

ISIS DE AZEVEDO BEZERRA

AVALIAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E DO TRATAMENTO SIMPLIFICADO  
NO ACAMPAMENTO EDSON NOGUEIRA EM MACAÉ/RJ

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(es):

Prof. Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira

Prof. Francisco Martins Teixeira

Macaé

2023

CIP - Catalogação na Publicação

B574a

Bezerra , Isis de Azevedo

Avaliação das fontes de água e do tratamento simplificado no acampamento Edson Nogueira em Macaé/RJ. / Isis de Azevedo Bezerra. Macaé, 2023.

92 f.

Orientador(a): Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira

Coorientador(a): Francisco Martins Teixeira.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Civil, 2023.

1. Tratamento da água. 2. Saneamento rural. 3. Educação ambiental. I. Ferreira, Rafael Malheiro da Silva do Amaral, orient. II. Teixeira, Francisco Martins, coorient. III. Título.

CDD 628.162

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a)  
Campus UFRJ-Macaé Professor Aloisio Teixeira  
Bibliotecário(a) Rosangela Ribeiro Magnani Diogo CRB7/3719

ISIS DE AZEVEDO BEZERRA

AVALIAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E DO TRATAMENTO SIMPLIFICADO  
NO ACAMPAMENTO EDSON NOGUEIRA EM MACAÉ/RJ

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em Macaé, 25 de Janeiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira, Dr – Orientador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Francisco Martins Teixeira, Dr – Coorientador  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Beatriz Rohden Becker, Ma  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Ramiro Marcos Dulcich Piccolo, Dr  
Universidade Federal Fluminense

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meu pais, Jeane e Reginaldo, pelo apoio moral, financeiro e emocional, sem os quais essa jornada não teria sido possível. Agradeço, também, a meu companheiro de vida, Igor, por todo o carinho e companheirismo construído ao longo desses anos, e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos meus amigos e colegas de curso, Luana, Malu, Monique, João Thiago, Valeska, Isabela, Thamiris, Julia Lara, dentre vários outros com quem tive a oportunidade de compartilhar as emoções da faculdade, agradeço pelos grupos de estudo, pelo apoio nos momentos difíceis, pela companhia, comemorações e conquistas que tivemos juntos. Agradeço ao Paulinho, pelo apoio e pela diagramação da cartilha.

Aos meus professores Rafael e Francisco pela orientação e apoio neste projeto, à professora Jéssica pela tutoria e supervisão no laboratório de farmacotécnica; ao professor Ramiro pela orientação e acompanhamento dos trabalhos em campo, pelas caronas e toda a disponibilidade; aos professores do LITS Maurício, Rute e Camila, pela tutoria nos projetos de extensão, por se proporem a reformar a academia em sua essência do ensino e em prol da tecnologia social; às professoras Beatriz e Caroline pela idealização deste projeto e orientação nos estudos e apresentações em eventos.

Ao técnico de laboratório Rodrygo, pelo apoio no desenvolvimento deste estudo, e às técnicas Regina e Jassilane, pela orientação nos laboratórios de microbiologia e toda a dedicação oferecida.

Ao Movimento por uma Universidade Popular, por apresentar alternativas de transformação da realidade através da educação, da ciência e tecnologia, e da articulação popular, e por me fazer acreditar que um novo mundo mais justo é possível.

Ao Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra em Macaé, pelo acolhimento sempre tão carinhoso, pela parceria com as universidades da região e por toda a articulação e debates que promovem em torno da educação popular e da luta pela terra.



“Que precisamos nós, os chamados educadores, saber para viabilizar até mesmo os nossos primeiros encontros com mulheres, homens e crianças cuja humanidade vem sendo negada e traída, cuja existência vem sendo esmagada?”

**Paulo Freire**

## RESUMO

O acesso ao saneamento básico nas áreas rurais é ainda um desafio a ser superado no Brasil. Movimentos em luta pela Reforma Agrária se organizam em áreas que carecem de investimento dos governos, e tem menos acesso à infraestrutura, saneamento, serviços de saúde, educação. O desenvolvimento de técnicas aplicadas para o saneamento rural é fundamental para contribuir com a segurança sanitária dessas comunidades. O filtro lento de areia é um método simplificado de tratamento de água, que se utiliza de ação física, química e biológica para a redução dos parâmetros da água bruta. A difusão de tecnologias de baixo custo e ambientalmente adequadas se apoia na educação socioambiental como instrumento de construção e propagação do conhecimento. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o tratamento de água do acampamento Edson Nogueira, em Macaé/RJ, através de um sistema combinado de filtração lenta com desinfecção por cloro, além de avaliar a qualidade das fontes usadas para água de consumo. Também foi elaborada uma aula de Manejo das Águas em conjunto com a Unidade Pedagógica de Agroecologia situada na comunidade, e ao final do estudo foi produzida uma cartilha educativa sobre tratamentos simplificados de água. Os resultados das análises de laboratório indicam que as águas de estudo apresentam parâmetros fora dos valores de referência do padrão de potabilidade, como a presença de coliformes. Foram analisados Sólidos Totais, pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura, Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes. Foram analisadas amostras da água de uma adutora abandonada, de captação superficial, além de 3 poços usados no acampamento. A água de captação superficial da adutora apresentou, em geral, baixo teor de sólidos totais e presença de coliformes também em pequeno número. A ação do tratamento pelo filtro lento mostrou melhora dos parâmetros de coliformes e oxigênio dissolvido, porém com grande aumento no teor de sólidos totais na água final. A água do poço 1 não indicou presença de coliformes, enquanto que os poços 2 e 3 confirmaram coliformes totais e termotolerantes, respectivamente.

**Palavras-chave:** Saneamento Rural. Tratamento de Água. Filtração lenta. Desinfecção. Educação Socioambiental.

## ABSTRACT

Access to basic sanitation in rural areas is still a challenge to be overcome in Brazil. Social movements struggling that defend the Agrarian Reform are organized in areas that lack government investment, and have less access to infrastructure, sanitation, health services, and education. The development of applied techniques for rural sanitation is fundamental to contribute to the sanitary security of these communities. The slow sand filter is a simplified method of water treatment, which uses physical, chemical, and biological action to reduce the parameters of raw water. The diffusion of low-cost and environmentally appropriate technologies relies on socio-environmental education as a tool for building and spreading knowledge. Thus, the objective of this work was to evaluate the water treatment of the Edson Nogueira camp, in Macaé/RJ, through a combined system of slow sand filtration with chlorine disinfection, and also evaluate the quality of the water sources used for drinking water. A class about Water Management was also prepared with the collaboration of Pedagogical Unit of Agroecology, located in the community, and at the end of the study an educational booklet on simplified water treatments was produced. The results of the laboratory analyses indicate that the study waters present parameters outside the reference values of the potability standard, such as the presence of coliforms. Total Solids, pH, Dissolved Oxygen, Temperature, Total Coliforms and Thermotolerant Coliforms were analyzed. Water samples were analyzed from an abandoned water main, from a surface catchment, and from 3 wells used in the camp. The water from the surface water supply showed, in general, low total solids content and the presence of coliforms in small numbers. The treatment action showed a improvement in coliforms and dissolved oxygen parameters, but with a large increase in total solids content in the final water. The water from well 1 did not indicate the presence of coliforms, while wells 2 and 3 confirmed total and thermotolerant coliforms, respectively.

