


## DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-210>

Data de submissão: 18/01/2025

Data de publicação: 18/02/2025

**Matheus Serra Portela**

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária  
Universidade do Estado do Pará – UEPA

**José Antônio de Castro Silva**

Mestre em Engenharia Mecânica  
Universidade Federal do Pará – UFPA

**Hebe Simone Sousa Ripardo**

Doutora em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

**Joelma de Oliveira Serra**

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho  
Faculdade Educamais

**Glauber Epifânio Loureiro**

Mestre em Engenharia Civil  
Universidade Federal do Pará – UFPA

**Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez**

Doutora em Geociências  
Universidade Federal do Pará – UFPA

**Eliane de Castro Coutinho**

Doutora em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Pará – UFPA

**Rodolfo Pereira Brito**

Doutor em Engenharia do Ambiente  
Universidade do Porto

---

### RESUMO

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Marabá-PA, estabelecido há mais de quatro décadas, representa o principal acesso ao recurso hídrico vital para muitos residentes locais. No entanto, enfrenta desafios significativos, como frequentes interrupções no fornecimento e medidas de racionamento implementadas pela concessionária responsável. Este estudo visa investigar as causas subjacentes a esse cenário, identificar possíveis fragilidades no sistema e propor medidas mitigadoras adequadas para cada uma delas, com o objetivo de atender às necessidades da população. Na metodologia adotada, foram enviados ofícios e realizadas visitas técnicas às instalações da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) para coletar dados qualitativos e quantitativos relevantes. Esses dados foram processados utilizando equações análogas à Equação da Continuidade, e com base nos

resultados obtidos, foram elaboradas propostas de solução apropriadas. Os resultados revelaram a presença de dois sistemas distintos de abastecimento de água na cidade (Marabá Pioneira e Nova Marabá). A análise evidenciou deficiências, especialmente na captação e na rede de distribuição, além de fragilidades na elevação e na reservação. Cada uma dessas áreas recebeu propostas específicas de melhoria. Em conclusão, constatou-se que o SAA de Marabá opera em duas frentes: uma caracterizada por infraestruturas robustas e tecnologicamente avançadas em determinadas partes do sistema, e outra marcada pela fragilidade decorrente da falta de manutenção ou investimento em novas tecnologias, sendo esta última a principal responsável pelos problemas identificados nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** Fornecimento de Água. Fragilidades. Soluções.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Souza et al (2014) a água é um dos elementos de maior abundância na crosta terrestre, cobrindo cerca de 70% da superfície da Terra. É um elemento essencial e indispensável à sobrevivência e à qualidade de vida humana, dada a íntima relação de suas atividades com esse recurso natural

A água é um dos recursos mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos e para a conservação e manutenção do meio ambiente e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais. Também, é necessária no desenvolvimento de diversas atividades econômicas como geração de energia, transporte e diluição de efluente (GARCIA; MORENO; FERNANDES, 2015; SUNTTI, 2016).

Dado que a água é um recurso natural indispensável de caráter estruturante e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, o fornecimento de água potável, em quantidade e qualidade adequadas e pressão suficiente, constitui uma das principais prioridades para a população (PEREIRA & TINÔCO, 2021).

O Brasil é um dos países com maior disponibilidade de água doce do mundo, contudo apresenta uma distribuição heterogênea dentro do seu território nacional. A desigualdade na distribuição de água também é vista na diferença populacional existente entre áreas intensamente antropizadas e áreas com baixa densidade demográfica - como as áreas rurais (ANA, 2019).

Nestas condições, torna-se imprescindível que sua presença no ambiente esteja em quantidade e qualidade apropriadas para sua posterior utilização (SOUZA, 2014).

Olivo (2014) aponta que mesmo com essa proporção de água no planeta, ainda há escassez, sobretudo em função da distribuição desigual desse recurso hídrico.

Em contrapartida, ANA (2015) aponta o município de Marabá como pertencente à Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia, numa área correspondente a cerca de 10,8% do território Nacional.

Dadas essas informações, apesar da escassez geográfica de recursos hídricos em diversas localidades a nível global, são possíveis inferir que no município de Marabá, há oferta suficiente de recursos hídricos, entretanto, há um problema: Constantes faltas eracionamentos no fornecimento de água na cidade. Situação esta que acarreta diversos prejuízos à população, além de ferir seus direitos fundamentais.

Com essas informações, propusemos investigar o que está provocando essa situação e fornecer uma resposta acerca dessa questão que é recorrente no município. Uma vez concluído, estará seguindo o ordenamento da Lei Federal Nº 9433 de 1997 (BRASIL, 1997), que tem como um de

seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Além da obrigação legal, os objetivos cumpridos deste trabalho forneceram conhecimentos para a elaboração de ferramentas necessárias para a correção dessas falhas, melhorando a eficiência e eficácia do Sistema de Abastecimento de Água em Marabá-PA, sendo um trabalho de relevância socioambiental, uma vez que, para Chagas (2023), os SAA desempenham um papel crucial na promoção da saúde da população em áreas urbanas e rurais, reduzindo a ocorrência de doenças transmitidas pela água, e para isso, é necessário o seu bom funcionamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar a capacidade operacional do sistema de abastecimento de água do município de Marabá, PA.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Identificar os dados para diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município de Marabá - PA;
- Verificar os pontos de fragilidade do sistema de abastecimento de água;
- Propor medidas mitigadoras para os quadros que apresentarem falha.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 ASPECTOS LEGAIS**

No que tange os critérios legais em matéria de saneamento básico à população, mais especificamente no abastecimento de água, destacam-se:

A Carta Magna Brasileira de 1988 (BRASIL,1988), que emprega, em seu Art. 23, Inciso IX, a competência da União, Estados e Municípios na criação de programas de melhorias de saneamento básico.

A Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938 de 1981 (BRASIL,1981), em seu Art 2º, inciso II aponta a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar como um dos princípios desta Lei.

Outro aspecto a ser considerado está na Lei 9.433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), (BRASIL, 1997), em seu Art 1º, inciso VI, que trata da responsabilidade na gestão dos recursos hídricos, indicando o Poder Público como um dos agentes nessa matéria.

Há, ainda, a Lei Federal Nº 11.445 de 2007 (BRASIL, 2007), que considera, em seu Art 2º, inciso III, o abastecimento de água como um dos princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento básico.

Outra questão relevante encontra-se na PNRH (BRASIL,1997), Art 1º, Incisos I e II, que apontam a água como um bem de domínio público e recurso natural limitado, ressaltando a necessidade de evitar quaisquer perdas a esse bem ambiental.

Por fim, a Lei Municipal Nº 16.885 de 2002 (MARABÁ,2002), que institucionaliza a Política Municipal de Meio Ambiente, aponta em seu Art 3º, inciso VIII o objetivo de garantir o aproveitamento dos recursos naturais de forma ecologicamente equilibrada visando a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais.

Assim sendo, a observância destes aspectos legais garante à população o direito de receber água em suas residências em qualidade e quantidade satisfatória às demandas de cada endereço.

