios cisternas de placa de concreto, construídas por mão de obra, preferencialmente local, treinada especificamente para isto. As placas pré-moldadas podem ser construídas em

pequenos centros de produção, pois requerem um volume considerável de água para cura do concreto, que pode não estar disponível em casas isoladas. O processo pode ser observado nas figuras 11 e 12.

Figura 11 – Centro de construção de placas de cimento para a cisterna



Fonte: INAPEM



Figura 12 – Construção da cisterna de placas

Fonte: INAPEM

Após construída, a cisterna de placas deve ser enchida duas vezes. Uma a fim de realizar sua higienização e outra a fim de garantir que a cisterna finalizada possua água e evitar que se fissure. Sua capacidade é maior, 52 mil litros. A escolha desta tecnologia traz redução de custos em comparação a reservatórios já prontos e contribui para o envolvimento da comunidade no projeto, gerando emprego e trazendo novos conhecimentos aos envolvidos. Contudo, de acordo com a publicação “Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano”, foram detectados problemas de origem técnica nas cisternas construídas com placa. As causas dos problemas são na maioria dos casos decorrentes da ausência de um projeto técnico detalhado, ausência de corpo técnico

responsável por fiscalizar e identificar falhas na construção, como acabamento irregular, e falhas nas instruções passadas aos pedreiros. Além disso, foi detectada insatisfação por parte do corpo executivo do projeto com relação ao pagamento recebido. O valor pago para a implantação de ambos os sistemas, tanto cisterna de placas como cisterna de plástico, foi o mesmo. Contudo, o trabalho necessário em cada caso foi discrepante, considerado muito maior no caso de cisternas que foram construídas. Como efeito, foi detectado que muitas cisternas tiveram sua qualidade comprometida, pelo chamado “pedreiro rápido“. Além dos problemas acima, as cisternas de placa implantadas pelo PIMC apresentaram problemas quanto ao espaço necessário em sua entrada para que seja feita a sua limpeza. As amostras de água avaliadas pelo estudo realizado em Alagoas demonstraram que a falta de manutenção aliada a presença do cimento usado na construção do reservatório fez com que fosse encontrado pH acima de 8,0 em 85% das amostras. O alto pH traz como consequência alta taxa de ineficiência no tratamento realizado com cloro, método este acessível e necessário para o uso da água.

A fim de evitar os problemas encontrados em cisternas de placas, bem como não ir de encontro à limitação volumétrica das cisternas de plástico, pode ser feita a implantação em série de múltiplas cisternas prontas, de forma que a demanda de água a ser suprida não seja prejudicada pela limitação na capacidade. Cisternas comerciais de várias marcas com finalidade similar às implantadas pela CODEVASF podem ser encontradas de várias dimensões e ligadas em série, como mostrado na figura 13. O produto deve ser instalado apoiado em uma base rígida.

Reservatórios fabricados conforme Normas NBR 14799 e 15682 da ABNT. Procedimentos de instalação conforme Normas NBR 14800 e 5626 da ABNT.

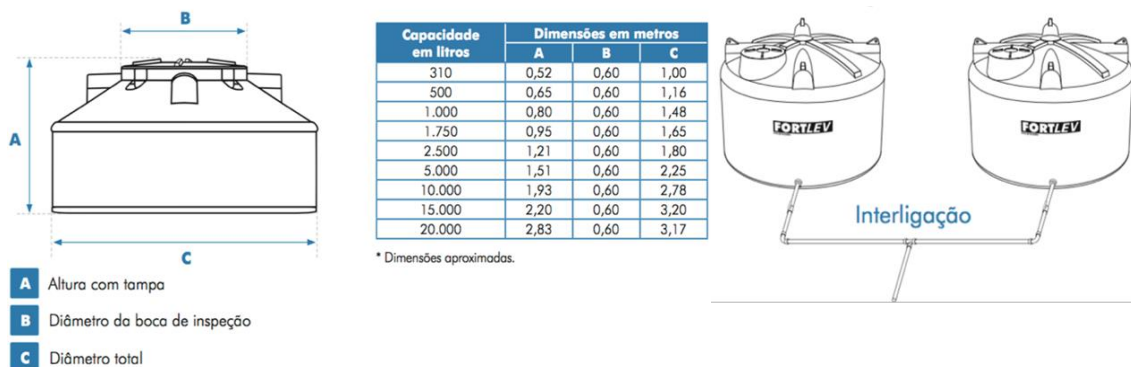


Figura 13 - Tanque de armazenamento da marca Fortlev com exemplo de local para a instalação e possibilidade de interligação para instalação em série do produto.

Fonte: Catálogo Fortlev - Tanques Fortplus

De acordo com a NBR 15.527 de 2007, alguns métodos podem ser usados para que seja feito o dimensionamento desse reservatório. A NBR 15.527/07 cita o Método de Rippl, Azevedo Neto, Método da Simulação, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Os métodos trazem resultados discrepantes entre si e a escolha do resultado mais adequado varia em função do objetivo final, além das considerações referentes a cada uma das opções dadas. Ademais, existem modelos que podem se adequar melhor a cada situação.

A. Método de Rippl

No método de Rippl usa-se uma série sintética de precipitações mensais. Quanto maior o tempo de dados, volumes maiores dos reservatórios serão encontrados. Para se aplicar o método, as precipitações se transformam em vazões que se dirigem ao reservatório.

O método supõe que o reservatório no início está cheio e que a retirada de água é supostamente constante. Entretanto, há uma série de críticas sobre sua utilização, baseadas principalmente no fato de esse método ter sido desenvolvido, a princípio, para grandes reservatórios, o que acarretaria uma superestimava do volume a ser reservado. Apesar disto, é bom usar o método para verificar o limite superior do volume do reservatório.

Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{Área de captação}$

$V = \sum S_{(t)}$, somente para valores $S_{(t)} > 0$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

B. Método da Simulação

No método da Simulação, um reservatório com volume pré-definido simula o comportamento da água armazenada ao longo da série histórica estudada, sendo obtidos os meses em que o reservatório é capaz de atender ou não à demanda. Assim como o método de Rippl, neste método é considerado que o reservatório escolhido está cheio no início da simulação. Durante o primeiro mês analisado, volume de água consumido é subtraído e o volume de água captado é somado. A partir do segundo mês, o volume inicial contabilizado é o resultante do balanço hídrico do mês anterior. O balanço acontece deste modo até o final da série histórica considerada. Enquanto Rippl parte do princípio que a demanda de água deve ser totalmente suprida com o volume armazenado, a Simulação avalia o comportamento do reservatório sugerido.

Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

C. Método de Azevedo Neto

No método Azevedo Neto, o volume do reservatório é dimensionado por meio da multiplicação das médias dos totais anuais de precipitação pela área de captação, pela quantidade de meses com pouca chuva e pelo coeficiente 0,042. O coeficiente 0,042 existe para assegurar que o tempo máximo de retenção da água na cisterna seja de aproximadamente 15 dias durante um ano. (Marconi, 2013 apud ANQUIP, 2009)

Este método não considera a demanda de água pluvial. Deste modo, o mesmo volume de reservatório comparado com crescentes demandas de água, resulta em um decréscimo da garantia de abastecimento.

O volume da chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P é a precipitação média anual (mm);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

D. Método Prático Alemão

O método Prático Alemão é um método empírico onde o volume do reservatório de água de chuva é 6% do menor valor entre a demanda de água pluvial anual e o volume de água de chuva aproveitável durante um ano. O coeficiente 0,06 é utilizado para que a água pluvial não fique retida mais de 22 dias (Marconi, 2013 apud ANQUIP, 2009). Com este método, os reservatórios gerados aumentam em relação a consumos maiores. Contudo, isto ocorre apenas se o volume de água captável for maior que a demanda.

$$V_{\text{(adotado)}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06 \text{ (6\%)}$$

$$V_{\text{(adotado)}} = \min (V; D) \times 0,06$$

Onde:

V é o volume aproveitável de água da chuva anual (L);

D é a demanda anual da água não potável (L);

V_(adotado) é o volume de água no reservatório (L).

E. Método Prático Inglês

Com o método Prático Inglês, o reservatório é dimensionado ao se multiplicar a média dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e pelo coeficiente 0,05, que garante que a água fique retida até 18 dias na cisterna (Marconi, 2013 apud ANQUIP, 2009). O método Prático Inglês não considera a demanda de água. Para superfícies coletoras maiores, os volumes de reservatórios obtidos aumentam, uma vez que esta é a única variável considerada.

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de coleta em projeção (m²);

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

Assim como o Azevedo Neto e o Alemão, este método não considera o balanço hídrico dentro do reservatório, somente o número máximo de dias que a água fica armazenada. Com isso, o volume varia somente com a alteração da área da superfície coletora e do regime pluviométrico da região. Portanto, nestes casos, para um mesmo cenário, o aumento da demanda acarreta uma diminuição dos níveis de garantia de abastecimento da cisterna.

F. Método Prático Australiano

Para dimensionar um reservatório com o método Prático Australiano, é fixado um volume do reservatório inicial e verifica-se sua confiabilidade de abastecimento, adequando o volume do reservatório por tentativas até alcançar a garantia de abastecimento desejada. Este método determina que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%. A garantia é calculada com base nos meses do ano nos quais o volume do reservatório não se mostra suficiente para suprir as demandas mensais.

O volume da chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal (mm);

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta (m²);

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}$$

Onde:

Q_(t) é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_(t) é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

V_(t-1) é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

D_(t) é a demanda mensal;

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}) < 0$, então o $V_{(t)} = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$P_r = N_r / N$$

Onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_{(t)} = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

2.8. Bombas

Para que a água seja retirada do reservatório, a opção mais segura é que seja instalado um sistema de bombeamento manual ou automático. Além da aquisição da bomba para o sistema, seu funcionamento depende de infraestrutura e gastos com o fornecimento de energia elétrica. Para reservatórios enterrados, devido a impossibilidade de acesso à água, o sistema de bombeamento é necessário. O uso de bombas reduz o contato da água com baldes, cordas e outros elementos, e garante um nível baixo de contaminação no processo de extração da água armazenada nas cisternas. Se a arquitetura do telhado permitir, a instalação do reservatório pode ser feita abaixo dele, de modo a evitar gastos com um sistema de bombeamento. Em seu estudo de 2015, Fernandez *et al.* avaliou o sistema de bombeamento instalado em 19 cisternas escolares implantadas em Alagoas. A bomba utilizada em todas foi a Carcará II, desenvolvida pela CONDRI como tecnologia social a ser implantada no semiárido. As conclusões foram de que 42% delas não estavam em funcionamento devido à problemas principalmente relacionados a falta de fixação dos tubos e durabilidade de peças móveis.

“Tais resultados enfatizam a necessidade de capacitação de uma equipe técnica especializada neste tipo de bombas manuais, para atender à crescente demanda desta tecnologia em uma região onde o sistema de captação de águas de chuva está em ascensão, e igualmente há também a necessidade de desenvolver tecnologias sustentáveis para extração da água dos locais de armazenamento.”

(Fernandez et al., 2015, p. 53)

Em caso de ausência de sistema similar ou falha, a solução que tem sido implantada pela população tem sido a introdução de baldes no reservatório. A introdução de objetos para a remoção da água, mesmo que provisoriamente, tem como principal problema a possibilidade de contaminação da água. Além de ser mantido limpo e isolado de contato com o chão, de acordo com o manual elaborado pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) “Saneamento Domiciliar – Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares“, de 2014, no caso de captação e armazenamento de água da chuva, o balde de água destinado a pegar água da cisterna deve ser usado somente com esta finalidade. Contudo, as conclusões de Fernandez *et. al.*, são de que:

“A bomba desempenha um papel essencial para a prevenção da contaminação na extração da água das cisternas”

(Fernandez et al., 2015, p. 63)

2.9. Tratamentos para uso potável

De acordo com a NBR 15.527 de 2007, o uso de água da chuva deve se restringir a fins não potáveis, segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 2004, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A NBR traz também que "O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626."

Localizada no estado do Maranhão, onde 53% dos municípios alegam enfrentar problemas na seca, Arari e muitas outras partes da região Nordeste, consomem a água acessível que aparente a melhor qualidade. Apesar da lei impedindo o uso potável da água da chuva sem que ocorra tratamento prévio, no Brasil o uso já é feito em zonas rurais afastadas dos centros industriais onde não se dispõe de dispositivos de tratamento de água ou de filtração e o acesso à água é remoto, sendo a água coletada da chuva muitas vezes a que apresenta estas características. Contudo, existem tratamentos que podem ser usados para tornar a água da chuva própria para consumo, mesmo tendo que ser mantida em uma instalação predial separada. Os filtros de descida, dispositivos de *First-Flush* e higienização do telhado são suficientes para o uso não potável, como irrigação de jardins e lavagens de pisos e vasos sanitários.

Para fins potáveis, é necessário um tratamento mais apurado, retirando sedimentos e organismos patogênicos. Portanto, posterior às ações que criam uma barreira física aos possíveis contaminantes, o tratamento deve ser aplicado visando às contaminações que não foram evitadas. Em geral, recomenda-se a realização de processos de tratamento mais completos, como a filtração e a desinfecção. Para comunidade de baixa renda recomenda-se sistemas simples de tratamento em filtros de areia ou de carvão ativado. Os filtros podem ser comerciais ou de construção caseira e de instalação diretamente no reservatório. Em todos os casos, a manutenção do equipamento é de extrema importância.

Além da filtração, a desinfecção é de extrema importância para o fornecimento de água com destinação potável. O método mais comumente utilizado para desinfecção no mundo é a cloração (OMS, 1997). De acordo com o "Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o Clorador simplificado desenvolvido pela Funasa" desenvolvido pela Funasa em 2014, dentre os principais produtos desinfetantes, o cloro é o mais indicado em pequenos serviços de abastecimento devido a sua fácil acessibilidade, custo razoável, alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, efeito residual

e ação germicida de amplo espectro, sendo de grande benefício para comunidades rurais, ribeirinhas e indígenas.

Apesar da relação entre a presença de cloro e a formação de compostos potencialmente nocivos à saúde humana, como compostos organoclorados, os riscos relacionados a estes compostos são bem menores quando comparados aos riscos associados a presença de compostos remanescentes de desinfecção inadequada. Podem ser usados produtos à base de cloro líquidos, como hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio, e sólidos, como cloro em pastilha. A quantidade de cloro a ser aplicada na desinfecção depende das condições iniciais da água a ser tratada. De acordo com as recomendações da OMS no “*Guidelines for drinking-water quality*”, o cloro deve ser aplicado em água que apresente um pH menor do que 8,0 e turbidez menor do que 5 NTU. Passados 30 minutos da aplicação, o cloro residual encontrado deve ser de no mínimo 0,5 mg/litro. Valores de cloro residual a partir de 0,5 mg/litro passam a ser detectados pelos usuários. Apesar disto, são aceitáveis valores de até 5 mg/litro. Águas mais alcalinas requerem um tempo de contato mais longo ou um nível de cloro residual maior ao final do tempo de contato para que a desinfecção seja adequada, deixando o tratamento de ser efetivo para pH maiores do que 9,0.

Adicionalmente às técnicas empregadas, de acordo com o estudo apresentado anteriormente por Fernandez *et. al*, à medida que aumenta o tempo decorrido da última chuva, ocorre uma diminuição na presença de bactérias na água, provavelmente causada por morte bacteriana devido à diminuição dos nutrientes e à sedimentação de bactérias no fundo do reservatório.

2.10. Demanda

A demanda de água nas escolas deve considerar as diferentes atividades a serem realizadas. Além de possíveis atividades extras, o crucial é que o cálculo respeite indicadores mínimos técnicos e sanitários. Em uma escola, a água é usada para ingestão e preparo de merenda, para limpeza dos pátios, quadras, salas de aula, cozinha e banheiros, para higiene pessoal, na lavagem de mãos, rosto, objetos de uso pessoal, para rega e manutenção de jardins e hortas e para descarga dos sanitários. Estudos indicam que o modo de execução de atividades que incluem o consumo de água em escolas pode elevar ou diminuir a quantidade de água consumida. Na literatura é constantemente apontado o uso irracional da água em muitas escolas, com altos índices de vazamento e mau uso generalizado do recurso. As causas desta falha incluem falta de conscientização dos

usuários, problemas técnicos incluindo falhas de manutenção e falta de identificação com a necessidade de economizar o recurso. Além disso, o calendário letivo é de grande importância. Escolas que não funcionam no final de semana devem ter contabilizados em média 22 dias úteis por mês, enquanto escolas que tem atividades durante os finais de semana devem ter estas diárias contabilizadas. Meses atípicos, como de férias ou que não tenham muitos dias de aula, devem ser desprezados ou contabilizados devidamente.

A forma com que as atividades que empregam água são realizadas nas escolas podem ser levantadas através de entrevistas e observação nas respostas, sempre permitindo um espaço para respostas abertas. É importante padronizar e dividir as perguntas a serem feitas adequadamente, para facilitar o levantamento das informações, além de disponibilizar tempo suficiente para que a atividade seja realizada corretamente, principalmente para um alto número de escolas. Quando o consumo de água ocorrer em mais de um turno, os valores apresentados estimados para a demanda podem se elevar. A quantidade de água indicada para consumo humano nas escolas varia de acordo com as atividades desenvolvidas, contudo, de acordo com a literatura encontrada, é amplamente aceito que a quantidade de água recomendada para cada aluno durante o funcionamento normal é de 50 litros por dia. (Berenhauser, 1983; Thomaz, 2000; Macintyre, 1996; DMAE, 2004). Contudo, além dos padrões ideais a serem atingidos no fornecimento de água, a OMS apresenta parâmetros de demanda para realidades diferentes desta. Em escolas com escassez de recursos e infraestrutura, onde mudanças simples podem melhorar consideravelmente a higiene e a distribuição da água, as recomendações da OMS indicam uma demanda básica de 5 litros de água por aluno e por funcionário por dia para beber, higiene pessoal, preparo de alimentos e limpeza em geral, além de 10 a 20 litros por pessoa por dia para descarga do vaso sanitário, totalizando 25 litros por dia por aluno e por funcionário, de acordo com a publicação *“Water, sanitation and hygiene standards for schools in low-cost settings”* de 2009.

São contemplados pela OMS locais em situações de emergência extrema, como desastres naturais, acidentes e problemas na ETA, onde haja pouca água disponível, podendo não haver água suficiente para o atendimento às necessidades básicas, e o atendimento à escola seja considerado uma prioridade local. De acordo com os parâmetros emergenciais encontrados na publicação *“Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies”* de 2013 da OMS, a quantidade mínima somente para usos potáveis deve ser de 3 litros por dia para cada criança. Incluindo além dos usos potáveis, as descargas

dos banheiros, acrescenta-se de 3 a 5 litros por usuário por dia. A limpeza exige de 2 a 8 litros de água por dia para cada uma das cabines. Ou seja, para cada criança é necessário no mínimo 6 litros por dia, além de 2 a 8 litros por dia para cada cabine em funcionamento na escola e não há menção aos funcionários. É importante observar que as recomendações são para escolas em situação de emergência e não em condições normais de funcionamento. A mesma publicação sugere que em caso de limitações na quantidade de água de qualidade, em parte das atividades, como rega de jardim e descarga de vaso sanitário, pode-se utilizar água de qualidade inferior. Além disto, fica sugerido na mesma publicação que as comunidades que se encontrem nesta situação façam a inclusão de escolas ou de qualquer outra atividade que se enquadre para eles como entre as prioritárias no recebimento de água em caráter emergencial, mas de acordo com um plano futuro para, gradualmente, ampliar o abastecimento em qualidade e quantidade de água ofertada e no atendimento à mais necessidades.

2.11. Manutenção

Para que quando em contato com o sistema, a água não fique sujeita à contaminação, a escolha dos materiais, o dimensionamento e uma boa instalação dos componentes devem ser seguidos de manutenção e limpeza. Os componentes de origem comercial têm instruções que devem ser seguidas, incluindo a previsão de mão de obra especializada se necessário. Além disso, a manutenção de alguns destes componentes está prevista na norma da ABNT 15.527/07, como mostrado na tabela 6. No planejamento do SAAP, o grau de exposição da água no local a fontes de poluição e a autonomia apropriada a serem considerados são determinantes para a escolha dos componentes e para a adoção de critérios e práticas de segurança. A frequência de manutenções prevista pode ser alterada caso se mostre insuficiente. As manutenções para inspeção e limpeza da maior parte dos componentes do sistema podem ser realizadas pelos operadores responsáveis pelo funcionamento do SAAP ao longo do ano. Instruções quanto a ações de manejo simples, como limpeza e inspeções, ampliam a possibilidade de detecção de falhas e problemas comuns, otimizam a colocação do sistema de volta em funcionamento pleno, reduzem a chance de problemas a longo-prazo e aumentam a sua vida útil do sistema. Para que a função de manutenção do operador seja preservada, é importante que exista um canal de comunicação, caso haja a necessidade de uma intervenção de mão de obra técnica especializada.

Tabela 6 - Frequência de manutenção dos componentes do SAAP

| Componente | Frequência de manutenção |
|---|---------------------------------------|
| Dispositivo de descarte de detritos | Inspeção mensal Limpeza trimestral |
| Dispositivo de descarte do escoamento inicial | Limpeza mensal |
| Calhas, condutores verticais e horizontais | Semestral |
| Dispositivos de desinfecção | Mensal |
| Bombas | Mensal |
| Reservatórios | Limpeza e desinfecção anual |

Fonte: Dados da ABNT NBR 15.527/07

Para a manutenção de componentes como a bomba e o tratamento para fins potáveis, a contratação de mão de obra técnica especializada deve ser considerada de acordo com as especificações a serem atendidas e as melhores opções disponíveis no local. Alternativas podem variar muito, como, por exemplo, com a realização de testes de verificação de cloro residual sendo feitos pelo técnico da ETA da cidade em laboratório ou por testes comerciais feitos no local de uso da água, pelo próprio operador. A geração de efluentes nas operações de limpeza e manutenção de todos os componentes que tenham potencial poluidor deve vir acompanhada de medidas que impeçam o seu lançamento quando em inconformidade com a Legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 2011, assim como a aplicação de pré-tratamento, se necessário.

Para que os alunos, responsáveis, funcionários e pessoas do entorno sejam envolvidas nas ações referentes a coleta, armazenamento e uso da água da chuva, é importante que, como maiores beneficiários e usuários do SAAP, a comunidade seja instruída com relação à importância e potencial da tecnologia, bem como a possível adoção de práticas na utilização e na manutenção do sistema. Atividades relacionadas a familiarização com a tecnologia podem ser conduzidas pelos operadores, caso sejam treinados para isto ou por mão de obra especializada contratada com esta finalidade. A continuidade de ações desta natureza pode ocorrer pela manutenção das intervenções pelos profissionais capacitados e pela inclusão de interessados em ampliar e consolidar este elo, como alunos, funcionários e responsáveis.

Capítulo 3 – Caracterização do local

3.1. Região da Baixada Maranhense

O município de Arari está localizado na região Nordeste do Brasil, pertencente ao estado do Maranhão. Distando 162 km da capital, São Luís, sua localização geográfica está na transição entre dois biomas brasileiros: a Amazônia e o Cerrado e pode ser observada na figura 14.

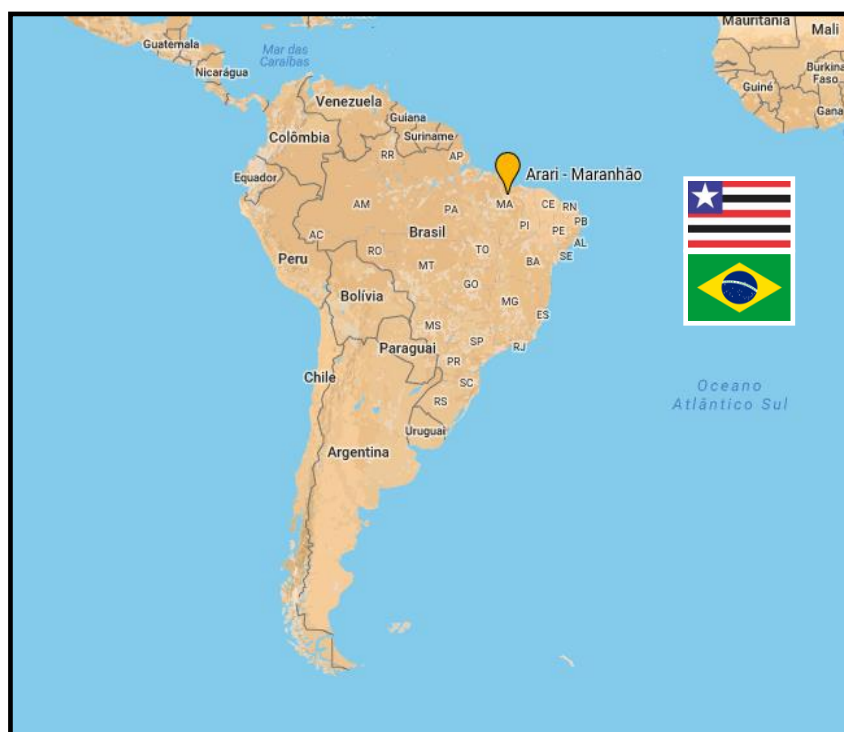


Figura 14 – Mapa com a localização geográfica do município de Arari em relação ao seu continente, a América do Sul e ao seu oceano de desagüe, o Oceano Atlântico. Observa-se a Noroeste e a Nordeste, os continentes vizinhos, América Central e África, respectivamente
Fonte: Mapa adaptado de Google My Maps

Como característica herdada do cerrado, a região possui duas estações no ano bem marcadas e bem definidas: uma seca e a outra úmida. Assim como o período chuvoso, o período seco é bem demarcado, com chuvas escassas e uma transformação de toda essa região de planície em grandes campos secos. O trimestre mais seco ocorre entre julho e setembro e o mais chuvoso entre fevereiro e abril (Abreu, 2013). O período chuvoso da região, devido à proximidade com a floresta amazônica e a Linha do Equador, é marcado por grande abundância pluviométrica e se estende pelos 7 primeiros meses do ano. A média pluviométrica anual do município é de 1.773 mm (Santos, 2007). Essa transição de biomas fundamenta-se na formação do relevo do local, bem como na sua localização no Globo.

Um dos fatores é a presença ao Sul, no interior do estado do Maranhão, dos chapadões, marcando os limites do cerrado. Estas são regiões de chapadas e altitudes mais altas e de clima mais árido. Em direção ao oceano, ao Norte, os chapadões são seguidos por uma zona de transição chamada planície fluvial, com altitude abaixo de 200 metros, por onde atravessam os médios e baixos vales dos maiores rios do estado, incluindo o Rio Pindaré e o Rio Mearim. Em seguida, as planícies fluviais perdem altitude até atingirem o nível do mar e assim seguem mais de 100 quilômetros pela parte continental do Maranhão até a costa, no Oceano Atlântico. A esses locais, chama-se planícies fluvio-marinhas, por sofrerem influência tanto de regime fluvial como marinho. O relevo do local pode ser observado na figura 15.