**Key words:** Rural Sanitation. Water treatment. Slow Sand Filtration. Desinfection, Environmental Education.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano.....	19
Figura 2 - Tipos de usos das águas doces, de acordo com as classes de enquadramento Fonte: ANA (2017).....	22
Figura 3 - Etapas do tratamento de água convencional.....	25
Figura 4 - Etapas do tratamento simplificado.....	28
Figura 5 – Ilustração das camadas de um filtro lento .....	28
Figura 6 - Matriz tecnológica de soluções individuais ou para pequenos sistemas coletivos de abastecimento de água .....	33
Figura 7 – Sub-bacias do rio Macaé .....	38
Figura 8 – Mapa de localização do território de estudo .....	39
Figura 9 – Acampamento Edson Nogueira visto de cima (parcialmente).....	39
Figura 10- Áreas de Influência Direta e Indireta/ Recursos Hídricos da UTE N S Fatima .....	42
Figura 11 - Área de influência indireta do meio físico na RH Macaé e das Ostras, da Marlim Azul .....	42
Figura 12 - Amostra de água sendo coletada com frasco de laboratório.....	45
Figura 13 – Identificação dos pontos de coleta .....	45
Figura 14 – Tubos com os reagentes para inoculação .....	46
Figura 15 – Tubos com as amostras dentro da estufa.....	47
Figura 16 – Procedimento de repique sendo feito dentro do fluxo laminar .....	48
Figura 17 - Amostras inoculadas com caldo EC e aparelho de banho-maria.....	48
Figura 18 – Oxímetro sendo usado para medição no interior do poço.....	49
Figura 19 – Soluções tampão de pH.....	49
Figura 20 – pHmetro .....	50
Figura 21 – Cadinhos dentro do dessecador.....	50
Figura 22 – Vista do sistema: barril do filtro próximo à adutora e reservatório de água tratada .....	52
Figura 23 – Sequência de montagem do filtro: a) pedras de rio, b) brita zero, c) manta e areia e d) boia e ligação do sistema. ....	53
Figura 24 – Poço 1 com bombeamento manual (poço profundo) .....	54
Figura 25 – Poço 3 (poço raso).....	54
Figura 26 – Poço 2 (poço raso).....	54
Figura 27 – Tubulação a montante da comunidade, com vazamentos nas conexões.....	56
Figura 28 – Tubulação após o conserto dos vazamentos .....	56
Figura 29 – Tubos com formação de gás nos caldos EC e Verde Brilhante .....	58
Figura 30 – Tubos com e sem formação de gás no <i>Lauryl</i> .....	60
Figura 31 – Aula de Manejo das Águas na Unidade Pedagógica de Agroecologia .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores limite dos parâmetros da água, de acordo com as classes.....	21
Tabela 2 - Valores limite para águas subterrâneas de acordo com os usos.....	22
Tabela 3 – Comparação dos valores limite do padrão de potabilidade do Ministério da Saúde e da OMS .....	23
Tabela 4 - Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento .....	27
Tabela 5 – Compilado de estudos com a eficiência do filtro de areia na remoção de parâmetros .....	30
Tabela 6 – Equipamentos/ metodologia das análises .....	46
Tabela 7 – Parâmetros da água bruta coletada na adutora e valores de referência.....	57
Tabela 8 - Parâmetros da água bruta coletada nos poços e valores de referência .....	59
Tabela 9 – Comparação dos parâmetros da água antes e após a filtração no dia 23/05/2022 .....	61
Tabela 10 - Comparação dos parâmetros da água antes e após a filtração no dia 06/06/2022.....	61
Tabela 11 – Comparação dos parâmetros da água bruta e da água tratada .....	62

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
JURA – Jornada Universitária pela Reforma Agrária  
MS – Ministério da Saúde  
MST – Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra  
NMP – Número Mais Provável  
ONU – Organização das Nações Unidas  
ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
PDS – Projeto de Desenvolvimento Sustentável  
PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico  
PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico  
PNSR – Política Nacional de Saneamento Rural  
PRH – Plano de Recursos Hídricos  
REBIO União – Reserva Biológica da União  
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental  
UFF – Universidade Federal Fluminense  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
1.3 OBJETIVOS .....	16
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	18
2.2 TRATAMENTOS DE ÁGUA .....	24
2.3 SANEAMENTO AMBIENTAL NAS ÁREAS RURAIS .....	30
2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL POPULAR .....	34
<b>3. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>37</b>
3.1 HISTÓRICO .....	37
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	38
3.3 O ACAMPAMENTO EDSON NOGUEIRA E A LUTA PELA REFORMA AGRÁRIA .....	40
3.4 CONFLITOS SOCIOECONÔMICOS RELATIVOS OS RECURSOS HÍDRICOS .....	41
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>44</b>
4.1 INSTALAÇÃO DO SISTEMA .....	44
4.2 COLETAS DE AMOSTRAS .....	44
4.3 ANÁLISE DA ÁGUA .....	46
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
5.1 IDAS A CAMPO .....	52
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA .....	57
5.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA NA FILTRAÇÃO .....	60
5.4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO .....	62
5.5 EDUCAÇÃO AMBIENTAL POPULAR .....	64
5.6 ELABORAÇÃO DA CARTILHA .....	65
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A - CARTILHA EDUCATIVA .....</b>	
<b>APÊNDICE B – DADOS BRUTOS DAS ANÁLISES .....</b>	
<b>APÊNDICE C – EXEMPLO: PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DO SISTEMA</b>	
<b>ANEXO I – TABELA NMP PARA 3 TUBOS DE DILUIÇÃO 10 ML, 1 ML E 0,1 ML (NMP/100ML) .....</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura camponesa, difundida em territórios rurais, defende um sistema rural de oposição ao latifúndio e ao agronegócio. A luta camponesa tem como bandeira principal a Reforma Agrária, com a democratização do acesso à terra, distribuição de renda, produção diversificada, dentre outros elementos-chave (GUIMARÃES, 2013).

Mesmo em localidades distantes, muitos territórios compartilham de diversas características estruturais em comum, por conta das condições de infraestrutura nas regiões rurais, especialmente nos assentamentos da reforma agrária. Em geral, as áreas usadas nesses territórios no processo de ocupação e assentamento, são espaços em condições de contradição com a função social da propriedade, prevista pela Constituição Federal de 1988, que estabelece a sua condição para o direito à propriedade privada.

Dessa forma, a falta de infraestrutura urbana, como ausência de ligação a redes de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos, ou acesso a rede de energia elétrica, acabam sendo ocorrências comuns em diversos territórios, mesmo aqueles em estágio mais avançado de regularização fundiária. Por isso, é importante desenvolver e aplicar estratégias de saneamento que sejam viáveis para a população do território.

O saneamento rural está ligado ao manejo das águas, no planejamento de sistemas de tratamento e distribuição de água para comunidades agrícolas camponesas. É possível projetar soluções diversas, de acordo com os diferentes usos da água, considerando alternativas sustentáveis e de baixo custo, como filtros lentos, e processos simplificados de desinfecção da água. Um olhar especial deve ser dado às águas destinadas ao consumo humano, de forma que seja livre de contaminação e de substâncias poluidoras.

A segurança hídrica é vital para a subsistência dessas comunidades e para a sua produção agroecológica. Além disso, o acesso à água potável é considerado um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, e está abarcada no ODS 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Dessa forma o presente trabalho é o resultado de um estudo feito para contribuir com melhores condições de saneamento, através do tratamento da água de consumo na comunidade agrícola do acampamento Edson Nogueira em Macaé/RJ.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Este estudo foi desenvolvido a partir da continuidade de ações de extensão, através de projetos e disciplinas ministrados pela UFRJ Macaé, em conjunto com comunidades camponesas do município. Desde 2019 iniciaram-se as atividades, que foram acompanhadas por grupos acadêmicos, e tiveram como resultado alguns trabalhos publicados. Nas primeiras articulações foi identificada a necessidade de se planejar o tratamento da água consumida na comunidade.

A construção de um filtro usando o funcionamento de filtro lento domiciliar foi planejada pelo grupo de pesquisa para implantação na comunidade Edson Nogueira, em Macaé. A iniciativa foi acompanhada da coleta de amostras de água para avaliar o resultado da ação do filtro piloto. Bessa (2020) apontou alguns elementos que precisavam ser melhorados para o funcionamento adequado do sistema, e este trabalho visa aplicar e avaliar o resultado desse processo de aprimoramento do sistema de tratamento de água nesta comunidade.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Desde o início da pandemia de COVID-19, no início de 2020, o contato com o acampamento ficou mais fragilizado, tendo em vista a proibição de atividades presenciais não-essenciais por conta das condições sanitárias de isolamento social. Desde 2021, a Escola de Agroecologia do território retomou suas atividades presenciais com um curso de agroecologia de curta duração, e em 2022 retomou o cronograma de aulas de longa duração da escola. Foi nesse ano que se retomou o planejamento para acompanhar o filtro, fazendo sua reinstalação e monitorando o seu funcionamento.

Depois de um certo tempo de operação o filtro foi desativado, em parte por conta de uma escassez de água da fonte utilizada, mas também devido à necessidade de se articular uma manutenção do sistema, o que demonstrou uma fragilidade na apropriação da tecnologia usada pela comunidade. Há que se ressaltar, também, que nesse período houve entrada de novas famílias, assim como a saída de outras famílias, restando assim um quantitativo menor de pessoas que haviam participado da primeira instalação do filtro e acompanhado as especificidades da manutenção do sistema.

Por isso, verifica-se que é necessário um acompanhamento quali-quantitativo do filtro de forma mais aprofundada, para que se possa definir os procedimentos para a correta operação do filtro de forma mais eficiente ao combate de patógenos, permitindo

que os moradores consigam aperfeiçoar seu funcionamento através da manutenção consciente e organizada e, partir dessa experiência construir uma maior autonomia para planejar o saneamento local, com a apropriação dos fundamentos básicos deste tipo de tecnologia.

Desde a desativação do filtro, que era abastecido por uma adutora vinda do Parque Natural Municipal do Atalaia, a principal fonte de água é proveniente de um poço próximo ao local, retirada por meio de uma bomba manual. Assim como as outras opções usadas na comunidade, essa água não passa por qualquer tipo de tratamento, sendo esta utilizada, inclusive, para a cozinha coletiva e para água de consumo.

Também há outros poços no território, onde há captação por meio de baldes e bacias, além de um rio no interior do acampamento, utilizado para lazer pela comunidade. Mas a água vinda da adutora do Parque Atalaia ainda é uma das mais utilizadas no interior das casas por não precisar do bombeamento ou da coleta manuais.