### 3.2 EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

Netto (2015) aponta a equação da continuidade como expressão da lei de conservação das massas. Esta equação expressa que a vazão de entrada sempre é igual a vazão de saída. Esse conhecimento é relevante porque, caso haja discrepância entre essas vazões, significa que está ocorrendo alguma perda no percurso, fazendo-se útil na identificação de perdas neselementos que compõem o SAA. Ela pode ser escrita de acordo com a equação 1:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (1)$$

Dos quais:

A = Área

V = Velocidade

### 3.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

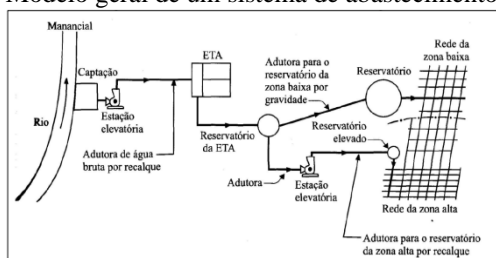
Gomes (2001) afirma que os sistemas de abastecimento de água compreendem o conjunto de obras e equipamentos destinados a suprir as necessidades de consumos doméstico, público e industrial de uma comunidade. Esses sistemas devem fornecer água, em qualidade e quantidade, indistintamente às populações com o menor dispêndio possível.

O autor ainda ressalta que os sistemas de abastecimento de água podem ser divididos em seis partes distintas: manancial, captação, adução, tratamento, reservação e rede de distribuição,

havendo elevação em quaisquer das etapas, desde que necessário. As redes de distribuição são os componentes responsáveis por levar a água ao usuário final nos sistemas de abastecimento de água, de comunidades urbanas e rurais. Há ainda uma sexta parte que deve ser considerada, por tratar-se do início de tudo: os mananciais.

Heller (2010) separa os componentes em três grandes grupos: Unidades de produção, Unidades de distribuição e unidades de transporte. As unidades de produção incluem as unidades a montante do primeiro reservatório do sistema, iniciando-se na captação, passando pela adução de água bruta, tratamento e adução de água tratada. As unidades de distribuição, incluem os reservatórios e a rede de distribuição. As unidades de transporte correspondem ao conjunto composto pelas estações elevatórias e as adutoras correspondentes. A figura 1 apresenta um esquema geral de um SAA

**Figura 1:** Modelo geral de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Silva (2016)

### 3.3.1 Mananciais

Heller (2010) afirma que os mananciais são as fontes de água, a partir de onde é abastecido o sistema. Em linhas gerais, os mananciais podem ser do tipo: Subterrâneo freático ou não-confinado, subterrâneo confinado, superficial sem acumulação, superficial com acumulação e água de chuva.

Netto (2015) afirma que existem dois tipos de mananciais principais na captação de água: os superficiais e subterrâneos.

De acordo com o autor, os mananciais superficiais são os córregos, rios, lagos e reservatórios artificialmente criados, sendo que esses últimos, quando construídos com a finalidade de garantir um determinado volume de água para fins de abastecimento público, passam a fazer parte da captação do sistema.

O autor ainda destaca que os mananciais subterrâneos são as fontes de água aflorante, ou aquíferos freáticos e confinados. Para que a escolha de cada um deles seja feita, são necessários estudos acerca da geologia e hidrologia local, a fim de determinar as vazões disponíveis em cada situação.

### 3.3.2 Captação

De acordo com Heller (2010), a etapa de captação consiste na estrutura responsável pela extração de água do manancial, a fim de torná-la disponível para seu transporte aos locais de utilização. Pode ser de muitas e diferentes formas, em função do tipo de manancial. Seu projeto, sobretudo quando se refere à captação em manancial de superfície, deve considerar cuidadosamente as características físicas do curso d'água e de suas margens, bem como as variações sazonais de vazão, uma vez que se trata de uma unidade de muita responsabilidade no sistema e, por se localizar no curso d'água, fica sujeita à ação das intempéries.

Para o desenvolvimento de projetos para sistemas de captação em mananciais superficiais, Netto (2015) destaca os seguintes itens:

Dados hidrológicos da bacia em estudo e, na falta destes dados referentes a bacias próximas e/ou semelhantes para estudos de correlação entre elas, notadamente no que tange à vazão específica da bacia;

Dados fluviométricos do curso d'água a serem aproveitados e, na sua falta, elementos que digam respeito às oscilações do nível de água nos períodos de estiagem e de enchentes, assim como por ocasião de chuvas torrenciais. Tais informações poderão ser coletadas junto à pessoas conhecedoras da região, moradores das imediações, e corroboradas por marcas típicas nas margens;

Elementos referentes às características físicas, químicas e microbiológicas da água a ser aproveitada, dando especial ênfase à determinação dos eventuais focos poluidores e/ou contaminantes existentes a montante do local de captação escolhido. Deverá ser procedida a coleta de amostras d'água a ser captada para exames de laboratório.

Quanto à captação de águas subterrâneas, Netto (2015) afirma que o diâmetro dos poços varia em função da capacidade de fornecimento de água do aquífero e do processo de abertura e de construção. Normalmente o diâmetro mínimo é de 1 m, por razões construtivas. Em casos de camadas que só possam fornecer água muito lentamente, poderão atingir de 8 a 10 m de diâmetro. Quanto à profundidade, costumam ter menos de 30 m, sendo que a penetração na camada aquífera não ultrapassa cerca de 7 m, dependendo da formação geológica da camada aquífera e da posição do lençol a ser aproveitado. A medida que aumenta o diâmetro e/ou a penetração na camada aquífera (e a profundidade da lâmina líquida), aumenta o volume armazenado. Do poço, a água pode ser bombeada para o local de tratamento e posterior distribuição.

### 3.3.2.1 Potência da bomba

A potência da bomba, de acordo com Netto (2015) é dada pela equação 2:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \sigma_{global}} \quad (2)$$

Dos quais:

$P$  = Potência (CV)

$\gamma$  = Peso específico do fluido (kgf/m<sup>3</sup>)

$Q$  = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

$H_{man}$  = Altura manométrica (m.c.a)

75 = Valor constante da equação

$\sigma_{global}$  = Rendimento do conjunto motor-bomba, dado por meio da equação 3

$$\sigma_{global} = \sigma_{motor} \times \sigma_{bomba} \quad (3)$$

Dos quais:

$\sigma_{global}$  = Rendimento do conjuntor motor-bomba

$\sigma_{motor}$  = Rendimento do motor

$\sigma_{bomba}$  = Rendimento da bomba

### 3.3.3 Adução

Heller (2010) diz que a adução é a fase que se destina a transportar a água, interligando unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição. Em função da água que transporta, pode ser adutora de água bruta ou de água tratada e, em função de suas características hidráulicas, pode ser em conduto livre, em conduto forçado por gravidade ou em recalque. É uma fase que está presente em todas as demais do SAA.

Ainda em matéria de adução, Heller (2010) destaca as Estações Elevatórias. Estas que podem se mostrar necessárias quando a água necessita atingir níveis mais elevados, vencendo desníveis geométricos. Existem sistemas sem estações elevatórias, da mesma forma que existem outros com dezenas (às vezes centenas) delas. Seu emprego é em função, principalmente, do relevo local. Podem ser classificadas segundo a água que recalcam (bruta ou tratada) e o tipo de bomba.



As canalizações principais destinadas a transportar a água entre as unidades de um sistema de abastecimento que antecedem a rede de distribuição dá-se o nome de adutoras. Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de um mesmo sistema. No caso de existirem derivações de uma adutora destinadas a conduzir água até outros pontos do sistema, constituindo canalizações secundárias, estas receberão a denominação de subadutoras. Também são denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro (NETTO, 2015).

### **3.3.4 Tratamento**

O tratamento, de implantação sempre necessária para compatibilizar a qualidade da água bruta com os padrões de potabilidade e proteger a saúde da população consumidora, segundo a Portaria MS nº 518/2004 (BRASIL, 2004). Esta Portaria estabelece as seguintes condições mínimas para o tratamento: Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção; sendo suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração (HELLER, 2010).

