



# DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ-AM

## ARTIGO ORIGINAL

ARAÚJO, Dagmara Nascimento de<sup>1</sup>, SOUZA, Gregory Phyllype Fernandes de<sup>2</sup>, GOMES, Eugênio Maria<sup>3</sup>, OLIVEIRA, Rosane Gomes de<sup>4</sup>

ARAÚJO, Dagmara Nascimento de. Et al. **Diagnóstico e proposição de sistema de abastecimento e tratamento de água para consumo humano no município de Humaitá-AM**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 07, Vol. 05, pp. 162-189. Julho de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/abastecimento-e-tratamento>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/abastecimento-e-tratamento

## RESUMO

Em Humaitá-AM, município de estudo, não existe a presença do tratamento de água durante o processo de abastecimento, sendo assim, a questão norteadora deste trabalho é: será que um sistema de abastecimento e tratamento de água poderia ser sugerido como alternativa para o consumo de água humano no município de Humaitá-AM e, assim, contribuir com a população local, evitando, possivelmente, a veiculação de doenças hídricas e melhor qualidade de saúde? Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo descrever a situação do sistema de abastecimento e tratamento de água do município de Humaitá-AM e realizar uma análise descritiva e comparativa de tecnologias de tratamento de água para consumo humano convencionais e alternativas capazes de suprir as demandas necessárias detectadas neste município. A metodologia empregada para descrever o sistema de abastecimento foi realizada por meio de pesquisas de campo, cálculos de projeção populacional e vazões, além de estabelecer, através de revisões literárias, características importantes sobre os principais tratamentos existentes e que poderiam ser utilizados como alternativas de tratamento de água para abastecimento do município. Após o diagnóstico realizado e a revisão sobre os tratamentos convencionais e alternativos existentes, chegou-se à conclusão de que seria interessante para o município de Humaitá-AM a implantação de uma estação de tratamento de água convencional, de fácil manutenção, capaz de assegurar os parâmetros de potabilidade necessários para tratar a água bruta captada, trazendo



uma maior infraestrutura em saneamento para os consumidores, podendo este oferecer maiores benefícios para a saúde da população Humaitaense.

Palavras-chave: abastecimento de água, tratamento de água convencional e alternativo, indicadores de abastecimento, saneamento básico.

## 1. INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico são essenciais para promover a melhoria da qualidade de vida e dignidade humana, no entanto, o crescimento desordenado das cidades, aliado a falta de planejamento e a não definição de prioridades da gestão, principalmente, relacionadas à questão cultural, coloca a situação do saneamento básico como um dos maiores problemas enfrentados no país. (GARCIA; GARCIA, 2015)

O acesso aos serviços de saneamento básico é garantido pela lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), de forma universal, igual e integral, e, na última década, observamos que ocorreram alguns avanços na cobertura dos mesmos, no entanto, o cenário do saneamento básico no Brasil ainda é preocupante e muito longe do ideal. (CARCARÁ *et al.*, 2018)

O gerenciamento e o manuseio correto dos recursos hídricos contribuem com vantagens significativas em relação a qualidade de vida da população de um determinado município, pois a água é um dos principais elementos do saneamento básico e está conectada com diversos processos subsequentes. (BARROS *et al.*, 1995; CAVINATTO, 1992; RIVEIRO; ROCK, 2010)

A distribuição de água tratada colabora com o conforto de diversos indivíduos, indo além do desenvolvimento econômico, uma vez que é fundamental no preparo de alimentos, na limpeza de ambientes, hidratação, entre outros, e exige grande responsabilidade dos gestores nos municípios. (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008)

Em âmbito nacional, a cobertura de abastecimento de água tratada, no ano de 2018, foi de 83,6% da população, 57,1% levando em consideração apenas a região norte.



Em Humaitá-AM, o índice de atendimento urbano de água foi de 80% dos habitantes em 2013, e o volume de água tratada 0 m<sup>3</sup>/ano, conforme dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020). Estes índices são considerados alarmantes quando pensamos no direito constituído por lei de água tratada e do qual grande parte da população carece deste fornecimento.

A ausência de políticas públicas e da aplicação de investimentos no setor de abastecimento de água e de infraestrutura em saneamento básico pode desencadear diversas consequências físicas e ambientais aos indivíduos expostos a esse contexto, aumentando, por exemplo, o número de pessoas atendidas no sistema público de saúde. (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008; CARCARÁ *et al.*, 2018)

O atual sistema de abastecimento de água de Humaitá-AM, por ser simples, pode estar contribuindo com a disseminação de doenças de veiculação hídrica, devido não existir nenhum tratamento prévio da água, e a implantação de uma estação ou sistema de tratamento pode evitar que os índices de pessoas contaminadas pelo consumo de água inadequado venham aumentar e interferir na qualidade de vida e socioeconômica deste município.

Diante dos fatores mencionados anteriormente, a questão norteadora deste trabalho é: Será que um sistema de abastecimento e tratamento de água poderia ser sugerido como alternativa para o consumo de água humano no município de Humaitá-AM? Para isto, esta pesquisa buscou descrever qual é a situação atual do sistema de abastecimento e de tratamento de água no município de Humaitá-AM, bem como apresentar e discutir possíveis instalações e tecnologias de novos sistemas que atendam às necessidades básicas dos consumidores desta localidade de acordo com alternativas propostas na literatura e já consolidada para abastecimentos e tratamentos de água.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