Outra questão que não avançou desde o início dos trabalhos foi a discussão sobre a etapa de desinfecção com o uso de cloro, que é fundamental para o tratamento completo do sistema proposto. Por isso se propõe avaliar a proposta de tratamento como um sistema para além do filtro lento, que também incluía a desinfecção, etapa que deve ser prevista em qualquer solução de abastecimento de água. Apesar de o filtro lento ter alta eficiência na remoção de patógenos presentes na água, é preciso garantir que estes foram eliminados para se ter a correta segurança hídrica na água para consumo humano. Este é o papel do cloro no tratamento.

Uma motivação para a realização desse trabalho é a clara necessidade de se ter um melhor conhecimento da água usada no acampamento, afim de se ter um maior controle sanitário, evitando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica. A partir de um monitoramento frequente do projeto é possível coletar dados para planejar soluções mais adequadas às características da comunidade.

Enquanto uma comunidade camponesa, que produz alimentos e vive sob a luz da agroecologia, também é pertinente a discussão do nexos água-energia-alimentos trazida pela conferência Rio+20, sobre planejar de forma integrada a segurança hídrica, alimentar e energética na sociedade, devido ao desafio de suprir as necessidades das populações frente à superexploração de recursos naturais.

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU estabelecem metas para superar diversos problemas de desenvolvimento enfrentados pelos países, dentre eles

podemos destacar o acesso à segurança hídrica e sua relação com os seguintes ODS: ODS 3: Saúde e bem-estar, ODS 6: Água potável e Saneamento e ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis.

Outra motivação importante deste estudo é que as características conhecidas da água em questão mostram que é possível consolidar alternativas de tratamento de baixo custo, já que a água de estudo apresentou, em estudos preliminares, características que permitem explorar as formas de tratamento mais simplificadas. Um exemplo é a baixa quantidade de matéria orgânica, que possibilita o uso de menos etapas de tratamento e uso de tecnologias de fácil acesso e ambientalmente adequada para o desenvolvimento sustentável.

Também foi possível observar que se faz necessário criar formas de compartilhar o conhecimento construído ao longo dos últimos anos nesse projeto com a mediação da universidade, de forma que este seja integrado ao cotidiano do território e se perpetue em práticas futuras. O objetivo é contribuir para o acúmulo de experiências na comunidade, garantindo que esse conhecimento seja replicável entre os membros da comunidade.

A partir de uma construção e acompanhamentos mais sólidos, é possível servir de referência também para outras localidades em que se compartilhem realidades parecidas, como em outros acampamentos, assentamentos, aldeias, comunidades rurais ou outros territórios que utilizam soluções alternativas de saneamento básico.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivos Gerais

Instalar e avaliar a adequação de um filtro ecológico para tratamento da água usada na comunidade Edson Nogueira, de forma a contribuir com a melhoria da qualidade de vida local, através do incremento no saneamento básico;

Definir diretrizes básicas para o tratamento da água usada no território, a partir do conhecimento dos parâmetros das fontes de água locais;

Contribuir com a apropriação dos conhecimentos adquiridos ao longo do processo de implantação e acompanhamento do projeto, fortalecendo a sensibilização ambiental e sanitária dessa e de outras comunidades rurais acerca do saneamento ecológico.



### 1.3.2 Objetivos Específicos

- I. Realizar análises em laboratório de amostras da fonte de água usada para consumo do acampamento;
- II. Reinstalar e acompanhar a operação do filtro durante sua carreira de filtração;
- III. Avaliar o desempenho do filtro na redução dos patógenos monitorados;
- IV. Avaliar o desempenho do sistema de tratamento de água proposto na redução dos parâmetros de estudo;
- V. Promover uma aula pública em conjunto com a comunidade sobre o manejo das águas;
- VI. Elaborar uma cartilha educativa sintetizando a experiência dos processos de instalação e monitoramento do sistema.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS

A análise dos recursos hídricos deve observar os aspectos da disponibilidade e da qualidade de forma integrada, pois são elementos essenciais para a sua destinação adequada. Para avaliar a qualidade da água utiliza-se da medição de diversos parâmetros físico-químicos e biológicos. Neste estudo foram analisados alguns desses parâmetros, que serão apresentados a seguir.

#### 2.1.1 Parâmetros da água

##### I. Parâmetros microbiológicos

Os micro-organismos patogênicos são aqueles que apresentam risco à saúde. Como os patógenos não são residentes naturais dos corpos hídricos, eles indicam que houve uma contaminação na água. Em geral é difícil identificar cada grupo ou espécie de microrganismos, sejam bactérias, vírus ou protozoários. Por isso, são usadas algumas bactérias como indicadoras de contaminação, como ocorre com as bactérias do grupo coliformes (BRAGA, 2007).

Os coliformes vivem naturalmente no intestino de animais de sangue quente, inclusive em humanos e, ao serem encontrados na água, indicam que houve uma contaminação fecal daquela fonte de água. Assim, há possibilidade de contato da água com agentes transmissores de doenças, que podem ter ocorrido, por exemplo, através de esgoto doméstico, resíduos agrícolas, criação de animais (WEINER, 2003).

No contexto da portaria do Ministério da Saúde, o padrão para análises bacteriológicas é a ausência de coliformes totais e de *Escherichia Coli* em amostras de 100 mL. Para a Solução Alternativa Coletiva de abastecimento de água (SAC), apenas uma das amostras analisadas no mês poderia apresentar resultado positivo. Além disso, a portaria também trata do monitoramento de outros parâmetros biológicos, como cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*.

##### i. Coliformes totais

A portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde descreve os coliformes como:

bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima ti -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

A presença de coliformes totais não é necessariamente uma indicação de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como *Serratia* e *Aeromonas* (CONTE, 2004). Em condições normais, os coliformes não são, por si só, patogênicos, porém algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem causar diarreias e infecções urinárias (JAWETZ,2000 & SILVA, 2001).

ii. Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes diferenciam-se dos coliformes totais por fermentarem lactose com produção de gás a uma temperatura de  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas. O principal representante do grupo termotolerante e o indicador mais específico de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos é a *Escherichia coli* (CONTE, 2004).

Os coliformes termotolerantes são escolhidos como indicadores de contaminação pois possuem características favoráveis, tais como: existem em grande número na matéria fecal; se reproduzem apenas no interior do intestino de animais; tem boa resistência ao meio; podem ser determinadas por método relativamente simples (BRAGA, 2007).

Figura 1 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano

Formas de abastecimento	Parâmetro	VMP		
SAI	<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL		
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais	Ausência em 100 mL	
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	
		Coliformes totais	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

Fonte: Ministério da Saúde (2021)

I. Parâmetros físico-químicos

i. Sólidos Totais

Os sedimentos em volume elevado podem representar problemas nos leitos dos corpos d'água, causando assoreamento, que altera a navegação e o risco de enchentes, além de ameaçar os organismos que são sensíveis aos sedimentos (ANA). Sedimentos e sólidos suspensos também podem prejudicar a desova de determinadas espécies de peixes, além de causar dano diretamente nas guelras de peixes. Além disso, sedimentos

orgânicos podem esgotar o oxigênio disponível na água (WEINER, 2003). Os sólidos totais são a combinação dos sólidos dissolvidos, que são partículas menores (da ordem de  $10^{-3}\mu m$ ) e estão mais associados a alteração na cor da água, e os sólidos suspensos na água (da ordem de  $1\mu m$ ), mais relacionados à alteração na turbidez da água.

ii. PH

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6,0 e 9,0. Em um estudo realizado por PEREIRA *et al.* (2013), o pH foi o parâmetro que exerceu a maior influência na mudança de faixa do Índice de Qualidade da Água (IQA) calculado, alterando a faixa de boa para média, quando este se encontrava em valores mais extremos.

iii. Oxigênio Dissolvido

Segundo JANZEN (2008), a concentração de oxigênio dissolvido na água é resultado de diversos processos, e quando esta se encontra abaixo dos valores aceitáveis, pode afetar a saúde do ecossistema aquático e até impedir o uso da água para o abastecimento doméstico. Enquanto a fotossíntese contribui para o aumento da quantidade de oxigênio disponível na água, a decomposição de matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema diminuem essa concentração de oxigênio.

iv. Temperatura

A temperatura pode influenciar diversos parâmetros físico-químicos da água, como tensão superficial e viscosidade, e de forma mais intensa à vida aquática em geral, que possui organismos sensíveis à variação térmica (ANA). Além das variações naturais de temperatura nos rios, as ações antrópicas também podem acentuar esse fenômeno.

As termoelétricas utilizam vapor para a geração de energia, processo no qual o vapor passa por um mecanismo de resfriamento para ser condensado. Uma das formas de resfriamento utilizadas é através da água de rios, o que pode causar danos ecológicos (SOUZA, 2015).

### 2.1.2 Enquadramento de corpos hídricos em classes

A Lei nº 9.433/97 instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (conhecida como Lei das Águas), que traça diretrizes para a elaboração de políticas públicas e gestão das águas (BRASIL, 2007). Nela, é definido o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, que tem como objetivos assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. O enquadramento é o estabelecimento do nível de qualidade a ser alcançado e mantido em um trecho do corpo de água ao longo do tempo.