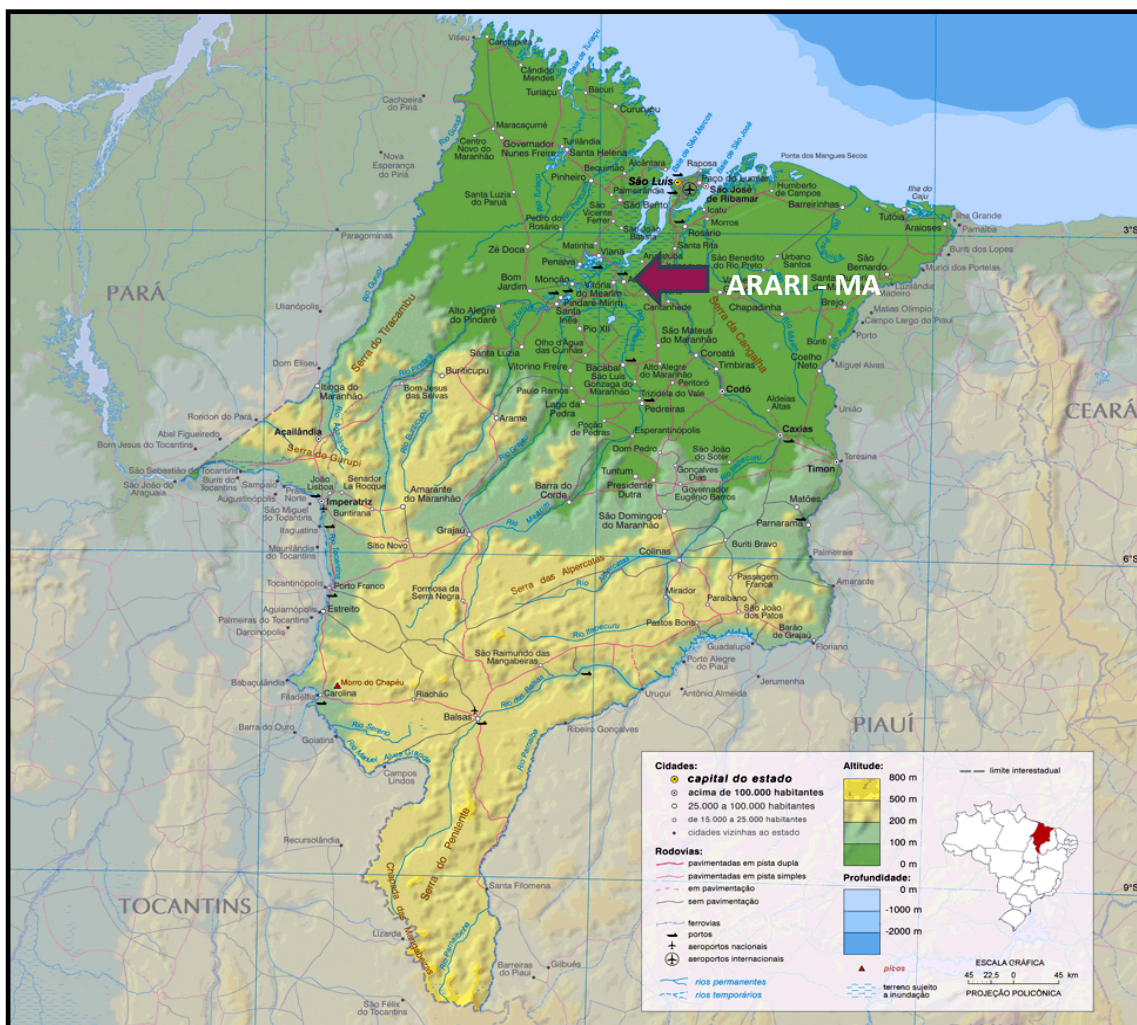


Figura 15 - Relevo do estado do Maranhão, com destaque para a localização do município de Arari

Fonte: Me Guia Brasil, 2017

Com um regime de chuva mais contido, os rios escoam em direção ao oceano com vazões baixas. A vazão reduzida dos rios durante a seca faz com que suas águas percam força

perante o mar no desagüe, além de terem sua velocidade reduzida e uma maior deposição de sedimentos nas planícies. (Santos, 2010). Por sua proximidade com a Linha do Equador, a maré da região sofre forte influência em seu regime. As variações de maré medidas na região acusam picos de 7,2 metros e média de 6,6 metros (Feitosa, 1989). O pico de elevação ocorre quando a Terra, a Lua e o Sol se alinham, causando uma soma na atração gravitacional exercida pela lua e pelo sol sobre os oceanos, gerando correntes marítimas que causam uma elevação máxima do nível do mar na direção dessa linha. Durante este período, as marés altas atingem seu maior patamar, são as chamadas marés de sizígia. Este fator nos períodos de pico, aliado a baixa altitude a ser vencida pela maré, propiciam a ela força suficiente para avançar sobre o continente pelo leito dos rios, com avanços de até 150 quilômetros continente adentro a partir do litoral. (Feitosa, 1989).

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Durante o período chuvoso, a pouca declividade somada às chuvas que caem, se mostra insuficiente para escoar a água dos diversos rios que cortam a região. O solo espesso impede grandes velocidades de infiltração da água e grandes cheias se formam e alimentam as extensas áreas rebaixadas, mantendo lagos permanentes e originando lagos temporários. (Sematur, 1991). Os lagos formados são extensos e por canais divagantes se ligam entre si e à região baixa dos cursos dos rios, formando um sistema de drenagem e até de comunicação entre povoados e cidades. Os lagos permanentes que merecem destaque são: Açú, Cajari, Bacuri, Carnaúba, Jatobá, Verde, Formoso e Viana, formando o maior conjunto de bacias lacustres do Nordeste.

A partir dos avanços e recuos do nível do mar e do surgimento de locais tomados pela água ao longo dos anos, seja de chuva, rio ou mar, originou-se o domínio chamado Baixada Maranhense. A paisagem da Baixada caracteriza-se pelos chamados campos naturais, grandes alagados que enchem nos meses que correspondem ao chamado inverno e secam nos meses que correspondem ao chamado verão. O domínio é ocupado por grandes extensões de terrenos aluviais caracterizados pela formação de grandes planícies baixas, em uma região de estuários afogados dos principais rios locais. Os terrenos aluviais ocupam aproximadamente 5% do território maranhense, com uma área de 1.775.040 de hectares (ISA) dos 33.193.695 hectares do Estado do Maranhão (IBGE, 2015). A demarcação do domínio pode ser observada na figura 16.

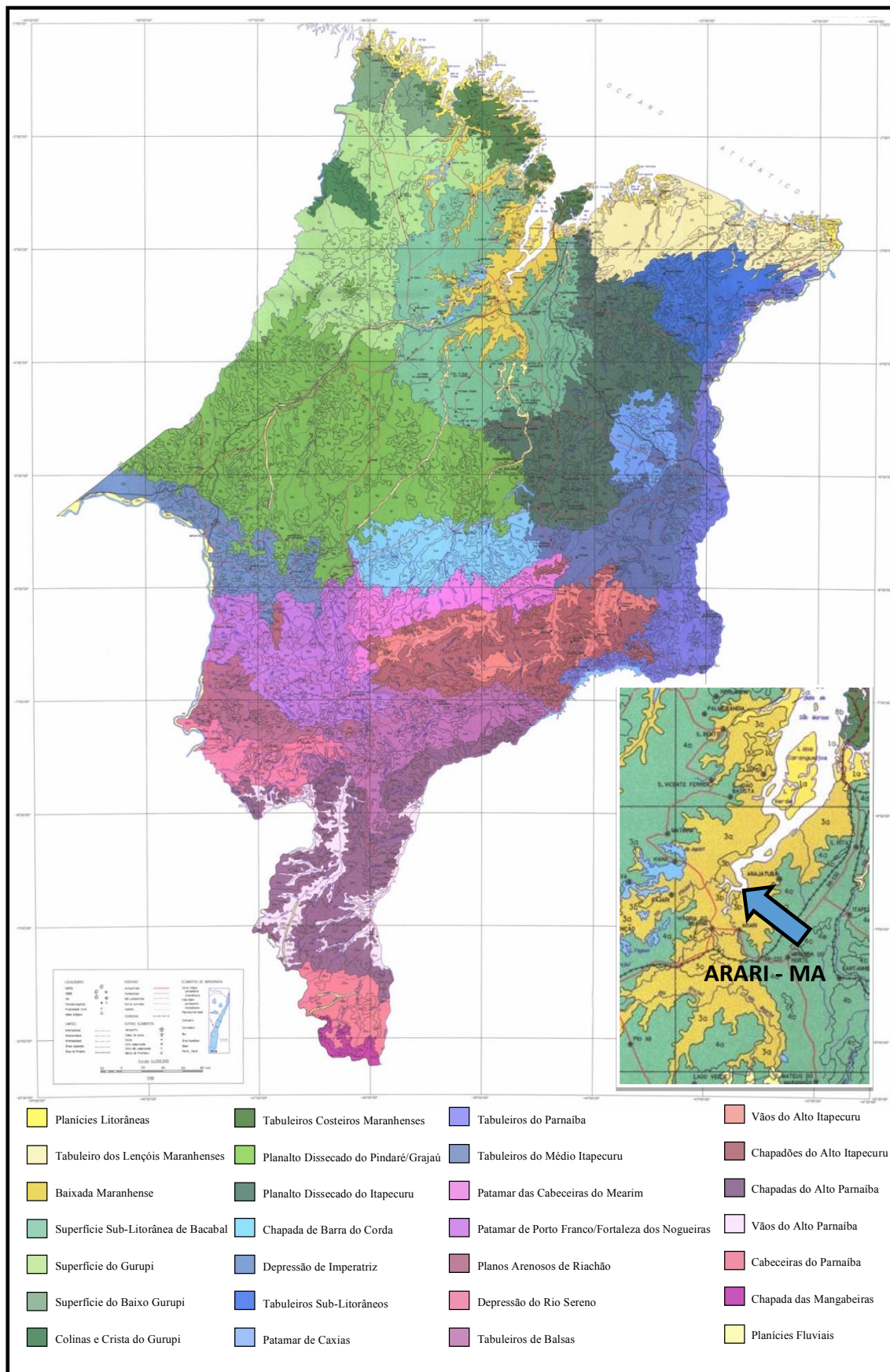


Figura 16 - Mapa com a estrutura geológica do Maranhão, com destaque para a planície fluvio-marinha, onde se encontra Arari
 Fonte: Mapa adaptado de IBGE, 2016

A população que vive na região é de aproximadamente 518.241 habitantes (IBGE, 2010). A existência das extensas superfícies lacustres condiciona a vida das comunidades na região. Os ambientes são principalmente salinos, incluindo a presença de manguezais, restinga, cerrado, floresta amazônica, campos inundáveis, matas de galeria e matas de babaçu e de transição. As condições de transição oferecidas pelo território encontrado na Baixada e a presença abundante de água, permitiram o desenvolvimento de um ecossistema diversificado, com riqueza de biodiversidade tanto para vida animal quanto para vida vegetal. Com fauna e flora ricas, merecem destaque espécies de aves aquáticas migratórias e do peixe-boi marinho, animal ameaçado de extinção.

Presente entre os estados do Piauí e Maranhão, as matas de babaçu vêm da faixa de transição existente entre a Caatinga do sertão nordestino e a Floresta Amazônica, chamada Mata dos Cocais. A mata constituída por palmeiras de Carnaúba e Babaçu geralmente acompanha o vale dos rios, por serem locais de mais umidade e se estabeleceram na Baixada como uma das fontes de renda das famílias. A área é de ocupação antiga, com famílias presentes desde os tempos de grandes monoculturas. A área de ocorrência dos babaçuais nessa região corresponde a 1.873.500 hectares (MIQCB, 2005). As matas de babaçu permitem o extrativismo vegetal, derivando das palmeiras: óleo, sabão, ração, carvão, entre outros. As famílias fazem uso desta como fonte de renda complementar.

Contudo, a prática está sendo dificultada por pecuaristas, que impedem o acesso das quebradeiras de coco às plantações e exigem parte da produção como pagamento. A manutenção das famílias é garantida pela conciliação do trabalho nas roças com as práticas extrativas do coco, da juçara, do buriti e da pesca em algumas situações. Além disso, os babaçuais estão sendo destruídos assim como os juçarais para a implantação de pastagens com o intuito de se criar grandes propriedades, estruturadas para a atividade agropecuária com bovinos e bubalinos.

Ademais, no Maranhão predomina a estrutura fundiária concentrada com padrões de uso de terra de baixo nível tecnológico, baixa produtividade e progressiva degradação dos recursos. Há poucas terras com mais de 500 ha. Estas correspondem a 1% de estabelecimentos, mas ocupam de 30 a 70% das áreas (Bernardi, 2005). Nos anos 1960, houve indicação da região como propícia à bubalino cultura. Apesar de ter sido uma visão simplista, a partir do governo Sarney de 1966, destinou-se recursos do Estado à criação de búfalos, como financiamento a criadores. Mas logo viu-se que apesar do búfalo se

adaptar às forrageiras dos campos naturais, a sua introdução não foi planejada ou estruturada, sem estudos sociais e de impacto ambiental de longo prazo, resultando em conflitos na região. Não houve resultado positivo para o meio ambiente, para os habitantes da região, ou mesmo para os búfalos, que eram criados sem controle, soltos em campos naturais e com acesso à água da região. Os animais pisoteavam plantações, destruíam roças e a vegetação natural, o que causava revolta nos trabalhadores, gerando uma escalada de conflitos. A criação de búfalos na APA da Baixada merece destaque em Arari (Concremat Engenharia, 2002).

Além da agricultura, uma das principais fontes de subsistência na Baixada Maranhense é a pesca, fornecendo alimento para a comunidade local e em quantidade suficiente para que seja adotada como prática de renda por algumas famílias. Além da população nativa, as boas condições para a prática na região atraem cada vez mais grandes produtores.

Devido a suas condições naturais, a região possui grande capacidade de desenvolvimento da sua biodiversidade, mas apresenta alto grau de vulnerabilidade. O ecossistema único da região trouxe reconhecimento mundial de sua importância e três classificações que lhe dão o status de área protegida: Unidade de Conservação pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), área alagada protegida pelo Código Ramsar e parte da área da Amazônia Legal. A atenção de órgãos responsáveis pelas políticas ambientais e de uso e ocupação destas áreas é importante.

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, o SNUC, instituído no país pela Lei 9.985 de 2000, a Baixada Maranhense é classificada como unidade de conservação de uso sustentável e se adequa aos critérios de uma das 12 categorias reconhecidas pelo Sistema.

As regiões classificadas como de uso sustentável são as que permitem atividades de coleta e uso dos recursos naturais, desde que o uso seja sustentável e aliado a práticas de conservação da natureza. A Área de Proteção Ambiental ou APA da Baixada Maranhense é reconhecida pelo Estado desde o ano de 1991 pelo Decreto 11.900, portanto, foi criada de acordo com a Lei 6.902 1981 de Área de Proteção, vigente na época.

Após a Lei 9.985 de 2000 que instituiu o SNUC, a APA passou a ser classificada de acordo com o artigo 15:

“**Art. 15.** A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. ”

(SNUC)

A região definida por essa área rebaixada e alagadiça abrange, além de Arari, outros 20 municípios. Ao lado dos 20 municípios, Anajatuba, Bequimão, Cajapió, Cajari, Lago Verde, Matinha, Mirinzal, Palmeirândia, Penalva, Peri mirim, Pindaré-Mirim, Pinheiro, Pio XII, Santa Helena, São Bento, São Vicente de Férrer, Turiaçu, Viana, Vitoria do Mearim, Ilha dos Caranguejos (Cajapió), Arari pertence a APA da Baixada Maranhense, conforme figura 17.

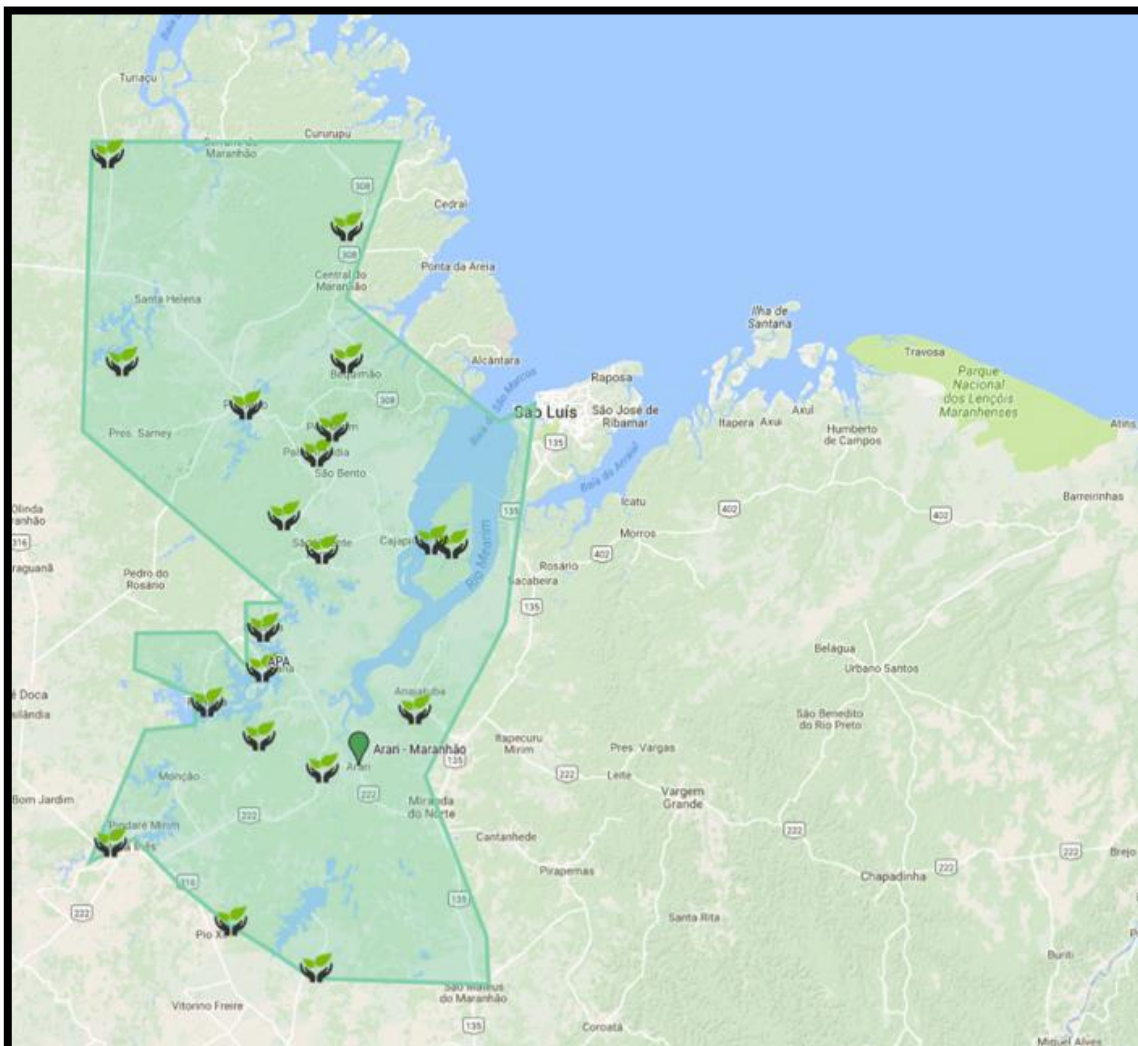


Figura 17 - Mapa com a demarcação da APA Baixada Maranhense e dos municípios que estão em seu domínio, especialmente Arari

Fonte: Mapa adaptado de Google My Maps

A classificação da APA da Baixada Maranhense como sítio Ramsar ocorreu em 2000. A indicação de zonas úmidas a serem incluídas na Lista de Ramsar, exige que tais áreas correspondam a unidades de conservação. O reconhecimento se dá pelas suas características, biodiversidade e importância estratégica para as populações locais. O conceito do que é uma área Ramsar é muito abrangente. Apesar disso, o tratado intergovernamental estabelece marcos para ações nacionais e para a cooperação entre países com o objetivo de promover a conservação e o uso racional de zonas úmidas no mundo, devido a sua riqueza ecossistêmica e importância sócio ambiental. São 1.556 sítios Ramsar reconhecidos no mundo todo.

Além de se encontrar dentro dos limites do bioma Amazônia, o município se encontra dentro da "Amazônia Legal" desde 1955 (IBGE, Municípios da Amazônia Legal 2014). Esse reconhecimento do Governo Federal é usado como ferramenta de planejamento, promoção e desenvolvimento social e econômico dessas áreas. Apesar disso, é importante ressaltar que a delimitação da área é baseada nos desafios em comum enfrentados na região, e não somente no bioma.

3.2. Município de Arari - MA

Arari é uma cidade de pequeno porte, com uma população total de 28.488 pessoas, 17.483 habitantes da zona urbana e 11.005 habitantes da zona rural (IBGE, 2010). A sede da cidade, apesar de ter a maior população, é pequena em tamanho quando comparada a zona rural, como pode ser observado na figura 18. O município tem uma área total de 1.100,27 km², de acordo com o IBGE.

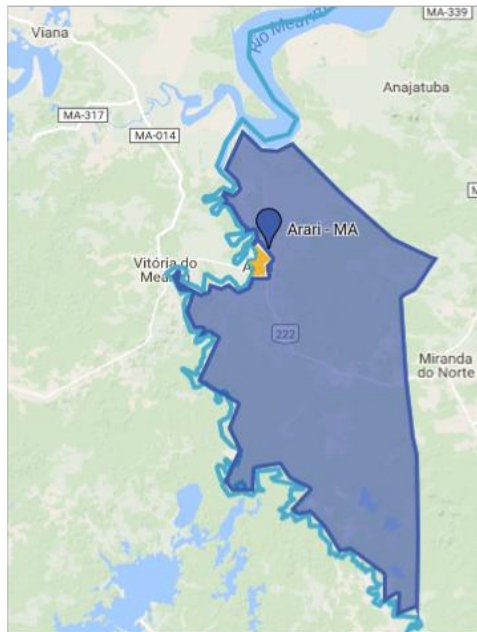
A renda de 78,14% da população é inferior a um salário mínimo. Somando-se a população com renda de até dois salários mínimos, encontra-se 87,91% do total da população. (IBGE, 2010). Assim como na região da Baixada Maranhense, parte da população do município de Arari tem suas atividades relacionadas ao setor agropecuário, sendo ele o segundo mais influente na base da economia local em termos de valor agregado (IBGE, 2010). Para subsistência e fornecimento local é possível encontrar na zona rural plantação de frutas favoráveis à região e produção de mel, como observado na figura 19. A cidade é muito conhecida por suas melancias, produção de maior destaque no município, com uma produção anual de aproximadamente 30 toneladas da fruta.

Município de Arari - MA

Zona urbana

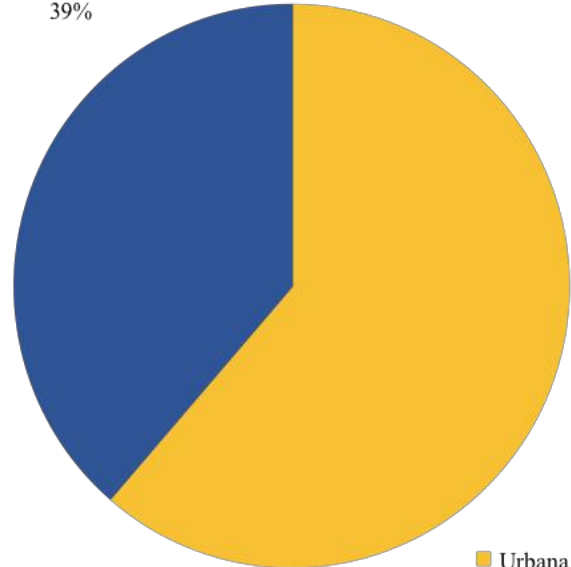
Zona rural

Área



População

Rural
39%



Urbana
61%

Figura 18 - Mapa com demarcação da zona urbana e rural de Arari – MA e rio Mearim e Gráfico com distribuição percentual da população residente na zona urbana e na zona rural de Arari – MA

Fonte: Mapa adaptado de Google My Maps

Fonte: Gráfico adaptado de IBGE



Figura 19 - Produção caseira de mel dentro de tronco de árvore e do lado esquerdo observa-se rede de pesca, muito comum na região, usada para pesca de subsistência. Detalhe da abelha

Fonte: Autoria própria

Manga, tamarindo e caju também crescem em abundância na região e cooperativas para o uso destas frutas na produção de polpas tentam se firmar, estas voltadas para o mercado externo. Os frutos de Babaçu e Jussara, típicos da região da Baixada, tem sua coleta praticada em toda a extensão do município, exercendo fonte de renda extra para a população da zona rural. Além disso, famílias fazem o plantio de sementes como milho, arroz e feijão e mantêm pequenas hortas para consumo próprio, como pode ser observado na figura 20.



Figura 20 - Foto de pequena horta para consumo próprio feita por moradores da zona rural e abaixo pato criado também para consumo próprio. Detalhe da caixa de água oferecida pela Codevasf para o P1MC
Fonte: Autoria própria

Para consumo próprio e regional, muitas famílias mantem a criação de animais de pequeno a grande porte, como suínos, bovinos e caprinos, como observado na figura 21. Ademais, com a presença de tanta água, a região é grande consumidora de peixes, sendo ele uma das principais fontes de alimento. Piscicultores estão se instalando com maior frequência na região, e com projetos em escala cada vez maior, fazendo com que a atividade apresente crescimento intenso. Próximo à sede, existem extensas demarcações de terra voltadas para a plantação de arroz, como pode ser observado na figura 22. As zonas para plantio são de posse privada.



Figura 21 - Foto de vaca criada de forma extensiva para consumo de subsistência, bebendo água de açude na zona rural
Fonte: Autoria própria



Figura 22 - Foto da área de posse privada usada para plantação de arroz em zona localizada nas redondezas da sede do município
Fonte: Autoria própria

De acordo com relatos, as áreas pertencem à produtores de fora, alguns provenientes do sul do país e são destinadas à produção para o mercado externo. O setor de indústria agrega somente 9,9% a economia local, ficando o setor de comércio e serviços responsável por 23,6% da base da economia. (IBGE, 2010).

Em Arari, passa um trecho da ferrovia que liga Carajás a Baía de São Marcos, em São Luís, a Ferrovia Carajás, pertencente à Vale S.A., por onde é feito o transporte de passageiros e de minério de ferro até o porto. Atualmente, conforme fotos apresentadas e relatos colhidos no local, a ferrovia se encontra em obras de duplicação a cargo de empresa terceirizada contratada e tem suas fotos apresentadas na figura 23.