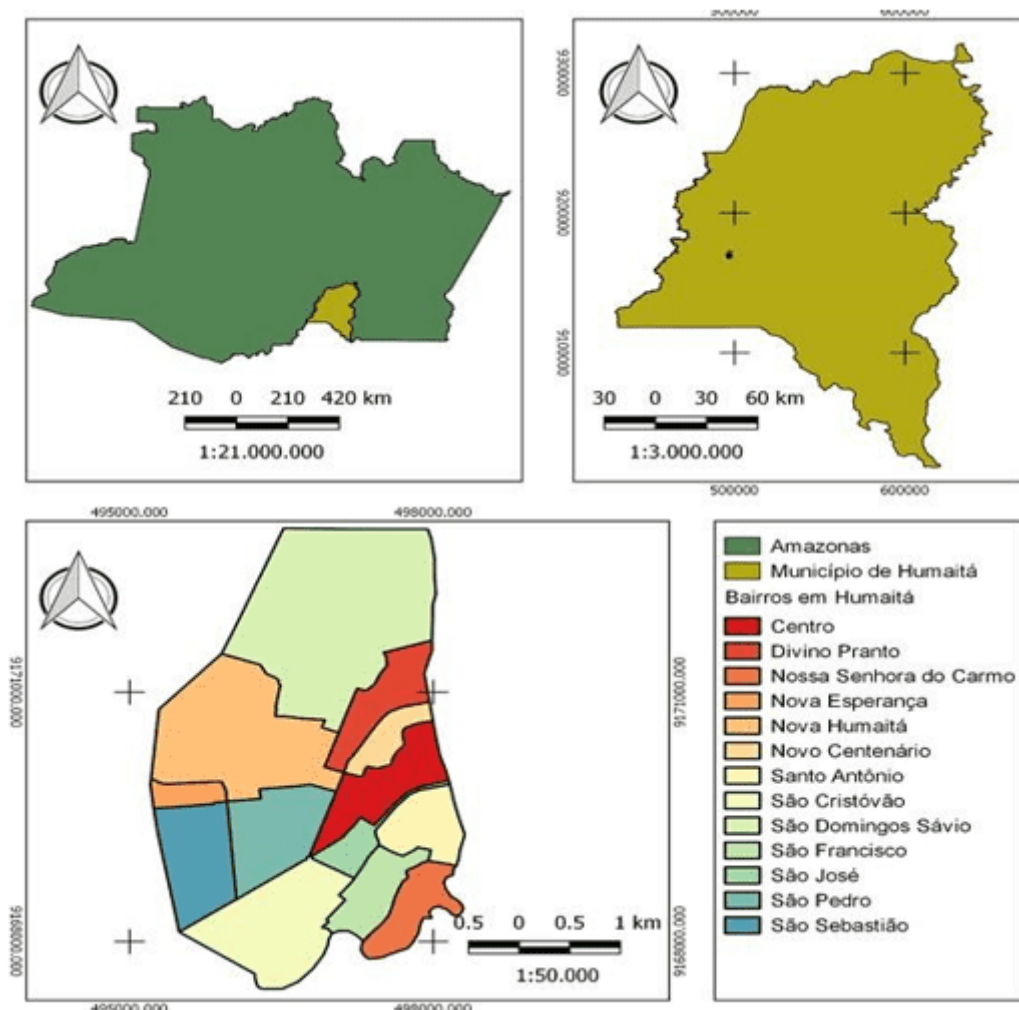
### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Humaitá, está localizado às margens do Rio Madeira, precisamente ao sul do estado do Amazonas, e faz divisa com os municípios de Manicoré-AM, Porto Velho- RO, Machadinho d'Oeste-RO, Tapauá-AM e Canutama-AM. Possui uma área total de 33.111 km<sup>2</sup> e uma densidade demográfica de 1,34 hab./km<sup>2</sup>, sendo a área de perímetro urbano 8,63 km<sup>2</sup>. A população estimada para o ano de 2020 é de 56.144 habitantes (IBGE, 2020). As coordenadas de latitude e longitude do ponto central da sede municipal são de respectivamente, 7° 31 '0.25" Sul e 63° 1' 47.52" Oeste (GOOGLE EARTH, 2020).

O município de Humaitá-AM está dividido em treze bairros, demonstradas espacialmente na figura 1 (dados de delimitações dos bairros existentes no município foram fornecidos pela Empresa Brasileira de Agropecuária - Projeção Universal Transversa de Mercator-UTM/Zona 20S. *Datum*). (EMBRAPA, 2020), sendo eles: Centro, Divino Pranto, Nossa Senhora do Carmo, Nova Esperança, Nova Humaitá, Novo Centenário, Santo Antônio, São Cristóvão, São Domingos Sávio, São Francisco, São José, São Pedro e São Sebastião.

O clima de Humaitá é caracterizado como tropical, com uma relevante pluviosidade ao decorrer dos meses do ano, tendo como média anual 2.191 mm. Com uma pluviosidade média de 307 mm, março é o mês mais chuvoso, e julho com média de 27 mm, o mais seco. A temperatura média do município é de 26,5 °C. As médias indicam que os meses com maiores e menores índices de temperatura são, respectivamente, o de setembro, com 27,4 °C, e o de junho, com 25,8 °C. (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

Figura 1: Mapa de Localização do Município de Humaitá-AM



Fonte: Autores 2020.

Para caracterizar o sistema de abastecimento e tratamento do município de Humaitá-AM, foram realizadas pesquisa de campo de cunho exploratório, composto pela obtenção de dados do abastecimento de água do município, fornecidos e acompanhados pelo responsável pelo saneamento básico local, representante da Companhia Humaitaense de Águas e Saneamento (COHASB).



## 2.2 ESTRUTURA DE PESQUISA

Os dados relacionados à estrutura dos poços de abastecimento e localização deles foram fornecidos por fontes do governo, como a prefeitura municipal, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo realizado uma pesquisa bibliográfica, utilizando como fontes livros científicos, manuais de saneamento, normas vigentes e artigos de periódicos, a fim de escolher o melhor método de abastecimento e tratamento de água para o município. Também foram escolhidos alguns indicadores de abastecimento de água, sendo eles uma projeção populacional, consumo e *per capita* de água e vazão dos poços, descritos para escolha de sistemas de abastecimento de água.

A pesquisa de campo foi realizada no município para obter informações da situação dos poços locais e características destes, tendo acontecido no mês de julho de 2020, com visita *in loco* em todos os poços existentes, utilizando procedimentos de observação e fotografias, coleta de latitude, longitude e demais características dos poços que fosse possível para diagnosticar, de forma clara, a situação do sistema de abastecimento de água existente. Assim, buscou-se identificar as condições dos poços, reservatórios e motivos por trás da inexistência de uma estação de tratamento de água.

## 2.3 RECONHECIMENTO DOS LOCAIS DE CAPTAÇÃO

Para detalhar a localização da captação de água do município de estudo, foi elaborado um mapa através do QGIS, software de georreferenciamento, com auxílio do Google Earth e Google Maps, além de arquivos constituídos por informações referentes aos limites do município, disponibilizados pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), e dados relativos aos endereços, cedidos pela Companhia Humaitaense de Águas e Saneamento Básico (COHASB).

### 2.3.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL

O cálculo da estimativa da população do município de Humaitá-AM foi realizado através do método de projeção geométrica (HELLER; PÁDUA, 2006) e aritmética (TSUTIYA, 2006).

O método da projeção geométrica é aplicado em função da população existente. Ele atenua que o crescimento da população ocorra de forma geométrica, ou seja, seguindo o mesmo padrão de crescimento dos anos anteriores (HELLER; PÁDUA, 2006). Diante disso, a determinação da projeção populacional através do método geométrico será obtida através das seguintes equações:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{(t_2 - t_0)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$i = e^{K_g} - 1 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$P_t = P_0 \times (1 + i)^{(t - t_0)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

$K_g$  = coeficiente para a taxa de crescimento;

$i$  = taxa de crescimento;

$P_t$  = população estimada no ano  $t$ .

Já a projeção pelo método aritmético presume uma taxa de crescimento constante para os anos subsequentes, isto a partir de dados relacionados à população do último censo (TSUTIYA, 2006). O cálculo da projeção populacional segundo o método aritmético foi realizado a partir das seguintes equações:

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$P = P_2 + K_a * (t - t_2) \quad (\text{Eq. 5})$$





Onde:

$K_a$  = é uma constante;

$P_1$  = população do penúltimo censo (ano  $t_1$ );

$P_2$  = população do último censo (ano  $t_2$ );

$P$  = população total.