De acordo com Netto (2015), o tratamento da água é feito para atender a várias finalidades, sendo estas: Finalidades higiênicas: remoção/diminuição de micro-organismos (bactérias, cistos, vírus, algas, protozoários etc.), de substâncias tóxicas ou nocivas, dissolvidas ou em suspensão, de teores elevados de compostos orgânicos e inorgânicos, de impurezas higienicamente objetáveis ou limitadas por lei; Finalidades estéticas: remoção/correção de cor, de turbidez, de odor, de sabor; Finalidades econômicas: remoção/redução da corrosividade, da incrustabilidade (dureza e outros), da cor, da turbidez, do ferro, do manganês, do odor e do sabor.

Existem, de acordo com o autor, sete processos no tratamento de água, sendo estes: Micropeneiramento, Aeração, Coagulação e Floculação, Decantação/sedimentação, Filtração, Desinfecção, e Tratamento por contato. Cada tecnologia é variável de acordo com os parâmetros da água do manancial.

#### **3.3.4.1 Micropeneiramento**

Para retenção de sólidos finos não coloidais em suspensão, por exemplo, algas. Abertura mínima usual (economicamente): 0,1 mm.

#### 3.3.4.2 Aeração

É necessária uma unidade de aeração para: remoção de gases dissolvidos em excesso nas águas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S); remoção de substâncias voláteis; introdução de oxigênio (inclusive para a oxidação de ferro solúvel, manganês e outros).

#### 3.3.4.3 Coagulação e Floculação

A coagulação é um processo químico que visa aglomerar impurezas que se encontram em "suspensões, ditas finas", em estado coloidal, em "partículas maiores, ditas flocos", que possam ser removidas por sedimentação e/ou filtração. As partículas agregam-se, constituindo formações gelatinosas inconsistentes, denominadas flocos. Os flocos iniciais são formados rapidamente e a eles aderem as outras partículas.

#### 3.3.4.4 Decantação/Sedimentação

Representam a operação de separação de partículas sólidas suspensas na água (normalmente feita dinamicamente). Essas partículas, sendo mais pesadas que a água, tendem a precipitar, verificando-se então os fenômenos designados por decantação e por sedimentação. A água, livre das partículas que decantem, é removida por dispositivos instalados na extremidade oposta à entrada.

#### 3.3.4.5 Filtração

Os filtros são o "coração" das ETAs. Na verdade, pode-se dizer que as demais unidades servem para ajudar os filtros em sua tarefa de reter impurezas e trabalhar mais tempo sem necessidade de serem lavados.

#### 3.3.4.6 Desinfecção

A desinfecção da água para fins de abastecimento constitui medida que, em caráter corretivo ou preventivo (quando tem efeito residual), deve ser obrigatoriamente adotada em todos os sistemas. Só um processo de desinfecção bem controlado, antes da água atingir o ponto de consumo, é que poderá garantir a qualidade da água, do ponto de vista de saúde pública.

#### 3.3.4.7 Tratamento por contato

O tratamento por contato consiste em promover o contato da água com um material predeterminado a fim de reter substâncias indesejáveis presentes na água.

### 3.3.5 Reservação

A respeito da reservação, Heller (2010) afirma que eles se destinam, entre outras funções, a realizar a compensação entre a vazão de produção, oriunda da captação-adução- tratamento, que em geral é fixa ou tem poucas variações e as vazões de consumo, variáveis ao longo das horas do dia e ao longo dos dias do ano. Podem assumir diferentes formas, em função de sua posição no terreno (apoiado, elevado, semi-enterrado, enterrado) e de sua posição em relação à rede de distribuição (de montante ou de jusante).

Netto (2015) diz que os reservatórios de distribuição podem satisfazer às condições seguintes:

- Funcionar como pulmões (compensação, "volantes") da distribuição, atendendo à variação horária do consumo (volume útil);
- Prover uma reserva de água para picos de consumo durante combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender as condições de emergência (acidentes, reparos nas instalações, interrupções da adução e outras);
- Permitir manobras de bombeamento nas horas de tarifa de eletricidade elevada (se demonstrado ser econômico).

Para o autor, para satisfazer à primeira condição, os reservatórios, empiricamente, devem ter capacidade superior de 1/8 a 1/6 do volume consumido em 24 horas.

Ainda de acordo com Netto, 2015, para atender à segunda condição, será necessário considerar uma parcela só operável nessas situações, ou seja, a saída de água operacional fica acima do fundo e a saída de incêndio, no fundo, necessitando operação dos bombeiros.

A terceira condição, "parcela para emergência", dependerá muito das condições locais e do critério do engenheiro.

Por fim, de acordo com o autor, para a quarta condição, é importante um trabalho cuidadoso a respeito, mostrando que o investimento inicial será compensado, ou não, pela economia de energia nas horas de pico e que não se está trocando uma coisa por outra, pois o que se podia aduzir e/ou bombear em 24 horas pode passar a ter de ser feito em 20 horas, aumentando diâmetros etc. É possível que a operação inteligente das "folgas" do reservatório, especialmente antes de se alcançar o último ano do horizonte de projeto possibilite economias interessantes, sem alterar o volume.

### 3.3.6 Rede de distribuição

Por fim, em matéria de rede de distribuição, Heller (2010) descreve a Rede de Distribuição como a parte composta de tubulações, conexões e peças especiais, localizados nos logradouros públicos, e tem por função distribuir água até residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e

locais públicos. Pode assumir configurações bastante simples até extremamente complexas, em função do porte, da densidade demográfica, da distribuição e da topografia da área abastecida.

Netto (2015) diz que a rede é a unidade do sistema que conduz a água aos pontos de consumo (residências, indústrias etc.) de forma adequada, nas quantidades desejadas, sob as pressões estabelecidas e preservando a qualidade do líquido. É constituída por um conjunto de tubulações, conexões e peças acessórias especiais, que normalmente acompanha o traçado das ruas e calçadas formando uma "rede" igual à da malha de ruas de uma cidade.

O autor ainda explica que O SAA deve ser "setorizado" de forma tal que se possam criar setores de macromedição para comparar com o somatório da micromedição no setor e manter as "perdas" sob controle.

#### 3.3.6.1 Condições para o bom funcionamento do sistema de abastecimento de água

Netto (2015) determinou 11 condições para ajudar a garantir o bom funcionamento do SAA, sendo estas:

O primeiro é de que sistema deve ser "setorizado" de forma tal que se possam criar setores de macromedição para comparar com o somatório da micromedição no setor e manter as "perdas" sob controle.

Os sistemas de distribuição de água devem ser projetados e construídos para funcionar, durante todo o tempo (continuamente), com uma pressão adequada em qualquer ponto da rede. Os marcos regulatórios devem estabelecer, estatisticamente, as interrupções permitidas para cobrir acidentes, manutenções etc.

No segundo é dito que os vazamentos (perdas físicas) nas canalizações devem ser limitados a valores normalmente aceitos (é impossível obter 100% de estanqueidade numa rede enterrada com diferentes materiais, conexões, idades etc). Normalmente esse número deve ficar abaixo dos 10%, mas é muito difícil separar o que é vazamento de rede e conexões (ligações domiciliares antes dos hidrômetros) do que é água não medida (por exemplo, erros para menos dos hidrômetros).

Para o terceiro, o sistema deve ser "setorizado" de forma tal que se possam criar setores de macromedição para comparar com o somatório da micromedição no setor e manter as "perdas" sob controle.