Figura 23 - Fotos de trecho da Ferrovia Carajás que passa pelo município de Arari e se encontra em obras de duplicação a cargo de empresa terceirizada

Fonte: Autoria própria

Na mesma região, encontra-se o local de descarte de resíduos sólidos do município, com fotos apresentadas na figura 24. Como pode ser observado, o descarte dos resíduos é feito fora dos padrões estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010. Não há nenhuma sinalização com relação à presença de resíduos na região. Além disso, o terreno destinado ao recebimento dos resíduos não recebe nenhum tipo de preparo ou proteção, ficando o solo exposto e sujeito a contaminação. Não há também nenhum recobrimento dos resíduos, que ficam em processo de deterioração a céu aberto, atraindo animais e colocando em risco a saúde das pessoas, principalmente as que não conhecem a região. Havia também indícios de queima de resíduos na região. Outra prática fora dos padrões corretos para a destinação e o tratamento de resíduos domésticos.



Figura 24 - Fotos do local usado para descarte de resíduos sólidos do município de Arari – MA, com indícios de queima de lixo no local

Fonte: Autoria própria

De acordo com os dados compilados do IBGE, o setor público é o mais influente na economia local, sendo a maior concentração de valor proveniente desta fonte. Uma possível explicação para isto, estaria no fato de que grande parte da população reside na zona urbana ficando a cargo do município, além de oferecer serviços públicos, absorver e localizar esta mão de obra na sede, de forma organizada, em detrimento da economia privada, que é fraca. Existem também as dificuldades de produção local capaz de trazer retorno para o município e para a população. Estas dificuldades aparentemente são causadas tanto pelos obstáculos logísticos como financeiros de se iniciar um empreendimento no Brasil. Por ser um ambiente com tanta influência da água, é possível incluir também as dificuldades ambientais de se produzir culturas rentáveis e acessíveis neste local. Contudo, é importante ressaltar que são suposições frente aos dados, carecendo de pesquisa para uma explicação realista.

3.3. Hidrografia

A. Bacia Hidrográfica

O estado do Maranhão apresenta, distribuídas em seus 331.937 km² (IBGE, 2015), doze bacias hidrográficas. É possível vê-las demarcadas na figura 25 (Feitosa, 2012), inclusive a Bacia do Mearim, onde se insere o município de Arari. Mesmo não estando ligadas aos grandes mercados, estas bacias estão ligadas aos cidadãos de lá e são de grande importância ambiental, social e econômica para a região.

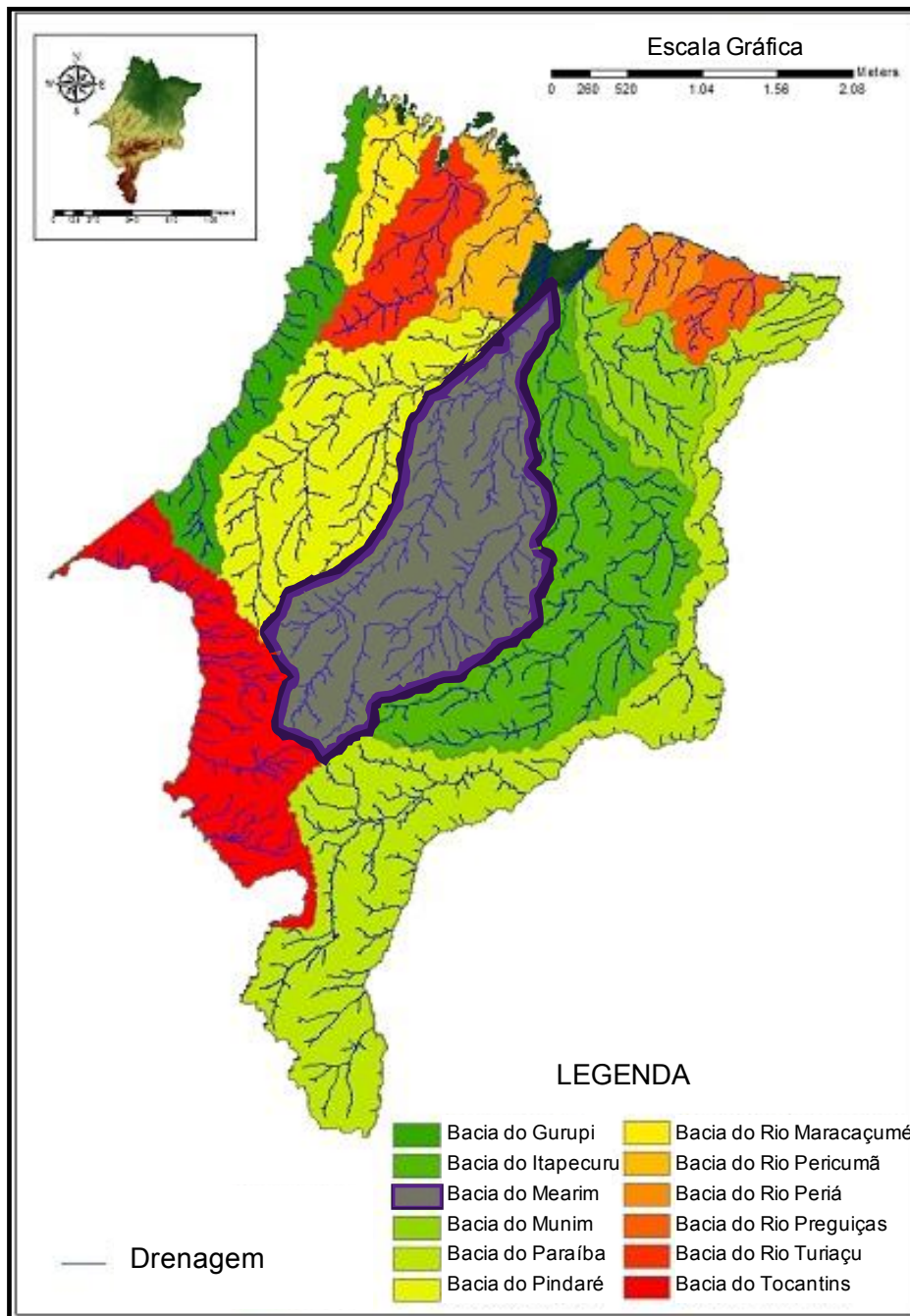


Figura 25 - Mapa das doze bacias hidrográficas do estado do Maranhão, bem como seus rios e afluentes, com destaque para a Bacia do Mearim

Fonte: Mapa adaptado de Feitosa, 2012

Por pertencerem a uma zona de transição, apresentam características mistas no centro e distintas entre si nas extremidades, ora se aproximando do bioma Amazônia, ora se aproximando do bioma Cerrado. Próximo à Bacia do Mearim, localizada bem no centro do mapa, é possível identificar com ajuda da legenda, do lado esquerdo a Bacia do Pindaré. O rio Pindaré é um importante afluente do Mearim, com o encontro dos dois ocorrendo bem próximo à foz, na Baía de São Marcos, em São Luís. A proximidade das bacias e sua localização geográfica as conferem características parecidas.

B. Pluviometria

Para caracterizar a pluviometria local, como referência serão usados valores do trabalho de Beatriz Ventura Abreu: "Estudos Hidrológicos da Bacia do Rio Pindaré – Mirim". Das três estações pluviométricas estudadas no trabalho, a escolhida para representar índices similares ao que deve ser a pluviometria em Arari foi a que se localiza mais próxima ao município. Os dados presentes na tabela 7 e no gráfico da figura 26 são referentes a estação pluviométrica Pindaré – Mirim (código 345006), pertencente a Bacia do Pindaré, sob responsabilidade da ANA e trazem as características pluviométricas mensais da região.

Tabela 7 - Características pluviométricas mensais na estação Pindaré-Mirim - MA, pertencente a ANA (código 345006)

| Estação Pindaré Mirim (ANA 345006) | | | |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| MÊS | Precipitação Total (mm) | Altura Máxima em 24 horas (mm) | Número de Dias Chuvosos |
| JAN | 249,5 | 131,7 | 16 |
| FEV | 299,1 | 144,2 | 18 |
| MAR | 399,9 | 157,1 | 21 |
| ABR | 368,0 | 147,7 | 19 |
| MAI | 200,0 | 105,8 | 14 |
| JUN | 72,3 | 78,5 | 7 |
| JUL | 35,4 | 52,8 | 4 |
| AGO | 24,8 | 41,3 | 3 |
| SET | 25,2 | 59,7 | 3 |
| OUT | 32,8 | 86,4 | 4 |
| NOV | 55,0 | 97,8 | 5 |
| DEZ | 120,0 | 88,4 | 9 |
| ANUAL | 1881,9 | 157,1 | 122 |

Fonte: Abreu, 2013

Valores máximos de precipitação em 24 horas e valores médios mensais foram escolhidos e identificados. Só foram considerados os meses e anos sem nenhuma falha. O resultado é uma precipitação média anual de 1.881,9 mm com as maiores intensidades ocorrendo no trimestre de fevereiro a abril. A chuva atingiu sua intensidade máxima em 24 horas, no mês de março, com 157,1 mm. Os resultados encontrados apontam ainda que existem dois períodos pluviométricos distintos: o trimestre mais chuvoso marcado pelos meses de fevereiro a abril e o trimestre mais seco, composto pelos meses de julho a setembro.

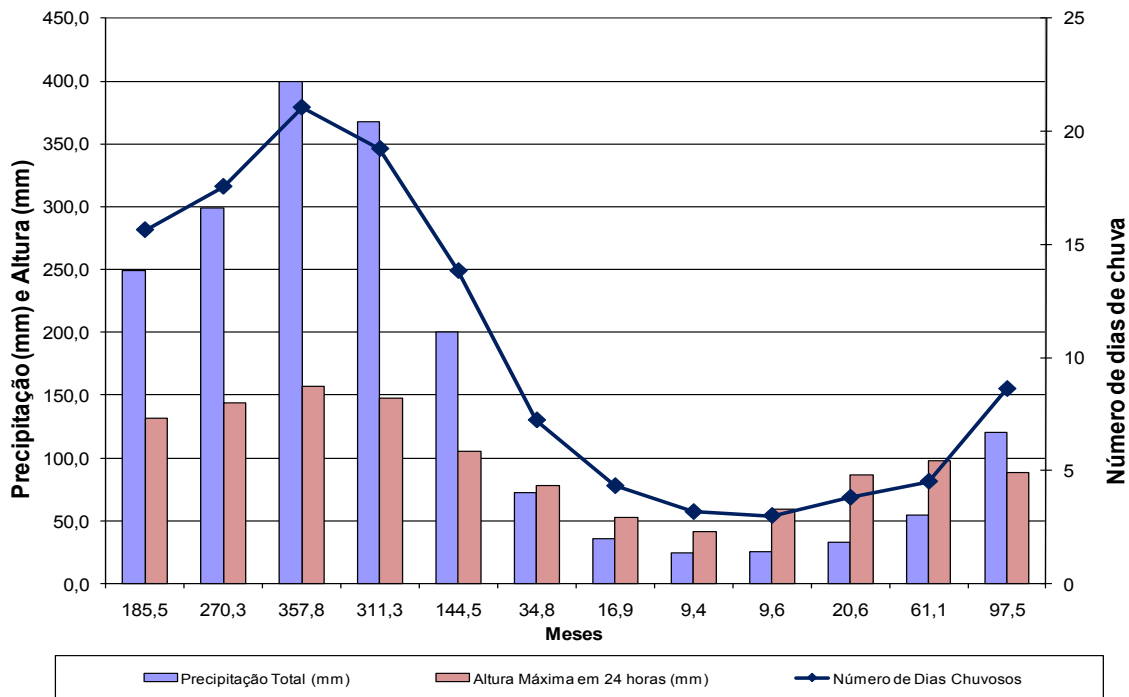


Figura 26 - Gráfico com as características pluviométricas mensais de Pindaré-Mirim - MA
 Fonte: Abreu, 2013

Dados também retirados do trabalho de Beatriz Ventura Abreu: "Estudos Hidrológicos da Bacia do Rio Pindaré – Mirim", trazem que para a definição das equações do tipo IDF (intensidade-duração-frequência) na região da bacia do rio Pindaré, utilizou-se o Estudo de Chuvas Intensas no Brasil, elaborado em 1982, por Otto Pfafstetter através do Departamento Nacional de Obras de Saneamento - Ministério do Interior. O local se constitui na estação mais representativa do regime pluvial na Bacia estudada por Abreu, em relação aos 98 postos meteorológicos registrados no estudo do Otto. O estudo escolhido traz as informações referentes ao posto Barra do Corda, de coordenadas geográficas 5° 30' S e 45° 16' W e período de observação de aproximadamente 15 anos.

Além dos dados obtidos referentes à situação atual do regime pluviométrico local, são importantes as previsões trazidas pelo quinto relatório feito pelo Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), pertencente a ONU e que serviu como molde para o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1, 2015) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). As previsões são de que na porção Nordeste deve ocorrer um aumento relativamente baixo na temperatura, entre 0,5° C e 1° C, e decréscimo nos níveis de precipitação da chuva em torno de 10% até 2040.

Tabela 8 - Alturas de Chuva no Posto Barra do Corda

| Precipitação (mm) | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Duração (min) | TR (anos) | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 5 | 13,48 | 14,30 | 15,15 | 16,53 | 17,77 | 19,17 |
| 15 | 24,72 | 28,19 | 30,95 | 34,81 | 37,93 | 41,25 |
| 30 | 34,62 | 40,86 | 45,76 | 52,53 | 57,95 | 63,69 |
| 60 | 48,99 | 59,97 | 68,59 | 80,52 | 90,05 | 100,16 |
| 120 | 69,84 | 86,27 | 99,37 | 117,72 | 132,57 | 148,47 |
| 240 | 105,41 | 131,18 | 151,92 | 181,30 | 205,32 | 231,23 |
| 480 | 169,89 | 211,80 | 245,64 | 293,68 | 333,05 | 375,59 |
| 840 | 261,76 | 325,74 | 377,25 | 450,21 | 509,85 | 574,18 |
| 1440 | 410,62 | 509,10 | 587,99 | 699,14 | 789,56 | 886,72 |

Fonte: Abreu, 2013

Para o cálculo da intensidade de chuva em Barra do Corda calculou-se:

$$I = \frac{P}{t}$$

Onde:

I = intensidade de chuva (mm/h)

P = precipitação (mm)

t = tempo de duração (h)

Na Tabela 9 constam as intensidades de chuva calculadas para Barra do Corda para cada tempo de recorrência.

Tabela 9 - Intensidade de Chuva no Posto Barra do Corda

| Intensidade (mm/h) | | | | | | |
|--------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Duração (h) | TR (anos) | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 0,08 | 161,71 | 171,62 | 181,76 | 198,35 | 213,23 | 230,08 |
| 0,25 | 98,86 | 112,76 | 123,79 | 139,23 | 151,71 | 165,00 |
| 0,50 | 69,23 | 81,73 | 91,52 | 105,07 | 115,90 | 127,39 |
| 1,00 | 48,99 | 59,97 | 68,59 | 80,52 | 90,05 | 100,16 |
| 2,00 | 34,92 | 43,14 | 49,68 | 58,86 | 66,29 | 74,24 |
| 4,00 | 26,35 | 32,79 | 37,98 | 45,33 | 51,33 | 57,81 |
| 8,00 | 21,24 | 26,48 | 30,71 | 36,71 | 41,63 | 46,95 |
| 14,00 | 18,70 | 23,27 | 26,95 | 32,16 | 36,42 | 41,01 |
| 24,00 | 17,11 | 21,21 | 24,50 | 29,13 | 32,90 | 36,95 |

Fonte: Abreu, 2013

3.4. Abastecimento de água

A. Zona Urbana

A sede do município fica no percurso do Rio Mearim e por ele é abastecida. O rio é perene e nasce a aproximadamente 450 metros de altitude, percorrendo 930 km até seu desague, na Baía de São Marcos. Na figura 27 é possível observar seu percurso.

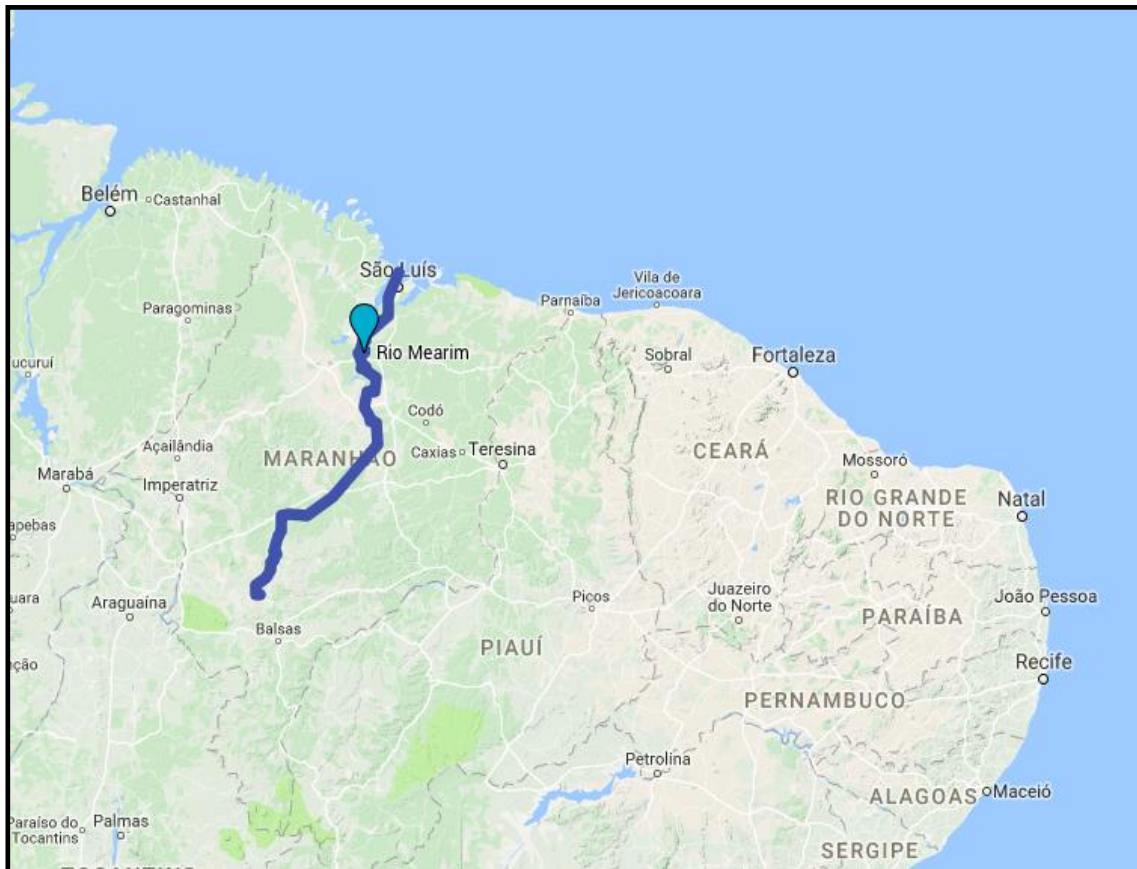


Figura 27 - Mapa do rio Mearim e localização do município de Arari - MA
Fonte: Adaptado de Google My Maps

Em localização acima do município de Arari, se encontra a barragem do rio Flores. A barragem foi construída com o intuito de reduzir alagamentos rio abaixo, contudo, há suspeita de ter iniciado impactos com relação ao carreamento e depósito de sedimentos a jusante, que se mostra cada dia como um fator mais problemático e que mais afeta a qualidade das fontes superficiais de água. Devido aos meandros na região e a proximidade com o desague, é um dos poucos municípios contemplados com o fenômeno da Pororoca, sendo ela fonte de interesse e atração internacional pela peculiaridade.

A área urbana é integralmente abastecida por um sistema de tratamento cujo manancial é o rio Mearim. O ponto de captação onde fica a adutora de água bruta (AAB) está

tratamento é de 300 m³ por hora e ela alimenta o reservatório que alimenta o sistema de distribuição da sede do município. O tratamento é feito em quatro etapas. A rede de abastecimento cobre toda a zona urbana. A primeira etapa é a aplicação do coagulante sulfato de alumínio na Calha Parshall, para aglomerar as partículas sólidas que se encontram na água, como apresentado na figura 30.



Figura 30 - Fotos da aplicação de coagulante sulfato de alumínio na água e sua passagem pela calha Parshall
Fonte: Autoria própria

A segunda etapa é a floculação, mostrada na figura 31, onde as partículas sólidas em movimento se aglutinam, formando flocos maiores o suficiente para a próxima etapa.



Figura 31 - Fotos do tanque de floculação
Fonte: Autoria própria

A terceira etapa do tratamento é a decantação. Nesta etapa, apresentada na figura 32, por ação da gravidade, os flocos com as impurezas e partículas ficam depositadas no fundo do tanque e são separados da água, que verte com destino à próxima etapa.

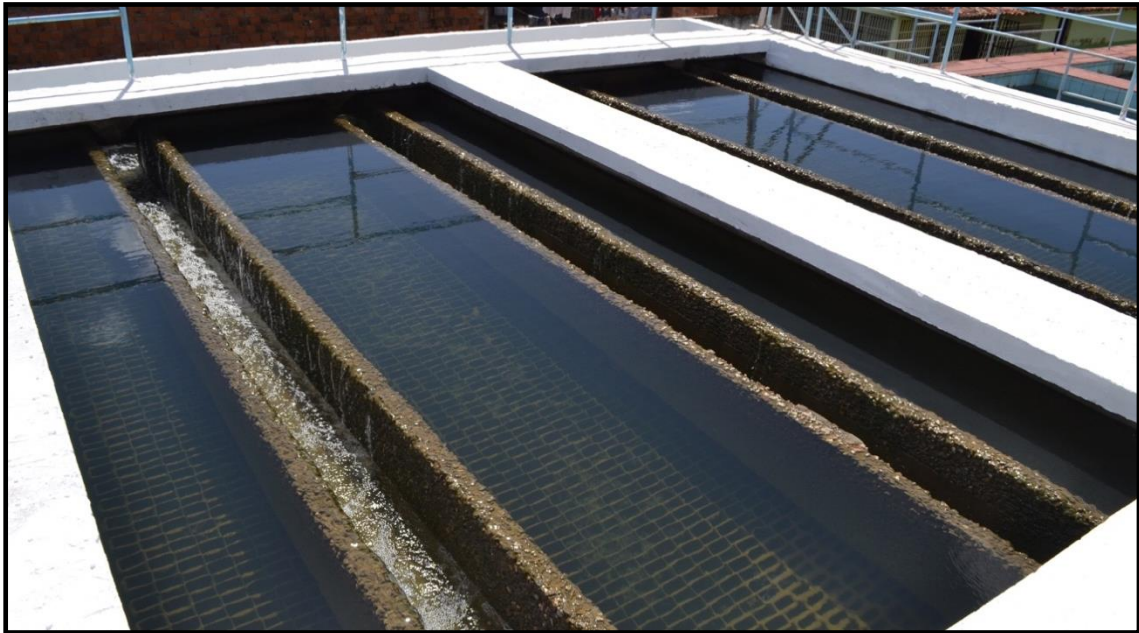


Figura 32 - Foto do tanque de decantação, com sedimentos ficando depositados ao fundo e a água vertendo
Fonte: Autoria própria

Em seguida a água segue para a etapa de filtração, onde as impurezas menores são retiradas. O filtro em funcionamento na ETA de Arari é o de filtração descendente, onde a água escoava de cima para baixo, como na figura 33.



Figura 33 - Foto da etapa de filtração, com filtro descendente
Fonte: Autoria própria

Após ser filtrada, a água segue para a cloração e em seguida, após passar por um reservatório semienterrado, segue para o reservatório elevado da cidade, onde é armazenada, mostrado na figura 34. Portanto, o sistema de abastecimento de água da zona urbana é composto pelas seguintes etapas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição.



Figura 34 - Fotos do reservatório elevado do município e da ETA, com um dos operadores da estação

Fonte: Autoria própria

B. Zona Rural

As famílias da zona rural vivem em comunidades que surgiram a partir de aglomerados. As comunidades estão localizadas e distribuídas em áreas diferentes, por todo o território da zona rural. Sua localização com relação à zona urbana varia consideravelmente, algumas se encontram mais isoladas e outras mais próximas da sede e entre si. O número de famílias por comunidade, bem como as características delas variam muito. Como a distribuição da água pelo território da cidade não é igual, a fonte que se encontra acessível para cada comunidade varia, bem como a escolha mais adequada. Ao contrário da zona urbana, a zona rural do município não conta com sistema de captação, tratamento e abastecimento de água. As comunidades costumam ser abastecidas por fontes próprias. Além do rio Mearim, passando ao lado e como principal afluente, a cidade de Arari tem em sua baixa altitude outros pontos de água alimentados por ele, como corpos hídricos de

menor dimensão. Encontram-se córregos, que são corpos d'água de dimensão menor que a de um riacho, como correntes de pequeno porte. Encontram-se também igarapés, que são cursos d'água de pouca profundidade e estreitos. Em geral correm quase no interior da mata e são constituídos por um braço longo de rio. A origem da palavra é o tupi e significa "caminho de canoa", através da junção dos termos ygara (canoa) eapé (caminho).

Na tentativa de reter maiores quantidades de água, instalações como açudes construídos na forma de muros de pedra formam uma barreira artificial dos corpos d'água e permitem a captação. A instalação de cisternas para água da chuva também tem sido recorrida por alguns moradores como fonte alternativa. O sistema foi implantado pelo Programa Um milhão de Cisternas, idealizado em 2003 pela Articulação do Semiárido (ASA) e realizado em parceria com o Governo Federal e beneficiou até o momento mais de 595 mil famílias no Nordeste. (ASA, 2017). O sistema inclui um reservatório, a instalação de calhas, bomba manual e outras partes necessárias para a coleta, como mostrado na figura 35. As cisternas instaladas são de polietileno com capacidade de 16 mil litros de água e tem quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família de cinco pessoas por períodos de estiagem de até seis meses.



Figura 35 - Foto de casa de morador do município de Arari – MA atendido pelo P1MC, com cisterna de 16 mil litros e calhas e tubos instalados

Fonte: Autoria própria

O abastecimento do reservatório ocorre durante os períodos chuvosos. Cuidados básicos são comunicados aos beneficiados em treinamentos específicos para manter a água própria para saciar a sede e para o preparo de alimentos. A vida útil do equipamento é estimada em 30 anos.

Apesar de ser uma área de abundante quantidade de água superficial, o Estado do Maranhão encontra-se localizado na Bacia Sedimentar do Parnaíba, uma das províncias hidrogeológicas mais importantes do país. Com sua formação quase que exclusivamente de rochas sedimentares o local apresenta grande possibilidade de armazenamento de águas subterrâneas e mais de 70% das cidades retiram suas águas de poços (Freire *et al.*, 1998). Os poços podem se encontrar confinados, localizados protegidos por uma zona permeável. Contudo, quando não confinado ou semi-confinado, além de ser alimentado na área de recarga, o poço se encontra suscetível a influência de outras fontes hídricas, como a água percolada no solo e o contato com a água salgada.