A projeção de Humaitá foi realizada levando em consideração os dados censitários de 1970, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2020, e o período de alcance do projeto acordado para estas projeções foi de 20 anos.

### 2.3.2 CONSUMO *PER CAPITA*

O consumo médio *per capita* de água levado em consideração neste trabalho foi calculado por meio de informações lançadas pela COHASB no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

### 2.3.3 VAZÃO

Buscando evitar possíveis problemas de escassez no abastecimento de água durante alguns períodos do ano, a determinação da vazão foi realizada, considerando a demanda máxima prevista (TSUTIYA, 2006).

A vazão corresponde a um período determinado de acordo com a população, e, para isso, é fundamental, na realização dos cálculos, o coeficiente 1,2 e 1,5, referente ao dia de maior consumo ( $k_1$ ) e a hora de maior consumo ( $k_2$ ), respectivamente.

Segundo Heller e Pádua (2006), os gastos do próprio sistema de abastecimento também devem ser levados em consideração, já que a água é utilizada no preparo dos produtos químicos e na limpeza dos componentes da Estação de Tratamento de Água (ETA).





De acordo com Tsutiya (2005), o consumo de água pela ETA pode variar entre 1 a 5%, sendo assim, foi estipulado um valor médio de 3% da vazão necessária para este trabalho. Portanto, conforme Heller e Pádua (2006), em cada etapa do sistema de abastecimento de água, as fórmulas das vazões podem ser as seguintes descritas abaixo:

Vazão da captação, estação elevatória e adutora até a estação de tratamento de água em (L/s):

$$Q_{Prod} = \left( \frac{P * k_1 * qpc}{86400} + Q_{esp} \right) * Q_{ETA} \quad (Eq.6)$$

Vazão da estação de tratamento de água até o reservatório em (L/s):

$$Q_{AAT} = \left( \frac{P * k_1 * qpc}{86400} + Q_{esp} \right) \quad (Eq.7)$$

Vazão do reservatório até a rede de distribuição em (L/s):

$$Q_{Dist} = k_1 * k_2 * Q_{Prod} \quad (Eq. 8)$$

Sendo:

P = população em habitantes;

qpc = consumo *per capita*;

$k_1$  = coeficiente do dia de maior consumo;

$k_2$  = coeficiente da hora de maior consumo;

86400 = segundos em 1 dia;



$Q_{esp}$  = vazão específica;

$Q_{ETA}$  = consumo da estação de tratamento de água.

### **2.3.4 COMPARATIVO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

A coleta de informações sobre tipos de alternativas de abastecimento de água existentes foi executada a partir de pesquisas bibliográficas acerca das tecnologias de tratamentos convencionais e alternativos de água, observando o padrão de potabilidade exigido pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX (BRASIL, 2017), do Ministério da Saúde, assim como a viabilidade de operação e manutenção do sistema, em paralelo aos dados observados em campo.

Deve-se ressaltar que, para o embasamento das informações, foram feitas comparações de caráter descritivo-exploratório, destacando as vantagens e desvantagens que os modelos de tratamento de água descritos na literatura apresentam.

### **2.4 SUGESTÃO DE ALTERNATIVA PARA SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Após caracterizar o abastecimento de água no município Humaitá-AM, sendo realizado o diagnóstico local e o apontamento dos possíveis problemas causados pelo tipo de abastecimento existente, com a busca na literatura, foi possível realizar uma descrição de sistemas existentes de tratamento alternativos e convencionais e, ainda, utilizar os indicadores de abastecimento de água como parâmetros para sugerir um tratamento de água mais adequado. Os indicadores de abastecimento foram utilizados de acordo com orientações técnicas descritas pela Fundação Nacional de Saúde. Dentre as variáveis que deverão ser levadas em consideração antes das tomadas de decisões estão: a análise da projeção populacional, as vazões de dimensionamento, o consumo *per capita*, as características dos mananciais responsáveis pelo



abastecimento e as unidades do sistema existente que são suscetíveis de aproveitamento.

As variáveis foram analisadas de forma teórica, através de cálculos e apresentação de quadros comparativos desenvolvidos a partir da revisão de literatura sobre tratamentos convencionais e alternativos, com intuito de verificar as tecnologias de tratamento mais adequadas para a localidade em estudo.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO**

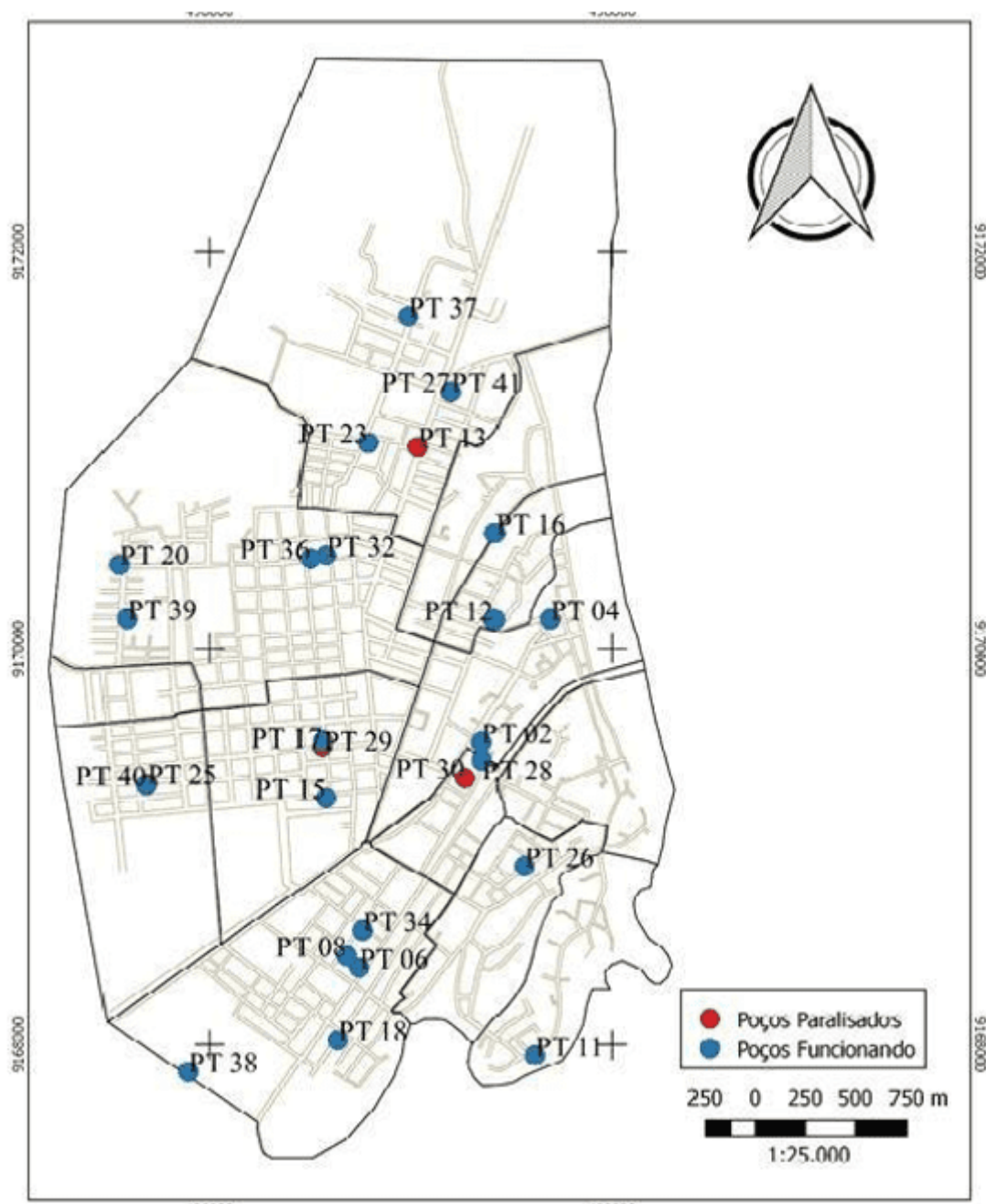
A estrutura do sistema de abastecimento de água do município de Humaitá é composta por duas das inúmeras etapas que constituem o sistema de abastecimento convencional, onde há a captação e a distribuição.