O quarto impõe que sistema deve incluir válvulas e dispositivos de descarga em todos os pontos convenientes para possibilitar reparos e descargas, sempre que houver necessidade, setorizando e minimizando as interrupções ou desconformidades no abastecimento.

O quinto decide que segurança qualitativa da água deve ser mantida em toda a rede, todo o tempo, dentro dos parâmetros (limites) permitidos.

No sexto é dito que sistema deve estar protegido contra poluição externa, os reservatórios para água já considerada potável devem ser cobertos e totalmente protegidos.

O sétimo prevê que deve ser evitada qualquer possibilidade de introdução de água de qualidade inferior na rede. As canalizações de água potável devem evitar ficar imersas em líquidos poluídos (água de subsolo, cruzar canais etc.).

No oitavo, a rede deve ser planejada para assegurar uma boa circulação da água, tolerando-se um número mínimo de pontas sem circulação.

Considerando o nono, a rede deve ser mantida em condições sanitárias, evitando-se todas as possibilidades de contaminação durante a execução de reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos.

No décimo, por ocasião do assentamento de novas canalizações e de reparos nas linhas existentes, deve-se cuidar da desinfecção das tubulações com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro/litro de água), durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se as canalizações com água limpa. Essa operação pode e deve ser controlada por análises microbiológicas.

E por fim, para o décimo primeiro, sempre que possível, as canalizações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a mais de 3 m dos esgotos. Nos cruzamentos, a distância vertical não deve ser inferior a 1,80 m. Quando não for possível guardar essa separação, recomendam-se cuidados especiais para a proteção da canalização de água contra contaminação pelos esgotos. Esses cuidados podem incluir revestimento dos condutos de esgotos ou emprego de tubos de ferro dúctil.

#### **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido como um Estudo de Caso, que de acordo com Ventura (2007), tem origem na pesquisa médica e na pesquisa psicológica, com a análise de modo detalhado de um caso individual que explica a dinâmica e a patologia de uma doença dada. Com este procedimento se supõe que se pode adquirir conhecimento do fenômeno estudado a partir da exploração intensa de um único caso. Aplicando à Engenharia, tem-se esta metodologia como a análise de um problema existente para a obtenção de um diagnóstico.

Este estudo classifica-se como exploratório, apresentando análises quali-quantitativas, uma vez que se propôs a procurar a razão do problema existente em Marabá por meio de cálculos, e ainda propor as devidas soluções com base nos resultados encontrados.

Rangel, Rodrigues e Mocarzel (2018) destacam que a abordagem quantitativa é aquela que possibilita a realização de análises de dados de investigações, buscando mensurá-los e dimensioná-los para o que se pretende observar, não só seus fundamentos e características, como alguns aspectos que podem ser referenciais de comparações com pesquisas qualitativas, observando-se também, numa perspectiva de complementaridade, a opção qualiquantitativa

Martelli, et al (2020) ressalta que a pesquisa exploratória também pode ser definida como estudo que tem por objetivo conhecer a variável de estudo tal como ele se apresenta, seu significado e o contexto onde está inserido.

#### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

De acordo com IBGE (2022), o município de Marabá possui cerca de 266 mil habitantes, com área de aproximadamente 15.128 km, localizado no sudeste do Estado do Pará, com as coordenadas Latitudinais -5,36997 e Longitudinais -49,1169, com acesso por meio da BR 230 (Rodovia Transamazônica). A figura 2 apresenta o mapa de localização da zona urbana, onde está instalado o SAA. Não há informações sobre o mapa da rede.

**Figura 2:** Mapa de localização da cidade de Marabá



**Fonte:** Autores, 2024

#### 4.2 COLETA DE DADOS

Nesta etapa, foram retirados os dados do Ofício Externo N° 004/2023 (COSANPA,2023), da Coordenação Geral da COSANPA UN-TO, de 20 de outubro de 2023.

O ofício foi elaborado pelos autores deste trabalho, e solicitou todas as informações referentes ao SAA de Marabá-PA para que, por meio destes fossem realizados os cálculos necessários para cumprir os demais objetivos específicos deste trabalho.

Os dados solicitados foram: Descrição da estrutura do SAA, Capacidade de tratamento das Estações, Vazões de captação, Vazões produzidas efetivamente pelas ETA's, Vazão de saída das

elevatórias das ETA's, Capacidade dos reservatórios apoiados, capacidade dos reservatórios elevados, vazão das bombas para cada reservatório elevado e qual o período diário bombeado a cada setor.

#### 4.3 DETECÇÃO DAS FRAGILIDADES

Na detecção das fragilidades, foram realizados cálculos utilizando os números obtidos por meio da coleta de dados, levando em consideração os seguintes aspectos:

##### 4.3.1 Eficiência do sistema de captação

Para determinar se a vazão de captação é suficiente, foi feito o uso do princípio da continuidade adaptado à equação 4:

$$Q_c \geq Q_{eta} \quad (4)$$

Dos quais:

$Q_c$  = Vazão distribuída pela captação

$Q_{eta}$  = Vazão total da ETA

O uso desta equação justifica-se sob o argumento de que, por meio dela é possível determinar se a captação tem vazão suficiente para abastecer a ETA ou não. Não sendo cumpridas essas condições, é possível afirmar que a vazão de captação é insuficiente.

##### 4.3.2 Capacidade de tratamento das etas

Para determinar se as estações de tratamento têm capacidade de tratamento para suprir a captada, foi utilizada a também adaptada do princípio da continuidade equação 5:

$$Q_{eta} \leq Q_p \quad (5)$$

Dos quais:

$Q_{eta}$  = Capacidade total da ETA

$Q_p$  = Vazão produzida

Caso a afirmativa da equação 5 seja verdadeira, é possível inferir que a ETA está trabalhando em sua plena capacidade. Do contrário, a questão que impedi-la de ser real deve ser investigada e sanada.



#### 4.3.3 Eficiência da elevação

Para definir se a vazão de elevação é suficiente, a equação utilizada é análoga à da vazão de captação. Equação 6.

$$Q_e \geq Q_{eta} \quad (6)$$

Dos quais:

$Q_e$  = Vazão de elevação

$Q_{eta}$  = Vazão produzida pela ETA

Sendo cumpridos os requisitos dessa equação, é determinável a eficiência das estações elevatórias após o tratamento. Sendo aspecto fundamental para dar vazão à água tratada na Estação.

#### 4.3.4 Capacidade dos reservatórios apoiados

Para determinar se os reservatórios apoiados estão cumprindo a sua função de manter estável a vazão na distribuição do sistema de abastecimento fora usada a equação 7:

$$Cap \geq 1/6 Q_e \quad (7)$$

Dos quais:

$Cap$  = Capacidade do reservatório

$Q_e$  = Vazão na entrada do reservatório em uma hora

Para determinar se estes são capazes de funcionar como reservas de emergência, foi adotada a equação 8:

$$Cap \geq 2 Q_e \quad (8)$$

Dos quais:

$Cap$  = Capacidade do reservatório

$Q_e$  = Vazão na entrada do reservatório em uma hora

A constante “2” foi aplicada nessa equação como valor arbitrário, que Netto (2015) afirma possível de ser utilizado na situação de reserva de emergência

#### 4.3.5 Capacidade dos reservatórios elevados

De modo análogo ao cálculo dos reservatórios apoiados, para determinar se os reservatórios elevados têm capacidade suficiente para atuar como pulmões, foi utilizada a equação 9:



$$\text{Cap} \geq 1/6Q_e \quad (9)$$

Dos quais:

Cap = Capacidade do reservatório

$Q_e$  = Vazão instantânea de entrada do reservatório em uma hora

Para determinar se estes são capazes de funcionar como reservas de emergência, foi adotada a equação 10:

$$\text{Cap} \geq 2Q_e \quad (10)$$

Dos quais:

Cap = Capacidade do reservatório

$Q_e$  = Vazão instantânea de entrada do reservatório em uma hora

Para os reservatórios elevados, foram utilizados os mesmos critérios e justificativas dos reservatórios apoiados.

