



Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental

**LIGIA DA PAZ DE SOUZA**

**SOLUÇÕES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA IMPLANTADAS EM ZONAS  
RURAS NO ESTADO DO PARÁ**

Belém

2021

**LIGIA DA PAZ DE SOUZA**

**SOLUÇÕES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA IMPLANTADAS EM ZONAS  
RURAS NO ESTADO DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
para a obtenção do grau de Engenheira  
Sanitarista e Ambiental sob orientação:

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luiza Carla Girard  
Mendes Teixeira.

Belém  
2021

*Aos meus pais, Leoniza e Raldino, e meus irmãos Luiza, Rodrigo e Cristiano que me apoiaram durante esses anos de estudo.*

**LIGIA DA PAZ DE SOUZA**

**SOLUÇÕES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA IMPLANTADAS EM ZONAS  
RURAS NO ESTADO DO PARÁ**

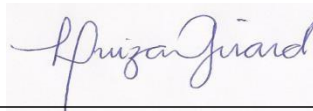
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a  
obtenção do grau de Engenheira Sanitarista e  
Ambiental sob orientação:

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luiza Carla Girard Mendes  
Teixeira.

APROVADO EM: 16/09/2021

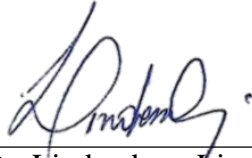
Conceito: EXC

**BANCA EXAMINADORA**



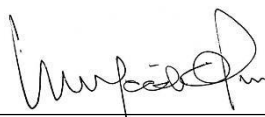
---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira  
Universidade Federal do Pará (UFPA)



---

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes  
Universidade Federal do Pará (UFPA)



---

Prof. Dr. Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

## AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a minha mãe, Leoniza da Paz, e meu pai, Raldino Fernandes, por terem sido os principais construtores da educação que tenho. Obrigada por acreditarem em mim e me encorajarem a seguir meus sonhos. Amo vocês!

Agradeço também aos meus irmãos. Luiza, por ter sido amiga e conselheira e os meus irmãos Cristiano e Rodrigo por terem me ajudado, principalmente com caronas, e por terem sido compreensíveis.

Agradeço também a minha tia Ralrivaniana por ter me dado suporte na realização de um dos meus maiores sonhos, que foi quando fiz intercâmbio estudantil, e a minha tia Ralrizonia por sempre ter estado perto dando assistência.

Aos meus primos Arieli e Neto por terem sido muito parceiros e amigos em vários momentos.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira, pela atenção, disponibilidade e por todas as conversas tidas durante a orientação deste trabalho. Obrigada também por me inspirar enquanto uma excelente engenheira mulher!

Ao Prof. Dr. Lindemberg Lima, que abriu a primeira porta para mim na universidade através do PET. À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katiucia Nascimento Adam pela oportunidade de experimentar uma iniciação científica que enriqueceu minha formação.

Agradeço também as minhas amigas Danielle, Flávia, Julyana, Isabela, Lorena, Bárbara, Cleyanne, Juliana e meus amigos Matheus e Diogo pelo companheirismo, parceria e convivência durante estes cinco anos de graduação.

Um obrigada especial à Isabelle, por estar me apoiando nesse momento importante e de transição na minha vida. E, por fim, a todos aqueles que me acompanharam durante esse percurso, por crescerem junto comigo, torcerem por mim, compartilharem vivências, energias e deixarem esses anos mais leves e divertidos. Amigos da escola, da infância, da graduação, de projetos e voluntariados, do intercâmbio e da vida, muito obrigada!

## RESUMO

As soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água são adotadas como ferramentas complementares ou como única alternativa para atender a demanda do sistema de abastecimento de água. Nas áreas rurais são vários os fatores que dificultam o atendimento a esse tipo de serviço, o que resulta em impactos de saúde e sociais com consequências expressas na qualidade de vida da população rural, implicando na relação entre as ações de saneamento e a melhora da saúde pública. A presente pesquisa buscou analisar a tipologia do abastecimento bem como realizar um mapeamento das soluções alternativas implantadas de água nas zonas rurais de código 8, segundo o agrupamento de domicílios rurais brasileiros com base nos setores censitários do IBGE, tendo uma amostra probabilística final de 79 municípios do Estado do Pará, subdivididos de acordo com as mesorregiões. O estudo foi fundamentado através de dados disponibilizados por órgãos competentes e por fonte de notícias via internet. O mapeamento reitera o cenário do saneamento característico brasileiro, com marginalização e esquecimento das áreas rurais, com em média 44% de cobertura com sistema de abastecimento de água por rede geral, sendo destaque nas mesorregiões do Baixo Amazonas, Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense e o abastecimento por poço ou nascente na propriedade compreendem 35% dos domicílios na zona rural do Pará, sendo predominante nas mesorregiões do Sudeste e Sudoeste Paraense. Em todas as mesorregiões paraenses, constatou-se a escassez de políticas públicas voltadas às populações rurais no que concerne ao abastecimento de água, ratificando a negligência na garantia dos Direitos Humanos à água e à saúde e do obediência aos direitos constitucionais de segurança alimentar. As infraestruturas instaladas pelos moradores são, em vários casos, de caráter provisório e precário, submetendo-os a riscos de doenças e outras complicações para a saúde pública no meio rural. As soluções alternativas coletivas implantadas pelo serviço público ou através de projetos são de fundamentais importância nesses espaços, sendo capaz de proporcionar à população água em qualidade adequada para consumo, como a SALTA-z, adotada em diversas comunidades rurais como alternativa, sendo uma metodologia de fácil replicação e instalação. Constatou-se a necessidade da ampliação da implantação das metodologias alternativas de tratamento de água pelo estado que se apresentem como adequadas às características e potencialidades locais.

**Palavras - Chave:** Abastecimento de água; Soluções alternativas; Estado do Pará.

## ABSTRACT

Collective and individual alternative water supply solutions are adopted as complementary tools or as the only alternative to meet the demand of the water supply system. In rural areas, several factors make it difficult to provide this type of service, resulting in public health impacts with express consequences on the quality of life of the rural population, implying the relationship between sanitation actions and improved health. This research sought to analyze the typology of supply as well as to map the alternative solutions implemented for water in rural areas of code 8, according to the grouping of Brazilian rural households based on IBGE census sectors, with a final probabilistic sample of 79 municipalities of the State of Pará, subdivided according to the mesoregions. The study was based on data provided by competent bodies and by a news source via the internet. The mapping reiterates the characteristic Brazilian sanitation scenario, with rural areas marginalized and forgotten, with an average of 44% coverage with a water supply system by the general network, being highlighted in the mesoregions of Baixo Amazonas, Metropolitana de Belém, Marajó and Northeast Pará and the supply by well or spring on the property comprise 35% of households in the rural area of Pará, being predominant in the mesoregions of the Southeast and Southwest of Pará. In all of Pará's mesoregions, there was a lack of public policies aimed at rural populations concerning water supply, confirming the negligence in guaranteeing the Human Rights to water and health and the observance of constitutional rights to food security. The infrastructure installed by residents is, in many cases, temporary and precarious, subjecting them to the risk of diseases and other complications for public health in rural areas. The collective alternative solutions implemented by the public service or through projects are fundamentally important in spaces, being able to provide the population with quality water for consumption, such as SALTA-z, adopted in several rural communities as an alternative, being a methodology of easy replication and installation. It was found that there is a need to expand the implementation of alternative water treatment methodologies by the state that presents themselves with local characteristics and potential.

**Keyword (s):** Water supply; Alternative solutions; State of Pará.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Etapas de soluções coletivas para abastecimento de água (SAA e SAC).....	22
<b>Figura 2</b> - Síntese das tecnologias de tratamento de água adotadas em áreas rurais abordadas neste estudo. ....	24
<b>Figura 3</b> - Desenho esquemático da SALTA-z.....	25
<b>Figura 4</b> - Aeradores com bandejas e do tipo cascata. ....	28
<b>Figura 5</b> - Desenho esquemático de uma tecnologia da Dupla Filtração. ....	28
<b>Figura 6</b> - Esquema de um filtro lento de areia. ....	30
<b>Figura 7</b> - Esquema das etapas da Filtração em Múltiplas Etapas – FiME. ....	31
<b>Figura 8</b> - Aplicação de cloro em soluções para tratamento de água. ....	33
<b>Figura 9</b> - Cisterna de concreto para captação de água da chuva. ....	35
<b>Figura 10</b> - Tipos de reservatório quanto à classificação no terreno. ....	36
<b>Figura 11</b> - Reservatório e distribuição implantado na zona rural de Joaquim Pires. ....	37
<b>Figura 12</b> - Agrupamento de domicílios rurais brasileiros. ....	38
<b>Figura 13</b> - Média aritmética das formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes dos distritos dos municípios de Baixo Amazonas. ....	47
<b>Figura 14</b> - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos do Marajó. ....	50
<b>Figura 15</b> - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios da Metropolitana de Belém. ....	53
<b>Figura 16</b> - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Nordeste Paraense.....	56
<b>Figura 17</b> - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Sudeste Paraense. ....	60
<b>Figura 18</b> - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Sudoeste Paraense. ....	63
<b>Figura 19</b> - Soluções individuais de abastecimento de água na Comunidade Quilombola de Pacoval em Alenquer.....	65
<b>Figura 20</b> - Réplicas do Salta-Z implantadas em Alenquer.....	66
<b>Figura 21</b> - Sistemas de Abastecimento de Água em Oriximiná: São Pedro I e Área Pastoral, respectivamente. ....	67
<b>Figura 22</b> - Carro Pipa que abastece bairros em Oriximiná. ....	67
<b>Figura 23</b> - Sistema de abastecimento em comunidade rural de Oriximiná.....	68
<b>Figura 24</b> - Soluções alternativas individuais em Anajás.....	69

<b>Figura 25</b> - Reservatórios elevados para escola da Vila Luciana na Zona Rural de Anajás...69	69
<b>Figura 26</b> - Sistema Coletivo de Abastecimento de Água em Soure no Marajó.....70	70
<b>Figura 27</b> - Sistemas de Aproveitamento da Água de Chuva nas Ilhas Grande e do Murucutu. .....71	71
<b>Figura 28</b> - Sistema de aproveitamento da água da chuva improvisado por moradores. ....71	71
<b>Figura 29</b> - SALTA-z implantado na Comunidade de Pacovatuba em Cametá.....72	72
<b>Figura 30</b> - Água captada do rio para consumo na Vila Maiauatá em processo de sedimentação. ....72	72
<b>Figura 31</b> - SALTA-z em funcionamento no município de Limoeiro do Ajuru. ....73	73

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Formas de captação de água em áreas rurais.....	22
<b>Tabela 2</b> - Municípios do Pará classificados como Setor 8 (IBGE, 2010).....	40
<b>Tabela 3</b> - Tabela de Números Aleatórios.....	42
<b>Tabela 4</b> - Municípios do Pará selecionados pela amostragem e divididos por mesorregião. ....	43
<b>Tabela 5</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios do Baixo Amazonas. ....	45
<b>Tabela 6</b> - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Baixo Amazonas.....	47
<b>Tabela 7</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios do Marajó. ....	48
<b>Tabela 8</b> - Variáveis estatísticas relativas dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Marajó. ....	50
<b>Tabela 9</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém. ....	51
<b>Tabela 10</b> - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião da Metropolitana de Belém.....	53
<b>Tabela 11</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Nordeste Paraense.....	54
<b>Tabela 12</b> - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Nordeste Paraense.....	57
<b>Tabela 13</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Sudeste Paraense.....	57
<b>Tabela 14</b> - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Sudeste Paraense. ....	60
<b>Tabela 15</b> - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Sudoeste Paraense.....	61
<b>Tabela 16</b> - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Sudoeste Paraense. ....	64

## LISTA DE SIGLAS

DF	Dupla Filtração
ETA	Estação de Tratamento de Água
FDD	Filtração Direta Descendente
FDA	Filtração Direta Ascendente
FiMe	Filtração em Múltiplas Etapa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPLAN	Instituto de Planejamento
MS	Ministério da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNRS	Plano Nacional de Saneamento Rural.
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Projeto Nacional de Saneamento Rural
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SALTA-z	Solução Simplificada de Tratamento de Água para Consumo Humano
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
VQACH	Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1. GERAL.....	16
2.2. ESPECÍFICOS .....	16
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
3.1. ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA.....	17
3.2. O ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS RURAIS.....	19
3.3. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS RURAIS .....	21
<b>3.3.1. Solução Simplificada de Tratamento de Água para Consumo Humano (SALTA-z)</b> 24	
<b>3.3.2. Remoção de Ferro e Manganês .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3. Filtração lenta .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.4. Filtração em múltiplas etapas.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.5. Desinfecção, fluoretação e correção do pH .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.6. Sistemas de captação de água da chuva .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.7. Reservação e distribuição .....</b>	<b>36</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE ESTUDO.....	38
4.2. SELEÇÃO DA AMOSTRAGEM.....	40
4.3. MECANISMOS DE OBTENÇÃO E LEVANTAMENTO DE DADOS.....	43
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
5.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	45
<b>5.1.1. Baixo Amazonas.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2. Marajó .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1.3. Metropolitana de Belém.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1.4. Nordeste Paraense .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1.5. Sudeste Paraense .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1.6. Sudoeste Paraense .....</b>	<b>61</b>
5.2. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS IMPLANTADAS .....	64
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>75</b>

**ANPÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS QUANTO AOS ASPECTOS POPULACIONAIS, TERRITORIAIS E DE TIPO DE ABASTECIMENTO.**

**81**

**APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS DISTRITOS DA ZONA RURAL QUANTO À FORMA DE ABASTECIMENTO, AOS ASPECTOS POPULACIONAIS, TERRITORIAIS E DE TIPO DE ABASTECIMENTO. ....85**

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem público indispensável para a vida e fundamental para a saúde pública, no entanto, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2019) aproximadamente 35 milhões de brasileiros não possuem o acesso ao abastecimento de água tratada.

Em 2015, uma cúpula da Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu uma nova agenda de desenvolvimento sustentável e definiu os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, conhecidos como as 17 ODS, tais objetivos visam “acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar para todos, proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas”.

Nessa discussão, o ODS 6 pauta a água, sua disponibilidade e gestão sustentável para todos e todas. A meta, segundo expressado no portal do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA por Brasil (2019a), é que até 2030 o acesso à água potável e segura e ao saneamento e higiene sejam universalizados através de um manejo sustentável.

Conforme Brasil (2006) e Rebouças (1997), o abastecimento público de água tem enfrentado desafios frente à escassez dos recursos hídricos e da deterioração da qualidade de mananciais, sendo uma problemática relacionada com o processo intenso de urbanização, industrialização e produção agrícola que não consideram a capacidade de suporte dos ecossistemas.

A qualidade da água tem sido comprometida desde o manancial, pelo lançamento de efluentes e resíduos, o que exige investimento nas estações de tratamento e alterações na dosagem de produtos para se garantir a qualidade da água fornecida (BRASIL, 2006).

Brasil (2004) acrescenta:

No entanto, tem se verificado que a qualidade da água decai no sistema de distribuição pela intermitência do serviço, pela baixa cobertura da população com sistema público de esgotamento sanitário, pela obsolescência da rede de distribuição, manutenção deficiente, entre outros. Nos domicílios os níveis de contaminação se elevam pela precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, pela falta de manutenção dos reservatórios e pelo manuseio inadequado da água.

Opas (1998) ressalta a diferença na distribuição do serviço entre as regiões do país, bem como entre a população urbana e rural entre municípios. Segundo dados apresentados pelo SNIS (2019), a região Sudeste abastece 91,1% da população com água tratada enquanto a região Norte apresenta o menor índice igual a 57,5% e conforme o Censo Demográfico de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), menos de 30% das residências rurais

estão conectadas à alguma rede, sendo 55% da água obtida a partir de poços artesianos e nascentes fluviais.

Essa conjuntura evidencia que os maiores problemas relacionados à qualidade da água destinada ao abastecimento público estão em locais menos populosos e mais remotos. (LOPES et. al, 2013).

Na Região Norte, o Estado do Pará é segundo maior em extensão territorial e essas dimensões dificultam a universalização dos serviços de abastecimento de água para a toda população. Segundo dados do SNIS apresentados no Painel Saneamento Brasil, a taxa da população sem acesso à água é de 56,4% no estado (PEREIRA; TEOBALDO, 2018; PAINEL SANEAMENTO BRASIL, 2019).

Em algumas cidades, a aplicação de soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água surgem como ferramenta complementar a demanda do sistema de abastecimento de água (CORDEIRO, 2008).

Em comunidades rurais e urbanas, as soluções alternativas de abastecimento humano não possuem obrigatoriedade de distribuição por rede e da responsabilidade do poder público, diferentemente dos sistemas convencionais (HELLER; PÁDUA, 2006).

Essas soluções são adaptadas e desenvolvidas por diversas situações, tais como a inexistência ou para complementar um sistema de abastecimento de água, escassez hídrica, redução no consumo de água potável, entre outras (HELLER; PÁDUA, 2006).

Dessa forma, a presente pesquisa buscou analisar a tipologia do abastecimento de água nas zonas rurais do Estado do Pará, bem como realizar um mapeamento das soluções alternativas implantadas nos municípios selecionados na amostragem.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Levantar informações sobre os sistemas de abastecimento de água em nas zonas rurais do Estado do Pará, mapeando as soluções alternativas aplicadas nos municípios considerando as mesorregiões do estado.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar as formas de abastecimento inseridas nas zonas rurais dos municípios do Estado do Pará;
- Mapear soluções alternativas coletivas e individuais para tratamento de água adotadas nas zonas rurais dos municípios do Estado do Pará.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. ÁGUA E SAÚDE PÚBLICA

Pela definição da Organização Mundial da Saúde - OMS, saúde pública é “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade” (WHO/OMS, 1946).

O problema de acesso à água é um agravo para a saúde pública, sendo um indicador de qualidade, pois se associa aos diversos fatores como culturais, socioeconômicos, ambientais e de saneamento, nutricionais, idade, entre outros (BENICIO; MONTEIRO, 2000; TEIXEIRA; HELLER, 2005).

Conforme as diretrizes nacionais para o saneamento básico, expressas na Lei nº 11.445, o abastecimento de água é “constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição” (BRASIL, 2007).

Em países em desenvolvimento, na maioria das vezes, as condições precárias de saneamento e a má qualidade das águas fomentam inúmeras doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase (LESER et. Al, 1985).

A veiculação dessas enfermidades e a transmissão pela água pode se dar por diferentes mecanismos (BRASIL, 2006): Primeiramente, por ingestão, onde um indivíduo sadio ingere água que contenha o componente nocivo à saúde, deixando-o suscetível à manifestação das complicações; O segundo mecanismo refere-se à quantidade de água, que sendo insuficiente resulta em hábitos higiênicos insatisfatórios, propiciando doenças relacionadas à inadequada higiene; e, por último, o mecanismo que compreende a situação da água no ambiente físico, que se disposta de maneira inadequada pode criar condições propícias à vida e à reprodução de vetores ou reservatórios de doenças, como o *Aedes aegypt*, causador da Dengue.

Dessa forma, a qualidade, a quantidade e a regularidade de fornecimento da água são fatores determinantes para a manutenção da qualidade de vida e da saúde do indivíduo. Brasil (2006, pág. 26) acrescenta sobre esse cenário uma das consequências:

[...] procura por fontes alternativas de abastecimento, que constituem potenciais riscos à saúde, seja pelo contato das pessoas com tais fontes (risco para esquistossomose, por exemplo), seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica (risco de adoecer pela ingestão).

Além de atender necessidades humanas básicas [...] o acesso ao abastecimento de água e às outras vertentes do saneamento básico são fundamentais para a redução da pobreza e o

desenvolvimento socioeconômico sustentável das famílias e governos (HUTTON; HALLER, 2004).

Além disso, o acesso inadequado aos serviços de saneamento promove impactos de saúde e sociais, espacial e socialmente diferenciados, nos níveis global, nacional e local. Os impactos são sentidos especialmente pelas populações rurais, moradores de favelas urbanas, mulheres e crianças (WHO/UNICEF, 2014).

No Brasil, o padrão de potabilidade da água para consumo humano é estabelecido pela Portaria GM/MS N° 888 (BRASIL, 2021), sendo atribuição da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS) a garantia de acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com as exigências, operacionalizada pela Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VQACH).

Oliveira et. al. (2017, pág. 218) escrevem sobre VQACH:

O campo de atuação da VQACH compreende as formas de abastecimento de água para consumo humano, coletivas ou individuais, na área urbana ou rural, de gestão pública ou privada, definindo-se três formas de abastecimento: soluções alternativas individuais (SAI), que atendem a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados; soluções alternativas coletivas (SAC), que fornecem água para uso coletivo (com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição); e sistema de abastecimento de água (SAA), que é destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável por meio de rede de distribuição.