Em parte das comunidades o problema é mais grave, pois não há acesso a uma fonte para prover água. Nos locais que não possuem fonte de água potável, a mesma água tratada do rio Mearim pela ETA do município para abastecer a rede é enviada por carro pipa até as famílias. A água é transportada da zona urbana até chegar as comunidades no caminhão exclusivamente destinado a este fim e no local deposita a água na caixa d'água das residências, ficando os moradores responsáveis pelo seu armazenamento e consumo até novo fornecimento.

Em algumas regiões, a água retirada atende completamente às necessidades da população. Ela se encontra em abundância e apresenta qualidade para atender o consumo em termos quantitativos e qualitativos o ano todo. Em parte destes locais, antes do consumo da água, empregam-se técnicas de tratamento mais voltadas para o polimento, como a aplicação de cloro e a passagem da água por filtros residenciais. Contudo, nem sempre o tratamento prévio é feito, seja pelo julgamento de que não há necessidade de fazê-lo ou pela falta de conhecimento técnico.

C. Período seco

Em alguns locais, o fornecimento de água não é afetado pelas estações do ano e o abastecimento se mantém normalmente durante todo o ano. Porém, muitas fontes superficiais quando deixam de ser alimentadas pela chuva, sempre muito intensa em uma época e muito escassa em outra, secam.

No período da seca, as vazões nos rios e o volume de água que alimenta as fontes diminui. Como consequência, poços, açudes, igarapés e outros se tornam insuficientes. Encontra-se assim uma situação de escassez. Apesar do rio Mearim ser um rio perene, com a ausência de chuva durante o período da seca, sua vazão se torna baixa, a água desce mais barrenta e exige tratamento mais atento da ETA.

Nos períodos de mudança de maré, a situação piora, pois, como já mencionado, o mar adentra o leito dos rios por vários quilômetros, tornando a água salobra. A invasão atinge também as áreas baixas, e como se trata de uma região de alagados, uma área muito extensa é atingida em cada ciclo. A maré de sizígia ocorre duas vezes por mês.

A ETA da sede, três dias antes e três dias após o alinhamento da lua, é incapaz de tratar a água do rio devido à quantidade de sedimentos e sais que chegam pelo sistema e suspende seus trabalhos por seis dias, tanto para o tratamento quanto para a distribuição. As fontes da zona rural se tornam fonte de água salobra e com sedimentos. Nos locais que sofrem influência da maré, antes das mudanças e consequentes interrupções no abastecimento, uma das medidas tomadas é avisar a população pelos principais meios de comunicação, como rádios e carros autôfalantes para que estoquem água em casa.

Já utilizado como solução para o abastecimento de algumas regiões ao longo do ano todo, durante o período da seca, a solução adotada atualmente pela Prefeitura é o envio de carro pipa. A maior parte da água para o abastecimento emergencial durante este tempo vem da ETA. Contudo, quando há mudança de maré e a ETA se torna incapaz de atender à demanda, a água passa a ser adquirida em municípios vizinhos capazes de manter seus estoques.

A caracterização do local trouxe elementos importantes na compreensão da realidade do município, além de esclarecimento com relação às medidas tomadas atualmente na busca pela solução do problema. No capítulo seguinte, serão abordados os resultados obtidos com a visita técnica realizada. Primeiro serão apresentados os resultados das entrevistas com os responsáveis pelas 66 escolas e em seguida os resultados da visita técnica às cinco escolas.

Capítulo 4 – Diagnóstico

4.1. Caracterização das escolas

O município de Arari possui 66 escolas municipais que atendem a um total de 5.420 crianças e adolescentes do ensino fundamental, distribuídas entre a zona urbana e a zona rural. Na zona rural se localizam 57 escolas ou 86,4% de todas as escolas municipais. Apesar de serem a grande maioria, as escolas da zona rural atendem 2.938 alunos, ou seja, 54,2%. A zona urbana, possui somente 9 escolas, que representam apenas 13,6%, e, contudo, atendem a todos os outros 2.482 alunos, 45,8% do total, na sede do município (Dados de autoria própria colhidos na Secretaria de Educação Municipal). Esta distribuição pode ser observada nos gráficos da figura 36.

Divisão das escolas e alunos do município de Arari – MA de acordo com a zona em que estão inseridos

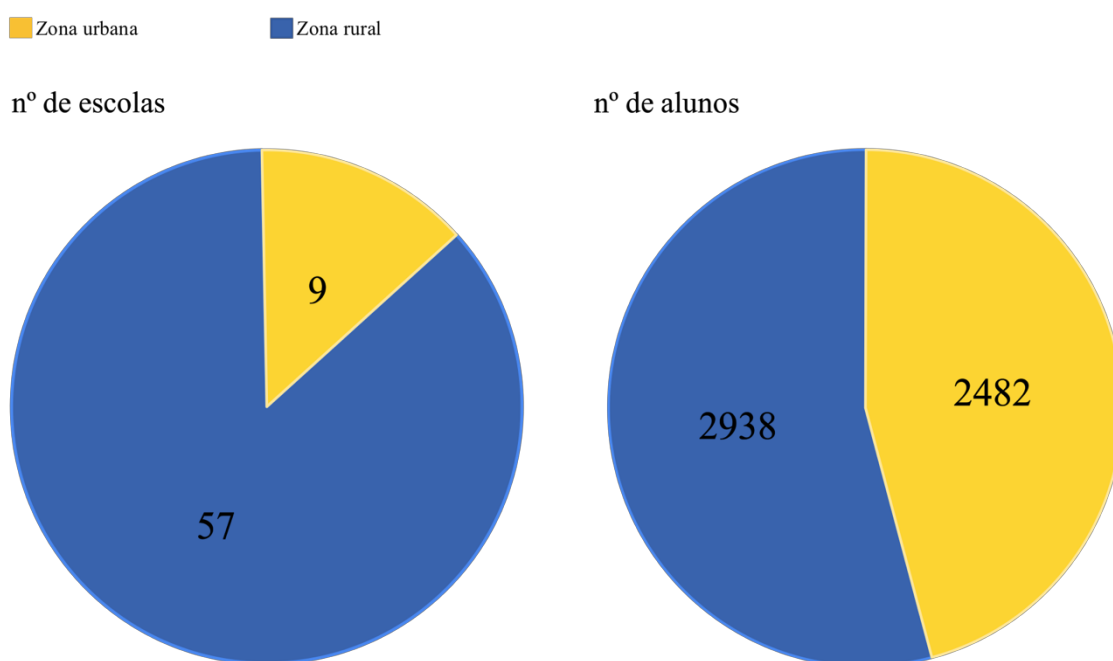


Figura 36 - Gráfico com a distribuição das escolas e dos alunos entre zona rural e zona urbana na cidade de Arari
Fonte: Autoria própria

Mesmo sendo apenas 9 as escolas da sede, para que sejam capazes de atender esta quantidade grande de alunos, são escolas de porte maior, atendendo em média 250 alunos cada. A menor atende atualmente 149 alunos e a maior 387 alunos. Ao contrário disso, as escolas da zona rural são muitas vezes construídas para o atendimento de pequenas comunidades, com poucas famílias, possuindo poucos alunos. A menor delas atende a 5 alunos. Apesar de não serem maioria, existem também escolas que atendem grandes

comunidades ou atendem a um entorno grande, com a presença de várias famílias. A maior das escolas da zona rural é responsável por 345 alunos. A distribuição das escolas entre os mais variados portes pode ser observada no gráfico da figura 37.

Distribuição das escolas do município de Arari – MA de acordo com a quantidade de alunos atendidos e a zona em que estão inseridas

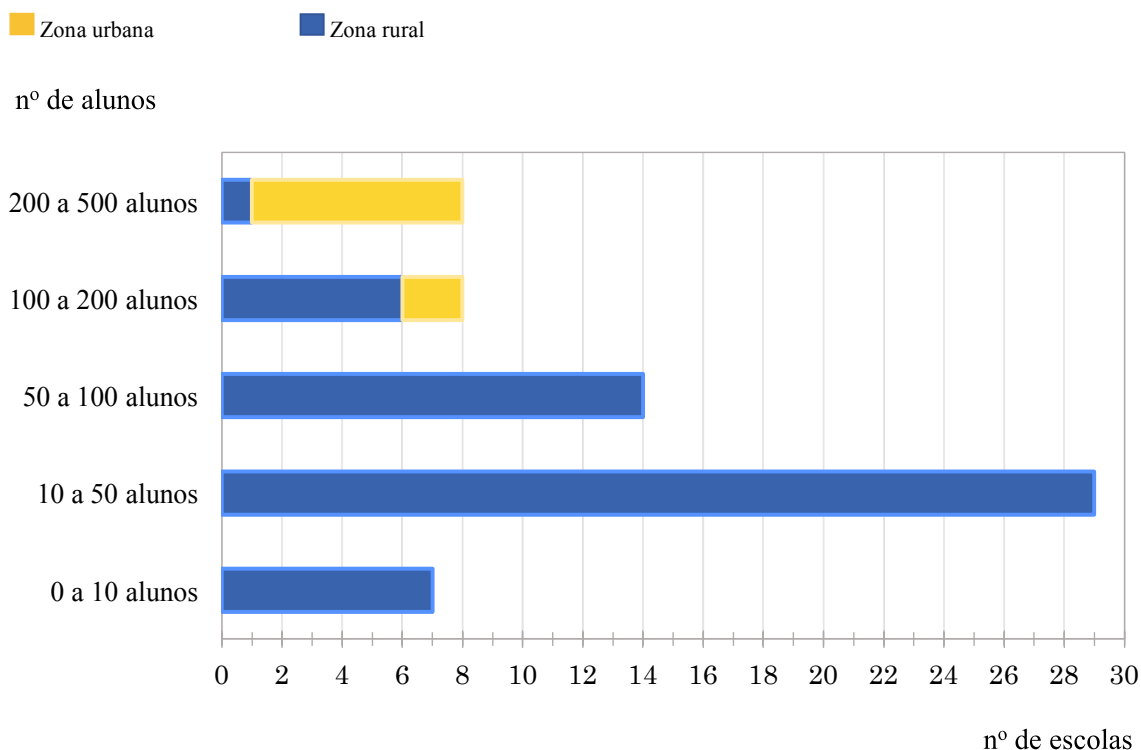


Figura 37 - Gráfico com a divisão das escolas por número de alunos, entre zona urbana e zona rural de Arari
Fonte: Autoria própria

4.2. Abastecimento de água

Nas escolas de Arari, o abastecimento de água é feito de forma descentralizada, ou seja, é feito por sistemas independentes (isolados). Uma parcela pequena das 66 escolas está ligada à rede de abastecimento do município, enquanto a maior parcela não tem acesso a essa rede. Com o isolamento das comunidades e a diferença nas possíveis fontes de acesso à água, é razoável entender que possíveis problemas no abastecimento das comunidades possam ser geridos de forma mais eficiente de forma independente. Quando não é possível construir uma rede de abastecimento interconectada, soluções individuais podem ser usadas. Das 57 escolas localizadas na zona rural, 56 não estão ligadas à rede e, assim como as residências, recorrem a fontes alternativas como: poços, açudes, igarapés e córregos para seu abastecimento de água. As escolas que não possuem fontes próprias de água com a qualidade ou a quantidade necessária para atender à demanda viram

dependentes do abastecimento feito pelo carro pipa do município com água tratada proveniente da ETA. Contudo, como mostrado mais a frente, o que se tem hoje são escolas que, mesmo administrando sistemas individuais, não tem conseguido gerir este recurso. A distribuição das fontes utilizadas por todas as escolas pode ser observada na figura 38. A maioria das escolas, utiliza somente uma fonte de água para tudo, tanto para fins potáveis quanto para fins não potáveis. Como a região sofre com problemas de falta de água de qualidade, uma parcela considerável das escolas faz uso de múltiplas fontes para abastecimento visando fins potáveis e fins não potáveis. Os motivos para que se mantenha mais de uma fonte vão desde a necessidade de encontrar mais água, até o uso estratégico de certas fontes para poupar outras. Em muitos casos, ter somente uma fonte de água significa que a água no local se encontra em abundância e qualidade suficientes para suprir a demanda, a ponto de não ser necessário buscar água em fontes de menor qualidade ou mais distantes. Em outros casos, significa que a única fonte existente no local é usada mesmo sendo insuficiente, convivendo-se com a dependência de somente esta fonte e a escassez.

Fontes adotadas atualmente pelas escolas do município de Arari para o abastecimento de água com fins potáveis e não potáveis

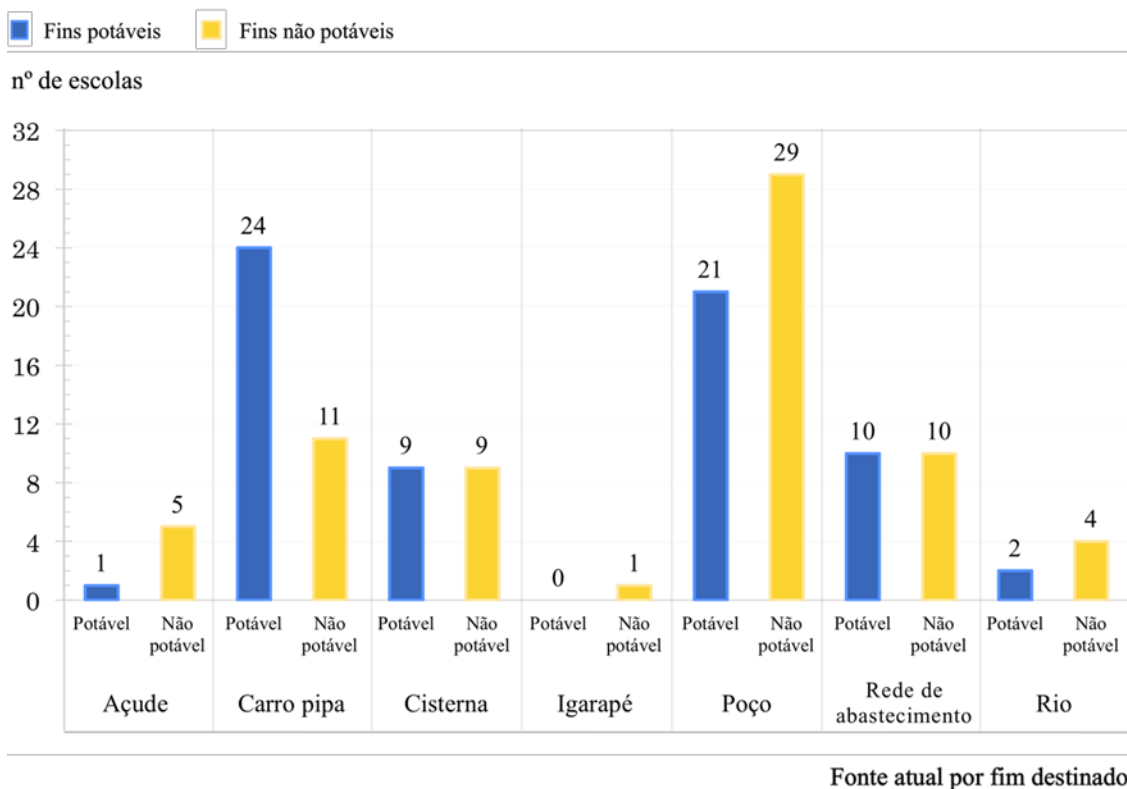


Figura 38 - Gráfico das fontes de água adotadas atualmente pelas escolas de Arari – MA para fins potáveis e não potáveis
Fonte: Autoria própria

Somando-se tanto o uso “potável” quanto o “não potável” de todas as fontes, observa-se que ultrapassam o total de 66 escolas. Isto ocorre porque muitas escolas são usuárias de múltiplas fontes para cada um de seus fins. É importante destacar que em locais que possuem mais de uma fonte, ainda assim pode ser que haja déficit no abastecimento, pois é possível que todas as fontes estejam em condições impróprias. Ou seja, encontram-se comunidades que mesmo com múltiplas fontes, sofrem com a escassez de água. Em conclusão, ter uma única fonte nada diz sobre o fornecimento ser bom ou ruim, assim como ter múltiplas fontes também não garante um bom suprimento. Isso tudo ocorre, pois, a quantidade deve vir acompanhada da qualidade, e se não o vier, de nada ou pouco serve para abastecer à demanda.

C. Açude

O abastecimento por açude é realizado em cinco das 66 escolas entrevistadas. Este número corresponde a 7,5% do total de escolas de ensino fundamental de Arari - MA. Das cinco escolas, somente uma delas, 20%, destina esta água captada para todos os fins. Todas as outras quatro, 80%, fazem uso da água do açude somente para fins não potáveis e nenhuma delas faz captação de açude exclusivamente para fins potáveis. Apesar das dificuldades de se construir açudes em rios com uma declividade tão baixa, fica demonstrado que dependendo da localidade e da destinação, há um potencial para o uso desta tecnologia na reservação. É possível observar que o açude tem sido uma opção mais utilizada quando a água é destinada somente a fins não potáveis. Como as condições dos açudes e os níveis de tratamento ao qual a água é submetida são desconhecidos, detalhes mais claros das razões e possíveis limitações que expliquem os resultados encontrados são desconhecidos, sendo necessário estudos futuros para explicações e uma maior inclusão do açude como fonte segura de água.

D. Carro pipa

A única fonte de água que aumenta seu alcance quando analisado o uso potável comparado ao uso não potável é o abastecimento por carro pipa. Atualmente, existem 24 escolas que dependem desta fonte. Ou seja, dentre as 66 escolas, 36% são abastecidas desta forma. As 24 escolas atendidas estão distribuídas entre as que dependem da fonte para atender a todos os fins ou atender somente a fins potáveis, nenhuma requer a entrega para fins exclusivamente não potáveis. Entre as escolas que fazem uso de mais de uma fonte de água durante o ano todo, todas elas têm o carro pipa como ao menos uma de suas fontes. Além destes casos, são incluídos outros em que o atendimento é feito às escolas que não possuem

nenhuma fonte de água acessível, nem mesmo de baixa qualidade. Todas as fontes de água usadas na zona rural que envolvem extração de água subterrânea e superficial tem seu uso potável reduzido comparativamente ao uso não potável. A transição destas fontes para o abastecimento feito pelo carro pipa ocorre possivelmente devido à garantia na qualidade da água que é enviada em comparação com a fonte que se encontra disponível, somada à ausência de instalações adequadas para realizar o tratamento da água. O alto índice de adesão ao abastecimento pelo carro pipa demonstra que existe a preocupação e a ação na tentativa de minimizar os problemas existentes. Complementarmente, fica demonstrado que está havendo conscientização na hora de determinar qual água deve ser consumida para cada um dos fins.

E. Cisterna de águas pluviais

Além de beneficiar as casas dos moradores das comunidades rurais, o P1MC instalou o sistema completo para captação e armazenamento de água da chuva em parte das escolas das comunidades sem prejudicar nenhum morador no recebimento do sistema. Com o benefício, parte das escolas municipais da zona rural do município realiza atualmente captação de água pluvial para consumo, com o recolhimento e armazenamento em cisternas provenientes do Programa. O sistema instalado nas escolas é idêntico ao das residências e inclui um reservatório de 16 mil litros, a instalação de calhas, bomba manual e outras partes necessárias para a coleta.

Como pode ser observado no gráfico da figura 38, o número de escolas que fazem uso de água pluvial para cada uma das duas destinações, potável e não potável, é o mesmo: nove. O mesmo pode ser observado no número de escolas que fazem uso de água da rede de abastecimento. Contudo, ao contrário das escolas dependentes da rede, que são as mesmas nas duas colunas, as nove escolas usuárias de água pluvial distribuídas separadamente são diferentes. Isto porque, ora a água é usada somente para um fim, ora somente para outro, ora para os dois, colocando parte das escolas em colunas distintas. Atualmente, o sistema é adotado ao longo do ano todo por 12 escolas, ou seja, 18% do total, e durante parte do ano por uma escola, totalizando 13 que se beneficiam da fonte em algum momento. As doze escolas que se beneficiam do sistema ao longo do ano todo se distribuem entre três que fazem uso exclusivo para fins não potáveis, três que fazem uso exclusivo para fins potáveis e seis que fazem uso para ambos os fins. Esta variação na destinação da água é decorrente das instruções que foram passadas aos operadores, da logística da escola e das necessidades específicas a serem atendidas no local.

De acordo com a NBR, a água proveniente de sistema de captação de água da chuva que não receba tratamento apropriado para consumo potável, deve ter seu uso restringido somente a fins não potáveis. Apesar da NBR 15.527/07 desaconselhar o uso de água da chuva para fins potáveis, é importante ressaltar que o P1MC foi criado para fornecer água também para este fim em locais de maior escassez. Como a disponibilidade de água de qualidade na região é baixa, foi diagnosticado que, em alguns casos, o uso da água da chuva para fins potáveis é feito. Entretanto, de acordo com relatos, a água é somente clorada e tratada no filtro comum. A fim de garantir uma melhor qualidade para o tratamento ao qual a água tem sido submetida, muitas vezes considerado tecnicamente insuficiente, o P1MC inclui atos focados em garantir uma água de melhor qualidade, como, por exemplo, a conscientização do operador sobre a importância de aderir ao descarte da água de lavagem. Apesar das instruções estarem sendo adotado por uma parte considerável das escolas, foi possível observar pelo relato dos responsáveis que existem deficiências e limitações em aspectos técnicos que tem prejudicado o funcionamento correto do sistema, além de relatos de uso indevido da água por escassez ou falta de esclarecimento.

Alguns dos relatos apresentados pelas escolas retratam que existem defeitos ou ausência de componentes do sistema, com falhas em instalações necessárias para o funcionamento correto do equipamento. Exemplos incluem bombas quebradas e, em sua grande maioria, a completa ausência não só da bomba, como de instalação predial condutora tanto da água recolhida até a caixa d'água como da caixa d'água até os ramais. Estes casos, quando relatados por usuários que fazem uso da cisterna vieram acompanhados de soluções paliativas adotadas por eles mesmos a fim de solucionar a situação, como o transporte da água da cisterna para as dependências da escola com o uso de baldes. É importante ressaltar que parte dessas atitudes se devem ao desconhecimento dos usuários tanto da lei quanto dos riscos a que ficam expostos. Nestes casos é necessário que sejam passadas instruções com relação ao manejo do sistema, além de ensinamentos com relação aos riscos de um potencial uso indevido, a fim de garantir que o funcionamento ocorra de maneira correta e consciente. As recomendações para que uma maior segurança na ingestão da água seja garantida, devem se adequar às realidades locais e podem ser usadas na construção de solução do problema. Considerando a necessidade que a escola tem por esta fonte, a adoção de instalações com tratamentos mais adequados deve ser considerada, além de melhorias simples na operação, capazes de tornarem o sistema mais seguro.

Além disso, existem escolas do município que foram contempladas pelo P1MC, mas não fazem uso de suas caixas. São oito escolas nesta situação. Falhas técnicas e defeitos relatados nas cisternas ou no sistema de captação instalados pelo P1MC se mostraram como a justificativa para o sistema ter sido abandonado. Três escolas alegaram que seu sistema se encontra tão danificado que não tem como ser utilizado, com problemas relatados em calhas, bombas e cisternas: E.M. Fabrício Timóteo Costa, E.M. Santa Inês e E.M. de Moitas. Como solução, a escola Santa Inês, por exemplo, passou a usar a cisterna da vizinha, apesar de possuir sua própria cisterna. A E.M. José Nunes Ribeiro, alega que seu sistema não está instalado, por esta razão, não se encontra em uso. Nestes locais, um reparo pode ser capaz de colocar o sistema em uso novamente a um custo menor em comparação à instalação de um sistema completo ou da adoção de outras fontes de abastecimento. Em todos estes casos, um benefício imediato poderá ser sentido com a adição da água da chuva como fonte complementar. A E.M. Prof. César Augusto Vieira possui a cisterna instalada, mas como motivo para não fazerem o uso desta água, apresentaram o temor de que a água seja propositalmente adulterada em ato deliberadamente criminoso que acarrete algum prejuízo à saúde dos alunos e demais usuários. É necessário que a escola seja instruída quanto aos possíveis usos desta água. Como a escola não possui sistema de tratamento para atingir a potabilidade, ao invés do abandono do sistema, existe a possibilidade a ser estudada de se fazer o uso não potável desta fonte, uso este que seria o mais correto de acordo com a NBR 15.527/07 e não traria os riscos que são temidos.

As escolas E.M. Raimundo Nonato Gomes, E.M. Patos e E.M. Lídia Maria Mendes não possuem nenhum problema que as impeça de utilizar a cisterna recebida. Contudo, todas usuárias de água proveniente de poço artesiano, alegaram já extrair água em quantidade suficiente. Portanto, a água da cisterna sobra, sem utilidade como fonte complementar. A essas escolas, fica a recomendação para que conversem com a comunidade para que o sistema seja desinstalado e reinstalado em outro local que apresente carência de água no momento ou que sejam criadas atividades extras para o uso dessa água, como a implantação de hortas. Caso o remanejamento das cisternas para outros locais seja possível, pode haver uma potencialização na solução do problema da comunidade.

F. Igarapé

O igarapé é usado como fonte de abastecimento em somente uma das escolas. A fonte tem sua água destinada exclusivamente para fins não potáveis e é importante destacar que

sua quantidade não é suficiente para atender a toda demanda, sendo ela complementada pelo abastecimento do carro pipa. Portanto, o igarapé atende somente 2% das escolas do município, onde é usado como fonte complementar.

G. Poço artesiano

Dentre as 66 escolas municipais, um número relevante, 31, ou seja, 47%, fazem uso de água do poço como uma de suas fontes de abastecimento. Destas 31 escolas, 21 usam água de poço para fins potáveis. Elas se dividem entre 19 escolas que tem todo o seu abastecimento, tanto para fins potáveis como para fins não potáveis proveniente de poços, e duas que fazem a retirada desta água somente para destiná-la a fins potáveis, devido à baixa qualidade de seus poços. Um total de 29 escolas fazem a retirada de água da chuva para atender sua demanda de água não potável. Portanto, somam-se às 19 escolas, dez que fazem o oposto e destinam a água do poço somente para fins não potáveis. Como alternativa para obter água potável, as escolas que não usam seus poços para isto dependem do abastecimento do carro pipa como fonte complementar ou se encaixam no grupo de escolas que também fazem uso de água de cisterna da chuva para fins potáveis. Portanto, dependendo da qualidade da água disponível, o poço e a cisterna de água da chuva têm se alternado em algumas comunidades como fontes complementares para cada um dos fins.

Como fornecedor de água, o poço se mostra boa alternativa para o fornecimento de muitas escolas, atendendo às demandas com qualidade. A exploração de água subterrânea em regiões de escassez tem se mostrado uma boa alternativa no fornecimento de água para a população, como ocorre não só em Arari – MA, mas em outras comunidades que sofrem com a escassez, por ao menos garantir autonomia a quem sofre com a estiagem. Contudo, é importante lembrar que devido aos impactos que causa, a retirada de água deve ser feita com parcimônia, dentro de uma boa gestão e como um dos últimos recursos a ser explorado. Isto pois, mesmo em abundância, este recurso deve ser preservado tanto em qualidade como em quantidade, a fim de garantir as demandas futuras da comunidade e evitar impactos bruscos nos níveis da água nos lençóis.