#### 4.3.6 Eficiência da rede de distribuição

Para determinar se a rede é capaz de dar vazão a toda água tratada que chega nos reservatórios, foram adotados parâmetros qualitativos, como a eficiência da micromedição, precisão da detecção de nível dos reservatórios e não havendo nenhum destes, as estimativas de consumo da companhia, uma vez que não foram obtidos dados quantitativos para essa etapa do SAA.

### 4.4 CORREÇÃO DAS FRAGILIDADES

Após a avaliação dos principais aspectos, foi considerada uma proposta de solução para cada possível problema de acordo com os indicadores avaliados:

#### 4.4.1 Eficiência do sistema de captação e elevação

Ocorrendo problemas de captação, a primeira possível solução é aumentar a potência de bombeamento, que de acordo com Netto (2015), devem respeitar o fluido utilizado (água), altura manométrica, eficiência da bomba, vazão de projeto e uma constante igual a 75.

Como segunda opção, há ainda a solução que consiste em ligar mais de uma bomba simultaneamente, caso haja, mas isso demanda um estudo prévio das condições do manancial e das instalações nas quais os equipamentos estão situados: O principal quesito que deve ser aqui avaliado

é se as bombas receberão a carga positiva mínima de sucção (NPSH) necessária para que não ocorra a cavitação.

#### **4.4.2 Capacidade de tratamento das etas**

Havendo problema nas Estações de Tratamento, a solução é verificar possíveis aparelhos com mau funcionamento ou estruturas danificadas durante o processo e, caso não haja, deve-se realizar o projeto de instalação de uma expansão ou de uma nova Estação considerando as demandas atuais e futuras.

#### **4.4.3 Capacidade dos reservatórios apoiados e elevados**

Sempre que a reservação for insuficiente para quaisquer dos seus propósitos, é necessária a construção de novos reservatórios a fim de ampliar a sua capacidade.

#### **4.4.4 Eficiência da rede de distribuição**

Como este tópico trabalhou com dados qualitativos, havendo aqui um problema a solução é também qualitativa, de implementação ou melhoria dos materiais e métodos de micromedição, nível de reservatórios e estimativa de consumo de acordo com a necessidade.

Os dados de micromedição são fundamentais para que a concessionária mantenha as perdas sob controle, de acordo com Netto (2015), mas esta tecnologia também permite que se tenha o conhecimento da demanda de cada consumidor individualmente não havendo estimativas de consumo.

O conhecimento instantâneo do nível dos reservatórios corrobora com os itens um, três e oito de Netto (2015) e na prática é capaz de fornecer dados instantâneos de consumo e demanda dos endereços, além de permitir que sejam coletados dados estatísticos para o desenvolvimento de pesquisas.

A estimativa de consumo é fundamental principalmente em caso de ausência dos dois tópicos anteriormente discutidos, pois por meio dele, mesmo que sem tamanha precisão é possível estimar as demandas e redimensionar os pontos de maior fragilidade de acordo com os valores encontrados.

### **4.5 RELAÇÃO PROBLEMA X SOLUÇÃO**

A tabela 1 apresenta uma matriz de relação problema x solução considerando todos os problemas que podem ser encontrados por meio das equações apresentadas no item 4.3 deste trabalho e todas as suas possíveis soluções.

**Tabela 1:** Matriz da relação Problema x Solução para Marabá-PA

Problema	Solução
Captação insuficiente	Aquisição de novas bombas
	Ligação simultânea de bombas
Tratamento insuficiente	Expansão das instalações
	Construção de novas ETA's
Elevação insuficiente	Aquisição de novas bombas
	Ligação simultânea de bombas
Baixa capacidade dos reservatórios	Construir mais reservatórios
Micromedição insuficiente ou nula	Implementar tecnologias eficientes
Falha na aferição de nível dos reservatórios	Implementação de tecnologias eficientes
Estimativa de consumo falha ou ausente	Elaboração de trabalhos técnico-científicos que aprofundem essa questão

Fonte: Autores, 2023

Vale ressaltar que para cada um dos problemas que possuem múltiplas soluções, deve-se levar em consideração o contexto: A ligação simultânea de bombas só será possível caso haja equipamentos extras, do contrário, será necessária a compra de novas e a construção de novas ETA's só será necessária caso não for possível expandi-las seja por falta de espaço ou logística.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 COLETA DE DADOS

Nesta etapa, foram retirados os dados do Ofício Externo N° 004/2023 (COSANPA,2023), da Coordenação Geral da COSANPA UN-TO, de 20 de outubro de 2023.

#### 5.1.1 Quanto à estrutura do saa

O Sistema de Abastecimento de Água de Marabá é dividido em dois, contando com duas Estações de Tratamento de Água (ETA) situadas nos núcleos Nova Marabá e Marabá Pioneira, como mostrado na figura 3.

**Figura 3:** Localização das ETA's de Marabá



Fonte: Autores, 2024

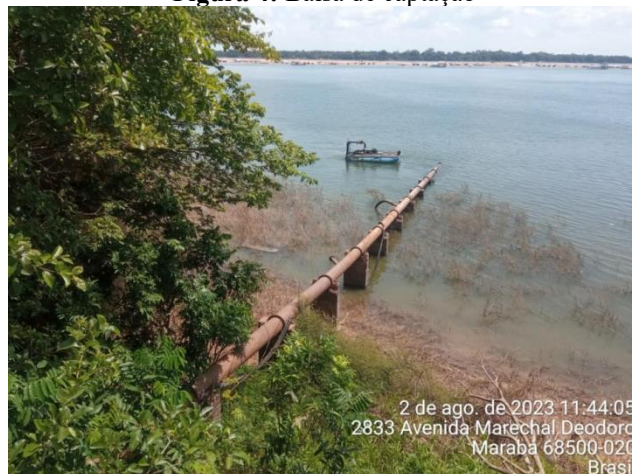
#### 5.1.1.1 SAA Marabá Pioneira

O Sistema da ETA Marabá Pioneira conta com captação própria, sendo a água captada, tratada, armazenada em reservatório apoiado e distribuída diretamente à população por meio de uma estação elevatória. Essa Estação fornece recurso hídrico apenas para o núcleo onde está instalada.

##### 5.1.1.1.1 Captação

A captação de água bruta para esse sistema é realizada em manancial superficial (Rio Tocantins) e utiliza-se de uma bomba do tipo superficial, como apresentado na figura 4.

**Figura 4:** Balsa de captação

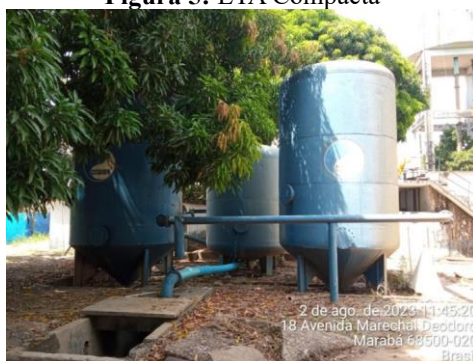


**Fonte:** COSANPA, 2023

##### 5.1.1.1.2 ETA Compacta

O tratamento da ETA é dividido em duas partes, sendo uma delas uma Estação compacta, e a outra com os elementos de uma ETA convencional. A figura 5 apresenta as estruturas da ETA Compacta.