No entanto, as ações de controle e vigilância da qualidade da água ainda não alcançam todo o território brasileiro e muitos locais não possuem monitoramento de qualidade da água do manancial ao sistema de distribuição, seja por falta de pessoas qualificadas e laboratórios especializados (BRASIL, 2007).

À exemplo, o Painel do Saneamento Brasil (2019) apresenta dados relativos aos números de internações totais por doenças de veiculação hídrica em 2019 na Região Norte, sendo um total de 42.361 internações, além de 214 óbitos por doenças de veiculação hídrica.

Dados como esse expressam que, apesar da existência de ferramentas de controle de qualidade da água como a VQACH, as ações não são, ainda, realidade da maioria dos municípios brasileiros, o que evidencia fragilidades no abastecimento de água segura (OLIVEIRA, 2017, pág 218).

### 3.2. O ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS RURAIS

O conhecimento das características da região na qual pretende-se captar e distribuir água é fundamental para um bom planejamento e para o funcionamento adequado do sistema de abastecimento (RECESA, 2007).

Uma gestão sustentável dos recursos hídricos é fundamental para a preservação dos recursos naturais disponíveis e o bem-estar humano, sendo que a saúde e o equilíbrio ecológico estão diretamente relacionados com a proteção dos mananciais e tal relação não deve ser afetada pela diminuição da quantidade e da qualidade das águas (BRASIL, 2020; RECESA, 2007).

Nas áreas rurais, ocorre a problemática da poluição das águas superficiais e subterrâneas, por serem regiões com frequentes atividades de agricultura e criação de animais, além de atividades como loteamento para expansão urbana e a construção de estradas (BRASIL, 2020).

As consequências expressas na qualidade de vida da população rural implicam na relação entre as ações de saneamento e a melhora da saúde pública, além das práticas de manejo e os impactos ambientais sobre a flora e fauna, a rede hidrográfica e os ciclos dos nutrientes (BRASIL, 2020).

Dessa forma, a melhoria da qualidade da água no meio rural passa por uma reformulação das atividades agropecuárias desenvolvidas, sempre procurando aperfeiçoar o uso de recursos como água e solo, e insumos como fertilizantes e agrotóxicos, a fim de atenuar os impactos (BRASIL, 2020).

A cobertura de serviços de saneamento nas zonas rurais brasileiras atualmente é precária e em muitas localidades inexistente, o que acarreta em baixa qualidade de vida, saúde e bem estar da população, além do alto nível de propagação de doenças. As políticas governamentais, em sua maioria, contemplam as zonas urbanas, abandonando as áreas rurais e contribuindo para a falta de sistemas apropriados de abastecimento de água, esgotamento sanitário, e coleta de resíduos sólidos nessas localidades (BRASIL, 2014a).

No Brasil, segundo dados apresentados pelo censo demográfico do IBGE (2010), aproximadamente 8,1 milhões de domicílios brasileiros estão em áreas rurais, totalizando aproximadamente 29,9 milhões de pessoas (IBGE, 2010).

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD registra que 93,37% dos domicílios localizados em áreas urbanas estavam ligados à rede de distribuição de água, enquanto apenas 30,33% dos domicílios presentes em zonas rurais e entornos recebiam esse tipo de serviço, captando água de diretamente de cursos de água sem nenhum tipo de

tratamento, como poços, rios ou lagos, ou de outras fontes alternativas geralmente inadequadas para consumo humano (BRASIL, 2016).

Segundo Brasil (2019, pág.2):

Na história do saneamento no Brasil, as demandas de áreas mais urbanizadas e economicamente viáveis sempre receberam maior atenção do poder público. Nas áreas rurais, as demandas têm sido preteridas no contexto local, ganhando visibilidade em programas de outros níveis de governo, havendo o predomínio de ações compartmentalizadas.

Em 1986, através da criação do Projeto Nacional de Saneamento Rural – PNSR, o saneamento rural brasileiro passou a receber atenção. O PNSR foi desenvolvido pelo Instituto de Planejamento – IPLAN, do IPEA, em conjunto com outros atores, e segundo Teixeira (2011) apenas funcionou no período compreendido entre os anos de 1986 até 1990 (MACHADO et al, 2016).

Em 2013, foi aprovado o Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab, que determina a elaboração de três programas para a implementação da Política Federal de Saneamento Básico: Saneamento Básico Integrado, Saneamento Estruturante e Saneamento Rural (PNSR).

No ano de 2014, a FUNASA, como representante do Ministério da Saúde, deu início ao processo de planejamento da formulação do PNSR e delineamento de uma primeira estrutura documental, tomando como referência as diretrizes do Plansab para o saneamento rural (BRASIL, 2019).

Com o PNSR, as demandas de saneamento dos domicílios rurais do Brasil, segundo Brasil (2019, pág. 24) “ganharam visibilidade e revelaram incontáveis situações de precariedade ou ausência de atendimento, e seus impactos negativos sobre a saúde da população, em um contexto de fragmentação da atuação de órgãos públicos”.

Nesse contexto o modelo das cooperativas de água e outras organizações de gestão comunitária surgem como opção para a organização dos serviços de saneamento, sobretudo nas áreas rurais e pequenas cidades (HUKKA & KATKO, 2013). Assim, tecnologias alternativas para tratar a água são desenvolvidas para atender a demanda dos habitantes desses locais.

A gestão do abastecimento de água nas áreas rurais aborda necessitam da participação da própria população ou comunidade, tendo-os principais atuantes e tomadores de decisão, sendo para o poder público e às agências de apoio a facilitação nesse processo (FONJONG; EMMANUEL; FONCHINGONG, 2005).

No entanto, ainda se enxerga um afastamento dos moradores locais nessa gestão do abastecimento de água, resultando em serviços ineficientes e, até mesmo, abandono desses sistemas (BRISCOE; FERRANTI, 1988).

Assim, para além da importância do desenvolvimento dessas alternativas para atender as demandas de água das áreas rurais, a própria população precisa estar envolvida no processo para que as tecnologias estejam em acordo com as necessidades e características locais. Nesse ponto, capacitações e processos educacionais são fundamentais para subsidiar os moradores nas decisões e gestão das alternativas (BRASIL, 2020).

### 3.3. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS RURAIS

Considerando a diversidade de técnicas disponíveis, com diferentes aplicações e limites, o contexto socioambiental da comunidade alvo de um projeto de abastecimento de água deve ser considerado previamente à escolha das técnicas (SILVA, 2016).

O PNSR propõe que se deve priorizar “a implementação de serviços e soluções capazes de atender às demandas locais, desde que garantam a salubridade, a privacidade, o conforto, a segurança e a dignidade da população” (BRASIL, 2018b).

“Nas pequenas comunidades rurais ou naquelas mais dispersas pode-se optar pela construção de uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água” BRASIL (2006). Na portaria GM/MS Nº 888 (BRASIL, 2021) tais soluções são determinadas como:

Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição;

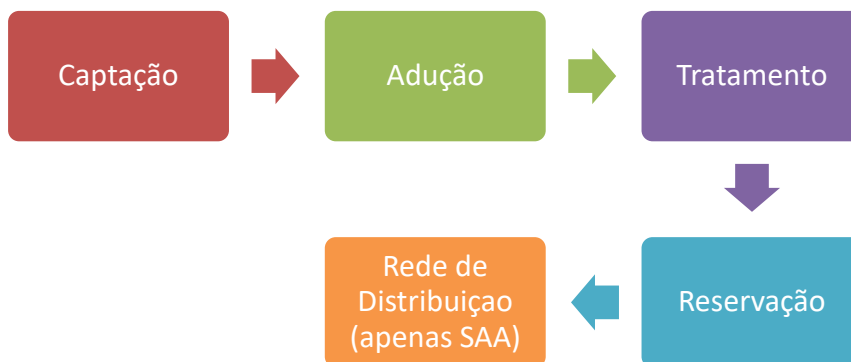
Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Desta forma, nesta seção, apresentam-se tecnologias alternativas de tratamento de água comumente adotadas em áreas rurais como soluções coletivas e individuais desenvolvidas e implantadas segundo as características das localidades.

Em sistemas coletivos (SAA e SAC) normalmente as etapas presentes (Figura 1) são: captação, adução, tratamento e reservação e rede de distribuição (esta última presente apenas no SAA). Os SAIs diferem no porte da solução, podendo ser constituídos de captação, adução, tratamento e reservação em unidades mais compactas. Ressalta-se que nos SAI o reservatório

diz respeito a caixa d'água domiciliar, que nem sempre está presente nas residências da zona rural brasileira.

**Figura 1** - Etapas de soluções coletivas para abastecimento de água (SAA e SAC).



Fonte: Autora, 2021.

A captação de água pode ocorrer em mais de uma forma nas áreas rurais, sendo em rios, nascentes, açudes, lagoas, entre outros (captações superficiais); poços escavados, poços rasos, poços tubulares profundos (captações no subsolo ou subterrâneas); ou cisternas (captação de água de chuva) (BRASIL, 2020).

Além da relação com a qualidade da água, a etapa de captação também tem uma função crucial no abastecimento quanto à regularidade do fornecimento da água. Em vista disso, toda atenção deve ser dada à escolha correta do local da captação de água, à manutenção e à operação adequadas, em vista dos riscos de acidentes que enfrenta e, em consequência, dos possíveis colapsos no fornecimento de água (BRASIL, 2006, pág. 48).

Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese das formas de captação em acordo com o exposto por Brasil (2020), Pádua (2010a) e Libânio (2010).

**Tabela 1** - formas de captação de água em áreas rurais.

CAPTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>Mananciais superficiais</b>	Acessibilidade física; Mais sujeitos à contaminação; Maior custo de tratamento; Uso de baldes, latas ou outros vasilhames.

---

<b>Mananciais subterrâneos (poços, nascentes)</b>	<p>Melhor qualidade de água; Retirada em poços jorrantes, modo braçal ou com sistema de bombeamento.</p> <p>Atende aos padrões de potabilidade; Quantidade pode não atender a demanda; Acessibilidade da área variável; Necessidade de proteção da área do manancial. Pode ocorrer em aquífero freático ou artesiano/confinado; Menor custo em relação aos superficiais; Menos etapas de tratamento (desinfecção, fluoretação e eventual correção de pH).</p>
---	---

---

<b>Água da chuva</b>	<p>Solução em locais sem acesso à água em quantidade e qualidade exigidas; Uso de cisternas para reservação (concreto ou polietileno); Demanda apenas de filtração e desinfecção.</p>
----------------------	---

---

Fonte: Elaborada a partir de Brasil (2020), Pádua (2010a) e Libânio (2010).

Na segunda etapa ocorre a adução, sendo o transporte da água bruta ou tratada de uma unidade do sistema para outra (BRASIL, 2020). “A infraestrutura dessa etapa é composta por um conjunto de tubulações denominadas adutoras, peças especiais e obras de arte. O material utilizado nas adutoras pode ser: PVC, ferro fundido, aço soldado, concreto armado, fibra de vidro, entre outros” (BRASIL, 2020, pág. 38).

As adutoras podem transportar a água por gravidade (aproveitando o desnível entre as unidades do sistema), por recalque (com auxílio de um conjunto motobomba) ou combinando as duas formas anteriormente citadas (BRASIL, 2020, pág. 38).

Nas áreas rurais, há a predominância do uso de tubulações de PVC ou mangueiras de PEAD de pequeno diâmetro como adutoras (BRASIL, 2020). No entanto, nem sempre são necessárias adutoras, já que os sistemas rurais muitas vezes são compactos.

A etapa posterior consiste no tratamento, onde há diversas tecnologias adotadas, dependendo das características do local onde irá ser implantado. A Figura 2 expressa algumas dessas tecnologias.

**Figura 2** - Síntese das tecnologias de tratamento de água adotadas em áreas rurais abordadas neste estudo.



Fonte: Autora, 2021.

A seguir, discorre-se sobre essas tecnologias adotadas em áreas rurais para tratamento de água, sendo estas implantadas dependendo das características da água, dos conhecimentos técnicos e recursos disponíveis, em relação fontes de captação, entre outros.

### **3.3.1. Solução Simplificada de Tratamento de Água para Consumo Humano (SALTA-z)**

A SALTA-z é uma tecnologia que foi desenvolvida com o intuito de favorecer o acesso à água potável para populações rurais e tradicionais, ou de especial interesse do governo federal, sem acesso a outra fonte de água segura e, portanto, mais vulneráveis às doenças relacionadas com a água (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 5).

Configura-se como uma tecnologia de interesse social que contempla o baixo custo como atrativo favorável à sua aplicação, além de apresentar viabilidade técnica e operacional, compreendendo-se a capacidade de o projeto ser tecnicamente exequível (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 2).

A SALTA-z utiliza processo convencional para tratar a água, por meio de uma estrutura física simplificada, e fazendo uso de filtro e dosadores de características artesanais. Adicionalmente, é de fácil aplicação, instalação e apropriação pelo município e comunidades, com potencial transformador social e ambiental (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 2).

O sistema é composto por uma adutora para recalque da água bruta por meio de bombeamento ao reservatório, um dosador para coagulante e outro para cloro, um filtro, dreno de

sedimentos e caixa com leito filtrante para reter esses sedimentos, como exposto na Figura 2 (SANTOS; CARVALHO, 2018).

**Figura 3** - Desenho esquemático da SALTA-z.



Fonte: SANTOS; CARVALHO, 2018.

A água é tratada com metodologia convencional completo, ou seja, com as etapas de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e cloração, típicas das Estações de Tratamento de Água dos grandes sistemas de abastecimento, em se tratando de mananciais superficiais (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 4).

O diferencial é a simplicidade com que essas etapas ocorrem, pela praticidade e facilidade técnica, e baixo custo operacional (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 4).

Na cloração do SALTA-z, o desinfetante utilizado é o cloro na composição de compostos clorados (hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio – líquidos, granulados ou pastilhas), ou cloro orgânico (BRASIL, 2017).

O cloro se destaca pelo custo razoável, a alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, a ação germicida ampla e boa persistência nos sistemas de distribuição, pois apresenta propriedade residual e pode ser medido facilmente e monitorado nas redes de distribuição depois que a água for tratada e distribuída aos consumidores seguindo os

parâmetros de potabilidade, garantem que o cloro apresente bons resultados no processo (BRASIL, 2017).

Tudo isso permite, de forma bastante simples, uma água segura, desde a produção até o momento do uso, o que resulta em grande benefício, tanto em pequenos sistemas de comunidades rurais, ribeirinhas, indígenas, como em grandes cidades (BRASIL, 2017, pág. 26).

Além do tratamento de águas superficiais (até características de água doce Classe 2 – Resolução Conama 357/2005), a SALTA-z é eficaz na remoção de ferro e manganês, em águas subterrâneas. Nesse caso, o clorador deve ser instalado entre a saída do poço e o reservatório para favorecer a oxidação dos íons (SANTOS; CARVALHO, 2018, pág. 5).

Na etapa de filtração, são utilizados filtros alternativos no processo de tratamento de água destinada ao consumo humano, sendo água de manancial superficial (rio, lago, açude, represas...) ou de manancial subterrâneo (BRASIL, 2017).

A filtração é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. Visa à remoção de impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso. O meio poroso utilizado na SALTA-z é o mineral Zeólita – clinoptilolita (BRASIL, 2017, pág. 27).

Nas águas de mananciais superficiais se faz necessária a adição de um coagulante (sulfato de alumínio ou o policloreto de alumínio – PAC) na água bruta a ser tratada. Para a determinação da dosagem ideal desse coagulante, faz-se um ensaio chamado “Teste de Jarros” (BRASIL, 2017, pág. 27).

O sedimento acumulado é retirado pelo dreno instalado no centro do fundo do reservatório. Faz-se necessário a destinação adequada dos sedimentos drenados, através de processos de tratamento do lodo, para que se enquadrem aos padrões nacionais atuais de lançamento de efluentes (BRASIL, 2017, pág. 28).

Para água de manancial subterrâneo (BRASIL, 2017, pág. 28):

Há somente adição de cloro para o processo de desinfecção e/ou oxidação do ferro e/ou manganês dissolvido na água; a instalação do dispositivo dosador será efetuada na linha de recalque de água bruta, após bomba, antes do reservatório. O tempo de contato requerido para desinfecção da água e oxidação do ferro e/ou manganês acontecerá no reservatório de distribuição, de onde o sedimento férrico e/ou mangânico é retirado através do dreno instalado no centro do fundo do reservatório.

Para água de manancial subterrâneo não há necessidade de adição de sulfato de alumínio para clarificação da água bruta (floculação e sedimentação), exceto, no caso de forte complexação com matéria orgânica em poços vulneráveis (poços excessivamente rasos, poços inundáveis, etc.) (BRASIL, 2017, pág. 29).

### 3.3.2. Remoção de Ferro e Manganês

Os métodos comuns empregados para remoção de componentes como o ferro e manganês incluem a formação de precipitado e filtração, troca iônica e estabilização com polifosfatos. Quando há formação de precipitado e filtração, geralmente se adota a aeração, e filtração ou a oxidação com permanganato de potássio, cloro e dióxido de cloro, seguida de filtração (RAMOS, 2010).

O processo de aeração ocorre pelo contato direto uma fase gasosa (como o ar) com a água a ser tratada, provocando a transferência de substâncias voláteis da água para o ar e de substâncias solúveis do ar para a água (AWWA, 2010).

A aeração, no tratamento da água, tem duas aplicações, sendo uma chamada de *air stripping*, onde ocorre a remoção de gases e substâncias voláteis da água, e a outra de aeração, ocorrendo a transferência de gases ou substâncias solúveis à água (AWWA, 2010).

No processo de aeração, os métodos mais comumente utilizados são (AWWA & ASCE, 2005), :

- cascata: produz quedas artificiais da água na entrada da Estação de Tratamento de Água - ETA;
- bandejas: estrutura com bandejas perfuradas sobrepostas por onde a água escoar;
- difusores: provocam o borbulhamento de ar dentro de um tanque e
- reatores diversos: permitem o contato da água com o ar.

Na Figura 4, pode-se observar o aerador com bandejas (Figura 4a), sendo junto ao método de cascata (Figura 4b), os mais utilizados em áreas rurais devido aos custos de implantação, operação e manutenção.

**Figura 4** - Aeradores com bandejas e do tipo cascata.

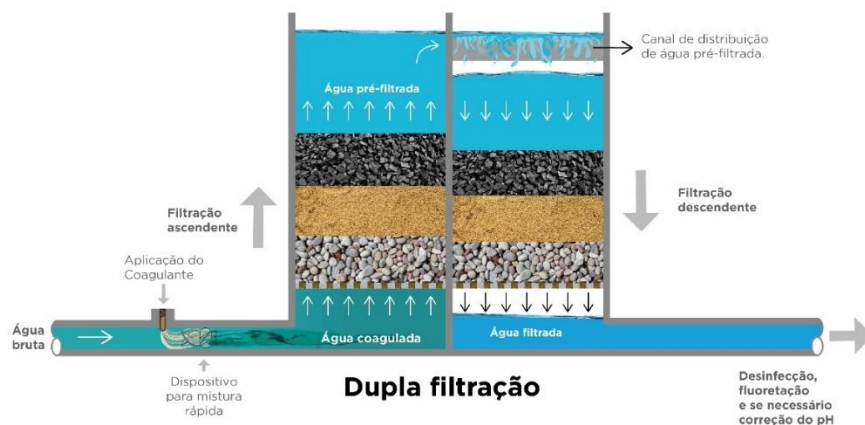


Fonte: OROZCO, 2016; LOPES, 2004.

Seguindo para a filtração direta, a remoção de impurezas na água é feita somente pelo filtro, e o desempenho desse processo se relaciona diretamente com as variáveis hidráulicas e a coagulação. Por exemplo, a porosidade e a relação entre a espessura do meio filtrante e o tamanho médio dos grãos, pois o aumento da espessura e dos grãos do meio filtrante possibilitam carreiras de filtração mais longa (CUMBI, 2013).

Desta forma, será utilizado outro mecanismo de coagulação, a chamada adsorção neutralização de cargas, sendo recomendada para água com baixos valores de turbidez e cor. Assim, a filtração direta pode ser classificada em: Filtração Direta Descendente (FDD); Filtração Direta Ascendente (FDA) ou Dupla Filtração (DF) (SCALIZE; BEZERRA, 2020, Pág. 80). A Figura 5 apresenta um esquema da DF.

**Figura 5** - Desenho esquemático de uma tecnologia da Dupla Filtração.



Fonte: SCALIZE & BEZERRA, 2020.