De acordo com as informações disponibilizadas pela COHASB (2020), que é uma autarquia responsável pela distribuição de água do município, o produto final não recebe nenhum tipo de tratamento convencional. Isso implica que a água é distribuída para população por meio de dutos de PVC no mesmo estado em que é captada do subsolo, de maneira *in natura*.

##### **3.1.1 PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ATIVOS E NÃO ATIVOS NO MUNICÍPIO**

A captação é realizada através de bombas hidráulicas submersas instaladas em poços espalhados pelo município. A figura 2 apresenta a localização dos poços utilizados para captação de água.

Figura 2: Localização de poços de abastecimento em Humaitá-AM.



Fonte: Autores 2020.

O município possui um total de vinte e sete poços distribuídos pelos treze bairros que o constituem, sendo que cinco deles se encontram paralisados devido à ausência de bombas em boas condições. Os números dos poços foram informados pela COHASB

(2020) e não seguem um padrão numérico coeso devido a desativação de poços que não constam mais no sistema da empresa, conforme pode ser observado na tabela 1.

Os poços são artesianos, em formato tubular, e a água é captada através de bombas hidráulicas com potências variadas, conforme a profundidade e vazão dos mesmos. A cada seis meses com intuito de checar o funcionamento dos equipamentos e limpar as bombas, as estruturas de captação são submetidas a uma manutenção, realizada por funcionários da empresa responsável.

Características pertinentes das condições atuais do sistema foram constatadas em visitas nos locais de captação, realizadas com auxílio da COHASB. Os poços são protegidos por um pequeno abrigo feito de concreto, e, em alguns casos, essa proteção está danificada, vandalizada e cercada por vegetação, que muitas vezes dificulta o acesso a limpeza e verificação dos poços (COHASB, 2020). Estas descrições podem ser observadas nas figuras 3 e 4.

Figura 3: Poço tubular 11 – Nossa Senhora do Carmo



Legenda: Representação real de um poço tubular feito de concreto  
Fonte: Autores (2020).





Figura 4: Poço tubular 18 -São Cristóvão



Legenda: Representação real de um poço tubular feito de concreto com vegetações ao entorno.

Fonte: Autores 2020.

Figura 5: Reservatório elevado - Av. Transamazônica-Humaitá-AM



Legenda: Estrutura poço tubular com estação elevatória e vegetação ao entorno.  
Fonte: Autores 2020.

Foi possível, ainda, notar que os poços de captação localizados próximos de residências domiciliares possuem uma quantidade considerável de lixo lançado em seus arredores, além da presença de reservatórios danificados junto das estruturas ativas.

Tabela 1: Localização e características dos poços de Humaitá-AM

Poços tubulares	Localização	Característica
02	Av. 5 de Setembro – Centro	Revestimento de ferro de 8 polegadas; profundidade de 36m; motor bomba Vambro 8cv; vazão 36,00 m <sup>3</sup> /h.
04	Rua 13 de Maio – Centro	Revestimento de ferro de 8 polegadas; profundidade de 36m; motor bomba Leão 12cv; vazão 45 m <sup>3</sup> /h.





06	Rua das Flores - São Cristóvão	Revestimento de ferro de 8 polegadas; profundidade de 36m; motor bomba Ebara 11 cv (nova); vazão 42 m³/h.
08	Rua das Flores - São Cristóvão	Revestimento de PVC de 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Leão 8cv, vazão de 45 m³/h.
11	Rua da Olaria - Nossa Senhora do Carmo	Revestimento PVC de 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Vambro RECUP. 12 cv; vazão 36 m³/h.
Poços tubulares	Localização	Característica
12	Rua S/1 - Novo Centenário	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Vambro 8 cv; vazão 36 m³/h.
13	Rod. Transamazônica - São Domingos Sávio	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 25m; motor bomba Ebara Fina 5,5 cv; vazão 22,500m³/h; Paralisado.
15	Rua Pe. José Maria Pena - São Pedro	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 25m; motor bomba Ebara 16cv; vazão 45 m³/h.
16	Rua Circular Municipal - Divino Pranto	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Vambro nova de 8 cv; vazão de 36 m³/h.
17	Rua Edmundo Monteiro - São Pedro	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 24m; motor bomba Leão 8 cv; vazão 42 m³/h; paralisado.
18	Rua Municipal II - São Cristóvão	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 24m; motor bomba Leão recuperada 8 cv; vazão 21m³/h.
20	Rua Fausto Maia - Nova Humaitá	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 36m;
23	Parque das Mangabeiras - São Domingos Sávio	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Leão fina 5 cv; vazão 22.500 m³/h.
25	Rua Benjamin Constant - São Sebastião	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 25m; motor bomba Vambro 6,5cv; vazão 36m³/h; paralisado.
26	Rua das Camélias - São Francisco	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Vambro recuperada 6.5 cv; vazão 36m³/h.