Compete às Agências de Água propor aos Comitês de Bacia Hidrográfica o enquadramento dos corpos de água, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Estadual de Recursos Hídricos. Dessa forma, o enquadramento é um instrumento da Lei das Águas e deve levar em conta os usos locais e as características de qualidade que aquele corpo hídrico deve apresentar.

As características das classes foram definidas em Resoluções do CONAMA, a depender do tipo de corpo hídrico identificado. Já com relação ao enquadramento, o Plano de Recursos Hídricos da região hidrográfica VIII, elaborado pelo Comitê das bacias hidrográficas dos rios Macaé e Ostras, traz uma proposta de enquadramento a ser implementada na bacia. No entanto, na proposta são considerados os rios principais da bacia, não englobando os córregos menores.

#### I. Águas superficiais

O texto da resolução CONAMA 357/2005 traz as condições de qualidade de água, para cada uma das classes, e seus respectivos usos. Os valores máximos de referência dos parâmetros pertinentes estão reunidos na tabela a seguir.

Tabela 1- Valores limite dos parâmetros da água, de acordo com as classes

<b>Parâmetro</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Classe 4</b>
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6	5	4	2
pH	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500	500	500	500
Coliformes termotolerantes (VMP/100ml)	200	1000-2000 <sup>(1)</sup>	1000-4000 <sup>(2)</sup>	-
Coliformes totais (VMP/100ml)	-	-	-	-
Temperatura (°C)	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005)

<sup>(1)</sup>: Para recreação, admite-se o limite de 2.000, e para os demais usos 1.000;

<sup>(2)</sup>: Para recreação, admite-se o limite de 2.500, para a dessedentação de animais 2.500, e para os demais usos 1.000.

No texto da resolução também são especificados os usos preponderantes para cada classe prevista no enquadramento. O abastecimento para consumo humano é previsto nas classes especial, I, II e III, com diferentes exigências de tratamento. Já a classe IV é vedada para esse tipo de uso, em função da diferença de qualidade da água.

Figura 2 - Tipos de usos das águas doces, de acordo com as classes de enquadramento

Usos das Águas Doces	Classes de Enquadramento dos Corpos d'água				
	Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Preservação do equilíbrio natural as comunidades aquáticas	Manutenção em UIC de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas		Manutenção em Termas Indígenas			
Recreação de contato primário					
Aquicultura					
Abastecimento para consumo humano	Após Desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário					
Pesca					
Irrigação		Hortaliças cruas ou frutas com película	Hortaliças frutíferas, parques, jardins e campos	Culturas arbóreas, cereíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais					
Navegação					
Harmonia Paisagística					

Fonte: ANA (2017)

## II. Águas subterrâneas

A resolução CONAMA 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. A definição é feita de acordo com o uso preponderante do corpo hídrico, e entre os parâmetros listados, destacam-se os identificados na tabela:

Tabela 2 - Valores limite para águas subterrâneas de acordo com os usos

Parâmetro	Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
Coliformes termotolerantes (VMP/100ml)	ausente	200	-	1000
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1000	-	-	-

Fonte: Adaptado de BRASIL (2008)

### 2.1.3 Padrão de potabilidade para água de consumo

Para caracterizar a água de estudo também precisamos introduzir os conceitos de água para consumo, água potável e potabilidade. A água para consumo é aquela destinada para consumação humana, como por meio de ingestão, preparação de alimentos e higiene pessoal. Podemos reparar que essa definição independe da fonte de origem da água, mas sim do uso ao qual ela é atribuída. O objetivo de se realizar tratamentos de água é para

garantir que a água usada para consumo humano seja de boa qualidade, no sentido de não oferecer riscos à saúde, e para isso tem-se estabelecido o padrão de água potável. A água potável é, portanto, aquela que atende aos parâmetros definidos no padrão de potabilidade, que são o conjunto de valores permitidos para os parâmetros de qualidade da água para consumo humano, de forma a não oferecer riscos à saúde.

Outro conceito importante para a discussão sobre a qualidade da água é o padrão organoléptico, que associa a percepção das pessoas à qualidade da água e seus respectivos parâmetros, de forma que as experiências sensoriais ditam os valores permitidos das substâncias analisadas, que devem estar abaixo desses limites, ainda que não necessariamente impliquem em risco à saúde. Características como cor, cheiro e sabor são alguns dos conceitos considerados para a estimativa dos valores até então estabelecidos.

A portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde definiu o padrão de potabilidade e traz nos seus anexos as tabelas com valores de referência para avaliação da qualidade da água (BRASIL, 2021). Posteriormente houve modificações e a versão mais recente é a portaria nº 888 de 2021, que alterou o valor de alguns parâmetros. Na tabela abaixo, os parâmetros levantados para uso no presente estudo e os seus valores limite para água potável.

Além dos parâmetros microbiológicos, a portaria do Ministério da Saúde também define os valores máximos permitidos para os parâmetros físico-químicos, que incluem: substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde; substâncias orgânicas que representam risco à saúde; agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde; subprodutos da desinfecção que representam risco à saúde e padrão organoléptico de potabilidade.

Tabela 3 – Comparação dos valores limite do padrão de potabilidade do Ministério da Saúde e da OMS

<b>Parâmetro</b>	<b>Padrão de Potabilidade (MS)</b>	<b>Valores médios padrão (OMS)</b>
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	6
pH	6,0 a 9,5	6,5 a 8,5
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500	1000
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	0	0
Coliformes totais (NMP/100ml)	0	0
Temperatura (°C)	-	25

Fonte: Adaptado de BRASIL (2021) e OMS (2021)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) elaborou um estudo onde fez um levantamento das políticas de regulação pelo mundo. O relatório reuniu informação de 125 países e territórios, especificando os padrões nacionais da qualidade da água potável para parâmetros estéticos, químicos, microbiológicos e radiológicos. Os valores médios usados pelos países da pesquisa estão representados na tabela acima, em comparação com o padrão brasileiro, definido pelo Ministério da Saúde.

## 2.2 TRATAMENTOS DE ÁGUA

Para atender ao padrão de qualidade exigido ao abastecimento público, existem diversos tipos de tratamento de água disponíveis. De acordo com BRAGA (2007), as tecnologias de tratamento podem atender às finalidades higiênicas, estéticas ou econômicas.

O tratamento é formado, em geral, por diferentes etapas que visam criar barreiras à passagem de partículas suspensas e dissolvidas, e de microrganismos encontrados na água. Pode-se resumir o funcionamento das tecnologias de tratamento em três fases: clarificação, filtração e desinfecção (CORDEIRO, 2008).

### 2.2.1 Tratamentos convencionais

Nos sistemas de tratamento convencionais, adotados pela maioria das Estações de Tratamento de Água (ETA), são utilizados coagulantes químicos para separar os resíduos da água bruta. Esses aditivos fazem as partículas formarem flocos e facilitam o processo de retirada dos resíduos sólidos, feito com o uso das etapas de sedimentação e filtração, que finalizam esse processo de separação das partículas sólidas.

Outra ação essencial é a desinfecção, que tem como objetivo a destruição de organismos patogênicos, e é a única etapa do tratamento especificamente destinada ao controle da qualidade microbiológica (BRAGA, 2007).

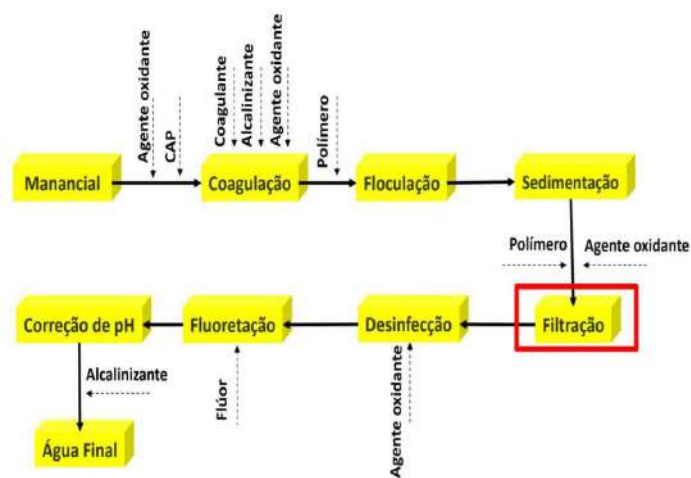
As águas que têm contato com camadas ferruginosas podem conter elevado teor de ferro, quando há baixa concentração de oxigênio, como acontece em diversos poços usados para captação de água. De acordo com CORDEIRO (2008), na região de Campos dos Goytacazes, por exemplo, a maioria das águas subterrâneas apresenta contaminação por ferro e manganês. Para a remoção desses compostos há algumas opções que exigem um custo tecnológico maior, como aeração, sedimentação, filtração e alcalinização.



Em Tratamentos tradicionais também é comum a etapa de correção do pH, por conta das substâncias químicas usadas em algumas etapas (como na clarificação, floculação), que podem alterar o pH da água, ou para a correção do próprio valor natural da água bruta. A alteração no pH pode causar corrosão ou incrustações no interior das tubulações.