Na NBR 12.216 (ABNT, 1992) a determinação para filtração rápida de taxa de filtração é de acordo com o filtro-piloto, sendo recomendada taxa de até 180 m<sup>3</sup>/m.dia para filtração com apenas uma camada filtrante e de até 360 m<sup>3</sup>/m.dia para filtro de dupla camada.

Esses metais na presença de alcalinidade, passam as suas formas finais de oxidação, ou seja, os hidróxidos metálicos que são insolúveis em água, resultando em coloração amarelo claro, laranja tijolo, marrom avermelhado, preto, etc. (RAMOS, 2010, pág. 9).

A presença de ferro na distribuída expõe a população à riscos e inconveniências, tais como manchas em roupas e utensílios sanitários; sabor desagradável; interferência em processos industriais; podem causar depósitos e incrustações; favorecem o aparecimento de bactérias ferruginosas (RAMOS, 2010).

Além disso, há fácil associação da matéria orgânica natural, representada principalmente pelas substâncias húmicas, com metais e óxidos formando complexos, os quais modificam as espécies metálicas em solução, geralmente reduzindo os íons metálicos livres (RAMOS, 2010).

### **3.3.3. Filtração lenta**

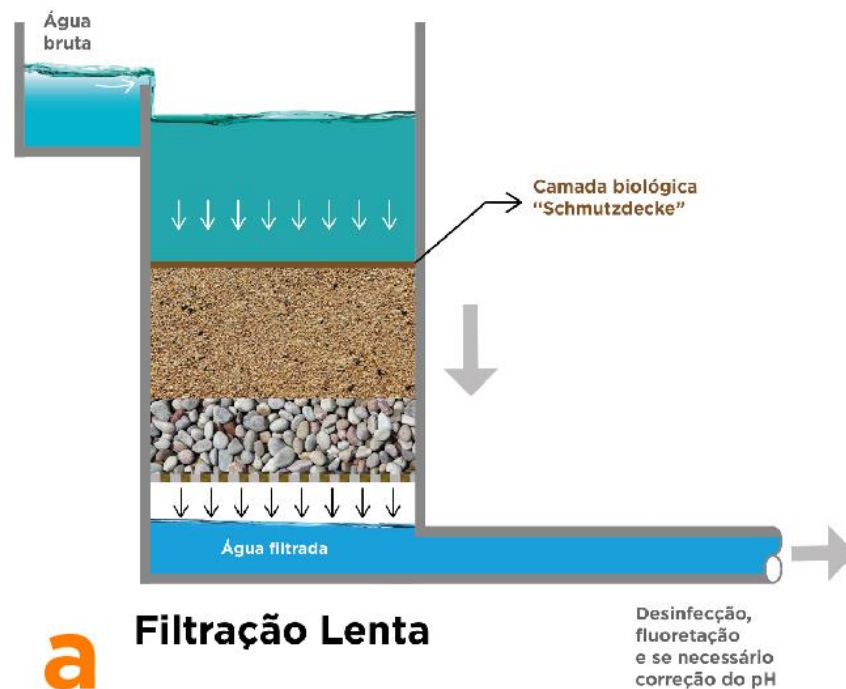
A filtração tem como função principal a remoção das impurezas (partículas suspensas e coloidais) que conferem cor e turbidez à água, além de reduzirem a eficácia da etapa da desinfecção na inativação dos microrganismos patogênicos (LIBÂNIO, 2010).

Além de ser o sistema mais antigo utilizado pela humanidade, se destaca por ser operacionalmente simples, de baixo custo e muito efetivo, sob a condição de ser projetado de forma apropriada e aplicado nas situações corretas (PERALTA, 2005).

Na filtração lenta (Figura 6), a água a ser tratada passa por um meio filtrante, poroso, geralmente areia fina, que retém partículas presentes na água através de mecanismos de transporte, adesão e pelas atividades biológicas. Nesse processo, a água passa lentamente pela camada formada pela retenção e decantação das partículas na parte superior do meio filtrante. Essa camada é biologicamente ativa e possibilita a remoção de patógenos (HUISMAN; WOOD, 1974).

Por fim, após o processo de filtração da água, realiza-se o processo de desinfecção e, quando necessário, a correção do pH (se necessário) e a fluoretação (BRASIL, 2020).

**Figura 6** - Esquema de um filtro lento de areia.



Fonte: SCALIZE & BEZERRA, 2020.

A tecnologia da filtração lenta adota taxa baixa de filtração, sendo adotada nos projetos da FUNASA entre 3,0 a 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia (BRASIL, 2015) e pela NBR 12.216 (ABNT,1992) um valor não superior 6,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

Essa tecnologia é comumente implantada em comunidades de pequeno porte, pois não necessita do uso de produtos químicos na fase de coagulação, não exige equipamentos sofisticados para controle do processo e não demanda limpezas frequentes, podendo chegar até três meses no intervalo para limpeza dependendo da água bruta (SENS, 2014; RECESA, 2008).

Para a operação dos filtros lentos, é apontado como requisito a captação de uma água com boa qualidade, o que pode ser um empecilho para comunidades rurais próximas a mananciais em avançado processo de degradação, como a necessidade de baixa turbidez da água bruta (< 10uT) (SENS, 2014; DI BERNARDO, VERAS, 2008).

Além disso, épocas chuvosas do ano podem afetar o desempenho do filtro devido aos picos de turbidez, bem como nas épocas secas devido a florações de algas (SENS, 2014).

### 3.3.4. Filtração em múltiplas etapas

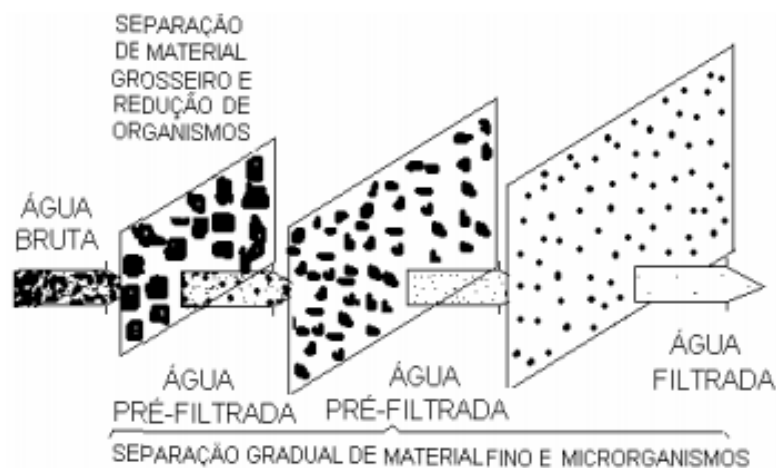
Visando evitar a sobrecarga dos filtros lentos, principalmente em época de chuvas, e aumentar as taxas de filtração, desenvolveu-se a Filtração em Múltiplas Etapa - FiMe (BRASIL, 2020).

Nessa metodologia, a água captada, admitindo valores superiores de turbidez, é direcionada para as etapas de filtração, com gradeamento, pré-filtração dinâmica em pedregulho, pré-filtração em predegulho e areia grossa e, por fim, a filtração lenta em areia fina. Com o seguimento dessas etapas, é possível que se opere por vários meses os filtros lentos até uma nova limpeza (em torno de um ano) além de uma boa qualidade da água tratada (RECESA, 2008; SENS, 2014).

O princípio básico é o de cada etapa condicionar seu efluente de forma adequada para ser submetido ao tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo, ou seja, impedindo uma colmatação muito freqüente de seu meio granular e assegurando um efluente com características compatíveis com o processo de tratamento adotado (DI BERNADO et. al, 2015, Pág. 22)

As etapas de tratamento da FiME são pré-filtração dinâmica, pré-filtração grosseira e filtração lenta, como exposto na Figura 7.

**Figura 7** - Esquema das etapas da Filtração em Múltiplas Etapas – FiME.



Fonte: DI BERNADO et. al, 2015.

Na primeira etapa do tratamento, há principalmente a remoção de sólidos grosseiros, porém, organismos e material fino também são parcialmente removidos. A pré-filtração dinâmica é geralmente usada para essa finalidade, tendo-se um meio granular apropriado, sob o qual situa-se um sistema de drenagem (DI BERNADO et. al, 2015, Pág. 25).

O efluente da pré-filtração dinâmica apresenta menor quantidade de impurezas de maior tamanho e passa, na segunda etapa, por outra unidade de pré-filtração contendo sub-camadas de pedregulho de tamanho decrescente, na qual o escoamento pode ser vertical ascendente ou descendente, ou horizontal. O efluente dessas unidades apresenta-se, em geral, com qualidade adequada para ser submetida à filtração lenta (DI BERNADO et. al, 2015, Pág. 25).

Na última etapa da FiME, a filtração lenta, o uso de mantas sintéticas conjuntamente com areia fina possibilita a adoção de taxas de filtração mais elevadas que as convencionalmente utilizadas, além disso o uso de carvão ativado granular em conjunto com areia fina favorece a remoção de matéria orgânica dissolvida presente na água, distinguindo o processo de filtração lenta com meio filtrante exclusivamente de areia (DI BERNADO et. al, 2015).

Pelas características da areia utilizada na filtração lenta, geralmente muito fina quando comparada à empregada na filtração rápida, há retenção considerável de impurezas no topo da camada filtrante (DI BERNADO et. al, 2015, Pág. 26).

Os parâmetros básicos não podem ter um nível que superem a capacidade do sistema. Para turbidez, pode-se aceitar valores médios até 80 uT, com “picos” de até 700 uT ou muito mais altos, considerando que inicialmente se colmate o pré-filtro dinâmico. Em termos de cor verdadeira, pode-se admitir um valor médio de 60 uC, com “picos” até 230 uC. São admissíveis, por outro lado, coliformes fecais até 90.000 UFC/100mL com “picos” de 300.000 UFC/100 mL. Existem alguns compostos químicos que podem gerar problema no tratamento, como os resíduos de fungicidas e herbicidas. Ao mesmo tempo algumas impurezas encontradas nas água (e.g.: sais dissolvidos) não são removidos pela FiME (DI BERNADO et. al, 2015, Pág. 53).

De maneira geral, a FiME é considerada uma tecnologia de simples construção, com instalações de baixo custo e que dispensa a etapa da coagulação química e praticamente elimina a necessidade de instrumentação, é um método aplicável às zonas rurais e pequenos e médios municípios (VERAS; DI BERNADO, 2008; BRASIL, 2015).

### **3.3.5. Desinfecção, fluoretação e correção do pH**

Segundo as determinações do PNSR, as etapas da desinfecção e da fluoretação são necessárias e devem ser instauradas em todos os projetos de abastecimento de água e a etapa de correção do pH depende da qualidade da água e necessidade de aplicação (BRASIL, 2018).

A desinfecção é um processo que melhora a qualidade da água inativando ou destruindo microrganismos patogênicos ou indesejáveis por meio de técnicas como a aplicação de compostos oxidantes de cloro (cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou de cálcio, dióxido de cloro,

etc) ou desinfetantes alternativos ao cloro (ozônio, bromo, iodo, permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio, entre outros), radiação (solar, UV e gama) e ebulição (LIBÂNIO, 2010).

A desinfecção com uso do cloro é a técnica mais utilizada no Brasil, estando associada à alguns fatores técnicos e socioeconômicos, como a efetividade da desinfecção, o custo mais acessível, o residual ativo deixado na água (sua ação continua depois de aplicado) e a aceitação pela população (BRASIL, 2020).

A aplicação do cloro em pequenos sistemas ou soluções alternativas pode ser feita por um clorador por difusão em poços rasos (Figura 8a), clorador de pastilha (Figura 8b) e pelo clorador simplificado construído com tubos e conexões de PVC (Figura 8c). Nos sistemas para comunidades mais aglomeradas, as bombas dosadoras de cloro (Figura 8d) são comumente utilizadas (BRASIL, 2015).

**Figura 8** - Aplicação de cloro em soluções para tratamento de água.



Fonte: LASTA et. al, 2016; TERRA, 20XX; SILVA et. al, 2015; BRASIL, 2020.

Para a eficiência da desinfecção, é importante considerar as características da água (tais como concentração de sólidos suspensos e dissolvidos, temperatura da água, pH), do desinfetante (espécie e concentração empregada), do tipo de microrganismo a ser inativado e o processo (tempo de contato e grau de dispersão do desinfetante na massa líquida) (PÁDUA, 2010a; MEYER, 1994).

A fluoretação é a etapa de aplicação de compostos com flúor com função de prevenção contra a cárie dental. Os compostos de flúor mais utilizados para o tratamento da água para consumo humano são: o fluorsilicato de sódio e o ácido fluorsilícico (BRASIL, 2020, pág, 52).

O ácido fluorsilícico é o mais fácil de ser utilizado e dosado, porém seu potencial de corrosão exige cuidados especiais no armazenamento. O fluorsilicato de sódio é um pó sólido com solubilidade muito baixa, exigindo cuidados no preparo de soluções para água com dureza elevada, pois a reação do íon fluoreto reagirá com o cálcio e o magnésio presente na água forma um precipitado que pode entupir os dosadores (RECESA, 2008).

A etapa de correção do pH é empregada sempre em função da aceitação da população e para preservar os sistemas de corrosão e incrustação. Em situações que é necessário aumentar o pH, geralmente utiliza-se cal virgem ou hidratada, sendo a redução obtida pela adição de gás carbônico ou um composto ácido. É recomendado, também, a utilização de pedra calcária em sistemas rurais (CALIJURI; CUNHA, 2013, BRASIL, 2006; BRASIL, 2015).

Os problemas que podem surgir pelo inadequado pH, ou corrosividade da água, são de ordem sanitária (dissolução de metais indesejáveis ou desenvolvimento de biofilmes que podem abrigar organismos patogênicos), estética (ocasionando dificuldades de aceitação da água pelos moradores) e econômica (vazamentos ou rompimento de tubulações) (BRASIL, 2006).

Assim, são diversos os cuidados que devem ser tomados na operação das etapas de desinfecção, fluoretação e correção do pH de um sistema. Por exemplo, a dosagem de cloro em excesso na água pode causar gosto desagradável, sendo rejeitado o uso por parte da população. Além disso, se a água estiver concentrada com matéria orgânica, a reação com o cloro pode gerar substâncias cancerígenas (trihalometanos) (RECESA, 2007).

Quanto à fluoretação, o flúor dosado em excesso pode causar prejuízos à saúde humana, como a fluorose dental (manchas nos dentes) e problemas nos ossos e articulações. A manipulação incorreta dos valores do pH também podem provocar danos, afetando as tubulações de abastecimento de água e facilitando a entrada microrganismos patogênicos e substâncias químicas contaminantes na água (RECESA, 2007).

### 3.3.6. Sistemas de captação de água da chuva

Outra metodologia utilizada por comunidades rurais é o uso de cisternas para armazenamento de água da chuva. A captação é feita pelos telhados das casas ou em superfícies cimentadas pelo terreno. O uso de cisternas para armazenamento de água de chuva é uma prática muito difundida em comunidades rurais do semiárido brasileiro. A água é captada nos telhados, sendo armazenada em tanques de placas de concreto (Figura 9) ou de PVC.

**Figura 9** - Cisterna de concreto para captação de água da chuva.



Fonte: CMA, 2019.

Observam-se que os sistemas de tratamento de água de chuva possuem etapas relativamente simples, entretanto a qualidade da água pode variar por conta de uma série de fatores na fase atmosférica, na superfície de captação, na abstração inicial, na reservação, filtração e/ou desinfecção (MENEZES, 2016, pág. 24).

As superfícies de captação de água de chuva para sistemas domiciliares influenciam diretamente na qualidade da água, pois, quando em contato com as superfícies, podem carregar os poluentes e contaminantes presentes, ou por animais ou ainda pela sua constituição. Assim, cada material apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisadas ao serem adotadas em um sistema de água da chuva para consumo humano (MENEZES, 2016).

Para esse tipo de sistema, as etapas do tratamento variam de acordo com o uso da água e a qualidade exigida, sendo, geralmente, composta pelas etapas: autolimpeza do telhado ou abstração dos primeiros milímetros de chuva, remoção de sólidos grosseiros e/ou partículas, desinfecção, etc (MENEZES, 2016).

A medida mais importante é minimizar o carreamento de metais potencialmente tóxicos para o intradomicílio, uma vez que sólidos podem ser removidos através de tratamentos relativamente simples como a abstração de primeiros milímetros da chuva e filtração, isto sugere que os telhados cerâmicos podem ser boas opções (MENEZES, 2016, pág. 37).

Segundo a NBR 12213/2017, para a determinação do valor da abstração dos milímetros de chuva, instala-se um dispositivo para descarte da água de escoamento inicial automático a ser projetado ou utiliza-se o valor recomendado do descarte de 2mm da precipitação inicial.

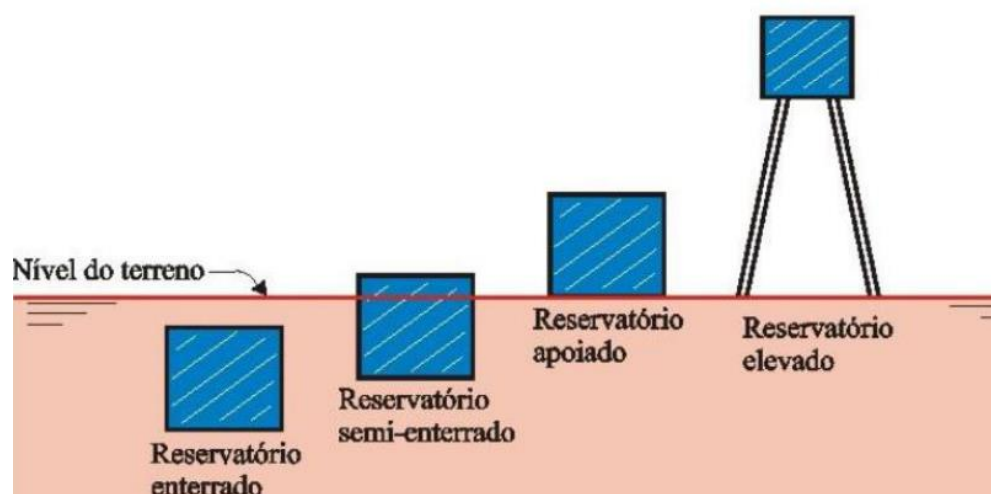
Quando a captação é feita dessa forma, é importante realizar a limpeza dos telhados de captação, das calhas de coleta e do sistema de condução de água, além da limpeza anual do tanque das cisternas (PÁDUA, 2010b).

### 3.3.7. Reservação e distribuição

As últimas etapas do sistema de abastecimento, a reservação e a distribuição da água, exigem cuidados especiais para a garantia da potabilidade da água tratada nas etapas anteriores (BRASIL, 2020, pág. 54).

Os reservatórios funcionam como regularizadores das vazões de adução e de distribuição, adequando as pressões na rede de distribuição. Podem ser classificados quanto à localização do terreno, sendo: enterrado, semi-enterrado, apoiado e elevado (Figura 10) (BRASIL, 2015; GUEDES, 2018).

**Figura 10** - Tipos de reservatório quanto à classificação no terreno.



Fonte: Sobrinho; Contrera, 2016.

A distribuição se trata da infraestrutura, composto pelo conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, para distribuir água de forma contínua a todos os usuários do sistema (Figura 11) (BRASIL, 2015).

**Figura 11** - Reservatório e distribuição implantado na zona rural de Joaquim Pires.



Fonte: Prefeitura Municipal de Joaquim Pires, 2018.

Em algumas comunidades rurais, devido a impossibilidade do uso de redes por causa da dispersão dos domicílios, é necessário que a distribuição de água seja realizada em um único ponto de distribuição. Esses pontos podem ser as torneiras públicas ou um chafariz (BRASIL, 2020, pág. 54).