**Figura 5:** ETA Compacta



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.1.3 Casa de química

A ETA ainda conta com uma pequena instalação, como apresentada na figura 6, destinada à depositar e aplicar os produtos químicos para o tratamento de água, sobretudo o cloro (Cl) para desinfecção do recurso hídrico e demais soluções coagulantes para o processo de decantação.

**Figura 6:** Casa de química



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.1.4 Filtro russo

Após o processo de coagulação, floculação, geralmente assistidos por produtos químicos, a água passa por filtros, como os da figura 7, para a retenção de todas as impurezas que não são toleráveis para enfim passar pelo processo de cloração e ser distribuída.

**Figura 7:** Filtro russo



**Fonte:** COSANPA, 2023



#### 5.1.1.1.5 Casa de bombas

A Estação conta ainda com uma pequena casa de bombas que atua como Estação Elevatória, de acordo com a figura 8. Esta estrutura contém as bombas que dão vazão à água para o reservatório apoiado do Sistema.

**Figura 8:** Casa de bombas



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.1.6 Reservatório apoiado

O Reservatório apoiado apresentado na figura 9 recebe a água tratada da Estação, armazena-a e distribui-a com o auxílio de bombas para a população. Nesse Sistema não há reservatórios elevados, sendo o recurso hídrico bombeado diretamente às residências das pessoas.

**Figura 9:** Reservatório apoiado



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2 SAA Nova Marabá

O sistema da ETA Nova Marabá é mais complexo: Também contando com captação nas próprias instalações da Estação, a água é captada por bombas superficiais e poço de captação, tratada e bombeada na ETA até dois reservatórios apoiados localizados em outro endereço, mas no mesmo núcleo, onde o recurso hídrico é armazenado e distribuído via bombeamento para todos os reservatórios elevados nos setores em que a COSANPA atende no município de Marabá. Uma vez nesse estágio, ocorre o abastecimento via gravidade aos endereços.

##### 5.1.1.2.1 Captação

No Sistema Nova Marabá também ocorre a captação em manancial superficial (Rio Tocantins) e com bombas superficiais, de acordo com a figura 10. Mas esse sistema ainda conta com um poço superficial de 600mm de diâmetro para retirada de água bruta do rio, como demonstrado na figura 11.

**Figura 10:** Bombas superficiais de captação ETA



Fonte: COSANPA, 2023

**Figura 11:** Poço de captação ETA



Fonte: COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.2 Casa de química

Assim como a outra ETA, a Nova Marabá possui uma estrutura, demonstrada na figura 12, destinada à armazenagem e aplicação dos produtos químicos do tratamento, sobretudo o Cloro (Cl) e demais substâncias flocculantes para o processo de decantação

**Figura 12:** Casa de química ETA



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.3 Decantadores e Filtros

Essa Estação conta com decantadores, como apresentados na figura 13, que têm como função reter os sólidos em suspensão coagulados no fundo dos seus reservatórios para reduzir a obstrução dos filtros apresentados na figura 14.

**Figura 13:** Decantadores ETA



**Fonte:** COSANPA, 2023



**Figura 14:** Filtros ETA



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.4 Estação Elevatória da ETA

A ETA conta com uma Estação Elevatória interna, como apresentada na figura 15, que tem como função bombear a água tratada para uma outra Estação Elevatória que detêm os reservatórios apoiados para o armazenamento da água, os reservatórios elevados para distribuição no núcleo Nova Marabá e bombeará a água para os demais reservatórios elevados.

**Figura 15:** Estação Elevatória ETA



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.5 Reservatórios apoiados

Já na Estação Elevatória, existem dois reservatórios apoiados, apresentados nas figuras 16 e 17, que comportam toda a água produzida na ETA, e dará vazão, com o auxílio de bombas para todos os reservatórios elevados nos quais o SAA Nova Marabá distribui.

**Figura 16:** 1º Reservatório apoiado Estação Elevatória



**Fonte:** COSANPA, 2023

**Figura 17:** 2º Reservatório apoiado Estação Elevatória



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.6 Casa de bombas

A Estação Elevatória possui uma casa de bombas com 5 bombas: Duas trabalhando para o setor Nova Marabá e três trabalhando para os setores Cidade Nova e Laranjeiras. Figura 18.

**Figura 18:** Casa de bombas Estação Elevatória



**Fonte:** COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.7 Reservatórios elevados Nova Marabá

A Estação Elevatória ainda conta com um par de reservatórios elevados que distribuem água para o setor na qual ela está situada (Nova Marabá). Figura 19.

**Figura 19:** Reservatórios elevados Estação Elevatória



Fonte: COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.8 Reservatório elevado Cidade Nova

No Reservatório elevado da Cidade Nova, há uma pequena estação elevatória para auxiliar na distribuição para os endereços desse núcleo. Figura 20.

**Figura 20:** Reservatório elevado Cidade Nova



Fonte: COSANPA, 2023

#### 5.1.1.2.9 Reservatório elevado Laranjeiras

No bairro Laranjeiras há também um reservatório elevado que possui a mesma função dos demais: Distribuir água aos consumidores finais. Figura 21.

**Figura 21:** Reservatório elevado Laranjeiras



**Fonte:** COSANPA, 2023

### **5.1.2 Quanto à capacidade de tratamento das estações**

- Nova Marabá: 3600m<sup>3</sup>/h;
- Marabá Pioneira: 300m<sup>3</sup>/h.

### **5.1.3 Quanto à vazão captada**

- Nova Marabá: 900 m<sup>3</sup>/h do poço e 800m<sup>3</sup>/h superficiais, totalizando 1700m<sup>3</sup>/h;
- Marabá Pioneira: 300m<sup>3</sup>/h.

### **5.1.4 Quanto à vazão produzida**

- Nova Marabá: 1700m<sup>3</sup>/h;
- Marabá Pioneira: 280m<sup>3</sup>/h.

### **5.1.5 Quanto à vazão de saída das estações elevatórias das etas**

- Nova Marabá: Três bombas de 1500m<sup>3</sup>/h, mas só funciona uma por vez;
- Marabá Pioneira: 300m<sup>3</sup>/h.

### **5.1.6 Quanto à capacidade dos reservatórios apoiados**

- Nova Marabá: Dois reservatórios com 3000m<sup>3</sup> cada, totalizando 6000m<sup>3</sup>;
- Marabá Pioneira: Um reservatório com 150m<sup>3</sup>.



### **5.1.7 Quanto aos setores de abastecimento e seus reservatórios elevados:**

- Setor Nova Marabá: Com dois elevados de 1000m<sup>3</sup> de capacidade cada, totalizando 2000m<sup>3</sup>;
- Setor Novo Horizonte: Com um elevado de 1000m<sup>3</sup> de capacidade;
- Setor Laranjeiras: Com um elevado de 1000m<sup>3</sup> de capacidade;

Todos esses setores são abastecidos pela ETA Nova Marabá. O último setor é o Setor Marabá Pioneira, sem reservatório Elevado, com bombeamento direto.

### **5.1.8 Quanto à vazão de bombeamento para cada setor**

- Setor Nova Marabá: duas bombas de 780m<sup>3</sup>/h, totalizando 1560m<sup>3</sup>/h;
- Setor Novo Horizonte e Laranjeiras: 880m<sup>3</sup>/h;
- Setor Marabá Pioneira: O mesmo produzido pela ETA: 280m<sup>3</sup>/h.