H. Rede de abastecimento

Todas as nove escolas da zona urbana estão ligadas ao sistema de abastecimento da sede do município que tem como fonte de água o Rio Mearim e o tratamento da ETA. Além das escolas da zona urbana ligadas à rede de abastecimento, uma das 57 escolas da zona rural, a E.M. Abdail Assis Santos, está ligada à rede. Portanto, somente 15% das escolas,

ou seja, dez escolas, são atualmente abastecidas diretamente pelo sistema de água da cidade, sendo somente uma delas localizada na zona rural e as restantes todas localizadas na zona urbana. Uma comparação entre os gráficos das fontes para uso potável e não potável das escolas permite identificar que quem tem acesso à rede de abastecimento, a utiliza plenamente, fazendo seu uso para todos os fins, potáveis e não potáveis. Não há alteração entre os 15% que fazem uso dela em relação à destinação.

I. Rio Mearim

Poucas escolas têm como fonte direta de água o rio Mearim. Um total de quatro escolas tem seu abastecimento proveniente desta fonte, ou seja, somente 6%. Das quatro escolas que fazem captação de água no rio Mearim, metade a fazem somente para fins não potáveis, portanto para fins menos nobres. Ambas dependem de outra fonte para água potável. Em uma escola a fonte de água potável é uma cisterna de água da chuva. A segunda escola recebe água potável do município através de entrega do carro pipa o ano todo. As duas escolas remanescentes fazem captação de água do rio Mearim tanto para fins não potáveis como para fins potáveis e sem nenhuma fonte complementar. Contudo, ambas relatam problemas decorrentes da baixa qualidade da água disponível e possivelmente um tratamento aquém do necessário, sendo necessário um estudo mais aprofundado que encontre os fatores responsáveis por isto, bem como possíveis soluções.

4.3. Atendimento

Baseado nos relatos colhidos diretamente dos responsáveis por cada uma das 66 escolas, além de informações referentes às fontes geralmente usadas pelas escolas, foi feito um diagnóstico de suas capacidades em atenderem ou não à demanda adequadamente. Dois critérios foram levados em consideração: autonomia e segurança hídrica. Os resultados indicam que apesar de 16 escolas (24%) terem relatado não sofrer nunca com problemas de falta de água durante o ano, todas as outras 50 escolas (76), declararam que enfrentam algum tipo de problema no acesso à água. Os critérios para a classificação de problemas referentes à autonomia envolveram as escolas que não possuem fonte própria de água acessível. Neste caso, foram consideradas escolas que fazem uso de uma fonte, como poço ou cisterna, que não lhes pertence, mas sim a um vizinho ou a um funcionário, e escolas que dependem do envio de carro pipa para ter o que beber ou ter como dar descarga. Isto porque, em ambos os casos, não há garantia de que o fornecimento será sempre possível, ficando restrito em um caso à assiduidade do município e em outro ao acesso a um domínio privado. Já o critério referente à segurança no abastecimento avaliou

termos qualitativos e quantitativos, considerando locais que relataram sofrer com problemas de falta de água ou de baixa qualidade da água acessível. Como o local enfrenta problemas decorrentes de alterações no regime hídrico devido a mudanças sazonais, os critérios de avaliação foram separados entre problemas que afetam o abastecimento o ano todo ou sazonalmente. Para a classificação de problemas como sazonais, foram considerados os casos em que ou no período seco ou durante as mudanças de maré, as escolas passam a depender de uma nova fonte ou há déficit na fonte de água acessível. A divisão dos problemas de acordo com a ocorrência temporal é apresentada na figura 39:

Situação atual das escolas no atendimento à demanda de água ao longo do ano

■ Depende de carro pipa sempre
 ■ Baixa qualidade da fonte disponível
 ■ Fonte não pertence a escola
■ Depende de carro pipa no período seco
 ■ Falta água no período seco
 ■ Não apresenta problemas
 n° de escolas

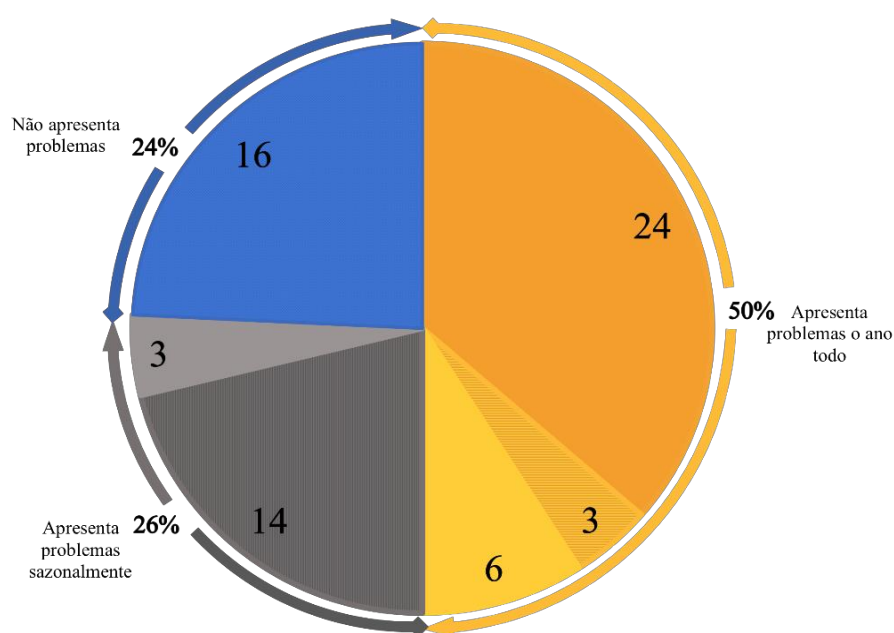


Figura 39 - Gráfico das escolas de Arari – MA que sofrem com problemas no abastecimento de água em alguma época do ano
 Fonte: Autoria própria

A. Não apresenta problemas

Das 66 escolas entrevistadas, um total de 16 relataram que nunca sofrem problemas de falta d'água, em nenhuma época do ano, nem durante o período da seca e nem durante o fenômeno de inversão de maré. Todas as escolas que tem suas necessidades plenamente atendidas, sendo autossuficientes ao gerir seu próprio sistema de abastecimento, utilizam somente uma fonte tanto para fins potáveis como para fins não potáveis. Em todos os 16

casos encontrados, as fontes utilizadas se dividem em duas: quatro escolas fazem uso de cisterna de água da chuva e 12 escolas fazem captação de poço. Pode-se inferir que provavelmente a qualidade da água destes poços é mantida devido a um isolamento de contato com a água de áreas alagadas e de invasão de maré.

B. Apresenta problemas o ano todo

Metade das escolas, totalizando 33, não tem época definida do ano para sofrer com problemas no abastecimento, sendo atingidas independente da estação. Todas elas estão na zona rural do município e não são abastecidas pela rede pública, indicando que as fontes alternativas disponíveis nestes locais, estão se mostrando insuficientes ou sob risco no atendimento à demanda local.

Depende de carro pipa sempre

Algumas escolas não possuem fonte própria de água na qualidade ou na quantidade necessária para atender à demanda e dependem o ano todo do abastecimento do carro pipa enviado pelo município. Das 33 escolas que apresentam problema o ano todo, 24 declararam ter esta como uma de suas fontes seguras de água, sendo todas localizadas na zona rural, representando 36% do total de escolas do município. Por apresentarem uma relação de dependência com relação à assiduidade do município em fazer a entrega, foram todas classificadas como em desacordo. Dos relatos destas 24 escolas, sobressaíram três, que relataram, além deste problema, algum dos outros ao longo do ano. Em uma delas, a escola é dependente não só do fornecimento de água feito pelo carro pipa, como do fornecimento de água proveniente de uma fonte que não pertence a ela: um poço pertencente à vizinha. Nas outras duas escolas, mesmo com o abastecimento feito pelo carro pipa, foi declarado que há falta de água. Ou seja, o abastecimento feito pelo carro pipa tem se mostrado insuficiente. De posse dos dados referentes às escolas que recebem água do caminhão pipa o ano todo, com a quantidade de água que é entregue, a frequência da entrega e o número de alunos e considerando que o caminhão é sempre enviado, foi possível calcular quanto cada aluno tem recebido em média para consumo diário em litros em todas as escolas e analisar a procedência do relato feito por duas delas. Os dados coletados se encontram na tabela 10.

Tabela 10 - Volume de água enviado às escolas abastecidas pelo carro pipa de acordo com a destinação

| | Escolas | Fins | Alunos | Quantidade de água enviada | Média (l/dia. aluno) |
|----|---------------------------------------|-------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | E.M. Antônio Luiz Saraiva | Total | 122 | 1500 L/ Semana | 1,76 |
| 2 | E.M. Benedito Martins | Potável | 34 | 500 L/ Semana | 2,10 |
| 3 | E.M. de Cipó | Total | 55 | 750 L/ Semana | 1,95 |
| 4 | E.M. de Moitas | Potável | 345 | 1000 L/ 2 dias | 1,45 |
| 5 | E.M. Dorotéia Lima Santos | Potável | 119 | 500 L/ Semana | 0,60 |
| 6 | E.M. Epifanio | Potável | 19 | 500 L/ 1,5 Semanas | 2,63 |
| 7 | E.M. Espelho de Alcântara Pereira | Total | 8 | 500 L/ 2 Semanas | 4,17 |
| 8 | E.M. Fabrício Timóteo Costa | Total | 26 | 2000 L/ 2 Semanas | 5,13 |
| 9 | E.M. Filomeno Domingos Maciel | Potável | 16 | 500 L/ Semana | 4,46 |
| 10 | E.M. João Alberto | Potável | 25 | 1000 L/ Semana | 5,71 |
| 11 | E.M. Joaquim Maçalino Santana Martins | Total | 75 | 1000 L/ Semana | 1,90 |
| 12 | E.M. José Antônio Machado | Potável | 85 | 1000 L/ Semana | 1,68 |
| 13 | E.M. Lucas da Costa Ribeiro | Potável | 94 | 500 L/ Semana | 1,22 |
| 14 | E.M. Luiz Chaves Ribeiro | Potável | 160 | 500 L/ Semana | 0,45 |
| 15 | E.M. Maria Ribeiro Prazeres | Potável | 106 | 2000 L/ Semana | 2,70 |
| 16 | E.M. Maria Zimar Santos | Total | 6 | 500 L/ 2 Semanas | 5,56 |
| 17 | E.M. Massarandubal | Total | 16 | 1000 L/ 2 Semanas | 4,17 |
| 18 | E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho | Total | 30 | 2500 L/ Semana | 11,90 |
| 19 | E.M. Modesto Prazeres | Total | 96 | 2000 L/ Semana | 2,98 |
| 20 | E.M. Prof. César Augusto Vieira | Potável | 72 | 1000 L/ Semana | 1,98 |
| 21 | E.M. Raimunda de Deus Dutra | Potável | 152 | 2000 L/ Semana | 1,88 |
| 22 | E.M. Romualdo Silva | Total | 150 | 1500 L/ 0,5 Semana | 3,33 |
| 23 | E.M. Sapucaia | Potável | 6 | 500 L/ 2 Semanas | 5,56 |
| 24 | E.M. Tomé Torres Fernandes | Total | 33 | 2000 L/ 2 Semanas | 4,04 |

Fonte: Autoria própria

Para que essa média por escola traga valores da realidade local, calculou-se a média entre as escolas, tomando-se o cuidado de dividi-las entre as que usam a água para todos os tipos de consumo e as que usam somente para fins potáveis. O dado fornecido pela E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho, que é totalmente dependente de carro pipa para seu abastecimento, destoou bastante no valor encontrado em comparação aos outros.

A média de água entregue para consumo por usuário para esta escola foi mais que o dobro do valor encontrado para a escola com consumo imediatamente abaixo dela. Com a retirada deste valor do cálculo da média, o resultado encontrado apresenta um valor mais

realista do que é de fato a média de água enviada às escolas, sendo apresentada como a média corrigida. Os resultados indicam que a média de água recebida pelas escolas é de 2,5 e 3,5 litros por dia para cada aluno, respectivamente para fins potáveis e para todos os fins, potáveis e não potáveis. As médias calculadas são apresentadas na tabela 11.

Tabela 11 - Volume de água enviado às escolas abastecidas pelo carro pipa de acordo com a destinação

| Média Uso Potável | Média Uso Geral | Média Uso Geral Corrigida |
|--------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 2,5 | 4,3 | 3,5 |

Fonte: Autoria própria

De acordo com a OMS, a quantidade mínima de água em situações de emergência para escolas somente para fins potáveis deve ser de 3 litros por dia para cada aluno. Incluindo além dos fins potáveis, as descargas dos banheiros, acrescenta-se de 3 a 5 litros por usuário por dia, totalizando neste caso, no mínimo, 6 litros por dia para cada aluno. É importante observar que as recomendações da OMS são para escolas em situação de emergência e que estas escolas se encontram em sua condição geral de funcionamento.

Os dados encontrados indicam que a média de consumo por usuário nas escolas se encontra abaixo do mínimo recomendado. As médias encontradas tendem a se reduzir ainda mais com a inclusão do quadro de funcionários. Uma análise dos valores encontrados permite observar que a média de água por usuário necessária para fins potáveis tem seus valores atingidos somente pelas escolas que recebem água para todos os fins. As escolas que dependem de carro pipa para todo o seu suprimento potável não o recebem em quantidade suficiente, mas como possuem outra fonte para fins não potáveis, ao menos para isto supõe-se que na maioria dos casos não haja falta de água.

Nos casos das escolas que fazem a solicitação do carro pipa para todos os usos, a demanda somente para fins potáveis passa a ser atingida, mas sua demanda para todos os fins não. Como elas não possuem nenhuma outra fonte para a limpeza e descarga, com a quantidade de água enviada, seu uso se restringe a atender quase que somente às necessidades potáveis, enquanto os outros usos, principalmente sanitários, ficam comprometidos. O envio do caminhão pipa está sendo feito para atender necessidades sob intenso déficit. As necessidades mais básicas não estão sendo atendidas. É importante ressaltar que o valor descartado no cálculo da média devido a sua discrepância com relação aos outros dados é o único que figura entre o mínimo ideal indicado de água que deveria ser disponibilizado para os alunos.

De acordo com as recomendações de emergência da OMS, das escolas que recebem água somente para fins potáveis, as únicas que se encontram acima do mínimo de 3 litros recomendados são: E.M. Filomeno Domingos Maciel, E.M. João Alberto e E.M. Sapucaia. Das escolas que recebem água para todos os fins, a única que se encontra acima do mínimo recomendado de 8 litros, é a escola descartada do cálculo da média, E.M. Henrique Miguel Bogéia Filho. Portanto, apesar de somente duas das 24 escolas abastecidas por esta fonte terem alegado problemas referentes à falta de água, fica constatado que pela quantidade enviada, 20 delas (83%) se encontra abaixo do mínimo recomendado pela OMS para situações de emergência.

As consequências desta deficiência no atendimento estão relacionadas principalmente à saúde dos usuários. Falta água para ingestão, para o preparo de merendas e para limpeza pessoal e local. A economia na lavagem das mãos, descargas sanitárias e limpeza de pisos e banheiros traz riscos de exposição a vetores, doenças e insalubridade. Atitudes de economia compulsória com relação ao uso são tomadas para que a água não acabe. Apesar da economia de água feita pelas escolas ser importante, mais importante ainda é que esta economia não afete a segurança dos usuários e que os usos necessários de água não deixem de ser feitos.

Considerando que o abastecimento por esta fonte já é feito com o intuito de suprir as necessidades de água não supridas pelas outras fontes e considerando as consequências enfrentadas pelas escolas decorrentes deste déficit, é importante que as deficiências na oferta dessa água sejam solucionadas. Como as escolas são abastecidas com a quantidade de água que tem capacidade de receber em suas caixas d'água, as soluções caminham para um aumento na capacidade de armazenamento das escolas, com a ampliação de suas caixas d'água ou um aumento na frequência com que a entrega pelo carro pipa é feita, diminuindo o tempo entre elas.

Fonte externa

Além da escola que sofre com dois problemas ao mesmo tempo: falta de água e fonte pertencente à terceiros, outras seis escolas, totalizando sete e, portanto, mais de 10% do total, declararam que sua fonte de água potável se encontra sob posse ou domínio de uma pessoa e não da escola. Todas as escolas estão localizadas na zona rural e tiveram relatos referentes à extração de água de somente duas fontes: poço e cisterna de água da chuva. Nos casos de poços, a escola não possui em sua infraestrutura um poço próprio e nem um poço pertencente a comunidade, que possibilite o uso de água. Já no caso das cisternas, a

comunidade do entorno foi beneficiada pelo P1MC, mas por motivo desconhecido, não ocorreu o mesmo com a escola, mesmo havendo a necessidade.

No caso das escolas de Arari, com a união da população em prol de uma solução, vizinhos e funcionários destas escolas voluntariamente assumiram a responsabilidade no fornecimento de água ao local e garantem que não falte água. O estudo “Avaliação de cisternas escolares no semiárido alagoano” avaliou 108 escolas que sofrem com a escassez de água em Alagoas e em 28% delas foi detectado que a falta de água é motivo de conflito entre a escola e a população local. As situações relatadas incluem vizinhos levando água das cisternas, se apropriando de parte da água que foi entregue pelo caminhão pipa à escola e negando ajuda quando solicitado. Portanto, apesar de não ter sido relatado nenhum conflito com relação ao uso desta água, estas escolas não possuem nenhuma autonomia e nem garantia de que o fornecimento de água por terceiros ocorrerá para sempre. As escolas identificadas com este problema estão na tabela 12.

Tabela 12 - Tabela das escolas que alegaram não ter seu abastecimento atendido devido a dependência de fonte de terceiros para abastecimento contínuo de água

| Escolas dependentes de fonte externa de água e o fornecedor | | |
|--|-----------------------------|---|
| 1 | E.M. Pedro Paulo da Silva | Cisterna pertencente à <u>funcionário da escola</u> |
| 2 | E.M. Campo do Carmo II | Cisterna pertencente à <u>funcionário da escola</u> |
| 3 | E.M. de Ilhota | Poço pertencente à <u>funcionário da escola</u> |
| 4 | E.M. Santa Inês | Cisterna pertencente à <u>terceiro</u> |
| 5 | E.M. Ângelo Feliciano Lemes | Poço pertencente à <u>terceiro</u> |
| 6 | E.M. Moitas | Poço pertencente à <u>terceiro</u> |
| 7 | E.M. Santa Rita | Poço pertencente à <u>terceiro</u> |

Fonte: Autoria própria

Baixa qualidade da água

Mesmo em abundância, em três escolas houve relato de que a água se encontra imprópria para consumo. Nestes locais, não está sendo feito o abastecimento contínuo pelo carro pipa da prefeitura e, como consequência, a escola sofre com falta de água de qualidade diariamente, de acordo com as alegações dos responsáveis. Isto indica a existência de escolas fazendo uso de uma fonte de água fora dos padrões de consumo durante o ano todo, mas que ainda não tem seu abastecimento complementado ou substituído por uma água de qualidade, como a água enviada da ETA pelo carro pipa. A relação das escolas

com relato de água de baixa qualidade e a fonte usada por cada uma delas se encontra na tabela 13.

Tabela 13 - Tabela das escolas que alegaram ter seu abastecimento atendido somente por água de baixa qualidade

| Escolas com relato de água de baixa qualidade | | |
|--|-----------------------------|-------------------|
| 1 | E.M. do Melo | Fonte: Rio Mearim |
| 2 | E.M. Raimundo Nonato Mendes | Fonte: Rio Mearim |
| 3 | E.M. Abraão Salomão | Fonte: Poço |

Fonte: Autoria própria

Duas escolas são usuárias do rio como fonte e relataram que a água se encontra com baixa qualidade para consumo para fins potáveis, sendo desconhecida a forma de tratamento adotada atualmente. A terceira escola a relatar a mesma ocorrência realiza captação de água potável de um poço. A água de baixa qualidade encontrada foi descrita como salobra o ano todo, sendo esta possivelmente uma consequência direta de anos sob o regime hídrico local. Portanto, das escolas que dependem de abastecimento da água do rio, são encontrados problemas decorrentes deste uso em 50% delas, todas usuárias desta fonte para fins potáveis. Já das 21 escolas dependentes de poço para realizar seu abastecimento potável, somente uma, ou 5% delas, relatou ter problema com a qualidade da água encontrada ao longo do ano todo.

Nestes locais a situação é grave, pois o consumo de água de baixa qualidade está ocorrendo o ano todo, não havendo ao menos um fornecimento seguro, mesmo que dependente do município. Em todos estes três locais, como o abastecimento contínuo pelo carro pipa da prefeitura não está sendo feito, resta o uso das únicas fontes de água potável disponíveis e sofrer as consequências de consumir uma água com falta de qualidade diariamente. Considerando que a água está sendo consumida, uma possível solução é realizar o tratamento. Pode-se inferir pelo número de alunos em cada escola, que são comunidades pequenas que se encaixam em situações em que tratamentos alternativos, menos tradicionais e soluções de pequeno porte e individuais se adequam. Fontes complementares podem ser uma opção para aumentar a segurança no abastecimento e oferecer uma água de melhor qualidade, como a adesão ao abastecimento pelo carro pipa.

C. Apresenta problemas sazonalmente

Do total de 66 escolas, 17 escolas (26%) relataram sofrer com problemas no abastecimento sazonalmente. A variação das fontes usadas pelas escolas nos dois períodos, seco e chuvoso, pode ser observada no gráfico da figura 40, tanto para fins potáveis como para fins não potáveis.

Variação temporal ao longo do ano das fontes de água adotadas atualmente pelas escolas do município de Arari para o abastecimento com fins potáveis e não potáveis

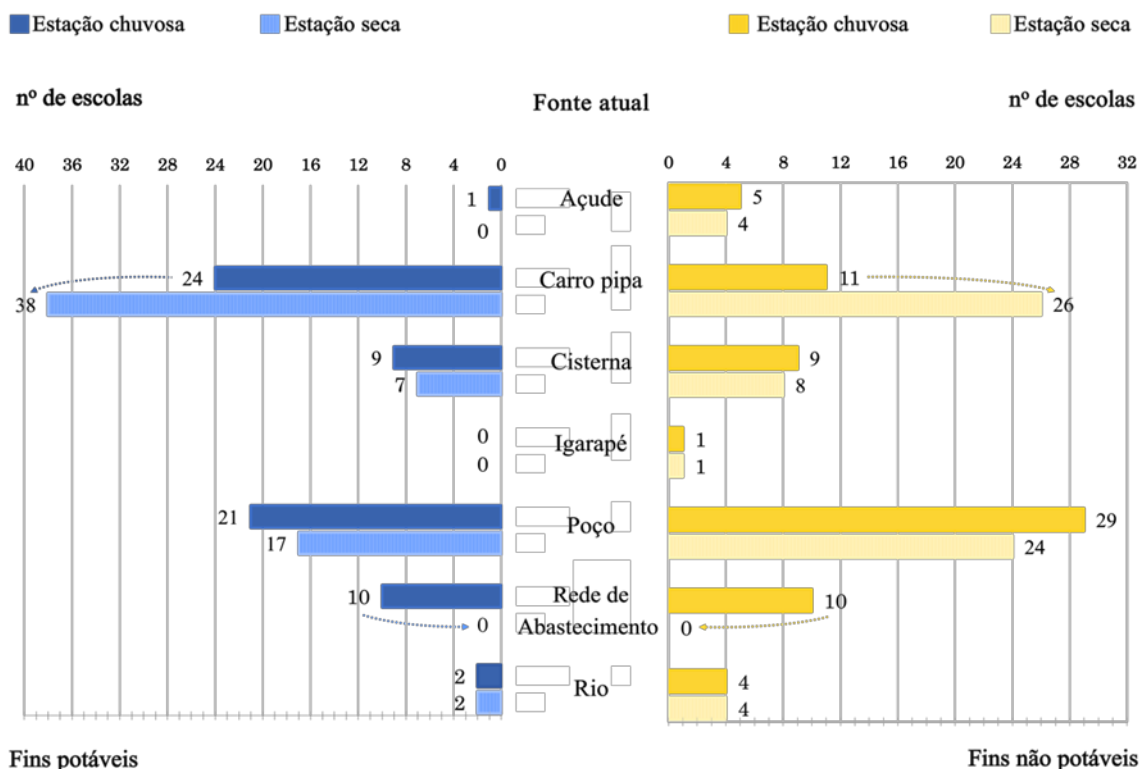


Figura 40 - Gráfico das fontes adotadas pelas escolas de Arari – MA nos diferentes períodos: chuvoso e seco, para cada um dos fins destinados

Fonte: Autoria própria

Parte dos problemas são consequência da seca e perduram por todo o período e parte dos problemas são vinculados somente às mudanças de maré, ocorrendo eventualmente durante a estação seca. Em consequência das mudanças temporais causadas no regime hídrico local, mudanças no fornecimento de água podem ser facilmente observadas com a migração das fontes que são adotadas pelas escolas no período seco. Das 17 escolas que sofrem com problemas sazonais, 10 estão localizadas na zona urbana e somente 7 na zona rural. Proporcionalmente, fica claro que os problemas sazonais podem ser mais notados na sede. Entre estas escolas, encontram-se dois grupos: escolas que passam a ser abastecidas pelo carro pipa no verão e escolas que simplesmente sofrem com a falta d'água durante o período.

Carro pipa no verão

A forma como a demanda pelo carro pipa se distribui ao longo do ano está representada no gráfico da figura 40. É possível observar uma forte e clara dependência desta fonte como uma das soluções adotadas para muitas das escolas no período seco. De todas as escolas, temos que 14 passam a receber água para fins potáveis sazonalmente do caminhão pipa, ou seja, somente na época da seca. Destas 14 novas escolas, dez são escolas da sede. Observa-se a migração em massa das escolas, antes dependentes da rede, para a dependência completa do carro pipa. Em algumas escolas dependentes de fontes próprias de água como açudes, poços, igarapés, rios e cisternas, durante o período de seca, quando seu suprimento se torna insuficiente, de má qualidade ou se exaure, é necessário o reforço do caminhão pipa durante todos os meses.

É importante lembrar que diferente do abastecimento feito pelo carro pipa ao longo do ano, no período da seca, a água levada pelo carro pipa não é sempre proveniente da ETA. Como nas mudanças de maré a ETA não se encontra em condições de funcionamento, a água é trazida de outro município, seja por apoio mútuo ou até mesmo pela compra desta água em alguns casos.