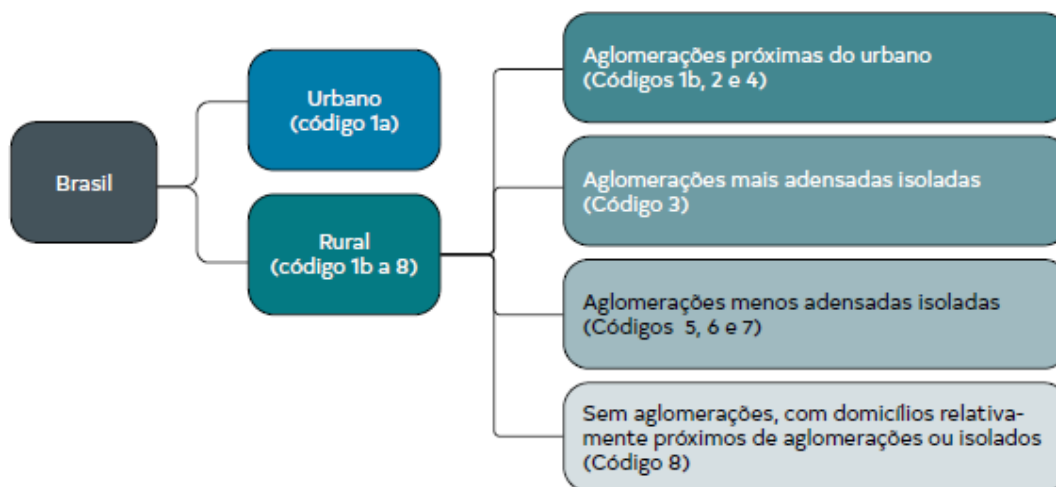
Assim, a população assume a responsabilidade por transportar a água até seus domicílios, seja por meio de baldes ou em lombo de animais. No entanto, essa prática não é certa de assegurar à população rural o acesso à água, com qualidade e em quantidade necessária ao consumo humano (PÁDUA, 2010b; BRASIL, 2020).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA DE ESTUDO

Para determinação da zona de estudo no Estado do Pará, consideraram-se as referências utilizadas pelo PNSR (2019) de agrupamentos de domicílios rurais brasileiros, conforme apresentado na Figura 12, segundo setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

**Figura 12** - Agrupamento de domicílios rurais brasileiros.



Fonte: PNRS, 2019.

Para a pesquisa, selecionou-se o agrupamento sem aglomerações com domicílios relativamente próximos de aglomerações ou isolados (código 8), sendo esse espaço definido como “zona rural, exclusive aglomerado rural: são áreas rurais não classificadas como aglomerados” (IBGE, 2010). O PNSR (2019, pág.) acrescenta:

Nessa perspectiva, poderia se avaliar, como soluções mais adequadas a essas áreas, aquelas capazes de atenderem a uma unidade domiciliar. Entretanto, os trabalhos de campo revelaram a existência de pequenas aglomerações nos setores de código 8, em algumas das quais as soluções coletivas representam as práticas adotadas. Assume-se, pois, que as ações individuais serão predominantes nesse contexto, e que as práticas coletivas deverão avançar a partir do quadro sanitário identificado.

Dessa forma, todos os 144 municípios do estado do Pará estão categorizados em situação rural pelo código 8 por terem em sua composição espacial distritos, sub distritos e bairros com tais características (IBGE, 2010).

De acordo com as definições do Censo Demográfico 2010, domicílio é o “ local estruturalmente separado e independente destinado para habitar uma ou mais pessoas. Essas habitações são limitadas por paredes, muros ou cercas e cobertos por um teto” (IBGE, 2010).

Como espécie de domicílio, tem-se o domicílio particular, que se fragmenta em dois tipos: permanente e improvisado (IBGE, 2010):

- Permanente: quando construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas;
- Improvisado: quando localizado em edificação (loja, fábrica etc.) que não tinha dependência destinada exclusivamente à moradia, como, também, local inadequado para a habitação, que, na data de referência, estava ocupado por morador.

Tratando-se dos serviços de saneamento básico existentes nas residências particulares permanentes, têm-se as características gerais de domicílios permanentes em relação aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos. Para a pesquisa em questão, destacou-se o abastecimento de água, que se caracteriza por (IBGE, 2010):

- Rede geral de distribuição - o domicílio, ou o terreno ou a propriedade onde estava localizado, encontrava-se ligado a uma rede geral de distribuição de água;
- Poço ou nascente na propriedade – o abastecimento do domicílio era feito por água proveniente de poço ou nascente localizado no terreno ou na propriedade onde estava construído;
- Poço ou nascente fora da propriedade – quando o domicílio era servido por água proveniente de poço ou nascente localizado fora da propriedade onde estava construído o domicílio;
- Carro-pipa - a água a ser servida era transportada por carro-pipa até o domicílio;
- Água de chuva armazenada em cisterna – uma cisterna ou caixa de cimento armazenava água da chuva para abastecer o domicílio;
- Água de chuva armazenada de outra forma – armazenamento de água da chuva em galões, tanques ou outros materiais de plástico para servir o domicílio;
- Rio, açude, lago ou igarapé – a água do domicílio era proveniente de rio, açude, lago e igarapé;
- Poço ou nascente na aldeia – água proveniente de poço ou nascente localizado em terras indígenas para abastecer os domicílios localizados na aldeia;

- Poço ou nascente fora da aldeia – água proveniente de poço localizado em terras indígenas para abastecer os domicílios localizados fora da aldeia; ou
- Outra - forma de abastecimento de água do domicílio era diferente das descritas anteriormente.

Quanto ao número populacional, considerou-se o número de residentes em domicílios particulares permanentes em cada município (IBGE, 2010).

#### 4.2. SELEÇÃO DA AMOSTRAGEM

Os municípios a serem considerados no estudo foram definidos com base em um sistema de amostragem probabilística simples, selecionados aleatoriamente de forma a obter uma abrangente distribuição espacial do estudo.

Esse método é bastante preciso e eficaz, pois apresenta todos os elementos do universo amostral com a mesma probabilidade de serem escolhidos para fazer parte da amostra. O processo seleciona uma amostra “n” a partir de um universo amostral “N”. Normalmente, a seleção é realizada sem reposição e cada amostra é feita unidade a unidade até que se atinja o número pré-determinado (VALGAS, 2007).

Para o número de amostras, considerou-se a amostragem aleatória simples, com N = 144 municípios no universo amostral, conforme Tabela 2.

**Tabela 2** - Municípios do Pará classificados como Setor 8 (IBGE, 2010).

ID	Município	ID	Município	ID	Município
1	ABAETETUBA	50	GARRAFÃO DO NORTE	99	PRIMAVERA
2	ABEL FIGUEIREDO	51	GOIANÉSIA DO PARÁ	100	QUATIPURU
3	ACARÁ	52	GURUPÁ	101	REDENÇÃO
4	AFUÁ	53	IGARAPÉ-AÇU	102	RIO MARIA
5	ÁGUA AZUL DO NORTE	54	IGARAPÉ-MIRI	103	RONDON DO PARÁ
6	ALENQUER	55	INHANGAPI	104	RURÓPOLIS
7	ALMEIRIM	56	IPIXUNA DO PARÁ	105	SALINÓPOLIS
8	ALTAMIRA	57	IRITUIA	106	SALVATERRA
9	ANAJÁS	58	ITAITUBA	107	SANTA BÁRBARA DO PARÁ
10	ANANINDEUA	59	ITUPIRANGA	108	SANTA CRUZ DO ARARI
11	ANAPU	60	ITUPIRANGA	109	SANTA ISABEL DO PARÁ
12	AUGUSTO CORRÊA	61	JACAREACANGA	110	SANTA LUZIA DO PARÁ
13	AURORA DO PARÁ	62	JACUNDÁ	111	SANTA MARIA DAS BARREIRAS
14	AVEIRO	63	JURUTI	112	SANTA MARIA DO PARÁ
15	BAGRE	64	LIMOEIRO DO AJURU	113	SANTANA DO ARAGUAIA
16	BAIÃO	65	MÃE DO RIO	114	SANTARÉM
17	BANNACH	66	MAGALHÃES BARATA	115	SANTARÉM NOVO
18	BARCARENA	67	MARABÁ	116	SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ
19	BELÉM	68	MARACANÃ	117	SÃO CAETANO DE ODIVELAS
20	BELTERRA	69	MARAPANIM	118	SÃO DOMINGOS DO ARAGUAIA

21	BENEVIDES	70	MARITUBA	119	SÃO DOMINGOS DO CAPIM
22	BOM JESUS DO TOCANTINS	71	MEDICILÂNDIA	120	SÃO FÉLIX DO XINGU
23	BONITO	72	MELGAÇO	121	SÃO FRANCISCO DO PARÁ
24	BRAGANÇA	73	MOCAJUBA	122	SÃO GERALDO DO ARAGUAIA
25	BRASIL NOVO	74	MOJU	123	SÃO JOÃO DA PONTA
26	BREJO GRANDE DO ARAGUAIA	75	MONTE ALEGRE	124	SÃO JOÃO DE PIRABAS
27	BREU BRANCO	76	MUANÁ	125	SÃO JOÃO DO ARAGUAIA
28	BREVES	77	NOVA ESPERANÇA DO PIRIÁ	126	SÃO MIGUEL DO GUAMÁ
29	BUJARU	78	NOVA IPIXUNA	127	SÃO SEBASTIÃO DA BOA VISTA
30	CACHOEIRA DO PIRIÁ	79	NOVA TIMBOTEUA	128	SAPUCAIA
31	CACHOEIRA DO ARARI	80	NOVO PROGRESSO	129	SENADOR JOSÉ PORFÍRIO
32	CAMETÁ	81	NOVO REPARTIMENTO	130	SOURE
33	CANAÃ DOS CARAJÁS	82	ÓBIDOS	131	TAILÂNDIA
34	CAPANEMA	83	OEIRAS DO PARÁ	132	TERRA ALTA
35	CAPITÃO POÇO	84	ORIXIMINÁ	133	TERRA SANTA
36	CASTANHAL	85	OURÉM	134	TOMÉ-AÇU
37	CHAVES	86	OURILÂNDIA DO NORTE	135	TRACUATEUA
38	COLARES	87	PACAJÁ	136	TRAIRÃO
39	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA	88	PALESTINA DO PARÁ	137	TUCUMÃ
40	CONCÓRDIA DO PARÁ	89	PARAGOMINAS	138	TUCURUÍ
41	CUMARU DO NORTE	90	PARAUAPEBAS	139	ULIANÓPOLIS
42	CURIONÓPOLIS	91	PAU D'ARCO	140	URUARÁ
43	CURRALINHO	92	PEIXE-BOI	141	VIGIA
44	CURUÁ	93	PIÇARRA	142	WISEU
45	CURUÇÁ	94	PLACAS	143	VITÓRIA DO XINGU
46	DOM ELISEU	95	PONTA DE PEDRAS	144	XINGUARA
47	ELDORADO DOS CARAJÁS	96	PORTEL		
48	FARO	97	PORTO DE MOZ		
49	FLORESTA DO ARAGUAIA	98	PRAINHA		

Fonte: Autora, 2021.

O cálculo do tamanho da amostra  $n$  foi feito conforme apresentado por Barbetta (2002). Inicialmente, determinou-se a primeira aproximação do tamanho da amostra  $n_o$  através da Equação 1.

$$n_o = \frac{1}{E_o^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

$n_o$  = primeira aproximação do tamanho da amostra;

$E_o$  = erro amostral tolerável;

Para esse cálculo, considerou-se 95% de confiança com erro amostral tolerável  $E$  de 5% (0,05). Assim, obteve-se:

$$n_o = \frac{1}{0,05^2}$$

$$n_o = 400$$

Posteriormente, aplicou-se a Equação 2 para a determinação do tamanho da amostra.

$$n = \frac{N \times n_o}{N + n_o} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde,

$n$  = tamanho da amostra;

$n_o$  = primeira aproximação do tamanho da amostra;

$N$  = tamanho da população ou universo amostral (144 municípios);

Dessa forma, obteve-se:

$$n = \frac{144 \times 400}{144 + 400}$$

$$n \cong 106 \text{ municípios}$$

Para selecionar os 106 municípios, utilizou-se o método da Tabela de Números Aleatórios, conforme Tabela 3, gerada no *Excel*, onde se fez a seleção aleatória de 5 colunas alternadas e 6 células para satisfazer o número da amostra.

**Tabela 3** - Tabela de Números Aleatórios.

128	126	114	54	33	54	34	99	122	50	88
81	46	86	110	118	83	63	97	106	58	99
58	6	92	4	85	68	120	68	94	112	96
36	118	84	64	119	117	26	96	3	104	125
124	69	114	47	81	19	47	120	73	42	118
11	57	115	84	18	93	17	21	33	142	108
9	14	21	77	9	57	37	110	13	96	119
59	128	76	124	93	135	42	7	48	72	70
6	29	46	84	18	72	63	67	10	57	119
50	77	17	24	56	31	113	138	56	135	111
64	142	70	102	97	130	31	90	78	91	39
104	32	80	94	34	13	64	105	52	144	127
122	106	59	45	65	78	121	141	62	69	35
106	16	113	48	135	68	7	48	1	100	85
71	38	128	86	109	20	94	93	41	35	18
62	91	113	68	73	26	138	143	125	2	75
2	51	45	129	42	8	83	101	134	9	80
107	5	40	84	144	105	23	58	13	64	95
123	110	116	115	132	109	58	29	8	136	60
36	78	91	57	32	45	121	96	18	23	142

Fonte: Autora, 2021.

Na seleção, 27 números correspondentes à ordem dos municípios se repetiram. Dessa forma, para a pesquisa considerou-se o total de 79 municípios. Para tais municípios, as características populacionais e de território estão descritas no Apêndice I.

Tais municípios e distritos foram divididos nas mesorregiões do Estado do Pará conforme determinado pelo IBGE e apresentado na Tabela 4, congregando características similares, como geográficas e socioeconômicas.

**Tabela 4** - Municípios do Pará selecionados pela amostragem e divididos por mesorregião.

<b>Baixo Amazonas</b>	<b>Marajó</b>	<b>Metropolitana de Belém</b>	<b>Nordeste Paraense</b>	<b>Sudoeste paraense</b>	<b>Sudeste paraense</b>
Alenquer, Almerim, Belterra, Faro, Oriximiná, Placas, Porto de Moz	Afuá, Anajás, Cachoeira do Arari, Melgaço, Portel, Salvaterra, Soure	Belém, Benevides, Bujaru, Santa Isabel do Pará	Aurora do Pará, Baião, Bonito, Bragança, Cametá, Capitão Poço, Colares, Curuçá, Garrafão do Norte, Igarapé-Miri, Irituia, Limoeiro do Ajuru, Maracanã, Marapanim, Nova Esperança do Piriá, Oeiras do Pará, Primavera, Quatipuru, Salinópolis, Santa Luzia do Pará, Santa Maria do Pará, Santarém Novo, São Caetano de Odivelas, São Francisco do Pará, Tracateua, Vigia, Viseu	Altamira, Aveiro, Itaituba, Rurópolis, Senador José Porfírio, Trairão, Vitória do Xingu	Abel Figueiredo, Água Azul do Norte, Brejo Grande do Araguaia, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Dom Eliseu, Goianésia do Pará, Marabá, Nova Ipixuna, Ourilândia do Norte, Parauapebas, Paul d'arco, Piçarra, Redenção, Rio Maria, São Domingos do Araguaia, São Félix do Xingu, São Geraldo do Araguaia, Sapucaia, Tucumã

Fonte: Autora, 2021.

Dentro do território dos 79 municípios selecionados, 133 distritos são classificados, segundo o Censo Demográfico 2010, como código 8. As características populacionais e de formas de abastecimento de água relacionadas aos distritos são apresentadas no Apêndice II.

#### 4.3. MECANISMOS DE OBTENÇÃO E LEVANTAMENTO DE DADOS

Sendo uma pesquisa de caráter qualitativo, realizou-se a coleta de informações através de pesquisa bibliográfica e da obtenção de dados secundários disponibilizados em portais

governamentais, bem como consulta em sites, portais de notícias e textos disponibilizados pelas redes na internet.

Para as informações quanto aos tipos de abastecimento de água nos municípios e distritos, consultou-se o Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e os dados do Censo Demográfico 2010. Para melhor compreensão dos dados coletados, realizou-se um tratamento estatístico, apontando a discussão para os valores de destaques (maior e menor abrangência).

Para pontuação das formas alternativas de abastecimento de água, a pesquisa foi realizada via internet em portais de notícias, redes de comunicação com a população para relatos e contato com prestadores de serviços.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

#### 5.1.1. Baixo Amazonas

Para a Mesorregião do Baixo Amazonas, a Tabela 5 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água nos 7 municípios selecionados para os domicílios particulares permanentes ocupados, considerando a população residente.

**Tabela 5** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios do Baixo Amazonas.

Município	Pop. residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNP	PNFP	RALI	PNA	PNFA	Outra
<b>Alenquer</b>	33.492	12.106	3.955	5.626	1.584	829	0	0	112
<b>Almeirim</b>	33.432	7.862	5.496	678	232	1.325	0	0	131
<b>Belterra</b>	16.249	3.987	2.190	549	496	166	0	0	586
<b>Faro</b>	50.878	1.710	1.276	29	109	256	0	0	40
<b>Oriximiná</b>	62.655	13.673	6.924	546	2.961	2.487	69	19	667
<b>Placas</b>	23.447	5.564	340	3.915	912	317	1	0	79
<b>Porto de moz</b>	33.463	6.060	3.044	630	189	2.142	0	0	55
<b>Total</b>	253.616	50962	23225	11973	6483	7522	70	19	1670
<b>Média</b>	36.231	7280	3318	1710	926	1075	10	3	239

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;

RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;

PNA = Poço ou nascente na aldeia;

PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;

Fonte: Autora, 2021.

Na mesorregião do Baixo Amazonas, a média dos domicílios particulares permanentes ocupados resultou em 7.280 domicílios, com 36.231 residentes em média nesses espaços. Dos municípios, Oriximiná apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, totalizando 13.673 domicílios (26,83%) e também a maior população residente, com 62.655 habitantes, 24,70% em relação ao total, enquanto Faro apresentou o menor valor total igual a 1710 domicílios particulares permanentes ocupados (3,36%), que acomoda 50.878 habitantes, sendo 20,06% em relação ao total da população residente.

Das formas de abastecimento de água nos municípios, a rede geral se destacou como característica da região, sendo adotada em média por 45,57% ou 3.318 domicílios particulares permanentes. O município de Oriximiná apresentou 6.924 domicílios conectadas à rede geral, 29,81% em relação ao total de domicílios particulares permanentes ocupados e com esse

sistema de abastecimento, seguido de Almeirim com 5.496 domicílios particulares permanentes (23,66%). O município de Placas apresentou apenas 1,46% dos domicílios com essa forma de abastecimento, totalizando 340 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade apresentou-se como a segunda configuração predominante na região, com uma média de 1.710 (23,49%) domicílios particulares permanentes ocupados. Nesse perfil, o município de Alenquer apresentou o maior número de domicílios, com 5.626 (46,99%) domicílios particulares permanentes, e Faro o menor número, com apenas 0,24% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 29 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade resultou em 926 domicílios particulares permanentes, ou 12,72% em relação à média total. Os municípios de Oriximiná e Faro apresentaram, respectivamente, o maior e menor número de domicílios particulares permanentes com essas características, iguais a 2.961 e 109 domicílios ou 45,67% e 1,68% em relação ao total.

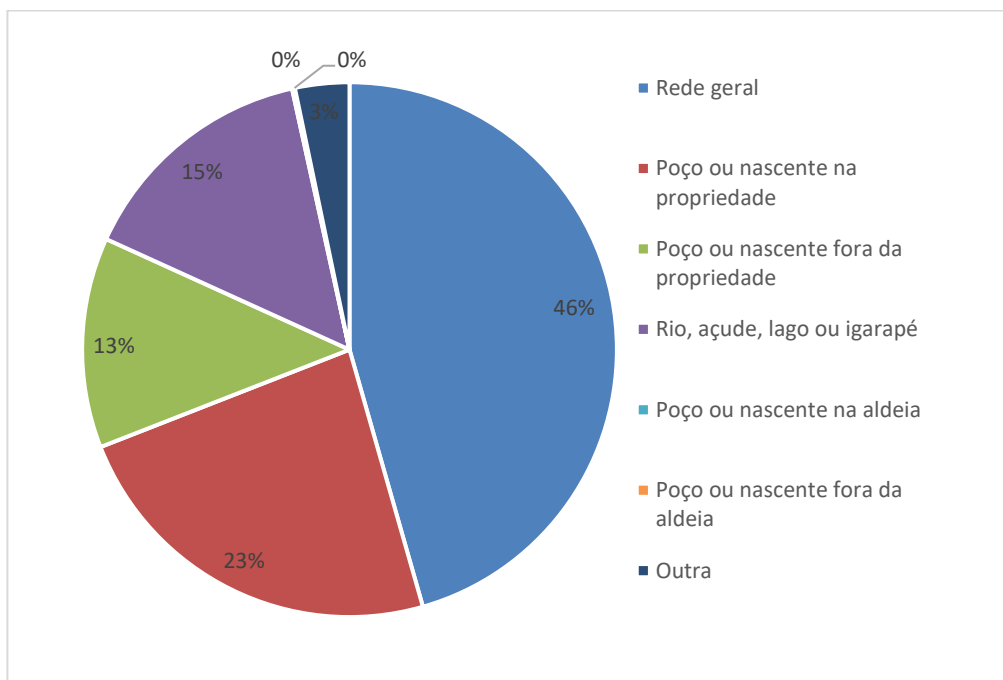
O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento apresentou predominância de 14,67% em relação à média total dos tipos de abastecimento, sendo em números 1.075 domicílios particulares permanentes. Oriximiná também apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 33,06% ou 2.487 domicílios particulares permanentes, e Belterra a menor, com 2,21% ou 166 domicílios particulares permanentes ocupados.