27	Rod. Transamazônica - São Domingos Sávio	Revestimento PVC 6 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Vambro de 5,5 cv; vazão 22.500m³/h; paralisado.
Poços Tubulares	Localização	Característica
28	Rua da República (IPASEA) – Centro	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 39m; motor bomba Vambro nova 16 cv; vazão 55m³/h.
29	Rua Francisco Monteiro Neto – São Pedro	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Leão recuperada 10 cv; vazão 45m³/h.
30	Vila Cumaru – Centro	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 32m; motor bomba Leão palito 5,5 cv; vazão 22,500 m³/h; Paralisado.
32	Avenida Rio Madeira - São Domingos Sávio	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 32m; motor bomba Leão 10 cv; vazão 42 m³/h.
34	Rua Pará - São Cristóvão	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Ebara nova 15 cv; vazão 55 m³/h.
36	Rua Fausto Maia - Nova Esperança	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 36m; motor bomba Thebe fina 5,5 cv; vazão 45 m³/h.
37	São Gonçalo – Andaraí (São Domingos Sávio).	Revestimento PVC 8 polegadas; profundidade 27m; motor bomba Vambro nova 8 cv; vazão 36 m³/h.
38	Conjunto Uruapiara - São Cristóvão	Revestimento de PVC 8 polegadas; profundidade 28m; motor bomba Vambro 10 cv; vazão 36 m³/h.
39	Rua Princesa Isabel - Nova Esperança	Revestimento de PVC 6 polegadas; profundidade 28m; motor bomba Vambro recuperada 16 cv; vazão 28.800 m³/h.
40	Rua Princesa Isabel - Nova Esperança	Revestimento de PVC 6 polegadas; profundidade 30m; motor bomba Vambro recuperada 6,5 cv; vazão 36 m³/h.
41	Rodovia Transamazônica - Em Frente ao Poço 27	Revestimento de PVC 6 polegadas; profundidade 28m; motor bomba Vambro nova 8 cv; vazão 36 m³/h.

Fonte: COHASB (2020)

O sistema do município conta com oito reservatórios de água inutilizados durante o processo de abastecimento, compostos por caixas baixas e elevadas, com capacidades variadas entre 15 a 500 mil litros. Os motivos de desativação dos reservatórios, descritos na tabela 2, variam entre infiltrações, falta de vazão suficiente dos poços e vazamentos.



Tabela 2: Indicações dos reservatórios existentes em Humaitá-AM.

Reservatório	Localização	Características
01	Rua 13 de Maio	Caixa de concreto; capacidade de 100 mil litros.
02	Avenida Transamazônica	Caixa de concreto; capacidade de mil litros.
03	Rua das Flores (Possui duas caixas)	Caixa de concreto; capacidade: 300 e 100 mil litros.
04	Rua 5 de Setembro	Caixa de concreto; capacidade de 500 mil litros.
05	Rio Madeira (Possui duas caixas)	Caixa de concreto; capacidade: 300 e 150 mil litros.
06	Rua Padre José Maria Pena	Caixa de ferro; capacidade de 150 mil litros.

Fonte: COHASB (2020)

## 3.2 INDICADORES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 3.2.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL

O sistema de abastecimento de água precisa ser desenvolvido para funcionar com eficácia ao decorrer de um período predeterminado. Indicar a população futura de uma localidade é importante e deve considerar a tendência de crescimento contínuo. A escolha da alternativa não pode beneficiar apenas a população atual. O principal objetivo por trás da projeção populacional é evitar que um sistema recém-instalado possua problemas de subdimensionamento.

Na tabela 3 estão apresentadas as projeções populacionais realizadas obedecendo os métodos aritmético e geométrico para o município de Humaitá a partir da estimativa realizada pelo IBGE (2020) para o ano de 2020, é de 56.144 habitantes.

Tabela 3: Projeção populacional para o abastecimento de água do município de Humaitá-AM.

Ano	População por método (hab.)	
	Aritmético	Geométrico



2020	<b>56.144</b>	<b>56.144</b>
2021	57.500	57.500
2022	58.885	58.888
2023	60.211	60.310
2024	61.566	61.766
2025	62.922	63.257
2026	64.278	64.785
2027	65.633	66.349
2028	66.989	67.951
2029	68.345	69.592
2030	69.700	71.272
2031	71.056	72.993
2032	72.411	74.755
2033	73.767	76.560
2034	75.123	78.409
2035	76.478	80.302
2036	77.834	82.241
2037	79.189	84.227
2038	80.545	86.260
2039	81.901	88.343
2040	83.256	90.476
2041	84.612	92.661

Fonte: Autores 2020

Conforme os resultados, é possível definir que o método aritmético apresenta dados mais coesos a curto prazo, porém, há significativa discrepância com o aumento dos anos, já que se trata de uma estimativa recomendada para um período de tempo menor (até cinco anos). Portanto, para análise final, foram adotados os valores obtidos por meio do método geométrico. A população total atendida pelo sistema de abastecimento de água, em 20 anos, de acordo com o método geométrico, será de 92.661 habitantes, como pode ser observado na tabela 3.



### 3.2.2 CONSUMO MÉDIO *PER CAPITA*

O consumo *per capita* de um município é obtido conforme o número de habitantes atendidos pelo sistema e o tipo de abastecimento de água oferecido. Existe uma relação direta entre o total de água consumida por dia com o número total da população. Na variação de consumo médio, os projetos de abastecimento de água podem ainda considerar a natureza da cidade, como a presença de comércios e indústrias, as características climáticas e os hábitos dos consumidores. (SNIS, 2020)

Os dados da tabela 4 são referentes ao consumo *per capita* de Humaitá-AM, de acordo com as informações disponibilizadas pela COHASB (2020) no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2020).

Tabela 4: Consumo médio *per capita* de água no município de Humaitá-AM

Ano	Consumo médio <i>per capita</i> (L/hab./dia)	Índice de atendimento urbano de água
2008	134,80	75,5%
2011	199,60	82%
2010	195,19	85,2%
2013	229,17	80%

Fonte: SNIS (2020)

Comparando o consumo médio *per capita* com o número de habitantes de Humaitá no período dos anos citados na tabela 4, é possível notar um aumento significativo dos valores de consumo de água em paralelo ao crescimento do número de consumidores expressos.

Deve-se observar que com o aumento do consumo de água houve, também, a queda do índice de atendimento urbano, indicando possíveis. Para que todos tenham acesso a água potável, é interessante notar que a variação nos valores de consumo deve ser levada em consideração na escolha da concepção de alternativas de tratamento de água e seu consumo humano.

### 3.2.3 VAZÕES NAS DISTINTAS UNIDADES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Com a determinação da projeção populacional e do consumo médio *per capita*, foi realizada a estimativa das vazões para um sistema de abastecimento de água. Para este trabalho, as vazões calculadas foram as vazões de produção, adução de água tratada e distribuição, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5: Valores de vazões para o abastecimento de água de Humaitá-AM

Ano	QProd (L/s)	QAAT (L/s)	QDist (L/s)
2020	178,70	220,88	321,66
2021	183,02	226,21	329,43
2022	187,44	231,67	337,38
2023	191,96	237,26	345,53
2024	196,60	242,99	353,87

Ano	QProd (L/s)	QAAT (L/s)	QDist (L/s)
2025	201,34	248,86	362,42
2026	206,21	254,87	371,17
2027	211,18	261,02	380,13
2028	216,28	267,33	389,71
2029	221,51	273,78	398,71
2030	226,85	280,39	408,34
2031	232,33	287,16	418,20
2032	237,94	294,09	428,20
2033	243,68	301,19	438,63
2034	249,57	308,47	449,22
2035	255,59	315,91	460,07
2036	261,77	323,54	471,18
2037	268,09	331,36	482,56
2038	274,56	339,35	494,21



2039	281,19	347,55	506,14
2040	287,98	355,94	518,36
2041	294,93	364,54	530,88

Fonte: Autores 2020.