Na figura a seguir há um resumo das etapas de tratamento de água mais comuns no sistema tradicional:

Figura 3 - Etapas do tratamento de água convencional

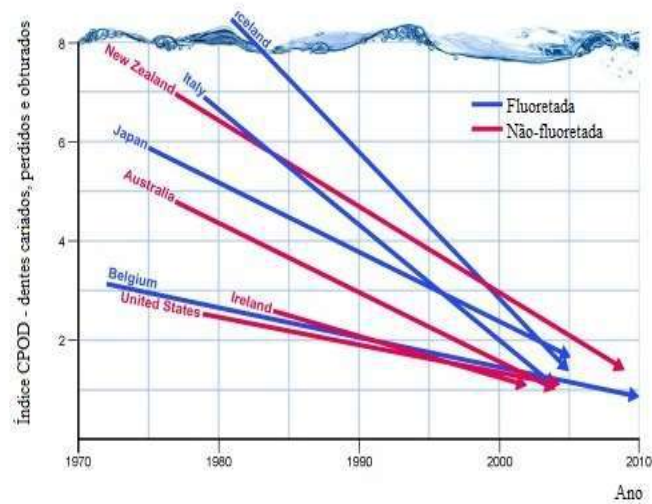


Fonte: BECKER (2017)

A fluoretação já não é considerada uma forma de tratamento, e sua finalidade é prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes. Ela é feita pela adição de flúor, em geral na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio (FRANCISCO, 2011). A adição de flúor na água é prevista por lei no Brasil (Lei Federal nº 6.050/1974) como medida de prevenção à cárie dentária, mas hoje em dia o flúor é indicado em pesquisas como uma substância tóxica, sendo um tema controverso entre especialistas da área (PRADO *et al*, 2014).

Alguns países estão parando de adotar a adição de flúor na água de abastecimento, e dados da ONU mostram que há uma tendência de queda nos casos de cáries dentárias nos últimos anos, tanto nos países que adicionam flúor quanto naqueles em que o mesmo não é adotado, conforme o gráfico a seguir.

Gráfico 1 - Tendência de queda de casos de cárie dentária



Fonte: Traduzido de ONU (2012)

Na tabela 4 a seguir estão compilados alguns indicadores de referência e sua relação na influência das etapas do tratamento de água e em seus respectivos processos.

Tabela 4 - Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento

<b>Processo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Etapa</b>	<b>Indicadores de Referência</b>	<b>Fatores que influenciam a eficiência</b>
<b>Clarificação</b>	Remoção de turbidez, cor e, de forma secundária, matéria orgânica natural.	Coagulação	Volume de coagulante e custos operacionais	Concentração de matéria suspensa, coloidal e dissolvida, pH, temperatura, dosagem de coagulante e tempo de mistura rápida.
		Floculação	Tamanho e densidade dos flocos, custos operacionais	Eficiência da etapa anterior, quantidade de agitação, concentração de flocos.
		Decantação	Turbidez, cor, sólidos dissolvidos e suspensos, quantidade de lodo decantado e velocidade de decantação, custos operacionais.	Eficiência das etapas anteriores, tamanho e densidades dos flocos, quantidade de agitação.
		Filtração	Turbidez, cor, sólidos suspensos edissolvidos	Escolha do tipo de filtro, o tamanho do material a ser filtrado, o método de filtração escolhido.
<b>Desinfecção</b>	Eliminação de microrganismos patogênicos	-	Número mais provável de coliformes, quantidade de desinfetante e outros produtos usados.	Tempo de contato com a água, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetantes e tipos de organismos.
<b>Fluoretação</b>	Combate e prevenção à cárie	-	Concentração de flúor	-
<b>Correção de acidez</b>	Combate à corrosão e incrustação nos encanamentos	-	Volume de cal hidratada ou carbonato de sódio	-

Fonte: FRANCISCO *et al* (2011)

### 2.2.2 Filtração lenta

A filtração lenta é uma tecnologia mais simplificada de tratamento da água, onde são empregadas uma quantidade menor de etapas de tratamento. Para que isso seja possível, a água bruta deve ter características apropriadas, de forma que o sistema possa operar de forma eficaz (PROSAB, 1999).

Figura 4 - Etapas do tratamento simplificado



Fonte: BECKER (2017)

Em resumo, o filtro é formado por uma camada filtrante, em geral de areia, e uma camada drenante, de brita, que tem a função de reter a movimentação da areia. A camada de areia é a parte mais importante, pois é onde há a remoção de partículas e de patógenos. Acima da superfície da areia é preciso que haja uma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm para permitir a formação do biofilme, uma fina camada formada acima da areia, que irá aglutinar os microrganismos, acrescentando uma ação biológica ao filtro (CAWST, 2012).

Figura 5 – Ilustração das camadas de um filtro lento



Fonte: KRAL (2011) *apud* GÓMEZ *et al* (2021)

Existem diversos tipos de filtros, e estes podem ser classificados de acordo com seus elementos constitutivos e suas características de funcionamento. A filtração pode ser classificada como rápida, quando

tem taxas de filtração entre 150 e 600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d, e de lenta quando tem taxas inferiores a 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d (DI BERNARDO *et al.*, 2008).

Segundo Amui (2016), estudos realizados em diversos países comprovam a eficiência do filtro lento como solução eficiente para a melhoria da qualidade da água de comunidades rurais, impactando a qualidade da água de abastecimento de milhares de pessoas, sendo uma tecnologia de baixo custo e fácil operação.

Segundo Di Bernardo *et al.* (2008), no início da filtração forma-se uma barreira para as partículas maiores que os vazios do meio filtrante, os vazios intergranulares. Nesse primeiro momento o filtro está limpo, e a principal ação é a de coar essas partículas. Ao longo do tempo há redução dos vazios intergranulares e, além do mecanismo físico de filtração de partículas, também há o acúmulo de microrganismos, é assim que haverá a formação do biofilme.

#### 2.2.2.1 Camada com ação biológica: *Schmutzdecke*

O *Schmutzdecke*, também conhecido como biofilme, é formado por partículas inertes, matéria orgânica e microrganismos, como bactérias, algas, protozoários, etc. Também é possível conter no biofilme precipitados de ferro e manganês caso estes estejam dissolvidos na água bruta (PROSAB,1999).

Além de levar um tempo até a formação da camada biológica, é necessário que após um determinado período contado do início da operação seja realizada a limpeza do filtro de forma periódica, para que a remoção continue funcionando de forma adequada. Esse período de operação é o chamado período de amadurecimento da *schmutzdecke*, e pode variar de alguns dias até meses, momento em que se recomenda realizar o processo de limpeza da camada filtrante. É feita a raspagem de 1 a 2 centímetros da superfície da areia, que pode ser lavada, secada e recolocada, ou ainda substituída por uma nova camada de areia limpa (Di Bernardo et al, 1999).

De acordo com CAWST (2012), o filtro lento é capaz de remover de 30% a 70% dos patógenos da água, e quando considerada a ação do biofilme a eficiência pode chegar a 99%, conforme tabela 5. As partículas e os patógenos são eliminados na areia de diversas formas:

- I. Ficando presos nos vazios intergranulares;
- II. Sendo predados por outros microrganismos;
- III. Aderindo aos grãos de areia, devido à adsorção da água;
- IV. Morrendo por falta de alimento ou oxigênio no interior do biofilme

Tabela 5 – Compilado de estudos com a eficiência do filtro de areia na remoção de parâmetros

<b>Eficiência do tratamento com Biofiltro de areia</b>						
Referência	Bactérias	Vírus	Protozoários	Helmintos	Turbidez	Ferro
Em Laboratório	Até 98,5% (1,2,3)	70 a >99% (3,4)	>99,99% (5)	Até 100% (6)	95% < 1 NTU (1)	Não avaliável
Em Campo	87,9 a 98,5% (7,8,9,10,11)	Não avaliável	Não avaliável	Até 100% (6)	85% (8)	90-95% (12)

Fonte: Traduzido de CAWST (2012)

Além de manter uma manutenção frequente, existem alguns requisitos de operação para garantir o bom funcionamento do filtro, e quando estes não são cumpridos tem-se a redução da eficiência do sistema. Algumas das recomendações de CAWST (2012) incluem: o uso frequente da água filtrada, permitindo a renovação da água no sistema; o uso de uma só fonte de água no filtro; a preservação da superfície da areia sem alterações e a desinfecção da água filtrada.

### 2.3 SANEAMENTO AMBIENTAL NAS ÁREAS RURAIS

No âmbito federal, foi elaborada a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), através da lei nº 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para ações em saneamento básico e para o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). No texto da PNSB há sinalizações de ações voltadas para as comunidades rurais, como a previsão de contemplar programa específico para ações de saneamento básico em áreas rurais. A primeira versão do PLANSAB foi aprovada pelo decreto nº 8141/2013 e pela Portaria Interministerial nº 571/2013. A versão mais atual do PLANSAB foi finalizada em 2019, e por isso já incorpora parte das discussões trazidas pelo Plano Nacional de Saneamento Rural (PNSR), publicado no mesmo ano.