O abastecimento por poço ou nascente na aldeia compõe 0,14% das formas de abastecimento da região do Baixo Amazonas em relação à média total. Oriximiná compõe 98,57% dessa composição na região, com 69 dos domicílios, com o município de Placas apresentando apenas um domicílio com essa configuração.

O abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia configura 0,04% do abastecimento da região, sendo apenas Oriximiná o município com esse tipo de abastecimento, totalizando 19 domicílios particulares permanentes ocupados. Por fim, outras formas de abastecimento totalizam em 3,29%, com Oriximiná apresentando 39,94% ou 667 domicílios permanentes particulares ocupados e Porto de Moz 3,39%, com 55 domicílios.

Na Figura 13, pode-se visualizar a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios do Marajó, considerando a média dos domicílios permanentes particulares ocupados.

**Figura 13** - Média aritmética das formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes dos distritos dos municípios de Baixo Amazonas.



Fonte: Autora, 2021.

Conforme apresentado nos dados anteriormente, a figura expressa a predominância do abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados através de ligações com a rede geral em 46% dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da região, tendo o abastecimento por poço ou nascente na propriedade como a segunda forma característica do local, com 23%.

Na Tabela 6 pode-se observar os dados estatísticos relativos ao total de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 6** - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Baixo Amazonas.

Variáveis estatísticas	Formas de abastecimento
<b>Média</b>	7.280
<b>Mediana</b>	6.483
<b>Desvio padrão</b>	8.298
<b>Coefficiente de variação</b>	87,74%
<b>Mínimo</b>	19
<b>Máximo</b>	23.225
<b>Amplitude</b>	23.206

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão e o coeficiente de variação, iguais a 8.298 domicílios particulares permanentes ocupados e 87,74%, respectivamente, apontam para uma amostra bem distribuída e com alto grau de variabilidade em torno da média de 7.280 domicílios particulares permanentes. A amplitude de 23.206 domicílios particulares permanentes também indica para essa caracterização. De maneira geral, as formas de abastecimento da Mesorregião do Baixo Amazonas se apresentaram com uma amostra pouco homogênea.

### 5.1.2. Marajó

Na Mesorregião do Marajó, 7 municípios foram selecionados. A Tabela 7 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água nos 7 municípios, expressando a quantidade de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 7** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios do Marajó.

Município	Pop. Residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNP	PNFP	RALI	PN A	PNF A	Outros
<b>Afuá</b>	34.920	6.754	1.754	40	27	4.793	0	0	140
<b>Anajás</b>	24.675	4.853	365	657	1.007	2.806	0	0	18
<b>Cachoeira do Arari</b>	20.349	4.537	1.358	2.120	761	212	0	0	86
<b>Melgaço</b>	24.745	4.049	449	439	312	2.827	0	0	22
<b>Portel</b>	51.760	9.606	2.052	3.953	304	3.255	0	0	42
<b>Salvaterra</b>	20.068	5.070	4.029	848	140	5	0	0	48
<b>Soure</b>	22.914	5.538	4.199	774	250	35	0	0	280
<b>TOTAL</b>	199.431	40.407	14.206	8.831	2.801	13.933	0	0	636
<b>MÉDIA</b>	28.490	5.772	2.029	1.262	400	1.990	0	0	91

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;

RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;

PNA = Poço ou nascente na aldeia;

PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;

Fonte: Autora, 2021.

No Marajó, a média dos domicílios particulares permanentes ocupados foi registrada em 5.777 domicílios, com uma média de 28.490 residentes nesses espaços. Dos municípios, Portel apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, com 9.606 domicílios (23,77%) e também a maior população residente, com 51.760 habitantes, 25,95% em relação ao total, enquanto Melgaço apresentou o menor valor total igual a 4049 domicílios

particulares permanentes ocupados (10,02%), que acomoda 24.745 habitantes, sendo 12,41% em relação ao total da população residente.

A rede geral se destacou como o tipo de abastecimento característico da região, sendo adotada em média por 35,16% ou 2.029 domicílios particulares permanentes ocupados. O município de Soure apresentou 4.199 domicílios conectados à rede geral, 29,56% em relação ao total de domicílios particulares permanentes ocupados, seguido por Salvaterra com 4.029 domicílios particulares permanentes (28,36%). O município de Anajás apresentou a menor expressão, com 365 domicílios ou 2,57% de domicílios com essa forma de abastecimento.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade apresentou-se como a terceira configuração predominante na região, com uma média de 1.262 domicílios particulares permanentes ocupados (21,86%). Portel apresentou o maior número de domicílios com esse sistema, com 3.953 (44,76%) domicílios particulares permanentes, e Afuá o menor número, com 0,45% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 40 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade foi expresso em média em 400 domicílios particulares permanentes, ou 6,93% em relação ao total. Os municípios de Anajás e Afuá apresentaram, respectivamente, o maior e menor número de domicílios particulares permanentes com essas características, iguais a 1.007 e 27 domicílios ou 35,95% e 0,96% em relação ao total de domicílios com esse sistema de abastecimento.

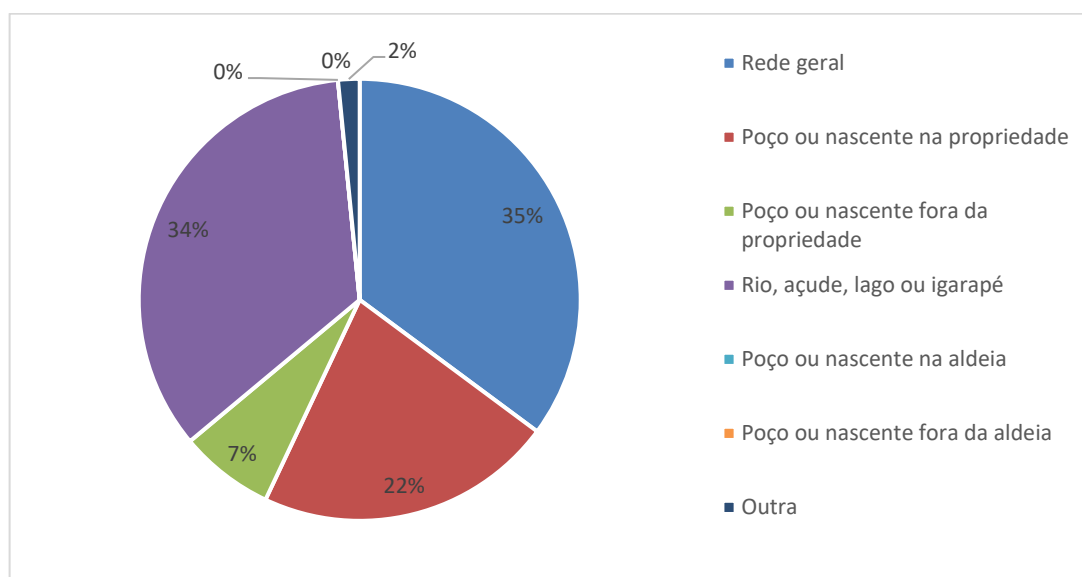
O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento apresentou predominância de 34,48% em relação à média total dos tipos de abastecimento, se configurando como a segunda forma de abastecimento mais característica da região, tendo um número médio de 1.990 domicílios particulares permanentes. Afuá apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 34,40% ou 4793 domicílios particulares permanentes, e Salvaterra a menor, com 0,04% ou 5 domicílios particulares permanentes ocupados.

O abastecimento por poço ou nascente na aldeia e abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia não apresentou nenhum registro em domicílios particulares permanentes ocupados na região do Marajó.

Quanto às outras formas de abastecimento totalizam em 1,57% em relação a todos os tipos de sistemas, com Soure apresentando 44,03% ou 280 domicílios permanentes particulares ocupados e Anajás o menor número com 2,83% e 18 domicílios.

Na Figura 14, pode-se visualizar a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios do Marajó.

**Figura 14** - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos do Marajó.



Fonte: Autora, 2021.

A Figura 14 expressa a predominância do abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados através de rede geral, com 35% nos distritos dos municípios da Mesorregião do Marajó, sendo seguido pelo abastecimento por rio, açude, lago ou igarapé. Na Tabela 8 pode-se observar os dados estatísticos relativos às formas de abastecimento de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 8** - Variáveis estatísticas relativas dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Marajó.

Variáveis estatísticas	Formas de abastecimento
<b>Média</b>	5.772
<b>Mediana</b>	2.801
<b>Variância</b>	41.488.177
<b>Desvio padrão</b>	6.441
<b>Coefficiente de variação</b>	89,62%
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	14.206
<b>Amplitude</b>	14.206

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão e o coeficiente de variação, iguais a 6.441 domicílios particulares permanentes ocupados e 89,92%, respectivamente, expressam uma amostra bem distribuída e com alto grau de variabilidade em torno da média de 5.772 domicílios particulares permanentes.

A amplitude de 14.206 domicílios particulares permanentes também indica para essa caracterização. De maneira geral, as formas de abastecimento da Mesorregião do Marajó se apresentaram com uma amostra pouco homogênea.

### 5.1.3. Metropolitana de Belém

Na Mesorregião Metropolitana de Belém, 4 municípios foram selecionados considerando os distritos caracterizados com o código 8. A Tabela 9 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água, expressando a quantidade de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 9** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém.

Município	Pop. residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNP	PNFP	RALI	PNA	PNFA	Outra
<b>Belém</b>	1.391.636	368.877	278.477	75.971	12.369	434	0	0	1.626
<b>Benevides</b>	51.400	13.665	9.516	3.330	731	22	0	0	66
<b>Bujaru</b>	25.629	5.855	2.317	1.979	856	632	0	0	71
<b>Santa Isabel do Pará</b>	56.537	15.251	9.940	4.025	974	107	0	0	205
<b>TOTAL</b>	1.525.202	403.648	300.250	85.305	14.930	1.195	0	0	1.968
<b>MÉDIA</b>	381.301	100.912	75.063	21.326	3.733	299	0	0	492

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;

RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;

PNA = Poço ou nascente na aldeia;

PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;

Fonte: Autora, 2021.

Para a Metropolitana de Belém, a média dos domicílios particulares permanentes ocupados foi calculada em 100.912 domicílios, com uma média de 381301 residentes nesses espaços. Dos municípios, Belém apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, com 368.877 domicílios (91,39%) e também a maior população residente, com 1.391.636 habitantes, 91,24% em relação ao total, enquanto Bujaru apresentou o menor valor total igual a 4049 domicílios particulares permanentes ocupados (1,45%), que acomoda 51400 habitantes, sendo 1,68% em relação ao total da população residente.

A rede geral apresentou a maior média de domicílios particulares permanentes ocupados, igual a 75.063 domicílios ou 74,38% em relação ao total de domicílios. Nessa

configuração, o município de Belém registrou 92,75% da rede geral da região, sendo igual a 278.477 domicílios particulares permanentes. Bujaru apresentou o menor valor, sendo apenas 0,77% dessa forma de abastecimento, ou 2.317 domicílios.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade é a segunda forma de abastecimento predominante na região, com uma média de 21.326 domicílios particulares permanentes ocupados (21,13%). Belém apresentou o maior número de domicílios com esse sistema, com 75.971 domicílios particulares permanentes (89,06%), e Bujaru o menor número, com 2,32% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 1.979 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade está presente em média em 3.733 domicílios particulares permanentes, ou 3,70% em relação ao total. Os municípios de Belém e Benevides apresentaram, respectivamente, o maior e menor número de domicílios particulares permanentes com essas características, iguais a 12.369 e 731 domicílios ou 82,85% e 4,90% em relação ao total de domicílios com esse sistema de abastecimento.

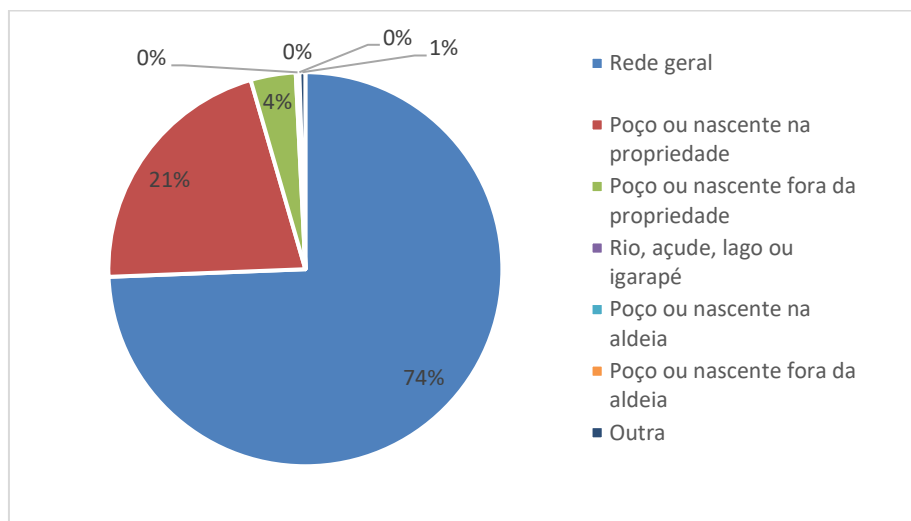
O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento é utilizado por apenas 0,30% dos domicílios da região ou 299 domicílios particulares permanentes. Bujaru apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 52,89% ou 632 domicílios particulares permanentes, e Benevides a menor, com 1,84% ou 22 domicílios particulares permanentes ocupados.

O abastecimento por poço ou nascente na aldeia e abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia não apresentou nenhum registro em domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém.

Sobre outras formas de abastecimento, registrou-se em média 492 domicílios com essa configuração, sendo 0,49% em relação a todos os tipos de sistemas, com Belém apresentando 1.626 domicílios particulares permanentes ocupados ou 82,62% em relação aos outros municípios, e Benevides o menor número com 3,35% e 66 domicílios.

Na Figura 15, pode-se visualizar a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião da Metropolitana de Belém, considerando a média dos domicílios particulares permanentes ocupados em relação ao total.

**Figura 15** - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios da Metropolitana de Belém.



Fonte: Autora, 2021.

Nota-se que a forma de abastecimento predominante na Mesorregião da Metropolitana de Belém, considerando os distritos caracterizados com o código 8, é por rede geral, com 74% em relação às outras formas, e poço ou nascente na propriedade com 21%. Na Tabela 10, pode-se observar os dados estatísticos relativos às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 10** - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião da Metropolitana de Belém.

Variáveis estatísticas	Formas de abastecimento
<b>Média</b>	57.664
<b>Mediana</b>	1.968
<b>Variância</b>	12.396.542.200
<b>Desvio padrão</b>	111.340
<b>Coefficiente de variação</b>	51,79%
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	300.250
<b>Amplitude</b>	300.250

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão de 111.340 domicílios e o coeficiente de variação de 51,79% expressam uma amostra bem distribuída e com alto grau de variabilidade em torno da média de 57.664 domicílios particulares permanentes ocupados. A amplitude de 300.250 domicílios particulares permanentes também indica que as formas de abastecimento da Mesorregião da Metropolitana de Belém se apresentaram com uma amostra pouco homogênea.

### 5.1.4. Nordeste Paraense

No Nordeste Paraense, 28 municípios foram selecionados considerando os distritos caracterizados com o código 8. A Tabela 11 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água, expressando a quantidade de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 11** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Nordeste Paraense.

Município	Pop. residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNP	PNFP	RALI	PNA	PN FA	Outra
<b>Aurora do Pará</b>	26.507	5.839	3.311	1.575	415	490	0	0	48
<b>Baião</b>	36.759	8.007	5.040	1.378	691	819	0	0	79
<b>Bonito</b>	13.595	3.322	2.127	820	174	173	0	0	28
<b>Bragança</b>	112.902	26.222	9.843	9.532	6.157	468	0	0	222
<b>Cametá</b>	120.812	23.623	11.844	2.879	1.154	7.439	0	0	307
<b>Capitão Poço</b>	51.685	12.955	7.818	3.425	1.199	366	0	0	147
<b>Colares</b>	11.331	2.787	2.161	308	263	15	0	0	40
<b>Curuçá</b>	34.247	8.503	7.370	495	195	156	0	0	287
<b>Garrafão do Norte</b>	24.945	5.801	1.499	3.171	892	217	0	0	22
<b>Igarapé-Miri</b>	57.834	12.001	1.925	3.798	1.327	4.746	0	0	205
<b>Irituia</b>	31.324	7.487	4.449	1.734	817	398	0	0	89
<b>Limoeiro do Ajuru</b>	25.018	4.888	1.140	69	12	3.524	0	0	143
<b>Maracanã</b>	28.234	6.788	4.316	1.132	852	382	0	0	106
<b>Marapanim</b>	26.516	6.701	4.519	1.418	591	128	0	0	45
<b>Nova Esperança do Piriá</b>	20.099	4.674	219	3.602	766	76	1	0	10
<b>Oeiras do Pará</b>	28.593	5.469	2.431	1.285	141	1.573	0	0	39
<b>Primavera</b>	10.252	2.644	1.830	612	116	37	0	0	49
<b>Quatipuru</b>	12.377	3.055	1.001	1.402	640	1	0	0	11
<b>Salinópolis</b>	36.916	9.078	5.894	2.413	688	32	0	0	51
<b>Santa Luzia do Pará</b>	19.335	4.645	628	3.305	496	92	102	0	22
<b>Santa Maria do Pará</b>	22.970	6.341	4.829	861	346	237	0	0	68
<b>Santarém Novo</b>	6.131	1.547	1.125	200	132	73	0	0	17
<b>São Caetano de Odivelas</b>	16.838	4.239	3.002	823	240	95	0	0	79
<b>São Francisco do Pará</b>	15.008	3.935	2.406	1.028	274	155	0	0	72
<b>São Miguel do Guamá</b>	51.421	12.641	4.508	4.866	2.342	833	0	0	92
<b>Tracuateua</b>	27.384	6.482	1.683	3.109	1.475	116	0	0	99
<b>Vigia</b>	47.835	11.797	5.106	5.560	821	78	0	0	232
<b>Viseu</b>	56.571	12.358	4.296	5.312	2.307	308	0	0	135
<b>TOTAL</b>	973.439	223.829	106.320	66.112	25.523	23.027	103	0	2.744
<b>MÉDIA</b>	34.766	7.994	3.797	2.361	912	822	4	0	98

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;  
RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;  
PNA = Poço ou nascente na aldeia;  
PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;  
Fonte: Autora, 2021.

A média dos domicílios particulares permanentes ocupados no Nordeste Paraense foi de 7994 domicílios, com uma média de 34.766 residentes nesses espaços. O município de Bragança apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, com 26.222 domicílios (11,72%) e também uma população residente de 112.902 habitantes, 11,60% em relação ao total, enquanto Santarém Novo apresentou o menor valor total igual a 1547 domicílios particulares permanentes ocupados (0,69%), que acomoda 6.131 habitantes, sendo 0,69% em relação ao total da população residente.

A rede geral apresentou a maior média de domicílios particulares permanentes ocupados, igual a 3.797 domicílios ou 47,50% em relação ao total de domicílios. Nessa configuração, o município de Cametá registrou 11,14% da rede geral da região, sendo igual a 11.844 domicílios particulares permanentes. Nova Esperança do Piriá apresentou o menor valor, sendo 0,21% dessa forma de abastecimento, ou 219 domicílios.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade é a segunda forma de abastecimento predominante na região, com uma média de 2.361 domicílios particulares permanentes ocupados (29,54%). Bragança foi o município que apresentou o maior número de domicílios com esse sistema, com 9.532 domicílios particulares permanentes (14,42%), e Limoeiro do Ajuru o menor número, com 0,10% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 69 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade está presente em média em 912 domicílios particulares permanentes, ou 11,40% em relação ao total. O município de Bragança apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes com essas características, igual a 6.157 ou 24,12% em relação ao total de domicílios com esse sistema de abastecimento. O município de Limoeiro do Ajuru apresentou o menor valor, representando apenas 0,05% do sistema local, correspondendo a 12 domicílios.

O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento é utilizado por 10,29% dos domicílios da região, sendo 822 domicílios particulares permanentes. Cametá apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 32,31% ou 7.439 domicílios particulares permanentes. Colares registrou 0,07% dos domicílios com esse tipo de sistema de abastecimento, totalizando 15 domicílios e Quatipuru apontou 0,00% com 1 domicílio.