Para optar por alternativas de distribuição de água que não se tornem obsoletas em um curto período de tempo, é importante definir uma vazão que não atenda apenas às condições populacionais atuais do município. A vazão de produção calculada para o ano de 2020 é de 178,70 L/s, entretanto, levando em consideração o ano de 2041, essa mesma vazão aumenta para 294,93 L/s.

### 3.2.4 COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS

As tecnologias de tratamento convencional de água, conhecidas como vertedores, calha de Parshall, injetores e difusores (PAZ, 2007), utilizadas para o tratamento de água para consumo humano, são apresentadas no quadro 1, expondo as vantagens e desvantagens de cada tratamento.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens das tecnologias de coagulação para tratamento convencional de água.

<b>Vertedores</b>	A mistura não requer energia elétrica; A manutenção é simplificada pela facilidade que se tem de acessar a unidade; Os vertedores podem ser aproveitados como medidores de vazão; A mistura é melhor para as ETAs que possuem vazão afluente constante; As unidades possuem maior facilidade de serem projetadas e construídas. (PAZ, 2007)	Devido a acumulação de sedimentos antecedente do vertedor, o misturador necessita de limpeza periódica; Na área da queda de água, o misturador pode exibir erosões na estrutura; Como as unidades não se adequam à variação de vazão afluente à ETA, quando são instaladas, não se pode controlar o tempo e o gradiente de velocidade de mistura. (PAZ, 2007)
Calha Parshall	As vantagens 1, 2 e 4, destacadas nos vertedores, se enquadram à Calha Parshall; A eventualidade de sedimentação de material no fundo do canal é bem	Se comparada com os vertedores, a construção não se torna simples; Quando comparada com os difusores e injetores, a unidade acaba por ocupar o maior espaço em planta na ETA; As unidades que são dimensionadas para





	pequena. (PAZ, 2007)	vazões menores que 40 L/s podem ser muito pequenas, e isso acaba por dificultar a sua construção. (PAZ, 2007).
Injetores difusores	e Na planta, o misturador ocupa pouco espaço (PAZ, 2007).	Quando houver variação da vazão afluente à ETA, o gradiente de velocidade e o tempo de mistura não poderão ser alterados; Devido a unidade aparentar risco eminente de entupimento do injetor, são necessários cuidados no preparo do coagulante para que haja uma minimização do problema; Para otimizar a mistura, os misturadores precisarão de grade, defletor ou constrição à jusante da aplicação do coagulante; A entrada na unidade para a manutenção é árdua; O operador da ETA não consegue visualizar a aplicação do coagulante. (PAZ, 2007).

Fonte: Autores 2020

O quadro 2 apresenta as vantagens e desvantagens das tecnologias de floculação, conhecidas como: tipo chicanas, meio granular, Alabama e helicoidal, mecânico de paletas e mecânico tipo turbinas, que foram descritos por Paz (2007) e Di Bernardes e Dantas (2005) para o tratamento convencional de água, e os mais empregados, atualmente, descritos na literatura.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens das tecnologias de floculação para tratamento convencional de água.

<b>Tecnologia</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Tipo chicanas	Utilizado em grande escala nas ETAs brasileiras. Não utiliza energia elétrica para funcionar; Componentes apropriados para ETAs com quantidade e qualidade de água constantes; Não exige qualificação especializada para operação e manutenção. (PAZ, 2007)	Quando ocorrem oscilações na quantidade de água, o gradiente de velocidade não pode ser ajustado; Podem causar a ruptura dos flocos; Maior área em planta devido aos misturadores apresentarem pouca profundidade. (PAZ, 2007)
Em meio granular	Maior eficiência no tratamento de água com níveis de turbidez relativamente altos; Tempo de floculação reduzido (dois a dez	Não é comum em ETAs brasileiras; A limpeza é



	minutos). (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)	complicada. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)
Alabama e helicoidal	Baixo custo de implantação, operação e manutenção; Indicado para ETAs menores que 100 L/s. (PAZ, 2007)	Desempenho insatisfatório devido à presença de zonas mortas; Acúmulo de lodo dificultando a limpeza; São implantadas conforme experiências anteriores, sem uma técnica pré-determinada para desenvolvimento de projetos. (PAZ, 2007)
Mecânico de paletas	Indicadas para misturas com gradiente de velocidade inferior a $30s^{-1}$ ; Fácil acesso de operação e manutenção graças à localização dos conjuntos motrizes sobre a estrutura. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)	Possuem limitações de tamanho por serem projetadas de acordo com os catálogos do fabricante; Possui zonas mortas e curtos-circuitos, porém, o número de, no mínimo, três unidades em série, pode evitar esse problema. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)
Mecânico tipo turbinas	Indicadas para misturas com gradiente de velocidade acima de $30s^{-1}$ . (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)	Cria zonas deficientes de floculação a partir de certa velocidade de rotação. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)

Fonte: Autores 2020

O quadro 3 apresenta as vantagens e desvantagens das tecnologias de decantação para tratamento convencional de água, conhecidas como: decantadores de baixa taxa e decantadores de alta taxa, sendo estes processos mais utilizados e eficientes, de acordo com Paz (2007).

Quadro 3: Vantagens e desvantagens das tecnologias de decantação para tratamento convencional de água.

<b>Decantadores de baixa taxa</b>	Levando em consideração sua construção simples, são indicados para vazões pequenas. (PAZ, 2007)	Visando impedir o transporte do lodo, a velocidade da água deve ser baixa, ocupando áreas maiores, se comparado aos decantadores de alta taxa; Pode apresentar correntes secundárias, responsáveis por prejudicar o processo de sedimentação. (PAZ, 2007)
Decantadores de alta taxa	Grande eficiência, consequência dos flocos sedimentados ao longo das placas; Menor área em planta devido ao tempo	Podem apresentar problemas de manutenção causadas pelo crescimento de algas nas placas



	inferior de detenção de água; Podem ser utilizados durante a reforma de decantadores sempre que a entrada e saída do decantador sejam adaptadas. (PAZ, 2007)	ou dutos; A construção requer cuidados especiais devido a forma e espaçamento das tubulações, que precisam obedecer às condições de escoamento do projeto. (PAZ, 2007)
--	--	--

Fonte: Autores 2020

O quadro 4 apresenta as vantagens e desvantagens das tecnologias de filtração para tratamento convencional de água, conhecidas como: filtros rápidos descendentes, filtros rápidos ascendentes e filtros lentos (PAZ, 2007; FUNASA, 2007).

Quadro 4: Vantagens e desvantagens das tecnologias de filtração para tratamento convencional de água.