### **5.1.9 Quanto ao período de bombeamento diário para cada setor:**

- Setor Nova Marabá: 18 horas;
- Setor Novo Horizonte: 8 horas;
- Setor Laranjeiras: 3 horas;
- Setor Marabá Pioneira: Sem reservatório elevado.

## **5.2 DETECÇÃO DAS FRAGILIDADES**

### **5.2.1 Quanto à eficiência de captação**

No que diz respeito à captação, não foram detectadas perdas na ETA Nova Marabá, porém há uma perda de 20m<sup>3</sup>/h na ETA Marabá Pioneira. De acordo com Kusterko et al (2018), as perdas de água no sistema de abastecimento de água são definidas como a discrepância entre a quantidade de água produzida e a quantidade medida nos pontos de consumo. Essas perdas podem manifestar-se em diversas fases de um sistema de abastecimento de água, desde o processo de captação até a entrega final ao ponto de consumo. Essas perdas são justificáveis em virtude da idade da ETA, que é responsável pela deterioração das tubulações, reservatórios, decantadores e filtros, e caso não haja a manutenção periódica dessas instalações, ocorrerão perdas significativas.

Tratando-se da relação captação x tratamento, não há problemas com a ETA Marabá Pioneira, mas na ETA Nova Marabá, há uma problemática considerável nesse aspecto, dada a diferença de 1900m<sup>3</sup> entre vazão captada e capacidade de tratamento da Estação.

A COSANPA foi questionada sobre essa discrepância, e a resposta recebida foi de que ela ocorre em virtude da idade do poço de captação, que não é ampliado há mais de 40 anos e já não é mais capaz de dar vazão demandada pela população, explicando também a presença de bombas na superfície do rio Tocantins para captação auxiliar.

### **5.2.2 Quanto à capacidade de tratamento das eta's**

Como discutido no item anterior, a ETA Marabá Pioneira está funcionando em plena capacidade, tratando toda a água captada, não havendo problemas nesse ponto.

Quanto à ETA Marabá Pioneira, ela não está funcionando em plena capacidade, mas isso é dado em função do problema existente na captação, que é insuficiente, também não havendo margem para apontar problemas nesse aspecto.

### **5.2.3 Quanto à eficiência da elevação**

O SAA Marabá Pioneira possui vazão de elevação superior à da ETA, sendo suficiente para abastecer o reservatório.

O SAA Nova Marabá possui vazão de elevação inferior à produzida pela ETA, sendo assim, insuficiente para drenar a água tratada em tempo hábil.

### **5.2.4 Quanto à capacidade dos reservatórios apoiados**

O reservatório apoiado do SAA Marabá Pioneira possui capacidade equivalente a metade da vazão distribuída em uma hora, sendo aplicável como pulmão do sistema, de acordo com Netto (2015), não havendo problemas nesse cenário, mas pouco eficiente para reservação de emergência

Quanto ao SAA Nova Marabá, a capacidade dos reservatórios é quatro vezes superior ao volume que recebem por hora, sendo também suficientes para cumprir sua função e funcionais para reserva de emergência.

### **5.2.5 Quanto à capacidade dos reservatórios elevados**

O SAA Marabá Pioneira não conta com elevados.

O SAA Nova Marabá, em todos os setores possui reservatórios com capacidade superior ao bombeado em uma hora para eles, porém inferiores ao fornecido de acordo com o tempo total diário, sendo possível afirmar que eles cumprem a função de pulmões devidamente, mas não havendo margem para reservação de emergência.

### 5.2.6 Quanto à eficiência da distribuição

Esses pontos foram trabalhados dados qualitativos em virtude da ausência de informações matemáticas e estatísticas da COSANPA a respeito do sistema. Sendo a análise limitada à micromedição, estimativas de consumo e níveis dos reservatórios água. Dados estes também inexistentes dada a ausência de quaisquer desses três materiais e métodos à disposição da concessionária.

A falha na micromedição é motora de uma série de outros problemas, como a impossibilidade de detecção de perdas que não são visíveis a olho nu, como furtos de água e vazamentos menores.

Outro problema que essa questão traz é a impossibilidade de haver conhecimento a respeito da demanda de água dos endereços. Os períodos de bombeamento para cada elevado foram elegidos de forma empírica e passam por grande variação em função da época do ano, reservatórios cheios antes do tempo total ou reclamações de falta de água nos setores.

A ausência de tecnologias que monitorem os níveis dos reservatórios colabora ainda mais para que exista esse cenário. Caso houvesse ciência dessas alturas seria possível prever onde irá faltar água de forma mais eficiente e eficaz.

Por fim, como não há sequer estimativas de consumo da concessionária, torna-se de grande dificuldade a determinação de quais foram, são e serão as demandas de água do município. Sem essas informações será um grande desafio sanar a questão das faltas e racionamentos no município.

## 5.3 RELAÇÃO PROBLEMA X OCORRÊNCIA

As tabelas 2 e 3 apresentam a relação problema x ocorrência em cada um dos sistemas. Estas relações levaram em consideração a coluna 1 da tabela 1 deste trabalho, que faz o levantamento de todos os possíveis problemas, agora apontando a ocorrência ou não desses em cada caso estudado. As soluções foram propostas conforme o contexto no qual encontram-se os sistemas no item 5.4.

**Tabela 2:** Matriz de relação Problema x Ocorrência SAA Marabá Pioneira

Problema	Ocorrência
Captação insuficiente	-
Tratamento insuficiente	-
Elevação ineficiente	-
Baixa capacidade dos reservatórios apoiados	X
Baixa capacidade dos reservatórios elevados	-
Micromedição insuficiente ou nula	X
Falha na aferição de nível dos reservatórios	X
Estimativa de consumo falha ou ausente	X

**Fonte:** Autores, 2023

**Tabela 3:** Matriz de relação Problema x Ocorrência SAA Nova Marabá

Problema	Ocorrência
Captação insuficiente	X
Tratamento insuficiente	-
Elevação insuficiente	X
Baixa capacidade dos reservatórios apoiados	-
Baixa capacidade dos reservatórios elevados	X
Micromedição insuficiente ou nula	X
Falha na aferição de nível dos reservatórios	X
Estimativa de consumo falha ou ausente	X

**Fonte:** Autores, 2023

## 5.4 CORREÇÃO DAS FRAGILIDADES

### 5.4.1 Quanto à eficiência de captação

A captação não tem grandes problemas no SAA Marabá Pioneira, sendo a perda detectada solucionável com uma inspeção das tubulações internas e estruturas da ETA

Agora essa questão é potencialmente o maior problema do SAA Nova Marabá, uma vez que ela não está operando a pico em virtude dessa falha, e não somente ela, mas todo o sistema padece pois falta água.

A solução para esse ponto pode vir tanto na construção de outro poço, quanto na adição de mais bombas superficiais no rio, e a potência necessária para que a ETA consiga funcionar a plena capacidade é, de acordo com a equação de Netto (2015), considerando uma eficiência de 75% e uma altura manométrica de 12 metros é de aproximadamente 113 cv.

A COSANPA informou ainda que está trabalhando nessa fragilidade com a aquisição de novas bombas subterrâneas.

### 5.4.2 Quanto à capacidade de tratamento das eta's

Como não houve nenhuma detecção significativa com os dados obtidos nesse trabalho, não há a necessidade de propor melhorias para as Estações de Tratamento.

### 5.4.3 Quanto à eficiência da elevação

A elevação do SAA Marabá Pioneira é superior à vazão produzida pela ETA, sendo assim, suficiente.