Das escolas usuárias de açudes, somente uma das cinco relatou ter problemas relacionados diretamente ao período da seca. A E.M. Augusto Ângelo Bezerra passa de dependência total do açude para dependência total do carro pipa. De acordo com o que foi relatado na entrevista, isto ocorre devido à pouca água que permanece no açude durante esse período. Dentre as escolas que fazem uso do sistema de água da chuva, a E.M. Roberto Silva Aranha, que possui cisterna própria e destina esta água para todos os fins, relatou que a água coletada é insuficiente para cobrir todo o período da seca. No final da estação, é solicitado o abastecimento feito pelo carro pipa para suprir toda a demanda. A E.M. Curral da Igreja, usuária da cisterna somente como fonte de água potável, possui um poço que fornece toda a água não potável, contudo, na estação seca, quando a água da cisterna acaba, solicita o abastecimento do carro pipa, já que a água do poço não é capaz de atender à demanda para fins potáveis. Durante o verão, atualmente o igarapé não tem sofrido com as consequências da falta de água e tem permanecido como uma fonte acessível de água não potável para a única escola usuária de igarapé como fonte de abastecimento.

Apesar do poço ser fonte de água para grande parcela dos colégios, quando chega a estação seca, o número total de escolas que faz uso desta água cai de 31 para 28. As três

escolas que deixam de fazer este uso, o fazem devido ao esgotamento temporário do poço. As escolas são: E.M. Benedito Martins, E.M. Boca do Mel, E.M. Joana Rosa dos Santos. Destas, somente a E.M. Boca do Mel é acrescida entre as escolas que passam a ser atendidas pelo carro pipa. A E.M. Benedito Martins já é dependente do carro pipa como fonte complementar o ano todo e a E.M. Joana Rosa dos Santos, apesar de sofrer com a falta d'água, não está entre as escolas que tem seu abastecimento complementado.

Falta água

A E.M. Joana Rosa dos Santos é abastecida o ano todo por um poço. Do poço sai a água para todos os usos. Contudo, durante a estação seca, o poço se esgota e seca. Durante este período passa-se a usar a água de uma cisterna em substituição. Apesar disso, a escola sofre com a falta d'água pois a cisterna de 16 mil litros não cobre todas as necessidades e acaba antes do retorno das chuvas. Nestes períodos, eles voltam a usar o poço, fazendo a captação logo pela manhã, que é quando ainda há água.

A E.M. Joana Rosa dos Santos, apesar de sofrer com a falta d'água, não está entre as escolas que tem seu abastecimento complementado. Portanto, falta água e a adição de uma fonte complementar ou o aumento da capacidade do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais deve ser feito a fim de garantir o abastecimento seguro durante esta época. As outras duas escolas afetadas pela falta de água e que mesmo assim não tem seu abastecimento reforçado são as E.M. Passabem 1 e E.M. Passabem 2. Ambas ficam localizadas próximas e fazem uso do mesmo poço. De acordo com o relato, o poço tem atendido de forma satisfatória às escolas durante quase todo o ano, mas tem faltado para toda a comunidade do entorno.

4.4. Visita técnica

A. Escola Municipal Professora Luiza Francelina

A primeira escola visitada foi a E.M. Professora Luiza Francelina, localizada na zona urbana do município, no dia 05 de julho, com saída da sede da Secretaria de Educação da cidade, o responsável pela escola acompanhou a visita, conduzida pelo diretor. Sua fachada pode ser observada na figura 41. A área da escola é quase inteiramente ocupada pelo prédio, sendo a parte coberta de aproximadamente 575 m² e nos fundos uma quadra ocupa o restante da área descoberta, mostrada na figura 42. Na lateral direita, e na frente do colégio, em um corredor, os alunos estacionam suas bicicletas. A lateral esquerda fica desocupada e funciona como zona de passagem para os fundos. Na área do entorno do colégio não há terreno desocupado. Todos estão com construções e dividem muro lado a lado com a escola. O prédio é novo e foi inaugurado nos últimos quatro anos pelo atual prefeito. A escola é considerada de porte grande e atende 382 alunos diariamente.



Figura 41 - Foto da entrada da E.M. Professora Luiza Francelina, na zona urbana de Arari – MA

Fonte: Autoria própria

Como todas as escolas localizadas na sede, o local é atendido pelo sistema de abastecimento de água da cidade e tem como fonte o Rio Mearim. As instalações hidráulicas se encontram em funcionamento. Com o fenômeno de inversão da maré e a interrupção nos serviços da Estação de Tratamento, durante alguns dias dos meses de agosto a janeiro o suprimento de água fica comprometido.



Figura 42 - Foto da quadra localizada nos fundos da E.M. Professora Luiza Francelina
Fonte: Autoria própria



Figura 43 - Foto do telhado de telhas de barro da E.M. Professora Luiza Francelina
Fonte: Autoria própria



Figura 44 - Foto de sala de aula da E.M. Professora Luiza Francelina com maquete do local produzida pelos alunos
Fonte: Autoria própria

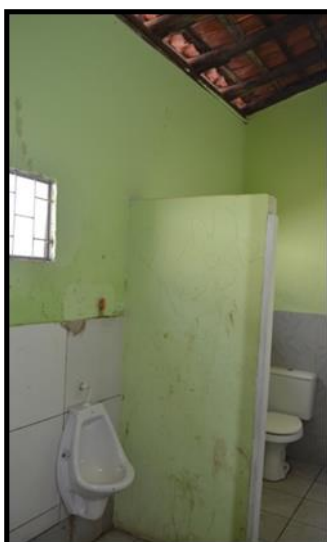


Figura 45 - Foto de banheiro da E.M. Professora Luiza Francelina
Fonte: Autoria própria

Mesmo com economia por parte dos usuários, a reserva nas caixas d'água da escola acabam e, então, o município enche essas caixas d'água com o carro pipa da prefeitura. De acordo com as informações prestadas pela direção, a demanda da escola requer o envio do carro a cada dois dias, durante um período de 6 dias em que a mudança de maré causa o interrompimento no abastecimento, 3 antes e 3 depois do alinhamento da lua. Portanto, infere-se que são feitas em média três entregas de água a cada período em que há interrupção, que correspondem a duas vezes por mês. É importante lembrar que são muitos alunos dividindo este espaço e, de acordo com eles, a água entregue pela prefeitura

nestes períodos não atende plenamente às necessidades e é usada com economia. Sua destinação visa atender somente parte das necessidades primárias, como descarga, dessedentação e preparo de merenda, não restando água para a limpeza, por exemplo. Os pais e alunos tem consciência do problema, já que todos são afetados por ele também em suas residências. Existe um movimento de união e reuniões são feitas. Além da economia de água durante os períodos de carência, alguns alunos trazem água de casa. Existe uma pré-disposição na busca por soluções. A escola apresenta telhado, mostrado na figura 43, e sala de aula, mostrada na figura 44. O banheiro pode ser observado na figura 45. Há área disponível para colocação de tanque reservatório, contudo somente enterrado.

B. Escola Municipal Antônio Garcia Fernandes

A segunda escola visitada se chama E.M. Antônio Garcia Fernandes, apresentada na figura 46. O responsável pela escola conduziu a visita pelo local, que se encontrava fechado devido às férias escolares, em conjunto com a diretora responsável. A escola está localizada na esquina de um quarteirão, em um pequeno terreno, cercado por casas de todos os lados, na zona urbana do município de Arari.



Figura 46 - Foto da entrada da E.M. Antônio Garcia Fernandes
Fonte: Autoria própria

Esta é a menor escola entre as 9 localizadas na zona urbana, atendendo somente 149 alunos com idade entre 8 e 12 anos. O prédio é novo e foi recentemente inaugurado, também na gestão atual da prefeitura, como apresentado na foto da sala de aula da figura 47. A área da escola é completamente ocupada pelo prédio. Na entrada, a direita existe um pequeno espaço não ocupado pelo prédio, na testada do lote. Contudo, a entrada foi construída depois, ficando a área somente murada, sem proteção para a rua.

Quando dentro do colégio, no centro do prédio existe um pequeno vão descoberto e desocupado, embaixo do qual fica instalada a fossa séptica do local, como mostrado na figura 48. Eles utilizam a área para estender itens lavados e alocar materiais de manutenção, limpeza e acondicionamento de volumes grandes de resíduos. A parte coberta totaliza uma área de 240 metros quadrados e a área descoberta 18,5 metros quadrados, aproximadamente. A escola é abastecida pelo sistema de abastecimento da cidade e recebe água proveniente do Rio Mearim após ser tratada pela ETA. A escola possui filtro por onde passa a água a ser consumida pelas crianças.



Figura 47 - Foto da sala de aula da E.M. Antônio Garcia Fernandes
Fonte: Autoria própria



Figura 48 - Foto do vão no centro da E.M. Antônio Garcia, onde fica localizada a fossa séptica
Fonte: Autoria própria

Durante os meses de agosto a janeiro, quando ocorre o aumento da maré e a redução na qualidade da água, as interrupções feitas na ETA se estendem à escola. Elas ocorrem a princípio duas vezes por mês, quando o suprimento de água da escola fica a cargo do município. Contudo, a diretora apresentou preocupação diante de um aspecto técnico do projeto que tem se mostrado extremamente deficiente no atendimento às necessidades. O local conta com instalação predial de água em funcionamento, com ramais recebendo água e telhados em ótimas condições. Anteriormente, na antiga instalação, o prédio contava com duas caixas d'água, uma de 3000 Litros para os banheiros e outra de 1000 Litros para merenda e bebedouro. Com a mudança para o novo local, as caixas d'água foram trocadas. Os banheiros receberam caixas de descarga individual de 250 Litros cada, que tem se mostrado insuficiente de todas as formas.

A água é usada somente no atendimento de necessidades primárias, como descarga de efluentes, ingestão e preparo de merenda. Isto ocorre muito devido ao dimensionamento do sistema predial, que se mostra insuficiente. Nas épocas de escassez, mesmo com o envio de água pelo carro pipa, a falta de água acomete e persiste no local. Como consequência, para se adequar à realidade, a escola tem optado pela suspensão parcial das aulas, por 1 ou 2 dias, ou a liberação antecipada dos alunos. A medida além de reduzir o

tempo em que as crianças passam nas dependências da escola para economizar a água, visa privá-las de ficarem em um ambiente insalubre por tanto tempo.

Apesar de haver consciência do problema de falta d'água por parte dos pais e dos alunos, uma mobilização social em prol de uma solução foi descrita como complicada pela diretora. É importante observar que o entorno do terreno, assim como todo o município, sofre de carência de importantes serviços sanitários. Na figura 49 é possível observar efluentes passando pela sarjeta sem as devidas proteções. Tudo isto coloca em risco o terreno do local e requer atenção, já que pode se tornar fonte de contaminação de água colocada em reservatório, caso seja de instalação subterrânea. Além disso, o terreno no entorno é completamente ocupado e não foi possível identificar área passível de receber uma cisterna.



Figura 49 - Foto da rua em frente a entrada da escola com esgoto correndo na sarjeta
Fonte: Autoria própria

C. Escola Municipal Miguel Henrique Bogéia Filho

A terceira escola a ser visitada se localiza na zona rural do município e se chama E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho, também conhecida como Piçarreira, apresentada na figura 50. O responsável pelo colégio acompanhou a visita e moradores da casa em frente explicaram como funciona o sistema de abastecimento de água do local. A escola se localiza em uma pequena comunidade com 14 famílias e atende 28 alunos, com idade entre 2 e 13 anos, ou seja, atende desde crianças em idade pré-escolar até alunos do ensino fundamental. O local no entorno é pouco ocupado e o terreno da escola, assim como os das casas, é amplo e sem muita densidade demográfica, sendo cercado majoritariamente por: árvores, natureza e criações de animais de pequeno porte. Das fontes usadas, uma é de origem local. O fornecimento vem de um poço de aproximadamente 18 metros de profundidade, no terreno ao lado da escola, mostrado na figura 51.

Figura 50 - Foto da entrada da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho
Fonte: Autoria própria



O sistema de bombeamento de água é ligado desde a manhã até a noite para o enchimento de um reservatório elevado de 10 mil litros, apresentado na figura 52. A partir deste reservatório, a água sai e segue por um sistema de abastecimento, que atinge toda a comunidade. O sistema de bombeamento e abastecimento funciona plenamente em

termos técnicos, mas algumas vezes falta água no poço e o sistema consequentemente falha.



Figura 51 - Foto do poço de onde é retirada a água para consumo não potável da comunidade e da escola
Fonte: Autoria própria

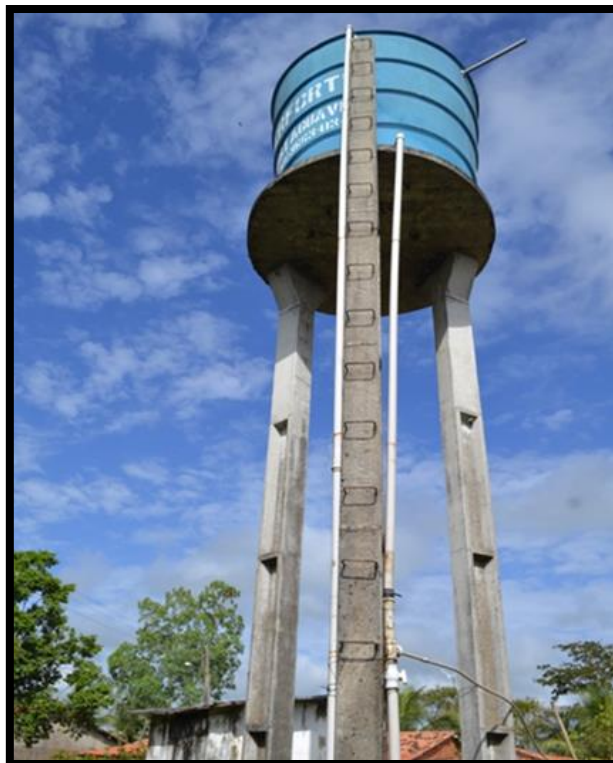


Figura 52 - Foto do Reservatório elevado usado pela comunidade na distribuição da água do poço
Fonte: Autoria própria

Apesar de ter um poço, a água fornecida por ele é salobra. Como pode ser observado na foto da Figura 53, a baixa qualidade da água favorece a formação de lodo no encanamento em que a água passa. Ela não é de qualidade para fins potáveis. Por isso, esta água é usada somente para fins não potáveis e tem seu uso restringido à limpeza e algumas vezes à descarga.



Figura 53 - Foto do lodo formado no tubo por onde passa a água captada em decorrência da presença de sais e da escola

Fonte: Autoria própria

A comunidade e a escola dependem de outra fonte para água potável. Um açude tem se mostrado estável mesmo nas estações secas e tem sido o fornecedor de água para fins potáveis para a comunidade. Para a escola, o fornecimento de água tem sido garantido de outra maneira. Atualmente, o fornecimento de água potável está a cargo da prefeitura, que faz a entrega com o caminhão pipa durante o ano todo. Na frente da escola ficam reservatórios que juntos somam 2500 Litros e tem seu abastecimento feito semanalmente.

O prédio é novo e foi inaugurado recentemente, pela atual gestão da prefeitura, como pode ser observado nas fotos das figuras 54 e 55, do refeitório e da sala de aula, respectivamente. Como o entorno é pequeno, todos se conhecem, dependem das mesmas fontes e sofrem com os mesmos problemas. Dependendo do período do ano, se necessário, a entrega de água que é feita na escola regularmente se estende à comunidade. Assim como em qualquer outro local da zona rural em que falta água para a comunidade durante o período de seca, eles passam a ter acesso ao abastecimento feito pela prefeitura. Apesar de toda a dificuldade, as soluções adotadas têm atendido parcialmente às necessidades locais. Nos fundos da escola, se encontra uma área ampla usada pelas crianças para recreação. Há espaço sobrando. A construção mais próxima é de uma igreja localizada ao lado esquerdo do prédio e uma casa que fica mais distante do lado direito. As outras casas se espalham pelo local, com uma distância confortável. No tempo da visita, não foi possível fazer as medições da área da escola. A área da escola não foi medida no local devido ao tempo disponível para a visita, mas é estimada em aproximadamente 100 m².



Figura 54 - Foto do refeitório da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho
Fonte: Autoria própria



Figura 55 - Foto do da sala de aula da E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho
Fonte: Autoria própria

D. Escola Municipal Modesto Prazeres

A quarta escola visitada foi a Escola Municipal Modesto Prazeres, apresentada nas fotos da figura 56. A responsável pela escola conduziu e acompanhou a visita até o local. A escola fica na zona rural do município, em uma comunidade com aproximadamente 120 famílias em seu entorno. A escola é frequentada por 96 alunos com idade entre 2 e 12 anos, e, quando comparada à escola Piçarreira, visitada também na zona rural, a escola Modesto Prazeres recebe bem mais alunos, o triplo, e atende também crianças em idade pré-escolar.



Figura 56 - Fotos da entrada da E.M. Modesto Prazeres
Fonte: Autoria própria



Figura 57 - Foto do Corredor da E.M. Modesto Prazeres que permite ver a grande dimensão do telhado da escola.
Fonte: Autoria própria



Figura 58 - Foto da Quadra da escola em região desocupada, gramada, nos fundos do terreno
Fonte: Autoria própria

A escola ocupa uma área grande, de aproximadamente 418 metros quadrados. Na foto da figura 57, é possível observar que por possuir um telhado bem alto, aparenta ainda maior amplitude. Seu teto é feito de telhas de barro e possui um ótimo aspecto. Similarmente à comunidade da escola anterior, na comunidade em que está inserida esta escola as casas foram construídas mais distantes uma das outras, com terrenos ocupados pela vegetação local e animais de pequeno porte, tanto para consumo, como de estimação. Não existe ocupação em nenhum dos terrenos no entorno da escola. Nos fundos do prédio, um terreno amplo e em desuso se repete, com uma pequena área gramada, feita de quadra, com duas traves colocadas, mostrado na figura 58.

De acordo com relato local, a comunidade não possui nenhuma fonte própria tanto para fins potáveis como para fins não potáveis. Portanto, o abastecimento para todos os usos é feito por carro pipa e fica a cargo da prefeitura, ocorrendo o ano todo. A entrega acontece uma vez na semana e a escola recebe 2500 litros de água potável. No período de chuva, a região se torna alagada e sob forte influência da água. O prédio não conta com instalação predial em funcionamento. Isto porque antigamente, a caixa d'água ficava nos fundos da escola e se ligava ao sistema de água do prédio. O local pode ser observado na figura 59.

Contudo, o carro pipa enfrentava sérias dificuldades para realizar o abastecimento devido à distância entre o reservatório e o local em que ficava o veículo. Com a impossibilidade de aproximar o carro, optou-se por aproximar a caixa. As caixas d'água ficam localizadas na parte da frente da escola, próximas ao muro, onde são abastecidas facilmente pelo veículo, como mostrado na figura 60. Entretanto, como essas caixas não estão ligadas à instalação hidráulica predial os ramais do prédio pararam de funcionar. Atualmente todo o transporte de água da caixa d'água até as instalações é feito com balde, tanto para consumo quanto para limpeza.

A descarga e limpeza dos sanitários é feita com baldes e acontece somente quatro vezes ao dia. A não adequação aos padrões de higiene torna o método comprometido principalmente nos aspectos que tangem à saúde dos usuários, já que sua proteção é diretamente atingida. Além disso, ocorre a exposição de alunos e funcionários a condições não agradáveis de uso do sanitário.



Figura 59 - Foto da antiga localização da caixa d'água, nos fundos da escola
Fonte: Autoria própria



Figura 60 - Foto da Caixa d'água da Escola Municipal Modesto Prazeres, localizada na entrada da escola para ser abastecida pelo carro pipa da Prefeitura
Fonte: Autoria própria

A escola não possui bebedouro. Após ser transportada em um balde, a água para o consumo passa por um filtro de barro, como mostrado na figura 61, e é então colocada em garrafas que vão para a geladeira.

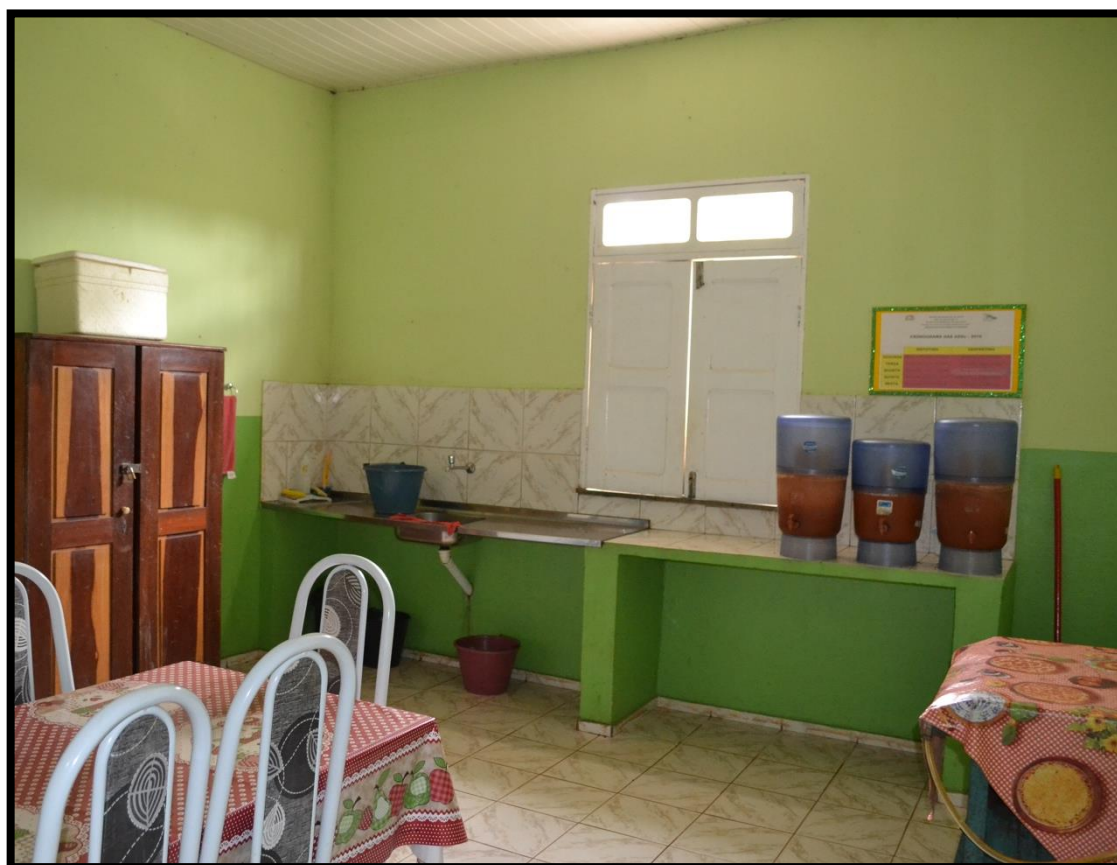


Figura 61 - Foto da Cozinha da Escola Municipal Modesto Prazeres e filtros de barro usados para filtrar a água que é entregue pelo município nas caixas d'água localizadas na frente da escola

Fonte: Autoria própria

E. Escola Municipal de Moitas

A quinta escola visitada se chama E.M. de Moitas, na foto da figura 62. A responsável conduziu a visita até o local. Outras escolas sob responsabilidade da mesma pessoa ficam próximas na região e foram apontadas ao longo do caminho. Entre as escolas visitadas, esta é a que se encontra mais distante da sede. O prédio é usado há anos pela escola, que se compara em porte às grandes escolas da sede. A escola opera em dois turnos e atende 345 alunos.



Figura 62 - Foto da Entrada da Escola Municipal de Moitas
Fonte: Autoria própria

O entorno não é muito ocupado, mas apresenta vegetação densa. Além da responsável, a moradora vizinha da escola, acompanhou a visita. A fonte de água da escola é um poço de aproximadamente 13,5 metros de profundidade. O poço pertence à escola, contudo a água é bombeada com a bomba emprestada da vizinha ao lado. De lá segue para a caixa d'água, no alto do prédio, de onde é distribuída. De acordo com o relatado, o poço é de qualidade e não fica salgado no período de inversão de maré, mantendo a qualidade o ano todo. Nos meses de janeiro a julho, quando fica chuvoso, a água sai mais limpa.



Figura 63 - Foto da água retirada do poço pertencente à escola
Fonte: Autoria própria

No dia da visita, já no final da estação chuvosa, a qualidade visual da água retirada do poço tem turbidez elevada, como pode ser observada na figura 63. Uma caixa d'água de 1000 litros é abastecida pela prefeitura semanalmente para consumo potável. Apesar disso, o filtro da escola não é abastecido com ela. Ele é usado para filtrar a água captada no poço e servi-la em conjunto com a água enviada pela prefeitura para consumo potável. De acordo com a responsável, este hábito se mantém devido a uma rejeição das crianças ao gosto da água tratada pela ETA, objeto de preocupação, visto que não está havendo segurança no fornecimento de água de qualidade para as crianças. Na figura 64, é possível observar a água do poço após passagem pelo filtro da escola.



Figura 64 - Foto da água filtrada do poço pertencente à escola
Fonte: Autoria própria

Assim como a vizinha e a comunidade no entorno, esta foi uma das escolas contempladas com uma cisterna de 16 mil litros do P1MC. Contudo, a cisterna não está sendo utilizada. A bomba originalmente instalada está quebrada. Devido a um problema, parou de funcionar. Por isso, a cisterna foi desinstalada e não se encontra em funcionamento, como mostrado na figura 65. Além disso, de todas as escolas visitadas, foi possível notar que apresentou as instalações sanitárias em piores condições, como mostrado na figura 66. Contudo, a escola está para mudar de local e a construção do prédio novo já se encontra em andamento, onde a cisterna está prevista para ser reinstalada. Apesar da futura mudança, a visita foi importante por retratar a realidade de muitas escolas que se encontram em maior situação de vulnerabilidade. Devido às condições relatadas, é importante que além do fornecimento, haja nesta escola um trabalho de conscientização com relação ao consumo de água.



Figura 65 - Foto da caixa d'água de 16 mil litros instalada pelo P1MC que se encontra em desuso devido a defeito na bomba
Fonte: Autoria própria



Figura 66 - Foto das instalações sanitárias da Escola Municipal de Moitas
Fonte: Autoria própria

Capítulo 5 - Análise

5.1. Estudo de caso

Um longo período de estiagem somado ao regime costeiro comprovou ser extremamente influente em todas as fontes de água usadas para o abastecimento na região da Baixada Maranhense, já que a ocorrência temporal coincide com a migração das escolas para fontes alternativas de água e o esgotamento de algumas fontes. Foi identificado também que em grande parte das escolas, o problema de falta d'água não é sazonal, mas sim presente ao longo de todo o ano. Muito se deve a falta de uma fonte de qualidade acessível. Para a segurança não só das crianças, mas de todos os usuários nas escolas, deve-se ter água potável para beber, lavar as mãos e fazer o preparo de alimentos. É necessário que se tenha também água para descarga nos sanitários e limpeza de salas, pátios e banheiros. Para estes últimos usos, a água usada pode ser potável só em caso de abundância, já que a demanda pode ser atendida com água não potável.