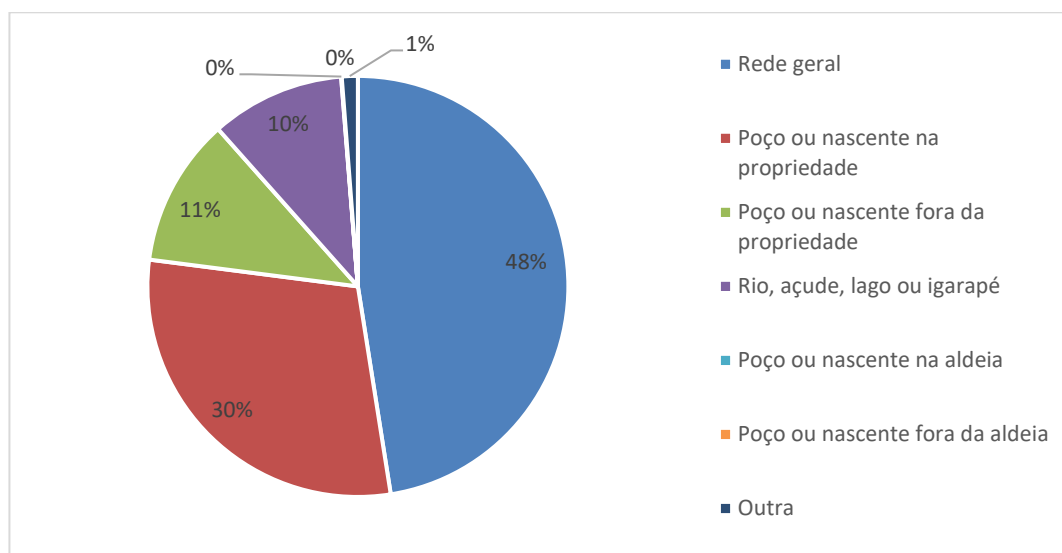
O abastecimento por poço ou nascente na aldeia foi registrado com 0,05% em relação ao total dos sistemas de abastecimento, com apenas dois municípios com essa configuração: Santa Luzia do Pará com 99,03% e 122 domicílios e Nova Esperança do Piriá com 1 domicílio, representando apenas 0,97%.

O abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia não apresentou nenhum dado de domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Nordeste Paraense.

Em outras formas de abastecimento, registrou-se em média 98 domicílios com essa configuração, sendo 1,23% em relação a todos os tipos de sistemas, com Cametá apresentando 307 domicílios permanentes particulares ocupados ou 11,19% em relação aos outros municípios, e Nova Esperança do Piriá o menor número com 0,23% e 10 domicílios.

Na Figura 16 pode-se visualizar a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Nordeste Paraense, considerando a média dos domicílios permanentes particulares ocupados em relação ao total.

**Figura 16** - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Nordeste Paraense.



Fonte: Autora, 2021.

Assim, percebe-se que o tipo de abastecimento predominante na Mesorregião do Nordeste Paraense, considerando os distritos caracterizados com o código 8, é por rede geral, com 48% em relação às outras formas, e poço ou nascente na propriedade com 30%. Na Tabela

12, pode-se observar os dados estatísticos relativos ao total de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 12** - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Nordeste Paraense.

<b>Variáveis estatísticas</b>	<b>Formas de abastecimento</b>
<b>Média</b>	31.976
<b>Mediana</b>	23.027
<b>Variância</b>	1.617.814.195
<b>Desvio padrão</b>	40.222
<b>Coefficiente de variação</b>	70,50%
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	106.320
<b>Amplitude</b>	106.320

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão de 40.222 domicílios e o coeficiente de variação de 70,50% expressam uma amostra bem distribuída e com alto grau de variabilidade em torno da média de 31.976 domicílios particulares permanentes ocupados. A amplitude de 106.320 domicílios particulares permanentes também indica que as formas de abastecimento da Mesorregião do Nordeste Paraense se apresentaram com uma amostra pouco homogênea.

### **5.1.5. Sudeste Paraense**

Na Mesorregião do Sudeste Paraense, foram selecionados 20 municípios pela amostragem com os distritos caracterizados com o código 8. A Tabela 13 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água, expressando a quantidade de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 13** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Sudeste Paraense.

Município	Pop. residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNP	PNFP	RALI	PNA	PNFA	Outra
Abel Figueiredo	6.741	1.868	1.515	199	47	79	0	0	28
Água Azul do Norte	24.797	5.812	861	4.624	241	73	0	0	13
Brejo Grande do Araguaia	7.284	1.913	1.294	495	46	63	0	0	15
Canaã dos Carajás	26.593	7.452	2.295	4.776	357	3	0	0	21
Curionópolis	18.260	5.228	1.939	1.717	1.493	41	0	0	38
Dom Eliseu	34.247	13.001	10.067	816	660	600	0	0	858
Goianésia do Pará	30.350	7.840	709	5.988	741	340	0	0	62
Marabá	232.202	60.457	23.401	31.727	4.412	469	0	0	448
Nova Ipixuna	14.589	3.778	170	3.139	286	182	0	0	1
Ourilândia Do Norte	27.164	7.079	5.196	1.407	155	103	8	0	210
Parauapebas	153.635	42.726	31.225	8.757	1.253	86	0	0	1.405
Pau D'arco	6.007	1.646	407	755	463	9	0	0	12
Piçarra	12.627	3.495	226	2.774	333	138	0	0	24
Redenção	73.823	19.881	4.519	13.424	1.598	52	0	0	288
Rio Maria	17.659	5.155	1.092	3.610	334	57	0	0	62
São Domingos do Araguaia	23.100	6.003	3.914	1.732	249	61	0	0	47
São Félix do Xingu	90.531	22.357	1.413	18.486	1.418	620	185	0	235
São Geraldo do Araguaia	25.455	6.827	3.368	2.649	606	108	57	0	39
Sapucaia	5.008	1.403	1.048	242	104	2	0	0	7
Tucumã	33.583	9.450	3.962	4.551	565	33	0	0	339
<b>TOTAL</b>	<b>863.655</b>	<b>233.371</b>	<b>98.621</b>	<b>111.868</b>	<b>15.361</b>	<b>3.119</b>	<b>250</b>	<b>0</b>	<b>4.152</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>43.183</b>	<b>11.669</b>	<b>4.931</b>	<b>5.593</b>	<b>768</b>	<b>156</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>208</b>

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;

RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;

PNA = Poço ou nascente na aldeia;

PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;

Fonte: Autora, 2021.

A média dos domicílios particulares permanentes ocupados no Sudeste Paraense foi calculada em 11.669 domicílios, com uma média de 43.183 residentes nesses espaços. Na região, Marabá apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, com 60.457 domicílios (25,91%) e também uma população residente de 232.202 habitantes, 26,89% em relação ao total, enquanto Sapucaia apresentou o menor valor total igual a 1.043 domicílios particulares permanentes ocupados (0,60%), que acomoda 5.008 habitantes, sendo 0,58% em relação ao total da população residente.

A rede geral apresentou a segunda média de domicílios particulares permanentes ocupados, igual a 4.931 domicílios ou 42,26% em relação ao total de domicílios. O município

de Parauebas registrou 31,66% da rede geral da região, sendo igual a 31.225 domicílios particulares permanentes. O menor valor de domicílios com essa forma de abastecimento foi calculado para Piçarra, com 226 domicílios.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade é forma de abastecimento predominante na região, compondo 47,95% do sistema dos domicílios particulares permanentes ocupados, sendo em média 5.593 domicílios. Marabá foi o município que apresentou o maior número de domicílios com esse sistema, com 31.727 domicílios particulares permanentes, correspondendo a 28,36%, e Abel Figueiredo o menor número, com 0,18% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 199 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade está presente em média em 768 domicílios particulares permanentes, ou 6,58% em relação ao total. O município de Marabá apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes com essas características, igual a 4.412 ou 28,72% em relação ao total de domicílios com esse sistema de abastecimento. Brejo Grande do Araguaia apresentou o menor valor, representando 0,30% do sistema local, correspondendo a 46 domicílios.

O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento ocorrem em 1,34% dos domicílios da região, sendo em média 156 de domicílios particulares permanentes. São Félix do Xingu apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 19,88% ou 620 domicílios particulares permanentes. Sapucaia registrou 0,06% dos domicílios com esse tipo de sistema de abastecimento, totalizando 2 domicílios.

O abastecimento por poço ou nascente na aldeia foi registrado com 0,11% em relação ao total dos sistemas de abastecimento, com apenas três municípios com essa configuração: São Félix do Xingu com 74,00% e 185 domicílios, São Geraldo do Araguaia com 22,80% e 57 domicílios e Ourilândia do Norte com 3,20% e 8 domicílios.

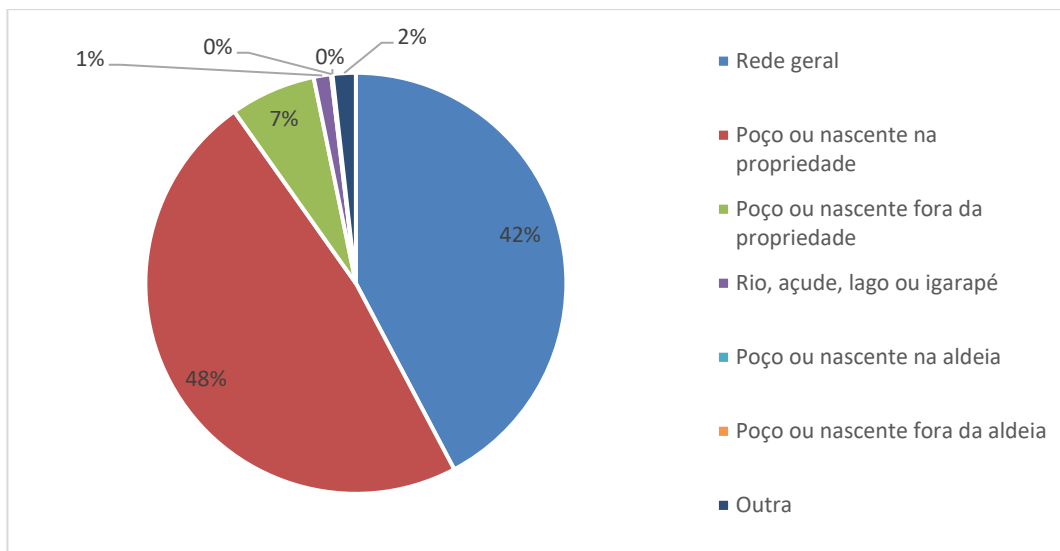
O abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia não apresentou nenhum dado de domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Sudeste Paraense.

Em outras formas de abastecimento, registrou-se em média 208 domicílios com essa configuração, sendo 1,78% em relação a todos os tipos de sistemas, com Parauebas apresentando 1.405 domicílios particulares permanentes ocupados ou 33,84% em relação aos outros municípios, e Nova Ipixuna o menor número com 0,02% e 1 domicílio.

Na Figura 17, tem-se a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Sudeste

Paraense, considerando a média dos domicílios permanentes particulares ocupados em relação ao total.

**Figura 17** - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Sudeste Paraense.



Fonte: Autora, 2021.

O sistema de abastecimento predominante na Mesorregião do Sudeste Paraense, considerando os distritos caracterizados com o código 8, é de poço ou nascente na propriedade, com 48% em relação às outras formas, e rede geral com 42%. Na Tabela 14 pode-se observar os dados estatísticos relativos ao total de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 14** - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Sudeste Paraense.

Variáveis estatísticas	Formas de abastecimento
<b>Média</b>	33.339
<b>Mediana</b>	4.152
<b>Variância</b>	2.453.875.343
<b>Desvio padrão</b>	49.537
<b>Coefficiente de variação</b>	67,30%
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	111.868
<b>Amplitude</b>	111.868

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão de 449.537 domicílios e o coeficiente de variação de 67,30% expressam uma amostra com alta dispersão e variabilidade em torno da média de 33.339 domicílios particulares permanentes ocupados. A amplitude de 111.868 domicílios particulares permanentes também indica que as formas de abastecimento da Mesorregião do Sudeste Paraense se apresentaram com uma amostra pouco homogênea.

### 5.1.6. Sudoeste Paraense

Na Mesorregião do Sudoeste Paraense, foram selecionados 7 municípios pela amostragem com os distritos caracterizados com o código 8. A Tabela 15 mostra a configuração dos tipos de abastecimento de água, expressando em quantidades de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 15** - Formas de abastecimento dos distritos nos municípios da Mesorregião do Sudoeste Paraense.

Município	Pop. Residente	DPPO	Tipo de Abastecimento de água						
			RG	PNNP	PNFP	RALI	PNA	PNFA	Outra
Altamira	41.498	26.427	5.002	17.984	2.133	895	101	0	312
Aveiro	15.796	3.436	1.014	1.292	421	686	0	0	23
Itaituba	95.805	23.581	3.141	17.001	2.829	398	0	0	212
Rurópolis	39.402	9.328	2.812	4.638	1.391	249	0	0	238
Senador José Porfírio	12.955	3.306	1.578	915	344	403	38	0	28
Trairão	16.734	4.027	50	3.053	783	118	0	0	23
Vitória do Xingu	13.360	2.976	615	1.780	352	168	0	0	61
<b>TOTAL</b>	<b>235.550</b>	<b>73.081</b>	<b>14.212</b>	<b>46.663</b>	<b>8.253</b>	<b>2.917</b>	<b>139</b>	<b>0</b>	<b>897</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>33.650</b>	<b>10.440</b>	<b>2.030</b>	<b>6.666</b>	<b>1.179</b>	<b>417</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>128</b>

Legenda:

DPPO = Domicílios Particulares Permanentes Ocupados

RG = Rede Geral;

PNP = Poço ou nascente na propriedade;

PNFP = Poço ou nascente fora da propriedade;

RALI = Rio, açude, lago ou igarapé;

PNA = Poço ou nascente na aldeia;

PNFA = Poço ou nascente fora da aldeia;

Fonte: Autora, 2021.

A média dos domicílios particulares permanentes ocupados no Sudoeste Paraense foi de 10.440 domicílios, com uma média de 33.650 residentes nesses espaços. Na região, o município de Altamira apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes ocupados, com

26,427 domicílios (36,16%) e também uma população residente de 41498 habitantes, 17,62% em relação ao total, enquanto Vitória do Xingu apresentou o menor valor total igual a 2976 domicílios particulares permanentes ocupados (4,07%), que acomoda 13.360 habitantes, sendo 5,67% em relação ao total da população residente.

O sistema de abastecimento por rede geral compõe 19,45% da configuração dos particulares permanentes ocupados da região, com uma média de 2.030 em relação ao total de domicílios. O município de Altamira registrou 35,20% da rede geral da região, sendo igual a 5002 domicílios particulares permanentes. O menor valor de domicílios com essa forma de abastecimento foi calculado para Trairão, com 50 domicílios.

O abastecimento por poço ou nascente na propriedade é forma de abastecimento predominante na região, compondo 63,85% do sistema dos domicílios particulares permanentes ocupados, sendo em média 6.666 domicílios. Altamira foi o município que apresentou o maior número de domicílios com esse sistema, com 17.984 domicílios particulares permanentes, correspondendo a 38,54%, e Senador Jose Porfírio o menor número, com 1,96% de domicílios com esse abastecimento, totalizando 915 domicílios particulares permanentes.

O abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade está presente em média em 1.179 domicílios particulares permanentes, ou 11,29% em relação ao total. O município de Itaituba apresentou o maior número de domicílios particulares permanentes com essas características, igual a 2.829 ou 34,28% em relação ao total de domicílios com esse sistema de abastecimento. Senador Jose Porfírio apresentou o menor valor, representando 4,17% do sistema local, correspondendo a 403 domicílios.

O uso de rio, açude, lago ou igarapé como forma de abastecimento ocorrem em 3,99% dos domicílios da região, sendo em média 417 de domicílios particulares permanentes. O município de Altamira apresentou a maior parte dos domicílios nessa configuração, com 30,68% ou 895 domicílios particulares permanentes. Trairão registrou 4,05% dos domicílios com esse tipo de sistema de abastecimento, totalizando 118 domicílios particulares permanentes ocupados.

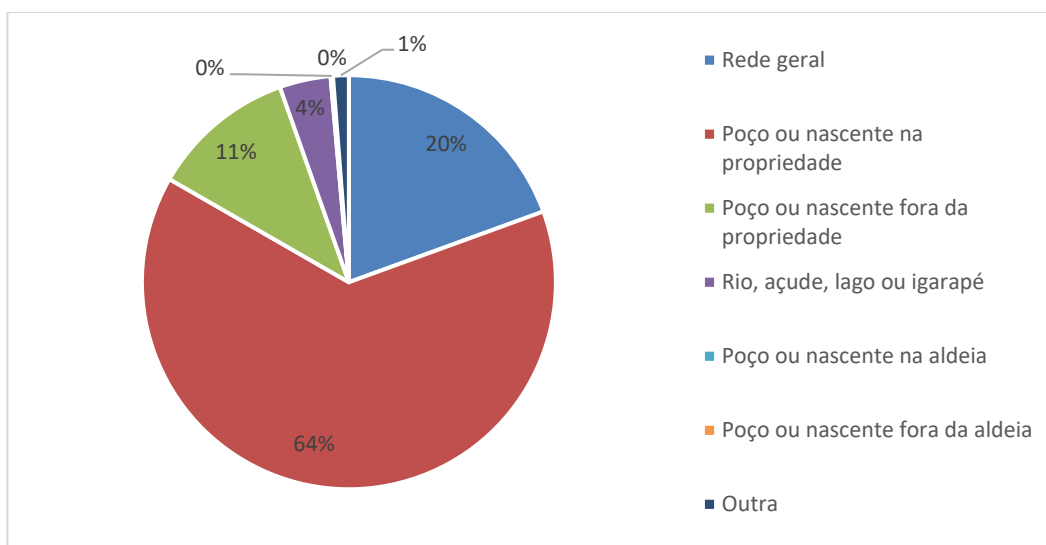
O abastecimento por poço ou nascente na aldeia foi registrado com 0,19% em relação ao total dos sistemas de abastecimento e somente em dois municípios, sendo Altamira com 72,66% e 101 domicílios e Senador José Porfírio com 27,34% e 38 domicílios particulares permanentes ocupados.

O abastecimento por poço ou nascente fora da aldeia não apresentou nenhum dado de domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Sudoeste Paraense.

Em outras formas de abastecimento, registrou-se em média 128 domicílios com essa configuração, sendo 1,23% em relação a todos os tipos de sistemas, com Altamira apresentando 312 domicílios particulares permanentes ocupados ou 34,78% em relação aos outros municípios, e Aveiro e Trairão com 2,56% ambos, ou 23 domicílios, sendo os menores valores.

Na Figura 18 tem-se a distribuição dos tipos de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados nos distritos dos municípios da Mesorregião do Sudoeste Paraense, considerando a média dos domicílios particulares permanentes ocupados em relação ao total.

**Figura 18** - Média aritmética das formas de abastecimento nos distritos dos municípios do Sudoeste Paraense.



Fonte: Autora, 2021.

O sistema de abastecimento predominante na Mesorregião do Sudoeste Paraense, considerando os distritos caracterizados com o código 8, é de poço ou nascente na propriedade, com 64% em relação às outras formas, e rede geral com 20% é a segunda forma mais comum. Na Tabela 16, pode-se observar os dados estatísticos relativos ao total de domicílios particulares permanentes ocupados.

**Tabela 16** - Variáveis estatísticas relativas às formas de abastecimento dos domicílios particulares permanentes ocupados da Mesorregião do Sudoeste Paraense.

<b>Variáveis estatísticas</b>	<b>Formas de abastecimento</b>
<b>Média</b>	10.440
<b>Mediana</b>	2.917
<b>Variância</b>	282.314.210
<b>Desvio padrão</b>	16.802
<b>Coefficiente de variação</b>	62,14%
<b>Mínimo</b>	0
<b>Máximo</b>	46.663
<b>Amplitude</b>	46.663

Fonte: Autora, 2021.

O desvio padrão de 16.802 domicílios e o coeficiente de variação de 62,14% expressam uma amostra bem distribuída e com alta dispersão em torno da média de 10.440 do total de domicílios particulares permanentes ocupados. A amplitude de 46.663 domicílios particulares permanentes também indica que as formas de abastecimento da Mesorregião do Sudoeste Paraense se apresentaram com uma amostra heterogênea.