A elevação do SAA Nova Marabá, portanto, possui vazão 200m<sup>3</sup> inferior à produzida pela Estação de tratamento, porém, esta falha é facilmente corrigível com a ligação periódica de uma segunda bomba para compensar essa discrepância, não sendo uma questão grave.



#### **5.4.4 Quanto à capacidade dos reservatórios apoiados**

Quanto aos reservatórios apoiados, sugere-se a construção de um novo reservatório para o SAA Marabá Pioneira para que possa cumprir com mais eficácia a sua atribuição de reserva de emergência, evitando que a população fique sem água.

#### **5.4.5 Quanto à capacidade dos reservatórios elevados**

Para os elevados, sugere-se também a construção de novos reservatórios, pois por mais que não seja a reserva a principal atribuição destes, devido ao fato de não existir conhecimento acerca de micromedição e níveis de água uma maior quantidade dessas estruturas assegurará melhor, por ora, o abastecimento contínuo de recurso hídrico às residências.

#### **5.4.6 Quanto à eficiência da distribuição**

No que diz respeito à rede de distribuição, a proposta inicial é que a concessionária realize um estudo técnico-científico a fim de determinar uma metodologia de estimativa de consumo de água. Este estudo sanará parcialmente uma das maiores dificuldades da COSANPA atualmente que é saber onde irá faltar água e servirá de subsídio para o dimensionamento de sensores de nível e equipamentos de micromedição que deverão vir futuramente para que essa problemática seja solucionada em definitivo.

### **6 CONCLUSÃO**

A água é um direito fundamental ao ser humano, sendo obrigatório o seu fornecimento em qualidade e quantidade suficiente para atender às demandas da população. Com vistas a esse critério, este trabalho encontrou graves falhas no SAA de Marabá, sobretudo na parte de captação e rede de distribuição. A captação encontra-se em situação de extrema discrepância com a real capacidade de tratamento da ETA, prejudicando gravemente a eficiência e eficácia de todo o restante do sistema, sendo a maior responsável pela insuficiência do abastecimento, seguida da ausência de tecnologias na rede de distribuição, que não conta com qualquer técnica, estudo ou conhecimento para a sua gestão, sendo a sua manutenção feita exclusivamente de maneira corretiva e quando há a detecção de um grande vazamento a olho nu: Todos os demais problemas são indetectáveis atualmente devido ao desconhecimento das características da rede.

Por fim, conclui-se que o Sistema de Abastecimento de Água de Marabá possui grande potencial de funcionar seguindo corretamente todas as diretrizes necessárias, porém há dois cenários conflitantes: Um dotado de altas tecnologias com um grande potencial desperdiçado pela

frente antiga e datada, que além de tudo entrega sinais de falta de manutenção adequada. Para que o problema dessa pesquisa seja solucionado em definitivo, propõe-se a consideração da COSANPA em avaliar as melhorias aqui propostas por meio de estudos técnico-científicos para comprovar a viabilidade técnica, econômica e ambiental destas e então implantá-las da melhor maneira possível, oferecendo acesso ao bem ambiental a todos e com a qualidade necessária.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional do Águas. ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília, 2019.

ANGEL, Maria; RODRIGUES, Jéssica do Nascimento; MOCARZEL, Marcelo. Fundamentos e princípios das opções metodológicas: Metodologias detalhadas e procedimentos quali-quantitativos de pesquisas. *Omnia*, v. 8, n. 2, pág. 05-11, 2018.

**Boller, Christian.** Química analítica qualitativa [recurso eletrônico] / Christian Boller, Josemere Both, Ana Paula Helfer Schneider ; [revisão técnica : Lucimar Filot da Silva Brum]. Porto Alegre : SAGAH, 2018. Editado como livro impresso em 2018. ISBN 978-85-9502-799-2 1. Química analítica qualitativa. I. Both, Josemere. II. Schneider, Ana Paula Helfer. III. Título

BRASIL. [Constituição (1988)]. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL.** 1988.

BRASIL. **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981.** Regulamento Mensagem de veto (Vide Decreto de 15 de setembro de 2010) Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, 31 ago. 1981.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997.

BRASIL. **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. 2007.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **DO CONTROLEE DA VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SEU PADRÃO DE POTABILIDADE,** 2017.

CHAGAS, FRANCISCO GLEISON COSTA. TCC. *In:* CHAGAS, FRANCISCO GLEISON COSTA. **ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE JAGUARIBE-CE.** 2023. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO,, 2023.

COSANPA (Marabá-PA). **OFÍCIO EXTERNO Nº 004/2023,** 2023.

**Fenzl, Norbert.** A sustentabilidade do sistema de abastecimento de água da captação ao consumo de água em Belém / Novier Fenal, Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes, I inleinerz finta l'emandes. Dodns eletrniers. Relem : N U M / E T P A . 2018.: ISBN D78-95-8H9OK-AD-R. 1. Abastacimento de água - Belem (PA). .2 Água - Consumo - BoléaLPA). .3 Sustentabilidade. 4, Amuzónin. .I Mendes. Ronaldo Lopes Rodricues, II. Temandes. Lindemherg I ima. I. Titula.NING CDD:22. ed. 628.1098115

GARCIA, Érica Natasha dos Anjos; MORENO, Diego Aparecido Alves Costa; FERNANDES, André Luís Valverde. A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 11, n. 6, 2015

GOMES, Heber Pimentel; FORMIGA, Klebber Teodomiro M. PNL2000 – Método Prático de Dimensionamento Econômico de Redes Malhadas de Abastecimento de Água. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 91-108, 2001.

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Válder Lúcio. Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. rev. e atual. Universidade Federal de Minas Gerais: UFMG, 2010. 418 p. v. 1.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográficos: Dados gerais do município de Marabá-PA. 2023.

KUSTERKO, Sheila *et al.* Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Eng Sanit Ambient**, n 3, v. 23, p. 615-626, 15 maio 2018.

MARABÁ. **Lei nº 16885, de 22 de abril de 2002**. Dispões sobre a política municipal de meio ambiente, sistema, conselho, fundo controle e licenciamento ambiental e dá outras providências, 22 abr. 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras. Atlas das regiões hidrográficas brasileiras, 2015. [S. l.], 2015.

NETTO, Azevedo; Y FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. Manual de Hidráulica. 9. ed. São Paulo - SP: Edgard Blücher Ltda., 2015. 632 p. ISBN 978-85-212-0889-1.

OLIVO, Andréia de Menezes; ISHIKI, Hamilton Mitsugu. BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA. *Colloquium Humanarum, Presidente Prudente*, v. 11, n. 3, p. 41-48, 2014.

PEREIRA, Sansara Félix; TINÔCO, Juliana Delgado. AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO NO SETOR PARQUE DAS NAÇÕES, PARNAMIRIM/RN. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 9, n. 3, p. 32-45, 6 set. 2021.

VENTURA, Magda Mana. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. **Pedagogia Médica**, 2007.

SUNTTI, Carla; DALLAZEM, Mayara. Análise da qualidade de fontes naturais do interior do município de Rio das Antas – SC protegidas ou não por sistema caxambu. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira*, v. 1, p. e10782, 2016.

SOUZA, Juliana Rosa et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *Revista Eletrônica do Prodepa*, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, 6 jan. 2014.

**Souza, Walterler Alves de.** Tratamento de água/ Walterler Alves de Souza. – Natal : CEFET/RN, 2007. 152 p. Contém Bibliografia ISBN: 978-85-89571-37-1 1. Água – Tratamento. 2. Estudo Hidrológico – Água. 3. Água – Utilização. I. Título. Disponível em:<https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/997/Tratamento%20de%20A%CC%81gua%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>