Entre as situações relatadas nas escolas, temos que a baixa qualidade da água foi relatada por três escolas. Em todas elas, mesmo antes que o abastecimento seja complementado pela água da chuva, é importante que uma fonte de água de qualidade seja assegurada imediatamente, talvez com a inclusão delas na lista das que são abastecidas o ano todo por caminhão pipa. Em 21 escolas que dependem de abastecimento de caminhão pipa sempre, mesmo sem a alegação, foi detectado a partir das informações fornecidas que é baixa a quantidade de água que está sendo disponibilizada atualmente por aluno, seja para as que fazem uso desta água para todos os fins ou somente para fins potáveis. Nestes locais, a primeira recomendação é que esta quantidade seja ajustada de acordo com as condições mínimas recomendadas para alunos e funcionários para a condição local.

O fato de algumas escolas do município terem sido contempladas pelo P1MC permitiu fazer uma análise exploratória, onde a eficiência dos reservatórios ficou comprovada. A cisterna tem se mostrado incapaz de atender plenamente somente duas das doze escolas abastecidas o ano todo, contudo, ainda assim é uma fonte complementar para todas. A única escola que faz uso sazonal do recurso atualmente, tem suas necessidades abastecidas por quase todo o período, ficando somente o último mês da estação desassistido pela reserva. O cálculo para o atendimento à demanda feito com água da chuva deve ser feito com especial atenção, na tentativa de evitar ocorrências como as relatadas de escolas que usam o sistema, mas mesmo assim não tem suas necessidades atendidas. É importante lembrar que o sistema de uso de água da chuva é sugerido como

uma fonte complementar e não necessariamente substitutiva das fontes usadas atualmente. Esta complementação do abastecimento em alguns lugares pode ser considerada quantitativa e em outros qualitativa, dependendo da situação atual.

A partir das recomendações da NBR 10.884/89 e da NBR 15.527/07 e da literatura disponível, um estudo de dimensionamento do SAAP para as escolas visitadas pôde ser feito. O estudo se limitou a abordagem de alguns componentes do sistema. A seguir são apresentadas informações importantes referentes a eles e aplicações dos métodos de dimensionamento previstos nas normas e apresentados anteriormente no trabalho. A E.M. de Moitas não foi considerada, por estar em transição para um novo prédio e também por já contar com uma cisterna em suas dependências, sendo ideal que ela seja colocada novamente em funcionamento primeiro.

A. Área de contribuição

De acordo com as estimativas da projeção horizontal dos telhados das escolas visitadas, a área de contribuição de cada uma se encontra na tabela 14:

Tabela 14 - Dados das escolas municipais de Arari – MA que receberam visita técnica

| | Escola A | Escola B | Escola C | Escola D |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Área | 575 m ² | 240 m ² | 100 m ² | 418 m ² |
| Nº de alunos | 382 | 149 | 28 | 96 |

Fonte: Autoria própria

B. Calhas

As calhas utilizadas podem ser retangulares ou circulares. Considerando as limitações nos dados que foram colhidos para este estudo, serão dimensionadas calhas retangulares, de acordo com a NBR 10.844/89 e a tabela 15:

Tabela 15 - Dimensão mínima de calhas retangulares em função do comprimento do telhado

| Comprimento do telhado (m) | Largura da calha (m) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Até 5 | 0,15 |
| 5 a 10 | 0,20 |
| 10 a 15 | 0,30 |
| 15 a 20 | 0,40 |
| 20 a 25 | 0,50 |
| 25 a 30 | 0,60 |

Fonte: ABNT NBR 10.844/89

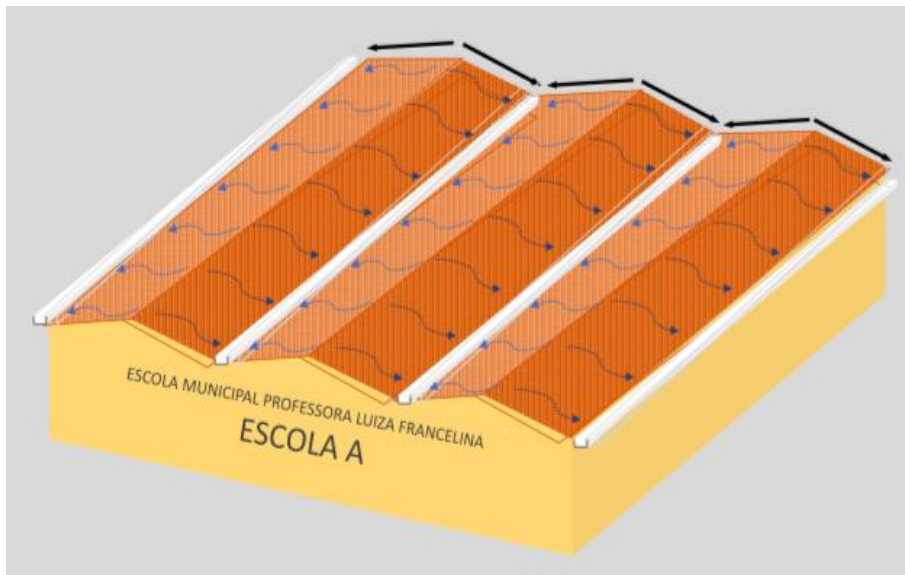


Figura 67 – Calhas previstas para o SAAP da E.M. Professora Luiza Francelina
 Fonte: Autoria própria

Na escola A serão necessárias duas calhas nas laterais e duas calhas instaladas no meio do telhado, sendo as do meio receptoras de contribuição vinda dos dois lados, como pode ser observado na figura 67. A partir das medidas dos telhados e das somas das contribuições quando necessário, a escola A deverá receber duas calhas laterais para trechos de 3,95 m, ou seja, calhas de largura 0,15 m e duas calhas no centro, recebendo cada uma a contribuição de dois telhados de 3,95 m, ou seja, a contribuição de 7,9 m de telhado, e fornecendo calhas de 0,20 m de largura.

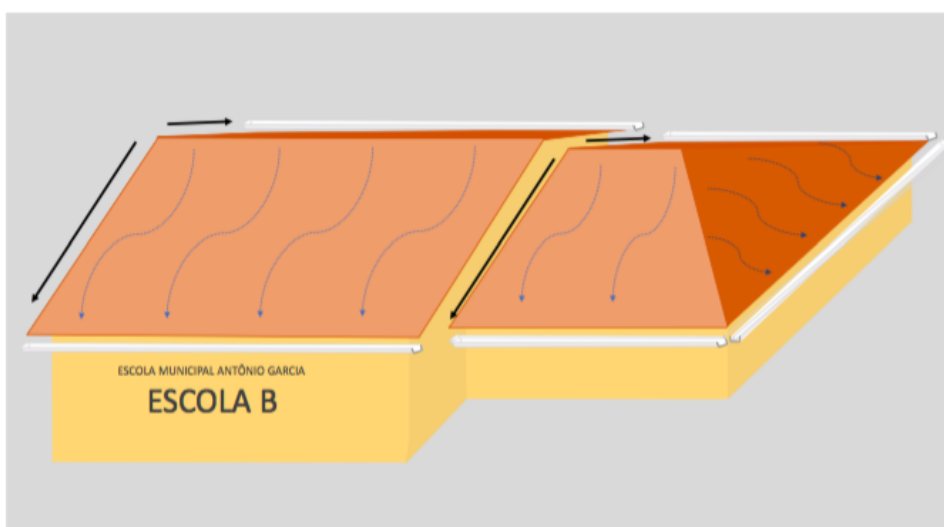


Figura 68 – Calhas previstas para o SAAP da E.M. Antônio Garcia
 Fonte: Autoria própria

Na escola B o telhado é dividido em duas partes e serão necessárias cinco calhas. Duas devem ser instaladas na parte maior do telhado, ficando uma na frente e a outra nos fundos da escola e recebendo cada uma a contribuição de 6 m de telhado. As outras três calhas devem ser posicionadas nas laterais da parte menor do telhado, recebendo cada uma a contribuição de pouco mais do que 5 m de telhado. Portanto, todas as cinco calhas devem ter largura 0,20 m e devem ficar como mostrado na figura 68.

Na escola C são necessárias duas calhas instaladas na frente e nos fundos da escola, recebendo cada uma a contribuição de aproximadamente 5 m de telhado. Como as dimensões desta escola foram estimadas, para que a calha não fique subdimensionada, será considerado que as calhas devem ser de largura 0,20m. Na escola D serão necessárias duas calhas, uma instalada na frente e outra nos fundos da escola, dimensionadas para receber contribuição de um telhado de 10 m de comprimento cada, ou seja, calhas de 0,20 m de largura. Ambas as escolas, C e D, necessitam de calhas nos mesmos locais, já que seus prédios e telhados tem o mesmo formato, como na figura 69.

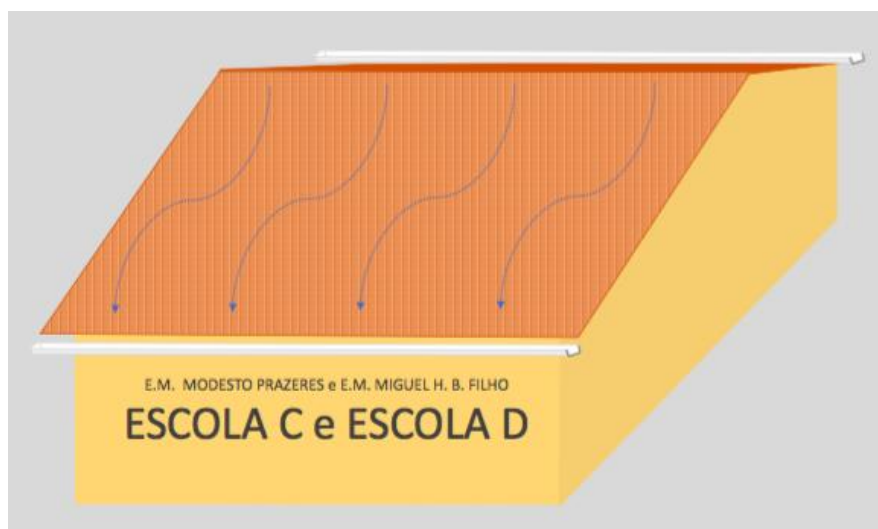


Figura 69 – Calhas previstas para o SAAP das E.M. Modesto Prazeres e E.M. Miguel Henrique Bogéia Filho
Fonte: Autoria própria

C. Filtro de sedimentos grosseiros

A única exigência a ser atendida pelo filtro a ser implantado é que seja uma peneira feita com material não corrosivo e abertura de 6 mm a 13 mm, suficiente para impedir a entrada de folhas e outros materiais. Caso se deseje proteger de mosquitos, a abertura deve ser de no máximo 0,315 mm. O filtro pode ser tanto de construção caseira como comercial, ficando a cargo do município decidir pela opção que melhor se adequa a suas necessidades.

D. Dispositivo *First-Flush* ou de Primeira Descarga

De acordo com a publicação “Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano”, de 2015, o dispositivo para a descarga da água de lavagem do telhado deve ser previsto em todos os projetos. É sugerido no planejamento do sistema a inclusão de dispositivo de *first-flush*, preferencialmente autônomo para o momento da chuva, bem como o treinamento adequado de algum funcionário, para que o sistema de uso de água da chuva seja implantado como fonte complementar segura.

O local de estudo se localiza em uma zona isolada 162 km de distância da capital, São Luís. O período de seca é longo, fazendo com que ao seu final seja observado um maior acúmulo de sujeira na superfície coletora. Contudo, durante o período das chuvas, o regime pluviométrico da região é intenso e regular, permitindo a limpeza constante da superfície coletora e a possibilidade de aproveitamento de uma quantidade significativa de água. A região é não industrializada, com maior parte da produção voltada para o consumo local. Sua área é quase totalmente localizada em zona rural.

A poluição atmosférica da região é formada por material em suspensão proveniente da movimentação no terreno, que é asfaltado em poucos locais, da emissão de poluentes por parte da frota de 5721 veículos (IBGE, Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN - 2015), além de poluentes provenientes de pequenas queimadas, produção local e eventualmente transporte de minério pela Estrada de Ferro Carajás. Considerando a carência de dados com relação ao município de Arari, mas que foi observado que o local não apresenta indícios de fonte intensa de poluição, as recomendações da NBR 15.527/2007 sugerem que:

“Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial. “

(NBR 15.527/07)

Considerando que não existe evidência de grandes fontes de poluição antrópica nas redondezas e as recomendações da NBR, na ausência de informações específicas, o valor de 2 mm de altura de chuva para a água a ser descartada será o valor adotado para as escolas analisadas.

Com a área do telhado e a altura de chuva que se deseja descartar em cada evento, é dimensionado o dispositivo para cada uma das escolas, devendo ser ajustado de acordo com os modelos comerciais e resultados apresentados na tabela 16:

Tabela 16 - Volume a ser descartado por cada uma das escolas de água de lavagem para uma altura de chuva de 2 mm

| | Escola A | Escola B | Escola C | Escola D |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Área | 575 m ² | 240 m ² | 100 m ² | 418 m ² |
| Volume de descarte | 1150 litros | 480 litros | 200 litros | 836 litros |
| Modelo comercial | 1500 litros | 500 litros | 250 litros | 1000 litros |

Fonte: Autoria própria

Algumas escolas da região são acometidas mais gravemente por problemas relacionados à água do que outras. Apesar da água da chuva que é direcionada para a cisterna estar em melhores condições para uso do que a água de lavagem do telhado, em muitos destes locais a falta de água é tão intensa, que uma solução mais benéfica do que descartar completamente a água de lavagem pode ser estudada. Fica proposto neste estudo a coleta de água de lavagem de telhado para uso em fins menos nobres, com o intuito de criar uma fonte complementar, ao invés de direcionar água sob tais condições diretamente para o simples descarte. Um telhado de 100 m² em que é feita uma separação de água de lavagem de altura 2 mm, é capaz de gerar cada vez que chove, água suficiente para atender fins emergenciais não potáveis de até 66 crianças em um único dia, fornecendo 3 litros de água não potável por aluno. Portanto, o sistema pode ser válido como fonte complementar de água não potável em locais de extrema escassez.

E. Suporte para tubulação condutora

Além da importância da inclusão do dispositivo para descarte da água de lavagem do telhado, outra peça popularmente não considerada nos projetos foi indicada como crucial pelo estudo "Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano". Neste estudo, problemas nos tubos que levam a água recolhida das calhas ao reservatório foram largamente diagnosticados. O fluxo de água tem levado ao rompimento destes tubos, quando distantes da cisterna. A colocação do reservatório o mais próximo do prédio é o indicado, mas é recomendado que material que sirva de apoio para estes tubos sejam necessariamente incluídos no projeto.

Fica recomendado que o suporte para a tubulação condutora seja incluído em todos os projetos, ficando a cargo do responsável pela obra decidir pela exclusão do mesmo, caso não haja necessidade. A inclusão desta peça como parte do SAAP visa reduzir as chances de o sistema colapsar prematuramente e ficar inutilizado.

F. Reservatório

Na área urbana de Arari, falta espaço disponível para receber um reservatório. Com isso, entre as opções estudadas, a solução a ser adotada para o armazenamento da água da chuva necessariamente passaria pela instalação de um reservatório enterrado. Levando em consideração parte da bibliografia pesquisada, a instalação de reservatórios feitos de placa, costuma ter uma capacidade maior, chegando até a 52 mil litros. É importante observar a necessidade de cuidados relativos a aspectos técnicos, na tentativa de fazer melhor uso do recurso, já que foram detectadas falhas na construção do projeto que podem implicar na completa inutilização do mesmo. Os reservatórios de placa são mais vulneráveis a contaminação e acidentes quando não são construídos de maneira correta.

Para a construção de reservatório de placas, a união com a comunidade, especializando e contratando mão de obra local, vem como um estímulo as comunidades e uma oferta de emprego temporário para muitos, além de abrir caminho para que estes operários sejam capazes de replicar as construções de reservatórios também para as casas, caso haja demanda. O mesmo estudo, "Avaliação de Cisternas Escolares no Semiárido Alagoano", indica que uma integração social com a comunidade para que se obtenha sucesso na implantação é imprescindível no planejamento e na implantação do sistema nestes locais.

O tipo de reservatório a ser implantado em cada uma das escolas é diretamente relacionado ao espaço físico disponível. A implantação dos reservatórios prontos pode ser tomada como mais prática e segura do que a construção de reservatórios enterrados, com maior capacidade, principalmente em escolas menores, onde se mostraram mais capazes de atender à demanda. Concomitantemente, como uma indicação para as escolas com mais alunos, vem a opção de se implantar reservatórios maiores. Caso seja decidido pela implantação de cisternas a fim de atender demandas maiores, uma solução é a implantação de cisternas prontas, com a instalação de mais de um reservatório ligado em série. Entre os tipos de reservatórios propostos neste trabalho, para a escola A, com pouco espaço disponível, o reservatório deve ser enterrado. A escola B, que não possui nenhum

espaço disponível, não se aplica nenhuma das soluções propostas. As escolas C e D possuem espaço amplo no entorno e estão aptas a receber reservatórios apoiados.

Os estudos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar demanda e oferta. Nem sempre haverá chuva suficiente para atender a toda a demanda e nem sempre toda a chuva precipitada poderá ser armazenada. Considerando que o reservatório representa parcela considerável do investimento no sistema, é importante ressaltar que o atendimento à demanda durante períodos maiores de tempo implicam em reservatórios de maiores dimensões.

Como o diagnóstico indica que as escolas sofrem com a falta de água de forma distinta ao longo do ano, na aplicação dos métodos de cálculo dos reservatórios apresentados na NBR 15.527/07 a água da chuva foi estudada como fonte complementar disponível para o atendimento à demanda em três períodos temporais distintos possíveis: durante todos o ano todo, durante os meses do período seco ou somente durante os dias em que ocorre a mudança de maré. Desta forma, o reservatório pode ser dimensionado para atender as necessidades específicas das escolas, sejam elas temporárias ou não. Para o cálculo da demanda, como as escolas não funcionam aos finais de semana, foi considerado que ela ocorre durante 22 dias úteis por mês. Devido às férias escolares, janeiro e dezembro foram considerados meses atípicos, com funcionamento do local durante metade destes 22 dias. De acordo com estas definições, as escolas com complementação do abastecimento o ano todo, tiveram todos os meses do ano contabilizados no cálculo da demanda. Já a complementação do abastecimento nas escolas somente durante o período seco, baseado na pluviometria média anual local, foi considerado com duração de 7 meses, ocorrendo nos meses de junho a dezembro. A complementação com água da chuva nas escolas afetadas durante as mudanças de maré foi considerada como ocorrendo durante este mesmo período, contudo só durante 6 dias seguidos, duas vezes por mês, nas mudanças de maré, ou seja, 12 dias de demanda por mês. Foram consideradas no cálculo do reservatório diferentes demandas de água a serem atendidas, desde o mínimo recomendado para emergência pela OMS (6 litros), até a quantidade de 50 litros, considerada ideal por vários autores (Berenhauser, 1983; Thomaz, 2000; Macintyre, 1996; DMAE, 1998).

Cabem críticas à apresentação dos métodos na Norma, com uma explicação insuficiente em detalhes e a necessidade de consultar outras fontes para a compreensão do método. Como a Norma não explica o que considera o valor do tanque T no método australiano,

foi escolhido o maior valor entre o máximo de disponibilidade de chuva, trazendo valores fora da realidade. Portanto, um método limitando o tamanho do reservatório foi aplicado. As demandas limitadas e prejudicadas pelo volume de chuva aproveitável para a área da superfície coletora foram destacadas em vermelho.

Os resultados de dimensionamento do reservatório para as escolas estudadas podem ser observados para diferentes demandas a serem atendidas e estão apresentados nas tabelas 17 a 28, separadamente, de acordo com os diferentes períodos temporais em que pode ser feito o uso da água.

Escola A

Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso o ano todo

| Alunos | Área Telhado (m ²) | Regime de operação : | | | | | | Anual | |
|--|--------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|--|
| | | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | | |
| Demanda (m ³ /mês) - mês com consumo | | 50,42 | 67,23 | 100,85 | 134,46 | 168,08 | 420,20 | | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 189.614 | 290.462 | 501.006 | 748.350 | 1.030.964 | 3.756.480 | |
| | Simulação | Reservatório (l) | 190.000 | 300.000 | 510.000 | 760.000 | 1.020.000 | 3.790.000 | |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | |
| | Alemão | Reservatório (l) | 34.793 | 44.373 | 51.943 | 51.943 | 51.943 | 51.943 | |
| | Inglês | Reservatório (l) | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | |
| | Australiano | Reservatório (l) | 440.870 | 390.446 | 248.942 | 131.286 | 29.810 | - | |
| | | Confiança | 100% | 100% | 66,7% | 41,7% | 25,0% | 0,0% | |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 190.000 | 295.000 | 248.942 | 131.286 | 29.810 | - | |
| Confiança | | 91,7% | 91,7% | 66,7% | 41,7% | 25,0% | 0,0% | | |

Fonte: Autoria própria

Tabela 18 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso sazonal

| Alunos | Área Telhado (m ²) | Regime de operação : | | | | | | Sazonal | |
|--|--------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|--|
| | | Demanda de 22 dias de junho a novembro, e de 11 dias em dezembro | | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | | |
| Demanda (m ³ /mês) - mês com consumo | | 50,42 | 67,23 | 100,85 | 134,46 | 168,08 | 420,20 | | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 189.614 | 290.462 | 492.158 | 705.886 | 924.390 | 2.563.170 | |
| | Simulação | Reservatório (l) | 190.000 | 280.000 | 500.000 | 710.000 | 980.000 | 2.570.000 | |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | |
| | Alemão | Reservatório (l) | 19.665 | 26.220 | 39.331 | 51.943 | 51.943 | 51.943 | |
| | Inglês | Reservatório (l) | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | |
| | Australiano | Reservatório (l) | 692.990 | 692.990 | 692.990 | 692.990 | 692.990 | 692.990 | |
| | | Confiança | 100% | 100% | 100,0% | 83,3% | 75,0% | 50,0% | |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 190.000 | 278.000 | 490.000 | 692.990 | 132.000 | 692.990 | |
| Confiança | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 83,3% | 41,7% | 50,0% | | |

Fonte: Autoria própria

Tabela 19 - Dimensionamento do reservatório para a Escola A com uso na mudança de maré

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Maré | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 382 | 575 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 50,42 | 67,23 | 100,85 | 134,46 | 168,08 | 420,20 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 26.306 | 54.792 | 129.105 | 209.784 | 290.462 | 924.390 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 27.000 | 55.000 | 130.000 | 210.000 | 291.000 | 925.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 26.523 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 | 26.513 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 7.866 | 10.488 | 15.732 | 20.976 | 26.220 | 51.943 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 | 4.509 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 723.578 | 698.435 | 692.990 | 692.990 | 692.990 | 692.990 |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 24.000 | 57.000 | 119.000 | 186.000 | 254.000 | 692.990 |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 75,0% |

Fonte: Autoria própria

Escola B

Tabela 20 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso o ano todo

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Anual | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 149 | 240 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 19,67 | 26,22 | 39,34 | 52,54 | 65,56 | 163,90 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 70.872 | 110.208 | 189.816 | 284.784 | 391.257 | 1.441.556 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 72.000 | 115.000 | 190.000 | 300.000 | 390.000 | 1.470.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 7.671 | 17.308 | 21.681 | 21.681 | 21.681 | 21.681 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 289.248 | 171.240 | 113.556 | 67.664 | 21.772 | - |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 75,0% | 50,0% | 33,3% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 70.000 | 110.000 | 113.556 | 67.664 | 21.772 | - |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 75,0% | 50,0% | 33,3% | 0,0% |

Fonte: Autoria própria

Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso sazonal

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Sazonal | | | | | | |
|--|----------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 149 | 240 | Demanda de 22 dias de junho a novembro, e de 11 dias em dezembro | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 19,67 | 26,22 | 39,34 | 52,45 | 65,56 | 163,90 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 70.872 | 110.208 | 188.880 | 270.736 | 355.964 | 995.174 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 72.000 | 110.000 | 190.000 | 273.000 | 379.000 | 1.000.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 7.671 | 10.227 | 15.341 | 20.455 | 21.681 | 21.681 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 289.248 | 289.248 | 289.248 | 289.248 | 289.248 | 289.248 |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 75,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 70.000 | 111.000 | 180.000 | 273.000 | 289.248 | 289.248 |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 75,0% | 50,0% |

Fonte: Autoria própria

Tabela 22 - Dimensionamento do reservatório para a Escola B com uso na mudança de maré

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Maré | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 149 | 240 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 19,67 | 26,22 | 39,34 | 52,45 | 65,56 | 163,90 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 8.774 | 19.264 | 47.270 | 78.739 | 110.208 | 355.964 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 9.000 | 20.000 | 48.000 | 79.000 | 111.000 | 356.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 | 11.066 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 3.068 | 4.091 | 6.136 | 8.128 | 10.227 | 21.681 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 | 1.882 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 305.599 | 292.256 | 289.248 | 289.248 | 289.248 | 289.248 |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 9.000 | 21.000 | 45.000 | 71.000 | 97.000 | 289.248 |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 75,0% |

Fonte: Autoria própria

Escola C

Tabela 23 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso o ano todo

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Anual | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 28 | 100 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 3,70 | 4,93 | 7,39 | 9,86 | 12,32 | 30,80 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 5.328 | 10.784 | 24.712 | 39.496 | 54.280 | 193.992 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 6.000 | 11.000 | 25.000 | 40.000 | 55.000 | 193.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 2.439 | 3.252 | 4.879 | 6.505 | 8.131 | 9.034 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 107.984 | 99.040 | 87.256 | 76.168 | 65.080 | 4.400 |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 5.000 | 11.000 | 23.000 | 35.000 | 48.000 | 4.400 |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 16,7% |

Fonte: Autoria própria

Tabela 24 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso sazonal

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Sazonal | | | | | | |
|--|----------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 100 | Demanda de 22 dias de junho a novembro, e de 11 dias em dezembro | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 3,70 | 4,93 | 7,39 | 9,86 | 12,32 | 30,80 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 5.328 | 10.784 | 24.712 | 24.712 | 54.280 | 170.960 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 6.000 | 11.000 | 25.000 | 25.000 | 55.000 | 171.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 1.441 | 1.922 | 2.883 | 3.844 | 4.805 | 9.034 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 124.616 | 121.216 | 120.520 | 120.520 | 120.520 | 120.520 |
| | | Confiança | | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 4.800 | 11.000 | 23.000 | 35.000 | 48.000 | 120.520 |
| Confiança | | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 75,0% |

Fonte: Autoria própria

Tabela 25 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso na mudança de maré

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Maré | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 28 | 100 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 3,70 | 4,93 | 7,39 | 9,86 | 12,32 | 30,80 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 2.000 | 2.000 | 2.371 | 6.314 | 10.784 | 54.280 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 2.000 | 2.000 | 3.000 | 7.000 | 11.000 | 55.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 | 4.611 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 577 | 769 | 1.153 | 1.538 | 1.922 | 4.805 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 | 784 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 139.030 | 135.827 | 129.421 | 123.014 | 121.216 | 120.520 |
| | | Confiança | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 2.000 | 2.000 | 3.000 | 6.000 | 11.000 | 48.000 |
| Confiança | | 100,0% | 100,0% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | |

Fonte: Autoria própria

Escola D

Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório para a Escola D com uso o ano todo

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Anual | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 96 | 418 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 12,67 | 16,90 | 25,34 | 33,79 | 42,24 | 105,60 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 11.162 | 28.058 | 69.969 | 120.657 | 171.345 | 608.478 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 14.000 | 30.000 | 70.000 | 121.000 | 175.000 | 630.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 4.942 | 11.151 | 16.727 | 22.303 | 27.878 | 37.760 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 538.947 | 435.459 | 389.726 | 351.710 | 313.694 | 67.962 |
| | | Confiança | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 41,7% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 13.000 | 30.000 | 73.000 | 124.000 | 175.000 | 67.962 |
| Confiança | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 41,7% | |

Fonte: Autoria própria

Tabela 27 - Dimensionamento do reservatório para a Escola D com uso sazonal

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Sazonal | | | | | | |
|--|----------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 96 | 418 | Demanda de 22 dias de junho a novembro, e de 11 dias em dezembro | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 12,67 | 16,90 | 25,34 | 33,79 | 42,24 | 105,60 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 11.162 | 28.058 | 69.969 | 120.657 | 171.345 | 564.177 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 14.000 | 30.000 | 30.000 | 122.000 | 193.000 | 570.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 4.942 | 6.589 | 9.884 | 13.179 | 16.474 | 37.760 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 538.947 | 511.491 | 503.774 | 503.774 | 503.774 | 503.774 |
| | | Confiança | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 83,3% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 13.000 | 29.000 | 73.000 | 124.000 | 175.000 | 503.774 |
| Confiança | | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 83,3% | |

Fonte: Autoria própria

Tabela 28 - Dimensionamento do reservatório para a Escola C com uso na mudança de maré

| Alunos | Área Telhado (m²) | Regime de operação : Maré | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 96 | 418 | Demanda de 22 dias de fevereiro a novembro, e de 11 em jan e em dez | | | | | | |
| Demanda (l/dia) | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 50 | |
| Demanda (m³/mês) - mês com consumo | | 19,67 | 26,22 | 39,34 | 52,45 | 65,56 | 163,90 | |
| Volume do Reservatório (l) conforme o Métodos de Cálculo | Rippl | Reservatório (l) | 1.900 | 2.250 | 3.555 | 14.541 | 20.058 | 171.345 |
| | Simulação | Reservatório (l) | 6.000 | 7.000 | 11.000 | 15.000 | 29.000 | 172.000 |
| | Azevedo Neto | Reservatório (l) | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 | 19.274 |
| | Alemão | Reservatório (l) | 1.977 | 2.636 | 3.954 | 5.272 | 6.589 | 16.474 |
| | Inglês | Reservatório (l) | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 | 3.278 |
| | Australiano | Reservatório (l) | 588.386 | 577.386 | 555.421 | 533.456 | 511.491 | 503.774 |
| | | Confiança | 100% | 100% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Australiano Limitado | Reservatório (l) | 6.000 | 7.000 | 11.000 | 14.000 | 25.000 | 151.000 |
| Confiança | | 100,0% | 100,0% | 91,7% | 91,7% | 91,7% | 75,0% | |

Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados nas tabelas 17 a 28 demonstram que existe uma grande diferença nos volumes dos reservatórios calculados a partir das mesmas condições iniciais, dependendo do método escolhido. Estes volumes também variam em função dos cenários de captação, considerando o aumento da superfície de captação e do consumo de água pluvial. Os métodos que não consideram o balanço entre o volume de água captada e a demanda para abastecimento resultam em uma menor garantia no abastecimento com o aumento do consumo de água. Já os métodos que consideram o balanço hídrico resultam em maiores garantias no abastecimento.