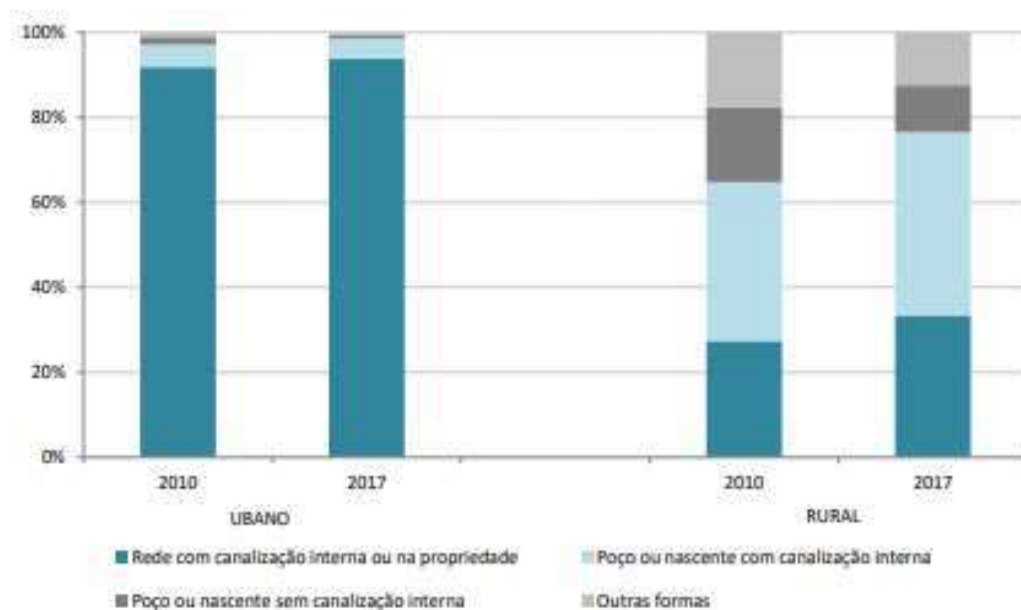
O desenvolvimento do saneamento no Brasil caminha a passos lentos, e ao que os dados indicam, o país está longe de conseguir alcançar as metas para 2030 rumo à universalização do saneamento, que de acordo com as projeções (CNI, 2017) só serão viáveis em 2054 (BORELLI, 2020). De acordo com o texto publicado pelo IPEA (2020): “esse déficit é decorrente de um longo histórico de não priorização do Estado, ao não tratar o tema como direito humano e de saúde pública”. Ao olhar para o saneamento nas comunidades rurais, vê-se que o cenário é ainda pior: as empresas de saneamento básico não têm interesse em ofertar serviços no campo, onde não se configura um mercado de água e coleta de esgotos. A partir da ideia de que prover infraestrutura à grandes distâncias do meio urbano não é lucrativo, diversas comunidades camponesas não são cobertas por estas políticas (IPEA, 2020).

1)Buzunis (1995), 2)Baumgatner (2006), 3)Jenkins *et al.* (2011), 4)Elliot *et al.* (2008), 5)Palmateer *et al.* (1997), 6)Não pesquisado. No entanto, helmintos são muito grandes para passarem entre a areia, é assumida uma eficiência de remoção de até 100%, 7)Earwaker (2006), 8)Duke e Baker (2005), 9)Alken *et al.* (2011), 10)Stauber *et al.* (2011), 11)Murphy *et al.* (2010), 12)Ngai *et al.* (2014).

### 2.3.1 Abastecimento de Água potável

Dados do PLANSAB (2019) evidenciam a diferença no desenvolvimento das áreas rurais e urbanas, e como as formas de captação usadas para abastecimento humano seguem tendências distintas de comportamento. Enquanto nas áreas urbanas o acesso a rede geral já circunda os 90% de atendimento há anos, no contexto rural a falta de acesso às redes de abastecimento faz com que a população recorra a fontes menos nobres, por falta de opção, o que aumenta a exposição às doenças de veiculação hídrica (PNSR, 2019).

Gráfico 2 - Formas de captação de água em áreas rurais



Fonte: PLANSAB (2019)

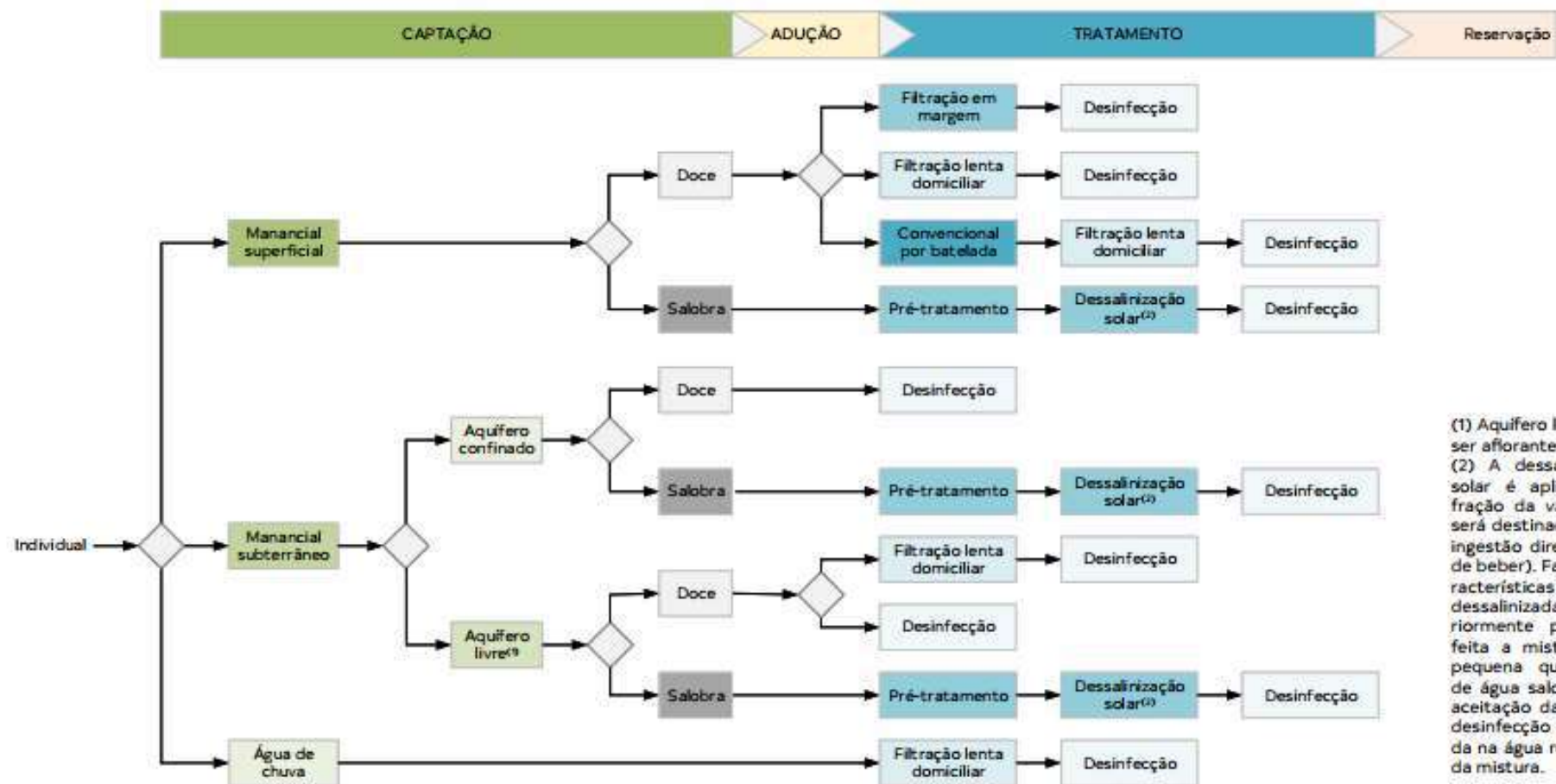
De acordo com o PNSR (2019), são diretrizes para o planejamento e implantação do abastecimento de água em áreas rurais:

- I. Priorizar a implantação de serviços públicos de abastecimento de água de maior aceitabilidade e de fácil manejo pela população local.
- II. Garantir e fomentar a participação da população nas etapas de concepção, implantação, operação e manutenção dos serviços públicos de abastecimento de água.
- III. Garantir acessibilidade financeira para a perenidade do serviço público de abastecimento de água escolhido e implantado na comunidade.
- IV. Proteger, preservar e recuperar as coleções hídricas.
- V. Fomentar a regulação e a fiscalização, que assegurem, nos termos da regulamentação vigente, o acesso democrático e equânime aos recursos hídricos, bem como a preservação de seus usos múltiplos.
- VI. Fomentar o aproveitamento de água de chuva, com uso de tecnologia e práticas operacionais, que garantam a segurança da água para o consumo humano.

- VII. Efetivar o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água nas áreas rurais.
- VIII. Fomentar e apoiar a utilização de energia solar fotovoltaica e energia eólica, para redução dos custos com energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.