## 5.2. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS IMPLANTADAS

No município de Alenquer, do Baixo Amazonas, situa-se a Comunidade Quilombola de Pacoval composta por 280 famílias instaladas em uma área de 7472,8 hectares. Na comunidade, foram identificadas soluções de abastecimento de água individuais. Essas soluções constituem de poços rasos escavados com profundidade entre 13 e 18 metros (Figura 19a), sendo estes revestidos por alvenaria, poços tubulares profundos com 14 a 21 metros de profundidade (Figura 19b) e captação direta no igarapé Mapirí (Figura 19c) e rio Curuá (Figura 19d) (RAID, 2017).

**Figura 19** - Soluções individuais de abastecimento de água na Comunidade Quilombola de Pacoval em Alenquer.



Fonte: Acervo fotográfico do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2016.

Os poços tubulares profundos são construídos por meio de serviço especializado, sendo a captação da água realizada por bomba ou equipamento fornecido pelos construtores. Esse equipamento consiste de um tubo de PVC, no qual é acoplado uma válvula que possibilita a captação da água (RAID, 2017, Pág. 56).

Algumas famílias que não possuem poço ou que tiveram seu poço afetado pelos longos períodos de estiagem, escavaram novos poços, aumentando, em média, de 1 a 3 metros a profundidade. As famílias que não puderam realizar tal alternativa utilizaram como alternativa buscar água nos vizinhos ou no rio Curuá utilizando baldes ou panelas (RAID, 2017).

A água captada nas soluções de abastecimento é armazenada em caixas d'água, baldes, panelas, bacias, vasilhas e garrafas PET. Para o tratamento, a Secretaria Municipal de Saúde destina uma quantidade de hipoclorito de sódio, sendo, no entanto, insuficiente e sem regularidade na entrega do produto (RAID, 2017).

Já nas comunidades da Ilha do Carmo, Igarapé do Lago e a Comunidade Vira Volta do município de Alenquer, foram instaladas réplicas do filtro SALTA-z (Figura 20).

**Figura 20** - Réplicas do Salta-Z implantadas em Alenquer.



Fonte: Prefeitura de Alenquer, 2021.

Segundo a Prefeitura de Alenquer (2021), tais comunidades estavam apresentando índices altos de doenças hídricas e, em caráter de serviço emergencial, o filtro foi confeccionado sob a autorização da FUNASA, pois está em falta no instituto.

Em Oriximiná, registra-se a adoção de outro tipo de solução alternativa, sendo feita a adução em poços artesianos de profundidade diferentes e vazões variadas e as caixas reservatórias dimensionadas sem padronização (Figura 21) (PREFEITURA DE ORIXIMINÁ, 2017).

**Figura 21** - Sistemas de Abastecimento de Água em Oriximiná: São Pedro I e Área Pastoral, respectivamente.



Fonte: Brito, 2016.

No município, alguns domicílios que se localizam mais afastados do sistema de abastecimento são abastecidos por dois carros pipas (Figura 22), que captam água nos sistemas alternativos com frequência irregular (PREFEITURA DE ORIXIMINÁ, 2017).

**Figura 22** - Carro Pipa que abastece bairros em Oriximiná.



Fonte: Brito, 2014.

Os carros pipas abastecem em sistemas alternativos de abastecimento de água diferentes em horário não alternados e não é feita uma limpeza dos reservatórios dos Carros Pipas e nem se faz controle de qualidade de água dos mesmos (PREFEITURA DE ORIXIMINÁ, 2017).

Nas comunidades rurais de Oriximiná são diversos sistemas de abastecimento de água adotados, desde cacimbas até sistemas alternativos de abastecimento de água, mas com rede de

distribuição precária, e também muitos poços isolados. O tipo utilizado depende das características da comunidade, levando em consideração o distanciamento do leito do rio e, principalmente a seca, que influencia no tipo de Sistema de Água adotado pela comunidade (PREFEITURA DE ORIXIMINÁ, 2017).

Os SAC nessas comunidades utilizam adução de água de poço de profundidade diferente, dependendo do tipo de terreno, e reservação em caixa d'água de tamanhos variados (Figura 23). Há aproximadamente 122 SAC na área rural que foram implantados pelo Prefeitura Municipal de Oriximiná e são operados pela comunidade que abastece (PMSB, 2017).

**Figura 23** - Sistema de abastecimento em comunidade rural de Oriximiná.



Fonte: Santos, 2014.

A comunidade fica responsável pela limpeza da caixa de reservação, pela manutenção do bombeamento do poço e arca com o custo do combustível utilizado no gerador ativador da bomba e sucção instalada. Os sistemas próximos aos estabelecimentos escolares ou pertencente as redes recebem combustível do governo (PMSB, 2017, Pág. 159).

A maioria da população de Anajás é atendida por Soluções Alternativas Individuais (SAI) de abastecimento de água para consumo humano. De acordo com o departamento de vigilância municipal em saúde, cerca de 1.950 casas da zona urbana possuem o SAI, com característica de poços rasos com bomba sapo e com proteção de tampa em madeira, como exposto na Figura 24 (PREFEITURA DE ANAJÁS, 2015).

**Figura 24** - Soluções alternativas individuais em Anajás.



Fonte: Prefeitura de Anajás, 2015.

Na zona rural, o abastecimento acontece com água do rio e por poços de sarilho-cordalbalde com condições sanitárias não adequadas. Os únicos tratamentos adotados nessas soluções são o hipoclorito (distribuído gratuitamente pelo SUS), sulfato de alumínio e, às vezes, a fervura da água, orientada pelo departamento de vigilância em saúde. A maioria dessa alternativa de abastecimento é captada através de uma bomba sapo e reservado em caixa d'água, como apresentado na Figura 25 (PREFEITURA DE ANAJÁS, 2015).

**Figura 25** - Reservatórios elevados para escola da Vila Luciana na Zona Rural de Anajás.



Fonte: Prefeitura de Anajás, 2015.

No que tange ao abastecimento de água, as populações se abastecem de água da chuva, água do rio ou de poço escavado (tipo amazônas), sendo que o que prevalece é o sistema SAI (PREFEITURA DE ANAJÁS, 2015, Pág. 161).

No Marajó também foram implementados sistemas coletivos de abastecimento de água (Figura 26) nos municípios de Soure (comunidades Pedral, Céu e Caju-Uma), município de Salvaterra (comunidade Jubím, Mãe de Deus e Boa Vista), município de Cachoeira do Ararí (comunidades Umarizal e Camará) como alternativa para promover o acesso à água tratada em zonas afastadas da área urbana e afetadas pela escassez de chuva.

**Figura 26** - Sistema Coletivo de Abastecimento de Água em Soure no Marajó.



Fonte: Agência Pará, 2021.

O projeto faz parte do Programa Água Para Todos e contempla captação, reservatório elevado, casa de administração e depósito, fechamento e urbanização da área, rede de distribuição, ligações domiciliares e sistema de cloração (AGÊNCIA PARÁ, 2021).

O Distrito de Outeiro, localizado na zona rural do município de Belém, possui Sistemas de Aproveitamento da Água da Chuva implantados na Ilha Grande e Ilha do Murucutu, apresentados respectivamente na Figura 27.

**Figura 27** - Sistemas de Aproveitamento da Água de Chuva nas Ilhas Grande e do Murucutu.



Fonte: Andrade, 2012.

No modelo instalado na Ilha Grande possui quatro reservatórios de autolimpeza, dois filtros, caixa d'água superior de 500 L e inferior de 310 L. No sistema da Ilha do Murucutu o sistema é menor, diferindo por conter as duas caixas com volume de 310 L. Tais modelos foram implantados com finalidades de estudo da viabilidade da replicação da alternativa no distrito, mas há registros de microssistemas individuais de aproveitamento de água da chuva feitos pelos moradores das ilhas (Figura 28) (VELOSO, 2012).

**Figura 28** - Sistema de aproveitamento da água da chuva improvisado por moradores.



Fonte: Andrade, 2012.

Nos municípios de Cametá e Oeiras do Pará, foi instalada a Solução Alternativa Coletiva de Tratamento de Água por Zeólita (SALTA-z) (Figura 29). Em Cametá, foram 10 unidades beneficiando aproximadamente 6 mil habitantes e em Oeiras do Pará 6 foram implementadas em 2019 e mais quatro em 2020 nas comunidades de Cristão Arioca, Cristão Carucuru Boca, Cristã Mocajatuba e Cristão Barrada.

**Figura 29** - SALTA-z implantado na Comunidade de Pacovatuba em Cametá.



Fonte: Prefeitura de Cametá, 2019.

Na Vila Maiauatá, em Igarapé-Miri, como SAI, os habitantes da Vila realizam um procedimento de tratamento individualizado para a água que consomem captada do rio, sendo uma sedimentação das partículas suspensas na água e de maior densidade e adição de cloro na água decantada (Figura 30) (RODRIGUES et. al., 2018).

**Figura 30** - Água captada do rio para consumo na Vila Maiauatá em processo de sedimentação.



Fonte: Rodrigues et. al, 2018.

No município de Limoeiro do Ajuru, 58 comunidades ribeirinhas contam com a SALTA-z (Figura 31), sendo algumas das localidades Aracá, Araraim (Rio das Flores), Paquetá, Pautinga, Ilha Conceição, Sete Ilhas, Juçara, Japiim Grande e Beiradão.

**Figura 31** - SALTA-z em funcionamento no município de Limoeiro do Ajuru.



Fonte: Prefeitura de Limoeiro do Ajuru, 2020.

Na zona rural do Estado do Pará, frequentemente adota-se como Solução Alternativa Coletiva os poços que abastecem mais de uma família, sendo instalados em hotéis, conjunto habitacional, hospitais, postos de saúde, postos de combustíveis, escolas etc. e como Solução Individual poços individuais, tubulares ou amazônicos.

As soluções são adotadas devido à falta de atendimento por sistema público e ou pela precariedade do abastecimento por tais serviços. Não há um critério para escavação desses poços, possibilitando assim, uma disputa nos bairros periféricos entre os poços rasos e as fossas, expondo a população à diversos riscos relacionados ao consumo de água contaminada.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi desenvolvido objetivando mapear soluções alternativas de abastecimento de água adotadas em localidades rurais no Estado do Pará. Em um cenário de poucos estudos dessa natureza e de dificuldades na obtenção de informações, a pesquisa foi fundamentada através de dados disponibilizados por órgãos competentes e por fonte de notícias.

O mapeamento reitera o cenário do saneamento característico brasileiro, com marginalização e esquecimento das áreas rurais, com em média 44% de cobertura com sistema de abastecimento de água por rede geral, sendo destaque nas mesorregiões do Baixo Amazonas, Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense. O abastecimento por poço ou nascente na propriedade compreendem 35% dos domicílios na zona rural do Pará, sendo predominante nas mesorregiões do Sudeste e Sudoeste Paraense.

Em todas as mesorregiões paraenses, notou-se a escassez de políticas públicas voltadas às populações rurais no que concerne ao abastecimento de água, ratificando a negligência na garantia dos Direitos Humanos à água e à saúde e do obediência aos direitos constitucionais de segurança alimentar.

As infraestruturas instaladas pelos moradores são, em vários casos, de caráter provisório e precário, submetendo-os a riscos de doenças e outras complicações para a saúde pública no meio rural. A gestão das soluções de abastecimento de água é realizada pelos próprios moradores, influenciando na manutenção das mesmas, além da ausência de tratamento da água e falta de apoio por parte do poder público em muito dos locais.

As soluções alternativas coletivas implantadas pelo serviço público ou através de projetos são de fundamentais importância nesses espaços, sendo capaz de proporcionar à população água em qualidade adequada para consumo. Por exemplo a SALTA-z, adotada em diversas comunidades rurais como alternativa, sendo uma metodologia de fácil replicação e instalação.

Nesse sentido, infere-se a necessidade de ampliar a implantação das metodologias alternativas de tratamento de água pelo estado, especialmente de soluções para além da SALTA-z e que também se apresentem como adequadas às características e potencialidades locais, como o Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva, ainda pouco explorado em um território com volumes pluviométricos ajustado à solução.

## REFERENCIAS

AGÊNCIA PARÁ. **Governado do Estado entrega microssistemas de água em Soure**. Pará. Agência PA (SECOM). 2021. Disponível em: <<https://agenciapara.com.br/noticia/28657/>> Acesso: 27 ago. 2021.

ALEN SOBRINHO, P.; CONTRERA, R.C. **Reservatórios**. Apresentação da disciplina Saneamento II. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ANDRADE, G, C. C. **Aproveitamento de águas pluviais para abastecimento em área rural na Amazônia. Estudo de caso: ilhas Grande e do Murucutu, Belém-PA**. 161p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil), Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

AWWA & ASCE – American Water Works Association & American Society of Civil Engineers. **Water treatment plants design**. 4. ed. Estados Unidos: AWWA/ASCE, 2005. 896p.

AWWA – American Water Works. **Water quality & treatment: a handbook on drinking water**. EDZWALD, J. K. (editor). 6. ed. Colorado: McGraw -Hill, 2010. 1.696 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: projeto de captação de água de superfície para abastecimento publico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518 de 25 de Março de 2004**. Ministério da Saúde: Norma de qualidade da água para consumo humano, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **O saneamento básico no brasil**: Aspectos fundamentais. Capacitação para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. BRASIL. Ministério das Cidades, 2014a.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PLANSAB - PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO**.. Brasília: Ministério das Cidades, 2014b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Boas práticas no abastecimento de água** : procedimentos para a minimização de riscos à saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 252 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Gasto Público em Saneamento Básico – 2014**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Brasília: Ministério Das Cidades, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2019b. 260 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de abastecimento de água em áreas rurais do Brasil**. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: FUNASA, 2020. 77 p.

BRASIL. LEI nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2015. 648p.

BRASIL. **Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR** (Versão Consulta Pública). Brasília, DF: FUNASA, 2018. 266p.

BRASIL. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Objetivos do desenvolvimento sustentável**: 6. Água potável e saneamento. Brasília: IPEA, 2019a. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>> Acesso: 18 jun. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/ Superintendência Estadual do Pará**. Brasília: Funasa, 2017. 49 p

BRISCOE, J.; FERRANTI, D. DE. **Water for Rural Communities: Helping People Help Themselves**. Washington, D.C.: International Bank for Reconstruction and Development. Washington, DC: The World Bank, 1988. 32 p.

BRITO, E. O. **Fontes alternativas de infecção pelo Mycobacterium leprae na área urbana de Oriximiná**. 71f. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Instituto de Biodiversidade e Floresta, Universidade Federal do Oeste do Pará, Oriximiná-PA, 2016.

BRITO, E. O. **Estudos da qualidade da água de consumo e condições de saneamento básico: integrando ações de pesquisa, ensino e extensão no município de Oriximiná-Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas). , Universidade Federal do Oeste do Pará, Oriximiná-PA, 2013.

BENICIO, M.H.A.; MONTEIRO, C.A. Tendência secular da doença diarreica na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). **Rev Saude Publica**. São Paulo, v. 6, n. 6, p. 83-90, 2000.

DI BERNADO, L.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. FINEP Inovação e Pesquisa, 2015.

Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas\\_de\\_abastecimento.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf)> Acesso: 12 ago. 2021.

FONJONG, L. N.; EMMANUEL, N. N.; FONCHINGONG, C. C. Rethinking the contribution of indigenous management in small-scale water provision among selected rural communities in Cameroon. **Environment, Development and Sustainability**. Springer Netherlands, v. 6, n. 4, p. 429–451, 2005.

GUEDES, H. A. S. **Reservatório de distribuição de água**. Apresentação: aula reservatórios. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. 2018. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2018/10/Aula-6-Reservat%C3%B3rios.pdf>> Acesso: 16 ago. 2021.

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow sand filtration**. Geneva, Belgium: World Health Organization, 1974. 122p.

HUKKA, J. J.; KATKO, T. S. Paradigma alternativo: o papel das cooperativas e das autoridades locais. In: HELLER, L.; CASTRO, J. E. (Org.). **Política pública e gestão de serviços de saneamento**. Ampliada ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 214–237, 2003.

INFRAERO. **Aeroporto de Caraás conta com sistema de reaproveitamento de água pluvial**. Assessoria de Imprensa – Infraero, 2017. Disponível em: <<https://www4.infraero.gov.br/imprensa/noticias/aeroporto-de-carajas-conta-com-sistema-de-reaproveitamento-de-agua-pluvial/>> Acesso: 31 ago. 2021.

LASTA, L.; LOBLER, C. A.; BORBA, W. F.; FERNANDES, G. D.; SILVA, J. L. S. **Variação do nível da água em três poços no Campus da UFSM, RS**. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves-RS, 2016.

LESER, W. S.; BARBOSA, V.; BARUZZI, R. G.; RIBEIRO, M. D. B. & FRANCO, L. J., 1985. **Elementos de Epidemiologia Geral**. 1 ed. São Paulo: Atheneu, 1985. 178 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. p. 640.

LOPES, W. R. R; OLIVEIRA, R. M. S. & SERRA, J. C. V. Avaliação comparativa entre os métodos de desinfecção empregando cloro e ozônio de águas destinadas ao abastecimento de pequenas comunidades. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 11, p. 463-472, 2013.

LOPES, L. N. A. **Potabilização das águas Subterrâneas Com Elevada Concentração de Ferro**. TCC (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Sanitária), Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

MACHADO, A. V. M; SANTOS, J. A. N.; NOGUEIRA, L. T.; NOGUEIRA, M. T.; **Acesso ao abastecimento de água em comunidades rurais: o desafio de garantir os direitos humanos à água**. XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III INOVARSE – Responsabilidade Social Aplicada. Rio de Janeiro, 2018. 14 p.

OROZCO, M. M. D. **Aeração ou arejamento**. Apresentação de aula. 2016. Disponível em: <<https://silو.tips/download/aeraao-ou-arejamento-p-r-o-f-m-a-r-g-a-r-i-t-a-m-a-r-i-a-d-u-e-a-s-o-r-o-z-c-o-e>> Acesso: 16 ago. 2021.

OLIVEIRA, J. S. C. O.; MEDEIROS, A. M.; CASTOR, L. G.; CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D. Soluções individuais de abastecimento de água para consumo humano: questões para a vigilância em saúde ambiental. **Cad. Saúde Colet.** Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 217-224, 2017.

OLIVEIRA, D. P.; TEOBALDO, F. M. Abastecimento de água no Estado do Pará – análise da série histórica da população atendida e das perdas de água. **Revista Científica Semana Acadêmica.** Fortaleza, v. 1, n. 15, p. 1 – 16, 2019.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Cenário do saneamento básico no Brasil: um enfoque sobre as áreas atingidas pela seca e pelo Projeto para Redução da Mortalidade na Infância – PRMI.** Brasília: Opas, 1998.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO) – 1946.** Biblioteca Virtual de Direitos Humanos, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswho.html>> Acesso: 21 jun. 2021.

PÁDUA, V. L. DE. Introdução ao tratamento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010a.

PÁDUA, V. L. DE. Soluções alternativas desprovidas de rede. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. DE (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010b.

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. **Região Norte.** Instituto Trata Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/compare?id=1>> Acesso: 07 mai. 2021.

PERALTA, C.C. **Remoção do indicador clostridium perfringens e de oocitos de cryptosporidium parvum por meio da filtração lenta: avaliação em escala piloto.** 97f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

PREFEITURA DE ALENQUER. **Réplicas do filtro SALTA-Z são instaladas.** 2021. Disponível em:<<https://alenquer.pa.gov.br/replicas-dos-filtros-salt-z-sao-instaladas/>> Acesso: 24 ago. 2021.

PREFEITURA DE CAMETÁ. **Transformando a água do rio em água potável.** 2019. Disponível em:<<https://prefeituradecameta.pa.gov.br/transformando-a-agua-do-rio-em-agua-potavel/>> Acesso: 30 ago. 2021.

PREFEITURA DE ORIXIMINÁ. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Oriximiná – PMSB.** Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano; Coordenadoria Municipal de Saneamento.: Oriximiná, PA, 2017. 450 p.: il

PREFEITURA DE ANAJÁS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Anajás – PMSB**. Anajás-PA: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA/Superintendência Estadual da Funasa no Pará (Suest-PA), 2015. 247p.

PREFEITURA DO LIMOEIRO DO AJURU. **Projeto SALTA-z em pleno funcionamento em 58 comunidades ribeirinhas de Limoeiro do Ajuru**. Limoeiro do Ajuru, 2020. Disponível em: <https://limoeirodoajuru.pa.gov.br/projeto-salta-z-em-pleno-funcionamento-em-58-comunidades-ribeirinhas-de-limoeiro-do-ajuru/>> Acesso: 31 ago. 2021.

RAMOS, M. H. C. **Remoção de cor, ferro e manganês de águas com matéria orgânica dissolvida por pré-oxidação com dióxido de cloro, coagulação e filtração**. 2009. 114f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2010.