O uso de água da chuva como fonte complementar durante todo o ano cobre um número grande de escolas que sofrem com a disponibilidade de água boa e em quantidade o ano todo e tem ampla aceitação já que os índices pluviométricos da região são bons. Contudo, a necessidade de investimento em reservatórios de grande capacidade, pode implicar em um encolhimento da adoção da técnica em locais que não tenham área livre ou com maior número de alunos ou também a uma redução na capacidade de complementação da fonte. Considerando que os resultados para os vários métodos foram muito discrepantes, os detalhes e as necessidades mais específicas das escolas precisam ser avaliadas com mais minúcias para que o reservatório ideal seja apontado.

Com a pluviometria média anual local de 1773 mm, para que um reservatório, por exemplo, de 16 mil litros seja cheio, é necessária uma superfície coletora de apenas 9 m², ou seja, uma área relativamente pequena, considerando o porte usual de escolas. A partir deste raciocínio, a escolha do tamanho do reservatório se mostra muito mais relacionado

à demanda a ser atendida e ao tamanho do telhado e sua capacidade de captação do que a limitações no que tange os índices pluviométricos.

Exemplos de ábacos que facilitem na tomada de decisão são importantes perante os resultados encontrados quando somente aplicada a norma. A partir destas observações e considerando as limitações e dificuldades na aplicação dos métodos de dimensionamento do reservatório sugeridos pelas normas da ABNT, fica proposta a criação de uma tabela para consulta fácil, a fim de criar um modelo de referência replicável na escolha do tamanho do reservatório. A tabela deve considerar os patamares de demanda a serem atendidos e as limitações causadas pela área da superfície coletora. O valor encontrado deve indicar o número de reservatórios necessários para as demandas escolhidas para cada quantidade de alunos a ser atendida.

Um exemplo de como esta tabela guia pode ser feita se encontra na tabela 29 e 30. Foi considerado que os reservatórios escolhidos para serem implantados no projeto tem capacidade de 16 mil litros e que a pluviometria local é de 1773 mm. Neste exemplo, foi considerado o uso de água durante o ano todo. Na tabela 29, a área da superfície coletora delimita o número máximo de reservatórios do modelo escolhido que podem ser enchidos no local. Para a criação de uma nova tabela, dependendo da pluviometria considerada e da capacidade do reservatório, este número pode variar. Na tabela 30 está a demanda que se deseja atender, devendo esta ser ajustada e escolhida de acordo com as necessidades da escola e o patamar de atendimento a ser alcançado. Ao lado da coluna onde a demanda é selecionada, segue a coluna com o número máximo de alunos capazes de terem suas necessidades supridas para a quantidade de reservatórios que se deseja instalar. O número de reservatórios que deve ser colocado fica a cargo do projetista e deve ser ajustado de acordo com a demanda que se deseja atender.

| | | Área da superfície coletora (m ²) | | | | | |
|--|--|---|----|----|-----|-----|-----|
| | | 10 | 25 | 50 | 100 | 250 | 500 |
| nº máx de reservatórios de 16 m ³ | | 1 | 3 | 6 | 11 | 28 | 55 |

Tabela 29 - Exemplo de tabela de consulta para dimensionamento máximo de reservatórios de 16 m³ em série de acordo com a área da superfície coletora

Fonte: Autoria própria

| n° máximo de alunos que podem ser atendidos por volume de reservatório e demanda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| n° de reservatórios de 16 m³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Demanda (L/dia.aluno) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 6 | 11 | 22 | 33 | 44 | 55 | 66 | 77 | 88 | 99 | 110 | 121 | 132 | 143 | 154 | 165 | 176 | 187 | 198 | 209 | 220 |
| 8 | 8 | 17 | 25 | 33 | 41 | 50 | 58 | 66 | 74 | 83 | 91 | 99 | 107 | 116 | 124 | 132 | 140 | 149 | 157 | 165 |
| 25 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 16 | 19 | 21 | 24 | 26 | 29 | 32 | 34 | 37 | 40 | 42 | 45 | 48 | 50 | 53 |
| 50 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 |

Tabela 30 - Exemplo de tabela de consulta para número máximo de alunos a serem atendidos de acordo com o número de reservatórios em série de 16 m³ instalados e a demanda a ser suprida

Fonte: Autoria própria

Se esta tabela fosse usada na tomada de decisão quanto ao reservatório a ser utilizado na Escola C, por exemplo, com 100 m² e 28 alunos, pela tabela 29, a superfície coletora é capaz de alimentar até 11 reservatórios de 16 m³. De acordo com a tabela 30, com 11 reservatórios de 16 m³ instalados, a demanda suprida pode atingir 25 L/dia.aluno para os 28 alunos matriculados. Para que uma demanda menor seja suprida, como 8 L/dia.aluno, por exemplo, são necessários de 3 a 4 reservatórios, de acordo com a tabela 30. A tabela é somente um modelo proposto visando facilitar futuramente as decisões e o dimensionamento, e podem ser desenvolvidas para cada uma das situações, de forma específica, variando a temporalidade no atendimento e o reservatório usado como parâmetro.

5.2. Conclusões

A visita se mostrou de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho proposto. Tudo que foi observado in loco foi de grande enriquecimento. A visita tornou propícia a entrevista com os responsáveis por todas as 66 escolas e a obtenção de dados importantes para o município. Apesar de haver um conhecimento prévio através de contato telefônico sobre a situação do município, o confronto com a realidade só ocorreu após visita técnica ao local. A visita trouxe a desconstrução sobre conceitos e parâmetros recomendados pela literatura científica. O uso de normas técnicas e diretrizes sobre a gestão das águas se mostrou distante da realidade.

Apesar da motivação inicial para o estudo do SAAP como fonte complementar no município ter sido a relação entre os problemas de falta de água nas escolas e as estações do ano, os dados apontam para um problema constante e localizado principalmente nas comunidades da zona rural, usuárias de fontes alternativas de água. A relação temporal com a falta de água foi detectada, mas se mostrou mais evidente na zona urbana da cidade.

A complexa situação encontrada no município de Arari com relação ao abastecimento de água, além de trazer prejuízos e intermitência ao abastecimento, se agrava ainda mais pelas condições sócias econômicas da população da região, que dependem da fonte de água também para suas atividades de subsistência. A falta de instrução e conhecimento com relação aos recursos hídricos e todos os malefícios que sua falta de qualidade pode causar foram detectados o tempo todo, com escolas fazendo ingestão de água imprópria para consumo por opção ou por manuseio inadequado do recurso. Além disso, a situação se agrava à medida que foram detectadas escolas que sofrem com a falta de água de qualidade, não por desconhecimento, mas por falta de opção. Com o levantamento da atual situação do município, foi possível identificar situações de extrema escassez e urgência. Além disso, foram identificadas também situações de conforto e que, apesar de estarem tão próximas das de escassez, não sofrem com a falta d'água da mesma forma.

Com este estudo, ficou comprovado que as fontes alternativas de água não devem se limitar às fontes superficiais e subterrâneas tendo em vista a comprovada eficiência do uso de águas pluviais na solução desta classe de problema. A constatação de que esta é uma opção viável foi comprovado e o uso do sistema pode ser feito tanto o ano todo como de forma sazonal.

O levantamento de informações específicas relativas à estudos e programas anteriores implantados em regiões próximas, destacou a necessidade que parte dos componentes do sistema, muitas vezes negligenciados, tem no fornecimento de uma água de qualidade. As opções apresentadas para os diferentes arranjos do SAAP permitem autonomia para a implantação de peças de construção caseira ou comercial. As diferentes situações encontradas em cada um dos locais de visita, somadas as informações fornecidas na entrevista, permitiu a identificação de grupos com características similares em suas instalações e necessidades hídricas, exigindo arranjos similares. A escolha por um determinado arranjo deve levar em consideração os aspectos técnicos, econômicos e sociais.

Para que as condições do abastecimento sejam melhoradas, é importante que soluções individuais sejam valorizadas, devido às características observadas. Considerando que soluções individuais se adequam melhor à realidade local, previamente à escolha do SAAP como fonte complementar, é importante que o investimento em outras fontes seja levado em consideração. Isto porque, enquanto o uso de água da chuva pode se adequar perfeitamente à alguns casos, reparos e investimentos em outras fontes e formas de tratamento podem se mostrar uma melhor alternativa em outros. Além dos custos de aquisição e implantação das alternativas, a logística deve ser considerada. Em todos estes casos, é importante que as fontes atualmente utilizadas, sejam complementadas e não substituídas pela água da chuva.

Nas escolas que já possuem uma cisterna de água da chuva em funcionamento devem ser avaliadas as que alegaram sofrer mesmo assim com a falta de água. Como já existe uma familiaridade com o sistema, a possibilidade de se implantar uma segunda cisterna vem como forte opção na tentativa de complementar o abastecimento. Para a implantação da segunda cisterna, é importante que seja feito um dimensionamento quanto a superfície coletora a atende-la. Caso o telhado não se mostre suficiente, a implantação de superfícies no estilo calçada é uma possibilidade a ser estudada e boas referências podem ser encontradas no Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2).

A implantação de uma cisterna nas escolas que não a possuem ou até mesmo da segunda cisterna para as que já possuem deve ser feito de forma prioritária nas escolas que sofrem no atendimento à sua demanda. Contudo, não é uma opção a ser estudada somente para as escolas que não se encontram em conformidade no atendimento. É importante saber que uma fonte complementar de água pode trazer melhorias com relação ao acesso ao saneamento básico, mas também, à medida que as necessidades básicas passem a ser atendidas, pode ser promotora de outras atividades, como hortas, e integração com a comunidade local. Muitos benefícios podem vir com a água, como a possibilidade de implantar atividades extras com os alunos e até mesmo com a comunidade e eventos em finais de semana. Por tanto, fica recomendado que após a preocupação inicial em atender as necessidades básicas de todas as escolas, o programa evolua e seja continuado, já que a carência de água é um fator limitante para que estas atividades se desenvolvam atualmente.

Um bom projeto se colocado em execução pode trazer grandes melhoras, principalmente para as escolas da zona rural, que são as que mais sofrem. Para a obtenção de sucesso em

qualquer iniciativa de uso de água da chuva tanto nas escolas quanto em casas, é crucial que seja incluindo um bom programa de instrução. O uso incorreto do sistema se mostrou como grande barreira para o sucesso. Cisternas paradas, em condições de serem colocadas em uso foram detectadas e mapeadas, ampliando a possibilidade para que mais oito escolas sejam beneficiadas e que a fonte atinja um total de 32% de escolas, somente a partir de reparos nas cisternas existentes. Além da participação social como mão de obra ativa, como apresentado no trabalho de várias maneiras, é de suma importância que seja feita uma operação correta do sistema, além de limpeza e manutenção.

5.3. Recomendações

Os componentes necessários para um SAAP não se resumem aos apresentados neste trabalho, sendo recomendado que opções alternativas sejam sempre estudadas, principalmente com o surgimento de novas tecnologias.

A partir dos dados colhidos e dos resultados apresentados, diagnósticos mais aprofundados podem ser feitos, principalmente com o objetivo de auxiliar a tomada de decisões. A identificação das escolas que podem ser beneficiadas com o SAAP e os casos mais urgentes, bem como suas necessidades temporais, possibilitam uma análise qualitativa e quantitativa dos beneficiários e benefícios a longo prazo, através de extrapolações. Um cadastramento das fontes pode ser seguido pelo desenvolvimento de um plano de monitoramento.

Dados sociais e econômicos devem sempre ser levados em consideração. Para estudos futuros de uso de água da chuva, uma das recomendações é que seja considerada a projeção futura relativa ao crescimento populacional no local. Também é importante levar em consideração no dimensionamento as previsões climáticas para a região, que indicam uma diminuição das chuvas ou que em alternativa pode ser entendido como uma ampliação do período da seca e uma diminuição nos volumes médios a serem captados.

Grande parte dos componentes são atualmente de alto custo ou ainda possuem falhas em seu funcionamento. Falhas e gargalos encontrados na norma brasileira devem ser de especial atenção. Além das normas técnicas, referências bibliográficas e, quando possível, visitas *in loco* tendem a tornar estudos futuros mais factíveis. Muitas falhas podem ser detectadas e desenvolvidas com relação à forma como a água de chuva é pensada e usada hoje no Brasil.

Uma possibilidade a ser estudada para que nos períodos de seca o abastecimento não pare mesmo com a parada da estação de tratamento é a implantação de mais reservatórios na ETA, que permitam a reserva de água tratada. Estes reservatórios poderiam suprir as necessidades tanto das escolas urbanas quanto nas zonas rurais do município durante o período da seca, enquanto as operações não voltam.

No futuro, a possibilidade de uso da água de lavagem de telhado para fins não potáveis deve ser checada como solução complementar para locais de extrema escassez ou alta demanda ou com índices pluviométricos mais reduzidos. Para todos os casos, a água da chuva deve ser sempre considerada fonte complementar de abastecimento e não substitutiva. Com os resultados e as recomendações feitas, espera-se minimizar o problema de escassez água no município e abrir novos caminhos para que uma nova relação com o recurso seja estabelecida.

Referência Bibliográfica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.884: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

ABREU, B. V. **Estudos Hidrológicos da Bacia do Rio Pindaré-Mirim**. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ufrj, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008376.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2016.

ADAMS, John et al (Ed.). **Water, Sanitation and Hygiene Standards for Schools in Low-cost Settings**. Geneva: World Health Organization, 2009. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash_standards_school.pdf?ua=1>. Acesso em: 27 set. 2016.

ALUNOS E PROFESSORES DO CENTRO EDUCACIONAL COLMÉIA (São Luís). **Biomass Maranhenses**. 2010. Disponível em: <<http://cienciascolmeia.blogspot.com.br/2010/06/biomass-maranhenses.html>>. Acesso em: 27 set. 2016.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasil, 2012.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 150f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

ANQUIP – Associação Nacional para a Qualidade de Instalações Prediais. **ETA 0710: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)**. Associação Nacional para a Qualidade de Instalações Prediais, v. 4. Coimbra, 2009. 24 p.

AZEVEDO, J. N.; MELO, V. O. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**. São Paulo (SP), 1988

ASA – Articulação do Semiárido Brasileiro. **Programa um milhão de cisternas, Programa Uma Terra + Duas águas e Programa Cisterna nas Escolas**. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em 20 de set. 2016.

BERENHAUSER, J. C. B.; PULICI, C. “Previsão de Consumo de Água por Tipo de

Ocupação do Imóvel.” **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Balneário Camboriú, Santa Catarina, 1983.

BERNARDI, C. C. **Conflitos Sócio-Ambientais Decorrentes da Bubalinocultura em Territórios Pesqueiros Artesanais: o Caso Olinda Nova do Maranhão**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental). Brasília, 2005.

BRASIL. G. T. **Ministério do Meio Ambiente. Cartilha Alerta sobre Recursos Pesqueiros**. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/4576-cartilha-alerta-sobre-recursos-pesqueiros>>. Acesso em: 27 set. 2016.

BRASIL. I. A. **Acesso à Água na Zona Rural: o Desafio da Gestão**. 2012. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2012/acesso-a-agua-na-zona-rural-o-desafio-da-gestao>>. Acesso em: 27 set. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto no 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto no 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto no 5.758, de 13 de abril de 2006**. Brasília: MMA, 2011. 76 p.

BRASÍLIA/DF. Grace Perpetuo. Ministério do Meio Ambiente (Ed.). **UC é Avaliada para Lista de Ramsar. 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/4594-uc-e-avaliada-para-lista-de-ramsar>>. Acesso em: 27 set. 2016.

CEBDS, Trata Brasil. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro**. Brasil, 2014

CONCREMAT ENGENHARIA. **Execução do Plano de Gerenciamento Participativo dos Recursos Hídricos da APA da Baixada Maranhense**. São Luís: SEMA/IICA, 2002. 160p. Relatório final.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICIPIOS. **O Caso do Maranhão**. PORTAL BRASIL. Disponível em: <http://www.nordeste.cnm.org.br/img/download/estudocnm/estudo_maranhao.pdf>. Acesso em: 29 set. 2016.

COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO MARANHÃO. **Relatório de ações da CEDECMA ano 2009**. 2009. Disponível em: <<http://www.defesacivil.ma.gov.br/files/2015/02/RELATÓRIO-DE-AÇÕES-DA->

CEPDECMA-2009.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

CUNHA, H. W. A. P. **Caracterização Sócio-Ambiental do Rio Mearim na Cidade de Arari - MA**. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecologia, Uema, São Luís, 2003. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjsvtur4bPPAhVBI5AKHan8CgcQFggcMAA&url=http://www.agroecologia.uema.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=600&usg=AFQjCNFj66E92HwpXJqedrHRTmkWtHbBLg&sig2=MzmMf7IHNWxG5Le8jKbExA&bvm=bv.134052249,d.Y2I>>.

Acesso em: 27 set. 2016.

CUNLIFFE, D.A. **Guidance on the use of rainwater tanks**. Adelaide, 1998.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. **DECRETO N.º 9369/88**: Código de Instalações Prediais de Água e Esgoto. Porto Alegre: Dmae, 2004. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

EMBRAPA. **Galeria de Imagens**. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/gallery/index.php?link=veginicio>>. Acesso em: 27 set. 2016.

FAO. **Coping with Water Scarcity: Challenge of the Twenty-First Century**. 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2016.

FEITOSA, A. C. **Evolução Morfogenética do Litoral Norte da Ilha do Maranhão**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1989.

FEITOSA, A. C. **Condicionantes Socioambientais para a Ocorrência de Catástrofes Naturais no Estado do Maranhão**. São Luís, Maranhão, 2012.

FERNANDEZ, L.; GUALDANI, C.; LUMBRERAS, J. **Avaliação de Cisternas Escolares no Semi Árido Alagoano**. Brasília: Iabs, 2015. 130 p.

Fortlev. Catálogo disponível em: <www.fortlev.com.br> Acesso em: 27 set. 2016.

FREIRE, C. C.; PEREIRA, J. S.; KIRCHHEIN, R. “A Importância da Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos.” In: **Simpósio internacional sobre gestão de recursos hídricos** [Cd ROM 1], Gramado, 1998.

FUNASA. **Saneamento Domiciliar – Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares**. Brasília. 2014.

FUNASA. **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: 05 jan. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>

INAPEM – Instituto Nacional de Administração, Projetos e Estudos Municipais. Disponível em: <www.inapem.org> Acesso em: 27 set. 2016.

ISA – Instituto Socio-Ambiental. Disponível em: <www.socioambiental.org> Acesso em: 27 set. 2016.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.

MARCONI, P. **SIMCAP – ferramenta computacional para auxílio à tomada de decisão sobre a implantação de sistemas de captação de águas pluviais**. 229 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades Conservação - snuc**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>>. Acesso em: 27 set. 2016.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades Conservação - snuc**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>>. Acesso em: 27 set. 2016.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Sítios Ramsar Brasileiros**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/s%c3%adtios-ramsar>>. Acesso em: 27 set. 2016.

MIQCB. **Nova Cartografia Social da Amazônia**. Disponível em: <novacartografiasocial.com/?wpdmact=process&did=Ny5ob3RsaW5r>. Acesso em: 27 set. 2016.

O ECO. **O que é a Amazônia Legal.** Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28783-o-que-e-a-amazonia-legal/>>. Acesso em: 27 set. 2016.

O ECO. **O que é o Bioma Amazônia.** Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28611-o-que-e-o-bioma-amazonia/>>. Acesso em: 27 set. 2016.

Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for drinking-water quality: Surveillance and control of community supplies.** 2. ed. Geneva: World Health Organization, 1997. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42002/1/9241545038.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

Organização Mundial da Saúde. **How Much Water is Needed in Emergencies: Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies.** 2013. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/WHO_TN_09_How_much_water_is_needed.pdf?ua=1>. Acesso em: 15 out. 2016.

Organização Mundial da Saúde. **Water, sanitation and hygiene standards for schools in low-cost settings.** Geneva: World Health Organization, 2009. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash_standards_school.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.

Organização das Nações Unidas. **Water for a Sustainable World.** Umbria, Italia, 2015.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1).** 2015

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas: Sumário Executivo.** Rio de Janeiro: Pbmc, 2013. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/MCTI_PBMC_Sumario_Executivo_4_Finalizado.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

Portal Brasil. **Agência de Águas Alerta para Má Distribuição dos Recursos Hídricos no País.** 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/06/agencia-de-aguas-alerta-para-ma-distribuicao-dos-recursos-hidricos->

no-pais>. Acesso em: 27 set. 2016.

SANTOS, B. S. **Crítica da Razão Indolente: Contra o Desperdício da Experiência**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

SANTOS, G. L. **Arqueologia da Paisagem no Quilombo de São Sebastião dos Pretos: Bacabal, Maranhão, Brasil TERRITÓRIO E MEMÓRIA**. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arqueologia, Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, Tomar, 2010. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/7596573-Instituto-politecnico-de-tomar-universidade-de-tras-os-montes-e-alto-douro.html>>. Acesso em: 27 set. 2016.

SANTOS, R. R. S. **Relatório sobre a Execução do Experimento para Verificar a Efetividade do Chamado “Sistema de Intensificação de Arroz – sia”**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2007.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUARIA E PESCA DO MARANHÃO. **5.100 cisternas já foram instaladas pelo água para todos no maranhão**. Disponível em: <<http://www.sagrima.ma.gov.br/2014/05/06/5-100-cisternas-ja-foram-instaladas-pelo-agua-para-todos-no-maranhao/>>. Acesso em: 29 set. 2016.

SEMATUR. **Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão. Programa Nacional de Meio Ambiente**. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis / Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão. São Luís, MA, 1991.

SILVA, L. M. R. **Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/205/_arquivos/apa_baixada_205.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

SOS Mata Atlântica. **A Mata Atlântica é aqui – exposição itinerante do cidadão atuante**. 2010.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <www.snis.gov.br>

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>

Texas Water Development Board. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3. ed. Austin: Texas Water Development Board, 2005. Disponível em: <<http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvest>>

ingManual_3rdedition.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

The Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Working Group I full report**. Estocolmo: Ipcc Press Office, 2013. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/press_release_ar5_wgi_en.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos**. 1a ed. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/beneficios-economicos-da-expansao-do-saneamento-brasileiro>>. Acesso em: 27 set. 2016.

TRATA BRASIL. **O Direito Humano à Água e Saneamento**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/outrosetudos/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

UNICEF. **Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment**. 2015. Disponível em: <http://files.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update_.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL – ISA. **APA Baixada Maranhense: Baixada Maranhense**. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/uc/1042>>. Acesso em: 27 set. 2016.

United Nations Development Programme. **Human Development Report 2006: Beyond scarcity - Power, Poverty and the Global Water Crisis**. 2006. Disponível em: <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/2006_Global_HDR/HDR-2006-Beyond_scarcity-Power-poverty-and-the-global-water-crisis.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

ANEXO I

Escola Municipal _____

Fonte potável: *Açude* *Coleta Pluvial* *Carro Pipa* *Poço* *Rio* *Rede de Abastecimento* *Rede de Abastecimento* Obs: _____

Fonte não potável: *Açude* *Coleta Pluvial* *Carro Pipa* *Poço* *Rio* *Rede de Abastecimento* Obs: _____

Atende: *Sim* *Não* Motivo: _____

Número de alunos: _____ Zona: *Rural* *Urbana*

Área estimada: _____

Área Livre: *OK* *Não possui*

Telhado: *OK* *Não possui*

Obs: _____