Desinfetantes	Vantagens	Desvantagens
Cloro	Habitualmente o mais utilizado nas ETAs no Brasil; Admite residual no sistema de distribuição. (PAZ, 2007)	Se relacionados com o ozônio ou o dióxido de cloro, apresenta baixa eficiência na remoção de protozoários e vírus; Devido a uma eventual fatalidade com vazamentos do gás cloro, o projeto do sistema de desinfecção deve ater-se a todos os itens de segurança. (PAZ, 2007)
	Possui custo razoável e pode ser encontrado no mercado de maneira mais fácil; Possui aplicação de forma segura e manuseio moderadamente simples; Inativa de maneira eficaz uma ampla variedade de microrganismos patogênicos encontrados na água. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)	Dependendo das dosagens utilizadas, o mesmo pode gerar gosto e odor na água; O cloro livre pode reagir com inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água e formar subprodutos indesejáveis. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)
Hipoclorito de sódio	É o desinfetante mais apropriado para comunidades de portes menores devido a sua fácil manipulação. (PAZ, 2007)	-
	-	Este desinfetante apresenta propriedades corrosivas. (EPA, 1999)



		O hipoclorito de sódio é três vezes mais caro que o cloro, além de deteriorar rapidamente com a luz e com o calor. (KAWAMURA, 2000)
		Se gerado <i>in situ</i> , é capaz de produzir subprodutos como cloratos e traços de clorito, onde, dependendo da dosagem aplicada de hipoclorito, o teor de cloratos aceitáveis sugeridos pela OMS pode ser ultrapassado, vindo, desta forma, a prejudicar a saúde humana. (PROSAB, 2001)
Hipoclorito de cálcio	É fortemente solúvel em água, e pode ser conservado por até um ano em estado sólido. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	-
	-	O local de armazenamento do desinfetante deve ser fresco e ventilado, devido ao risco de combustão espontânea; Se comparado ao cloro, o seu custo é maior; A solução pode gerar subprodutos como o clorito e causar a precipitação de algumas impurezas. (EPA, 1999)

Fonte: Autores 2020

O quadro 6 menciona algumas vantagens e desvantagens dos compostos químicos utilizados para adicionar o flúor no tratamento de água, descritos por Azevedo *et al.* (1987). E de acordo com Ferreira *et al.* (2013), adicionar o flúor em abastecimento público de saúde, é importante que exista a necessidade e controle, que é o controle do produtor sobre o processo de produção, distribuição e consumo, e deve haver o controle por parte das instituições do Estado.

Quadro 6: Vantagens e desvantagens dos compostos comumente utilizados para adicionar flúor no tratamento de

<b>Ácido fluossilícico</b>	Componente químico de pequeno custo e fácil aquisição. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Necessita de atenção no manuseio e aplicação para não prejudicar a saúde dos operários.
----------------------------	---	---



		(AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Fluorsilicato de sódio	Produto químico utilizado em grande escala pelas ETAs brasileiras. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	A manutenção do produto pode oferecer perigo para a saúde dos operários (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Fluoreto de sódio	Levando em consideração o fluorsilicato de sódio, possui maior solubilidade (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Custos elevados. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Fluoreto de cálcio	Produto de baixo custo. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Pouco usual por ser praticamente insolúvel em água. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)

Fonte: Autores 2020

O quadro 7 apresenta algumas vantagens e desvantagens das tecnologias alternativas, conhecidas como zeólitas (FUNGARO; SILVA, 2002; SHINZATO, 2007), radiação ultravioleta (BASTOS, 2007) e oxidação por ozônio (DI BERNARDO; DANTAS, 2005), ou seja, não convencionais, que têm sido consideradas eficazes no tratamento de água e na purificação da água para consumo humano e mesmo no devolver desta para o meio ambiente.

Quadro 7: Vantagens e desvantagens das tecnologias alternativas para tratamento de água.

<b>Ácido fluossilícico</b>	Componente químico de pequeno custo e fácil aquisição. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Necessita de atenção no manuseio e aplicação para não prejudicar a saúde dos operários. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Fluorsilicato de sódio	Produto químico utilizado em grande escala pelas ETAs brasileiras. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	A manutenção do produto pode oferecer perigo para a saúde dos operários (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)



Fluoreto de sódio	Levando em consideração o fluorsilicato de sódio, possui maior solubilidade (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Custos elevados. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Fluoreto de cálcio	Produto de baixo custo. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)	Pouco usual por ser praticamente insolúvel em água. (AZEVEDO <i>et al.</i> , 1987)
Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Uso de zeólitas em meios filtrantes	Possibilidade de tamanhos, formas e cargas seletivas graças às suas estruturas; Material de síntese abundante; Custo inferior às demais resinas poliméricas responsáveis pela troca de íons. (FUNGARO; SILVA, 2002)	-
	-	A seletividade iônica, assim como os parâmetros relacionados a eficiência de adsorção e capacidade de troca iônica, está completamente relacionada à estrutura cristalina das zeólitas, bem como das características químicas dos íons detectado na solução; A temperatura, PH e a concentração iônica inicial podem afetar a remoção dos metais. (SHINZATO, 2007)
Radiação ultravioleta	A desinfecção UV é efetiva na inativação de muitos vírus, esporos e cistos; A desinfecção UV é um processo físico, o que elimina a necessidade de geração, manuseio, transporte ou estocagem de produtos químicos tóxicos, perigosos e corrosivos; Não geram efeitos residuais prejudiciais em humanos ou vida aquática; A desinfecção tem um tempo de contato menor quando feito a comparação com outros desinfetantes (aproximadamente 20 a 30 segundos com lâmpadas de baixa pressão);	Turbidez e sólidos suspensos totais na água pode prejudicar a eficiência da inativação; Os microrganismos



	<p>A desinfecção UV é facilmente controlada pelos operadores; O equipamento de desinfecção UV requer menos espaço que outros métodos. (BASTOS, 2007)</p>	<p>podem, às vezes, reparar e reverter os efeitos destrutivos do UV através de mecanismos de reativação ou fotorreativação, ou ainda, na ausência de luz, conhecido como recuperação no escuro; Necessidades de programa preventivo para controle de formação de biofilmes nos tubos de quartzo (reator de contato); Baixas dosagens podem não ser efetivas na inativação de alguns vírus, esporos e cistos. (BASTOS, 2007)</p>
Oxidação por ozônio	<p>Desinfecção mais eficiente quando comparado com o uso do cloro, dióxido de cloro e as cloraminas na inativação de bactérias, protozoários e vírus; Oxidação de micropoluentes inorgânicos (ferro, manganês, sulfetos); Oxidação de micro poluentes que ocasionam sabor e odor na água; Redução na dosagem de coagulantes; Oxidação de macro poluentes; Redução da dosagem de cloro na pós-cloração; Diminuição da concentração dos precursores de trihalometanos; Anulação de algas; Aumento da duração das carreiras de filtração; Melhoria geral da qualidade da água nas diferentes unidades de tratamento. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)</p>	<p>Instalação possui um custo inicial elevado; Alto custo de energia para a geração de ozônio; É altamente tóxico e corrosivo; Não há produção de residual persistente na água; A concentração de ozônio diminui rapidamente com aumento do PH e da</p>





		temperatura da água; Formação de subprodutos bromados, isso quando houver brometos na água, assim como as acetonas, dentre outros; Filtros biologicamente ativados são necessários para a remoção de carbono orgânico assimilável e subprodutos biodegradáveis. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005)
--	--	--

Fonte: Autores 2020

Existem muitas técnicas de tratamento de água convencional nas ETAs no Brasil, e diferentes alternativas tecnológicas ou sustentáveis estão sempre sendo apresentadas ou descritas. Conhecer essas vantagens e desvantagens dos tratamentos existentes é, sem dúvida, fundamental para se pensar ou sugerir algum tipo de tratamento de água em locais ou municípios que não existem infraestrutura em saneamento básico ou estação de tratamento de água. Faz-se saber, também, que, além destes métodos apresentados nos quadros, existem inúmeros outros, no entanto, estes são descritos como os mais usuais.