Figura 6 - Matriz tecnológica de soluções individuais ou para pequenos sistemas coletivos de abastecimento de água



(1) Aqüífero livre pode ser aflorante ou não.  
 (2) A dessalinização solar é aplicada na fração da vazão que será destinada para a ingestão direta (água de beber). Face às características da água dessalinizada, posteriormente pode ser feita a mistura com pequena quantidade de água salobra para aceitação da água. A desinfecção é aplicada na água resultante da mistura.

## Notas:

- Quando houver disponibilidade de mananciais superficiais e subterrâneos, utilizar preferencialmente os últimos, pois, de modo geral, apresentam água de melhor qualidade.
- Na ocorrência de concentrações de substâncias ou características químicas, tais como agrotóxicos, metais (incluindo ferro e manganês), flúor, arsênio e dureza fora do padrão de potabilidade, é necessário prever tratamento específico.
- O tratamento composto por filtração lenta + desinfecção para mananciais superficiais é recomendado para águas com turbidez inferior a 30 uT.

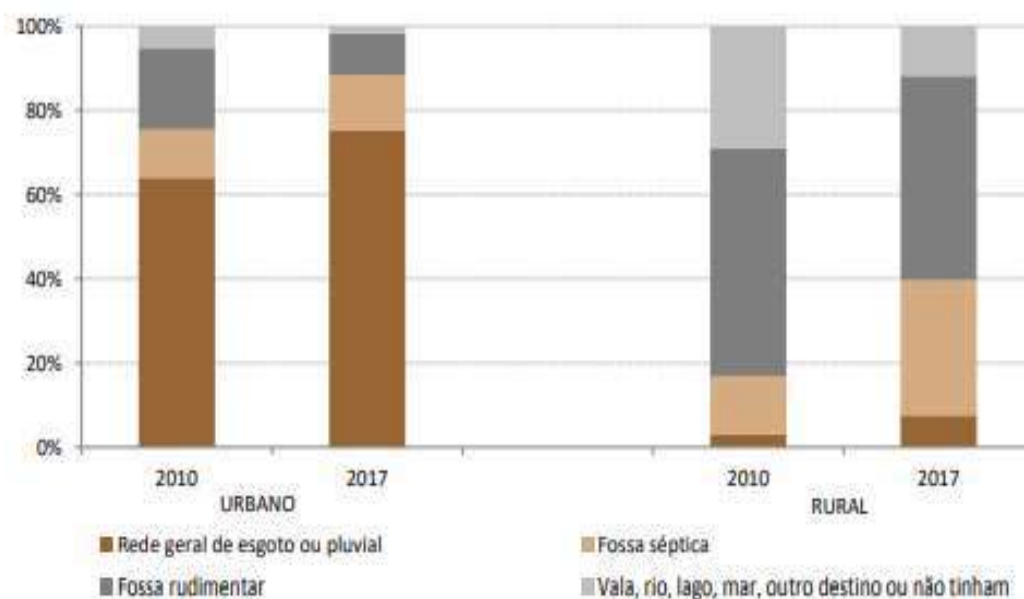
- A desinfecção é indispensável em todas as opções de tratamento de águas superficiais. No caso de águas subterrâneas, a necessidade de desinfecção deve ser verificada por meio de análise de qualidade microbiológica da água.
- Opções para a desinfecção: cloração, solar, fervura. Sempre que possível indica-se a cloração, pois o cloro continua agindo como desinfetante por determinado período de tempo.
- O filtro cerâmico domiciliar é uma etapa adicional, recomendado em todas as alternativas.
- Recomenda-se o uso de mantas sintéticas não tecidas sobre o meio filtrante de areia do filtro lento para facilitar a limpeza.

Fonte: PNSR (2019)

### 2.3.2 Esgotamento Sanitário

O esgotamento sanitário nas áreas rurais apresenta pouca adesão à rede geral, que não é a solução mais indicada para as regiões de áreas rurais. Pelos dados se nota um elevado índice de destinação inadequada dos efluentes, tendo a sua esmagadora maioria de soluções baseadas na disposição de esgotos domésticos em fossas rudimentares ou despejo direto nos corpos hídricos como valas, rios, lagos, etc. Ou seja, as duas formas de esgotamento mais usadas nas comunidades rurais usam o despejo sem tratamento no corpo hídrico ou no solo (PLANSAB, 2019). Também é comum o uso de soluções coletivas em locais públicos, além de problemas de funcionamento por falta de acesso à água (PNSR, 2019).

Gráfico 3 - Formas de esgotamento em áreas rurais



Fonte: PLANSAB (2019)

Dessa forma, em muitas comunidades rurais há maior insegurança hídrica quanto à contaminação das fontes de água usadas para consumo, tendo em conta a possibilidade de contaminação do solo e dos corpos hídricos por esgotos domésticos vindos da própria ou de outras comunidades, na região onde fazem a captação de água.

## 2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL POPULAR

A lei federal nº 9.795/99 institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e define a educação ambiental como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” incluindo os espaços de educação formal e não-formal. Além disso, o texto define que o poder público incentivará, dentre outras ações, a sensibilização ambiental de agricultores.

Dentre as diferentes perspectivas da educação ambiental destaca-se a Educação Ambiental Popular, num processo educativo de aprendizado político e social (CARVALHO, 2001). O autor coloca ainda que esta educação ambiental tem como objetivo transformar a sociedade em um conjunto de indivíduos capazes de agir criticamente, num processo de construção social da história ambiental.

De acordo com Magri (2012), diversos autores questionam os modelos atuais de sistema educacional das escolas, onde é priorizado o ensino voltado para as atividades urbanas, e baseado nas atividades capitalistas. Ainda que não seja fácil mudar os valores de uma sociedade já definida, é através da educação que se pode construir as bases do trabalho de construção dos princípios da educação ambiental popular, articulada com os sonhos e a realidade do povo.

#### 2.4.1 A pedagogia do capital

De acordo com Ramos (2020) os interesses da classe dominante sempre tiveram íntima relação com a educação no Brasil. O papel social da educação sofre mudanças históricas, de acordo com as necessidades dos grupos sociais e do *status quo*. Como exemplos a autora destaca, no passado, a catequização de povos indígenas e a formação técnica para o trabalho, em virtude da industrialização.

Trazendo a discussão para o presente, pode se observar essa dinâmica ainda hoje com o projeto neoliberal, que apresenta como solução para o desemprego o empreendedorismo e a uberização do trabalho, que tem como referencial a formação do indivíduo (RAMOS, 2020). As consequências dessa relação podem ser vistas na educação atual com a reforma do ensino médio, que pode ser interpretada, segundo Ferretti (2018), como a busca de hegemonia, no campo educacional, pelos setores da burguesia da sociedade capitalista brasileira. De forma semelhante são os objetivos do projeto denominado “escola sem partido” que considera doutrinação todas as formas de manifestação que questionem ou se contraponham à formação econômica capitalista e às sociabilidades derivadas desse modo de produção (FERRETI, 2018).

A pedagogia do capital incentiva as soluções individuais e a fragmentação social, fortalecendo suas bases através desse processo. Dessa forma, ela se apresenta objetivamente fundida em diversas áreas, como cultura, comunicação, alimentação, de forma que se voltam para o mesmo objetivo: o lucro, a produção de mercadorias, o consumo. Desse processo resulta a concentração de riquezas e a desigualdade social, não só impactam a educação de forma geral, como também dependem da apropriação da educação para seu modelo de desenvolvimento (RAMOS, 2006).

#### 2.4.2 A pedagogia crítica vivida no MST

FREIRE (1968) traz uma proposta pedagógica na sua obra “Pedagogia do Oprimido”, em que defende a posição filosófica e política que os homens tem como condição fundamental da sua existência, ser um ser transformador da realidade, e não um sujeito que apenas se adapta à realidade imposta, inerte à ela. Assim

podemos visualizar a educação ambiental, em uma educação libertadora onde os agentes sociais são parte do processo (GALVÃO, 2006).

No trabalho de Galvão (2006), o coordenador do setor de produção e sementes do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), Ciro Correia, fala sobre a política de meio ambiente no movimento:

A educação ambiental no MST é tratada dentro do conjunto das ações do movimento e de forma intersetorial, não sendo preconizadas atividades específicas de educação ambiental, com raras exceções. Trabalhamos na perspectiva de que educação ambiental é tema transversal e que deve permear o conjunto de nossos hábitos, atitudes e conceitos, tornando-se uma postura ética e de princípios. Porém, em algumas situações, até lançamos mão e realizamos alguns cursos e seminários sobre educação ambiental, mas o desafio central é torna-la cotidiana.

O movimento contempla a educação ambiental nos seus diversos âmbitos, incluindo os cursos e práticas aplicadas na agricultura, assim como no próprio contexto da luta pela terra, onde nela é cultivada a proteção ao meio ambiente e à natureza. É explícito nos documentos internos e na prática dos territórios a política do cuidado aos recursos naturais e o desenvolvimento de práticas sustentáveis de produção (GALVÃO, 2006).