RAID, M. A. M. **Soluções técnicas de abastecimento de água e modelos de gestão: um estudo em quinze localidades rurais brasileiras**. 2017. 206f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2017.

RECESA. **Qualidade da água e padrões de potabilidade: abastecimento de água: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Belo Horizonte: NUCASE, 2007. 56 p.

RECESA. **Abastecimento de água: operação e manutenção de estações de tratamento de água: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Belo Horizonte: NUCASE, 2008.

RODRIGUES, D. C.; CONCEIÇÃO, A. C. S.; SOUSA, L. P. A.; CAXIAS, N. S. **II-001 - análise de tecnologias para saneamento de Comunidade ribeirinha na Amazônia: identificação de potencialidades e proposição de tecnologias**. 13º Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso, 2018.

SENS, M. L. Tratamento de água de abastecimento em meio rural. In: SENS, M. L.; SEZERINO, P. H.; CAPANEMA, M. A. (Org.). **Saneamento rural**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. p. 17-54.

SILVA, C. C. A.; PEDROSA, J. R.; TEIXEIRA, L. L.; PACIULLI, S. O. D.; PACIULLI, A. S.; ORTIZ, G. P. T. **Avaliação da eficiência do "clorador de passagem artesanal" na desinfecção da água utilizada nas propriedades rurais de Medeiros**. IV Seminário de Iniciação Científica – IFMG. Mato Grosso, 2015.

SILVA, R. et al. Metodologia de avaliação socioambiental participativa, integrando o saber acadêmico e o popular para um planejamento sustentável para o lago Iripixi. **Revista Pan-Amazonia Saude**. Oriximiná-PA, v.5, n. 3, p.25-38, 2014.

TERRA CONSULTORIA E ANALISES AMBIENTAIS. **Clorador de pastilhas para poço**. 20XX. Disponível em: < <https://www.terraanalises.com/clorador-pastilhas-poco> > Acesso: 12 ago. 2021.

TEIXEIRA, J.C.; HELLER, L. Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais. **Rev Bras Saude Mater Infant**. Recife, v. 5, n. 4, p. 449-55, 2005.

VALGAS, RICARDO. **Amostragem Aleatória Simples**. Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em <https://docs.ufpr.br/~ricardo.valgas/amostragem/aleatoria.pdf>> Acesso 16 mar. 2021

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FIME. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 109–116, 2008.

VELOSO, N. S. L. **Água da chuva e desenvolvimento local**: o caso do abastecimento das ilhas de Belém. 2012. 156f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia), Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém-PA, 2012.

**ANPÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS QUANTO AOS ASPECTOS POPULACIONAIS, TERRITORIAIS E DE TIPO DE ABASTECIMENTO.**

Município	Domicílios Particulares Permanentes (V002)	População residente (V018+V019)	Total de Domicílios Particulares Permanentes Ocupados	Tipo de Abastecimento de água						
				Rede geral	Poço ou nascente na propriedade	Poço ou nascente fora da propriedade	Rio, açude, lago ou igarapé	Poço ou nascente na aldeia	Poço ou nascente fora da aldeia	Outra
Abel Figueiredo	2262	6741	1868	1515	199	47	79	-	-	28
Afuá	7945	34920	6754	1754	40	27	4793	-	-	140
Água Azul Do Norte	6136	24797	5812	861	4624	241	73	-	-	13
Alenquer	9358	33492	12106	3955	5626	1584	829	-	-	112
Almeirim	9540	33432	7862	5496	678	232	1325	-	-	131
Altamira	12938	41498	26427	5002	17984	2133	895	101	-	312
Anajás	5803	24675	4853	365	657	1007	2806	-	-	18
Aurora Do Pará	6541	26507	5839	3311	1575	415	490	-	-	48
Aveiro	4307	15796	3436	1014	1292	421	686	-	-	23
Baião	8635	36759	8007	5040	1378	691	819	-	-	79
Belém	424516	1391636	368877	278477	75971	12369	434	-	-	1626
Belterra	5141	16249	3987	2190	549	496	166	-	-	586
Benevides	16502	51400	13665	9516	3330	731	22	-	-	66
Bonito	3764	13595	3322	2127	820	174	173	-	-	28
Bragança	28911	112902	26222	9843	9532	6157	468	-	-	222
Brejo Grande Do Araguaia	2328	7284	1913	1294	495	46	63	-	-	15
Bujaru	6685	25629	5855	2317	1979	856	632	-	-	71
Cachoeira Do Arari	4750	20349	4537	1358	2120	761	212	-	-	86
Cametá	26734	120812	23623	11844	2879	1154	7439	-	-	307

Canaã Dos Carajás	10272	26593	7452	2295	4776	357	3	-	-	21
Capitão Poço	15060	51685	12955	7818	3425	1199	366	-	-	147
Colares	3685	11331	2787	2161	308	263	15	-	-	40
Curionópolis	6808	18260	5228	1939	1717	1493	41	-	-	38
Curuçá	10889	34247	8503	7370	495	195	156	-	-	287
Dom Eliseu	10889	34247	13001	10067	816	660	600	-	-	858
Faro	13773	50878	1710	1276	29	109	256	-	-	40
Garrafão Do Norte	7013	24945	5801	1499	3171	892	217	-	-	22
Goianésia Do Pará	9121	30350	7840	709	5988	741	340	-	-	62
Igarapé-Miri	13902	57834	12001	1925	3798	1327	4746	-	-	205
Irituia	8550	31324	7487	4449	1734	817	398	-	-	89
Itaituba	28330	95805	23581	3141	17001	2829	398	-	-	212
Limoeiro Do Ajuru	5112	25018	4888	1140	69	12	3524	-	-	143
Marabá	72893	232202	60457	23401	31727	4412	469	-	-	448
Maracanã	8579	28234	6788	4316	1132	852	382	-	-	106
Marapanim	10793	26516	6701	4519	1418	591	128	-	-	45
Melgaço	4318	24745	4049	449	439	312	2827	-	-	22
Nova Esperança Do Piriá	5452	20099	4674	219	3602	766	76	1	-	10
Nova Ipixuna	4738	14589	3778	170	3139	286	182	-	-	1
Oeiras Do Pará	6431	28593	5469	2431	1285	141	1573	-	-	39
Oriximiná	14706	62655	13673	6924	546	2961	2487	69	19	667
Ourilândia Do Norte	8481	27164	7079	5196	1407	155	103	8	-	210
Parauapebas	51271	153635	42726	31225	8757	1253	86	-	-	1405
Pau D'arco	2078	6007	1646	407	755	463	9	-	-	12

Piçarra	4648	12627	3495	226	2774	333	138	-	-	24
Placas	5937	23447	5564	340	3915	912	317	1	-	79
Portel	10967	51760	9606	2052	3953	304	3255	-	-	42
Porto De Moz	6926	33463	6060	3044	630	189	2142	-	-	55
Primavera	3133	10252	2644	1830	612	116	37	-	-	49
Quatipuru	3587	12377	3055	1001	1402	640	1	-	-	11
Redenção	22039	73823	19881	4519	13424	1598	52	-	-	288
Rio Maria	5969	17659	5155	1092	3610	334	57	-	-	62
Rurópolis	9796	39402	9328	2812	4638	1391	249	-	-	238
Salinópolis	17760	36916	9078	5894	2413	688	32	-	-	51
Salvaterra	6885	20068	5070	4029	848	140	5	-	-	48
Santa Isabel Do Pará	17953	56537	15251	9940	4025	974	107	-	-	205
Santa Luzia Do Pará	5635	19335	4645	628	3305	496	92	102	-	22
Santa Maria Do Pará	7224	22970	6341	4829	861	346	237	-	-	68
Santarém Novo	1835	6131	1547	1125	200	132	73	-	-	17
São Caetano De Odivelas	5230	16838	4239	3002	823	240	95	-	-	79
São Domingos Do Araguaia	7254	23100	6003	3914	1732	249	61	-	-	47
São Félix Do Xingu	23114	90531	22357	1413	18486	1418	620	185	-	235
São Francisco Do Pará	4957	15008	3935	2406	1028	274	155	-	-	72
São Geraldo Do Araguaia	8164	25455	6827	3368	2649	606	108	57	-	39
São Miguel Do Guamá	14307	51421	12641	4508	4866	2342	833	-	-	92
Sapucaia	1596	5008	1403	1048	242	104	2	-	-	7
Senador José Porfírio	4115	12955	3306	1578	915	344	403	38	-	28

Soure	6827	22914	5538	4199	774	250	35	-	-	280
Tracuateua	7242	27384	6482	1683	3109	1475	116	-	-	99
Trairão	4482	16734	4027	50	3053	783	118	-	-	23
Tucumã	11175	33583	9450	3962	4551	565	33	-	-	339
Vigia	14062	47835	11797	5106	5560	821	78	-	-	232
Viseu	13661	56571	12358	4296	5312	2307	308	-	-	135
Vitória Do Xingu	3394	13360	2976	615	1780	352	168	-	-	61

Legenda: Símbolo “-“ : zero absoluto, não resultante de um cálculo ou arredondamento.

**APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS DISTRITOS DA ZONA RURAL QUANTO À FORMA DE ABASTECIMENTO, AOS ASPECTOS POPULACIONAIS, TERRITORIAIS E DE TIPO DE ABASTECIMENTO.**

<b>Município</b>	<b>Distrito</b>	<b>Total</b>	<b>Rede geral</b>	<b>Poço ou nascente na propriedade</b>	<b>Poço ou nascente fora da propriedade</b>	<b>Rio, açude, lago ou igarapé</b>	<b>Poço ou nascente na aldeia</b>	<b>Poço ou nascente fora da aldeia</b>	<b>Outra</b>
<b>Abel Figueiredo</b>	Abel Figueiredo	1868	1515	199	47	79	-	-	28
<b>Afuá</b>	Afuá	6754	1754	40	27	4793	-	-	140
<b>Água Azul Do Norte</b>	Água Azul do Norte	5812	861	4624	241	73	-	-	13
<b>Alenquer</b>	Alenquer	12106	3955	5626	1584	829	-	-	112
<b>Almeirim</b>	Almeirim	4358	2968	289	127	856	-	-	118
	Arumanduba	533	14	148	32	331	-	-	8
	Monte Dourado	2971	2514	241	73	138	-	-	5
<b>Altamira</b>	Altamira	23187	4902	15436	1949	510	101	-	289
	Castelo dos Sonhos	3240	100	2548	184	385	-	-	23
<b>Anajás</b>	Anajás	4853	365	657	1007	2806	-	-	18
<b>Aurora Do Pará</b>	Aurora do Pará	5839	3311	1575	415	490	-	-	48
<b>Aveiro</b>	Aveiro	1527	494	766	185	79	-	-	3
	Brasília Legal	1597	357	513	231	486	-	-	10
	Pinhel	312	163	13	5	121	-	-	10
<b>Baião</b>	Baião	4723	3568	660	202	252	-	-	41
	Joana Peres	1337	284	490	331	227	-	-	5
	São Joaquim do Itaquara	1146	636	112	71	303	-	-	24
	Umarizal do Tocantins	801	552	116	87	37	-	-	9
<b>Belém</b>	Mosqueiro	8766	4350	3991	399	6	-	-	20

	Outeiro	10620	5895	3538	578	407	-	-	202
<b>Belterra</b>	Belterra	3987	2190	549	496	166	-	-	586
<b>Benevides</b>	Benevides	7578	6053	1167	323	12	-	-	23
	Benfica	6087	3463	2163	408	10	-	-	43
<b>Bonito</b>	Bonito	3322	2127	820	174	173	-	-	28
<b>Bragança</b>	Bragança	20654	8777	7007	4644	50	-	-	176
	Almoço	537	4	160	259	111	-	-	3
	Caratateua	1509	617	327	480	59	-	-	26
	Nova Mocajuba	831	36	489	244	59	-	-	3
	Tijoca	1831	176	1158	305	187	-	-	5
	Vila do Treme	860	233	391	225	2	-	-	9
<b>Brejo Grande Do Araguaia</b>	Brejo Grande do Araguaia	1473	1106	304	25	28	-	-	10
	São Raimundo do Araguaia	440	188	191	21	35	-	-	5
<b>Bujaru</b>	Bujaru	4287	2220	1180	388	432	-	-	67
	Guajará-Açu	1568	97	799	468	200	-	-	4
<b>Cachoeira Do Arari</b>	Cachoeira do Piriá	5639	1135	2887	1409	112	-	-	96
<b>Cametá</b>	Cametá	13062	7985	1892	411	2624	-	-	150
	Areião	596	398	113	44	38	-	-	3
	Carapajó	1949	1200	236	250	225	-	-	38
	Curuçambaba	1897	790	242	10	848	-	-	7
	Januacoeli	1546	174	25	70	1263	-	-	14
	Juaba	2717	421	186	116	1922	-	-	72
	Moiraba	573	157	117	125	162	-	-	12
	Torres do Cupijó	495	77	67	128	221	-	-	2
	Vila do Carmo do Tocantins	788	642	1	-	136	-	-	9
<b>Canaã Dos Carajás</b>	Canaã dos Carajás	7452	2295	4776	357	3	-	-	21

<b>Capitão Poço</b>	Capitão Poço	12955	7818	3425	1199	366	-	-	147
<b>Colares</b>	Colares	2787	2161	308	263	15	-	-	40
<b>Curionópolis</b>	Curionópolis	5228	1939	1717	1493	41	-	-	38
<b>Curuçá</b>	Curuçá	5453	4958	179	95	18	-	-	203
	Lauro Sodré	1179	989	118	28	29	-	-	15
	Murajá	605	431	75	24	58	-	-	17
	Ponta de Ramos	1266	992	123	48	51	-	-	52
<b>Dom Eliseu</b>	Dom Eliseu	13001	10067	816	660	600	-	-	858
<b>Faro</b>	Faro	1426	1039	21	106	222	-	-	38
	Nova Maracanã	284	237	8	3	34	-	-	2
<b>Garrafão Do Norte</b>	Garrafão do Norte	5801	1499	3171	892	217	-	-	22
<b>Goianésia Do Pará</b>	Goianésia do Pará	7840	709	5988	741	340	-	-	62
<b>Igarapé-Miri</b>	Igarapé-Miri	7504	1492	3759	1257	896	-	-	100
	Maiauatá	4497	433	39	70	3850	-	-	105
<b>Irituia</b>	Irituia	7487	4449	1734	817	398	-	-	89
<b>Itaituba</b>	Itaituba	23581	3141	17001	2829	398	-	-	212
<b>Limoeiro Do Ajuru</b>	Limoeiro do Ajuru	4888	1140	69	12	3524	-	-	143
<b>Marabá</b>	Marabá	60457	23401	31727	4412	469	-	-	448
<b>Maracanã</b>	Maracanã	4199	2984	666	365	109	-	-	75
	Boa Esperança	1260	660	288	221	69	-	-	22
	São Roberto	1329	672	178	266	204	-	-	9
<b>Marapanim</b>	Marapanim	2718	1829	619	212	48	-	-	10
	Marudá	494	438	19	16	18	-	-	3
	Matapiquara	683	537	67	49	26	-	-	4
	Monte Alegre do Maú	704	577	60	20	35	-	-	12
	Praia de Marudá	2102	1138	653	294	1	-	-	16
<b>Melgaço</b>	Melgaço	3371	449	424	312	2170	-	-	16

	Areias	678	-	15	-	657	-	-	6
<b>Nova Esperança Do Piriá</b>	Nova Esperança do Piriá	4674	219	3602	766	76	1	-	10
<b>Nova Ipixuna</b>	Nova Ipixuna	3778	170	3139	286	182	-	-	1
<b>Oeiras Do Pará</b>	Oeiras do Pará	5469	2431	1285	141	1573	-	-	39
<b>Oriximiná</b>	Oriximiná	13673	6924	546	2961	2487	69	19	667
<b>Ourilândia Do Norte</b>	Ourilândia do Norte	7079	5196	1407	155	103	8	-	210
<b>Parauapebas</b>	Parauapebas	42726	31225	8757	1253	86	-	-	1405
<b>Pau D'arco</b>	Pau D'Arco	1646	407	755	463	9	-	-	12
<b>Piçarra</b>	Piçarra	3495	226	2774	333	138	-	-	24
<b>Placas</b>	Placas	5564	340	3915	912	317	1	-	79
<b>Portel</b>	Portel	9606	2052	3953	304	3255	-	-	42
<b>Porto De Moz</b>	Porto de Moz	5083	2863	459	142	1568	-	-	51
	Veios	567	18	127	17	402	-	-	3
	Vilarinho do Monte	410	163	44	30	172	-	-	1
<b>Primavera</b>	Primavera	2644	1830	612	116	37	-	-	49
<b>Quatipuru</b>	Quatipuru	3055	1001	1402	640	1	-	-	11
<b>Redenção</b>	Redenção	19881	4519	13424	1598	52	-	-	288
<b>Rio Maria</b>	Rio Maria	5155	1092	3610	334	57	-	-	62
<b>Rurópolis</b>	Rurópolis	7023	2168	3618	935	145	-	-	157
	Divinópolis	2305	644	1020	456	104	-	-	81
<b>Salinópolis</b>	Salinópolis	9078	5894	2413	688	32	-	-	51
<b>Salvaterra</b>	Salvaterra	3145	2403	603	111	4	-	-	24
	Condeixa	635	457	145	20	-	-	-	13
	Joanes	540	480	53	2	1	-	-	4
	Jubim	561	521	28	7	-	-	-	5
	Monsarás	189	168	19	-	-	-	-	2

<b>Santa Isabel Do Pará</b>	Santa Bárbara do Pará	4460	3028	1114	173	85	-	-	60
	Santa Cruz do Arari	1501	1229	40	15	166	-	-	51
	Santa Isabel do Pará	10522	7626	2437	321	8	-	-	130
<b>Santa Luzia Do Pará</b>	Santa Luzia do Pará	4645	628	3305	496	92	102	-	22
<b>Santa Maria Do Pará</b>	Santa Maria do Pará	6341	4829	861	346	237	-	-	68
<b>Santarém</b>	Santarém	61021	37480	12299	7899	2641	-	-	702
	Alter do Chão	1728	814	346	237	327	-	-	4
	Boim	2123	827	120	465	651	-	-	60
	Curuai	3295	734	1393	662	496	-	-	10
	Mujú dos Campos	1848	1506	250	69	12	-	-	11
<b>São Caetano De Odivelas</b>	São Caetano de Odivelas	3326	2705	442	95	12	-	-	72
<b>São Domingos Do Araguaia</b>	São Domingos do Araguaia	6003	3914	1732	249	61	-	-	47
<b>São Félix Do Xingu</b>	São Félix do Xingu	11826	971	9510	853	121	185	-	186
	Taboca	4268	29	3782	162	275	-	-	20
	Vila Ladeira Vermelha	2169	275	1780	72	34	-	-	8
	Vila Lindoeste	2341	6	1889	291	148	-	-	7
	Vila Nereu	1753	132	1525	40	42	-	-	14
<b>São Francisco Do Pará</b>	São Francisco do Pará	3935	2406	1028	274	155	-	-	72
<b>São Geraldo Do Araguaia</b>	São Geraldo do Araguaia	6827	3368	2649	606	108	57	-	39
<b>São Miguel Do Guamá</b>	São Miguel do Guamá	9336	3994	3818	1361	100	-	-	63
	Caju	1593	188	505	574	323	-	-	3
	Urucuri	1554	243	501	394	390	-	-	26
	Urucuriteua	158	83	42	13	20	-	-	-
<b>Sapucaia</b>	Sapucaia	1403	1048	242	104	2	-	-	7

<b>Senador José Porfírio</b>	Senador José Porfírio	3306	1578	915	344	403	38	-	28
<b>Soure</b>	Soure)	5538	4199	774	250	35	-	-	280
<b>Tracuateua</b>	Tracuateua	6482	1683	3109	1475	116	-	-	99
<b>Trairão</b>	Trairão	4027	50	3053	783	118	-	-	23
<b>Tucumã</b>	Tucumã	9450	3962	4551	565	33	-	-	339
<b>Vigia</b>	Vigia	9612	3717	5008	714	3	-	-	170
	Porto Salvo	2185	1389	552	107	75	-	-	62
<b>Viseu</b>	Viseu	4434	2021	1482	822	67	-	-	42
	Fernandes Belo	2476	1808	230	334	47	-	-	57
	São José do Gurupi	562	75	324	148	12	-	-	3
	São José do Piriá	4886	392	3276	1003	182	-	-	33
<b>Vitória Do Xingu</b>	Vitória do Xingu	2976	615	1780	352	168	-	-	61

Legenda: Símbolo “-“ : zero absoluto, não resultante de um cálculo ou arredondamento.