#### 4. CONCLUSÕES

Após a realização do diagnóstico da situação de abastecimento de água do município de Humaitá-AM e da revisão bibliográfica de métodos tradicionais e alternativos de tratamento de água existentes no Brasil e apresentados neste estudo, retornamos a questão norteadora desta pesquisa: será que um sistema de abastecimento e



tratamento de água poderia ser sugerido como alternativa para o consumo de água humano no município de Humaitá-AM e, assim, contribuir com a população local, evitando, possivelmente, a veiculação de doenças hídricas e melhor qualidade de saúde?

Pode-se constatar, de acordo com os dados disponibilizados pela COHASB (2020) e apresentados durante a execução deste estudo, que o atual sistema de abastecimento de água de Humaitá-AM atende as demandas de distribuição graças ao aproveitamento das fontes subterrâneas, que facilitam a distribuição devido a locação dos pontos de captação de água serem próximos às áreas urbanas. No entanto, a distribuição realizada não garante a eficácia da qualidade imposta pelos parâmetros de potabilidade previstos pela Portaria de Consolidação (PRC) nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), para distribuição de água potável para consumo humano.

Adequar o sistema de abastecimento com a implantação de uma estação de tratamento de água convencional contribuiria com uma distribuição de água de mais qualidade e livre de possíveis patógenos que causam doenças, e ainda seria interessante adaptar o sistema de captação e distribuição existentes no município, fazendo ajustes para comportar as vazões necessárias para o tempo ideal de fornecimento de água adequado que possa atingir o contingente populacional de forma satisfatória.

Após realizar os cálculos de projeção populacional e vazões apresentados neste estudo, o ideal seria um projeto de uma ETA convencional com alcance de 20 anos, pois pode-se observar que o município está sujeito a um grande crescimento populacional, indicando, conseqüentemente, o aumento do consumo *per capita* e das vazões de projeto e distribuição do sistema de abastecimento de água. Levando em conta estes dois fatores mencionados, a implantação de um sistema de abastecimento de água convencional, usado em grande escala nos municípios brasileiros, poderia oferecer a infraestrutura necessária de abastecimento e tratamento de água para garantir o bem-estar da população do município de Humaitá-AM.



A implantação deste sistema poderia se adequar melhor às características do município de Humaitá-AM e oferecer maiores benefícios para a saúde da população Humaitaense, pois estará de acordo com as portarias vigentes de fornecimento de abastecimento e tratamento de água para consumo humano.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992

AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água. - Tratamento de Água**. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.

BARROS, R. T. V. *et al.* **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BASTOS, P. F. **Tratamento de água da chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. 2007. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2007.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Gov.br, 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm) Acesso em: 20 jul. 2022.

BRASIL. **PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2017.

CARCARÁ, M.S.M.; SILVA, E.A.; NETO, J.M.M. Saneamento Básico com Dignidade Humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 493-500, 2019.

CASTRO, E. H.; SILVA, J. L. da; FORMIGA, J. O. Estudo preliminar da potabilidade da água, para o consumo da rede de abastecimento do município de Humaitá - AM. In: **XIV ENEE Amb, II Fórum Latino e I SBEA - Centro Oeste**, p. 7, 2016.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Editora Moderna, 1992.

Clima: Humaitá. **Climate-Data.org**, 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amazonas-95/> Acesso em: 20 out. 2020.

COHASB. **COHASB**, 2020. Página Inicial Disponível em: <http://www.cohasb.com.br/> Acesso em: 19 nov. 2020.



DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª ed. São Paulo: RIMA, 2005.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, E. **Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual**. Washington: EPA, 1999.

FERREIRA, R.C.L.A.; MARQUES, R.A.A.; MENEZES, L.M.B.; NARVAI, P.C. Múltiplos aspectos do uso de flúor em saúde pública na visão das lideranças da área de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 2139-2146, 2013.

FUNGARO, D. A.; SILVA, M. G da. **Utilização de zeólita preparada a partir de cinza residuária de carvão como adsorvedor de metais em água**. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/TgkjQsj4jxxKXjzyVbwXMBL/?lang=pt> Acesso em: 20 jul. 2022

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração e Apresentação de Propostas e Projetos para Sistemas de Abastecimento de Água**. Brasília: FUNASA, 2017.

GARCIA, D. S. S.; GARCIA, H. S. **Mínimo existencial ecológico: a intrínseca relação entre a dignidade da pessoa humana e a qualidade ambiental**. 2015. Disponível em: <https://emporiiodireito.com.br/leitura/minimo-existencial-ecologico-a-intrinseca-relacao-entre-a-dignidade-da-pessoa-humana-e-a-qualidade-ambiental> Acesso em: 20 jul. 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ªed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

KAWAMURA, S. **Integrated Design and Operation of Water Treatment**. 2ª ed. New Jersey: John Wiley & Sons, INC, 2000

Panorama. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama> Acesso em: 20 jul. 2022.

PAZ, L. P. S. **Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte**. 2007. 398f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP 2007.

RAZZOLINI, M.T. P.; GUNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso à água. **Saúde e Sociedade**, v.17, n.1, p.21-32, 2008.

RIBEIRO, J. W; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua realidade com meio ambiente e saúde pública**. 2010. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2010.



SHINZATO, M. C. *et al.* Remoção de  $Pb^{2+}$  e  $Cr^{3+}$  em solução por zeólitas naturais associadas a rochas eruptivas da Formação Serra Geral, Bacia Sedimentar do Paraná. **Química Nova**, v. 32, p. 1989-1994, 2009.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto. **SNIS - Sistema Nacional de informações sobre Saneamento**, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> Acesso em: 20 jul. 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VACLAVIK, F.D. **Avaliação e otimização do uso de zeólitas no tratamento terciário de efluentes líquidos industriais**. 2010. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

Enviado: Agosto, 2021.

Aprovado: Julho, 2022.

---

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0002-4759-9511.

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0003-2275-114X.

<sup>3</sup> Doutorado em Administração, Mestrado em Administração, Especialização em Gestão Empresarial, Graduação em Engenharia Mecânica. ORCID: 0000-0002-5573-5974.

<sup>4</sup> Orientadora. Doutora em Biotecnologia, Mestre em Ciências Naturais e Saúde, Especialização em Ciências Naturais, Graduação em Biologia e Graduação em Matemática. ORCID: 0000-0002-3861-9605.