Uma das expressões da educação ambiental no campo se dá através da agroecologia, que pode ser entendida como um modelo de produção que tem visão integrada do ecossistema, que utiliza tecnologias sociais e que contribui para a preservação e recuperação dos solos e das águas. A agroecologia fortalece a política pública de saneamento na medida em que coloca na sua forma de organização o foco em saúde, desenvolvimento social das populações do campo e a conservação e preservação do meio ambiente (PNSR, 2019).

Em relação ao desenvolvimento da agroecologia nas comunidades, Ciro Correia afirma que no MST não é adotada uma linha única, ou um manual que é preciso ser seguido. Ele sustenta “O que procuramos fazer é desenvolver uma consciência, para que se desenvolvam técnicas, que usam mais insumos da própria localidade, que respeitem o meio ambiente, e que se evite os agrotóxicos”. Também ressalta a criação de escolas em todas as regiões do país, onde as práticas educativas são construídas em decorrência das necessidades concretas, e permitem que o movimento lute por um outro tipo de escola (GALVÃO, 2006).

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1 HISTÓRICO

O presente trabalho foi desenvolvido em conjunto com a UFRJ Macaé e a comunidade camponesa localizada na região serrana de Macaé, o Acampamento Edson Nogueira. A comunidade é um dos territórios geridos pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) em Macaé, que conta também com um Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) no Assentamento Osvaldo de Oliveira.

Em 2018, após a organização da Jornada Universitária em Defesa da Reforma Agrária (JURA) na cidade universitária de Macaé, houve maior aproximação de projetos da UFRJ que começaram a trabalhar em conjunto com as comunidades do Assentamento Osvaldo de Oliveira e com o Acampamento Edson Nogueira, desenvolvendo pesquisa, disciplinas e projetos de extensão.

Através da articulação do projeto Axé Saúde, coordenado pelo curso de enfermagem, com a disciplina Aprendizado por Projetos, coordenada por professores da engenharia, teve início a investigação da água usada na comunidade. Após relatos de adoecimento de moradores e consideradas as condições de saneamento locais, foram feitas análises microbiológicas da água que confirmaram a contaminação da água pela bactéria *E.coli*, que é um dos indicadores de contaminação mais usuais. A partir daí foi proposto e instalado um filtro lento de areia para tratar a água destinada a consumo humano.

A fonte de água usada na época vinha de uma adutora antiga usada para abastecimento público de água do município de Macaé, que se encontrava abandonada e sem manutenção periódica. Ela foi a fonte de água usada para alimentar o filtro, já que se trata de uma água de boa qualidade aparente, cuja fonte de captação se encontra no interior de uma unidade de conservação, o Parque Natural Municipal do Atalaia, em Macaé, o que justifica a sua qualidade e é um elemento essencial para a escolha da filtração lenta como tratamento adequado.

O filtro foi instalado através de um mutirão realizado em agosto de 2019, e posteriormente contou com mais um mutirão de manutenção, na qual foi feita a limpeza dos materiais do filtro, em dezembro de 2019. As análises em laboratório continuaram a testar positivas mesmo depois da instalação e operação do filtro na comunidade, indicando a contaminação da água por coliformes totais e *E.coli*, tanto na água bruta quanto na água filtrada.

Durante dois anos subsequentes não foi realizado o monitoramento das águas da comunidade, conjuntura que se alterou com a chegada de novas famílias, e perpassadas pela situação imposta da pandemia de COVID-19. Durante esse tempo não foi possível realizar a manutenção do sistema e o mesmo foi desativado em 2021, por conta de um longo período de escassez de água, que levou ao abandono do sistema.

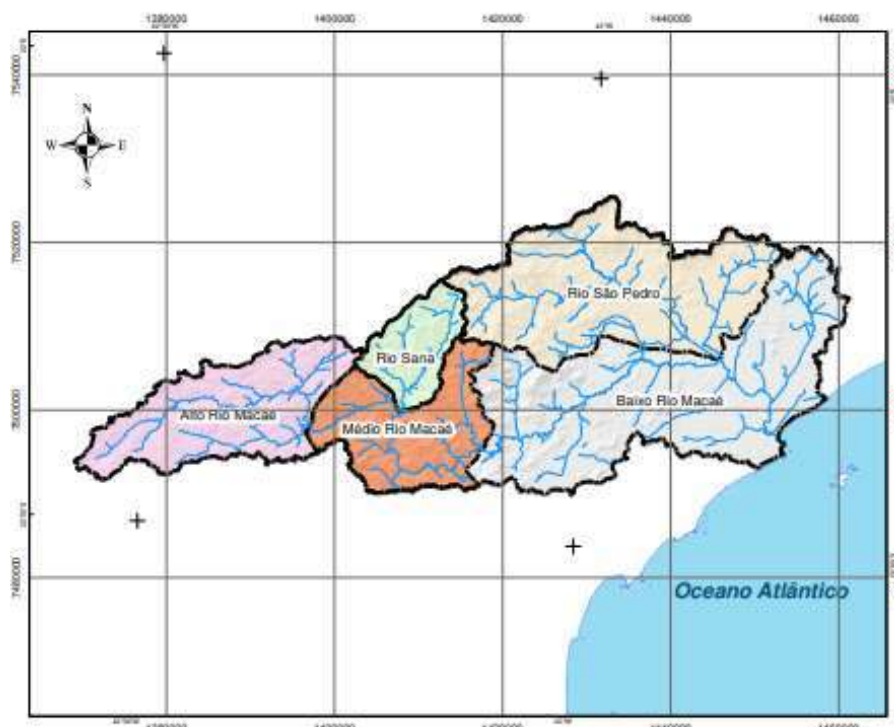
## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 3.2.1 Localização

A área de estudo se encontra na região serrana do município de Macaé, onde está localizado o acampamento Edson Nogueira, às margens da rodovia RJ 162 - km 19. O município de Macaé é um grande polo industrial da área petrolífera, tendo também em seu interior diversas indústrias termoeletricas.

O município também integra a Região Hidrográfica VIII – Macaé e das Ostras, na atual divisão do INEA. A bacia do rio Macaé pode ser dividida entre o alto, médio e baixo curso, além das sub-bacias do rio Sana e a do rio São Pedro, conforme o Plano de Recursos Hídricos (PRH) de 2014. Todas as fontes de água citadas neste estudo se encontram no baixo curso da bacia do Macaé.

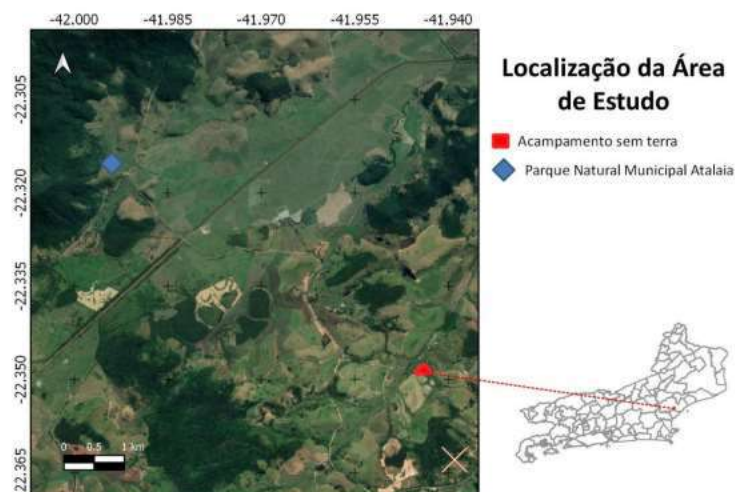
Figura 7 – Sub-bacias do rio Macaé



Fonte: PRH (2014)

O acampamento está localizado há 8 km do Parque Natural Municipal do Atalaia, onde há uma adutora de captação de água do córrego Atalaia, que pertence ao antigo sistema de abastecimento público de Macaé. A comunidade tem proximidade com a ponte que passa sobre o rio Macaé em direção ao distrito Córrego do Ouro.

Figura 8 – Mapa de localização do território de estudo



Fonte: BESSA (2020)

### 3.2.2 Infraestrutura

O território não possui acesso às redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município. Dessa forma, são empregadas soluções alternativas de saneamento na comunidade, que conta com cerca de 50 famílias, que vivem e participam da organização da comunidade. Há cozinha e banheiros coletivos, em conjunto com alguns banheiros individuais das famílias, estruturas que usam esgotamento por fossa rudimentar. Já houve experiências de implementação de esgotamento com círculo de bananeiras e com jardim filtrante, mas ainda não são as alternativas principais, e também carecem de um maior acompanhamento para garantir a continuidade desses sistemas, sendo ainda a fossa rudimentar a principal forma de destinação do esgoto. A captação de água é feita pela adutora do Parque Atalaia ou através de poços artesianos.

Figura 9 – Acampamento Edson Nogueira visto de cima (parcialmente)



Fonte: banco de dados da comunidade Edson Nogueira

Também não há fornecimento de energia elétrica ou encanamento para gás de cozinha. As casas são construídas com madeira e lona, tendo alguns espaços coletivos construídos em alvenaria, como é o caso da cozinha coletiva e da estrutura da Unidade Pedagógica de Agroecologia, onde são ofertadas aulas públicas. Na escola foi instalado um sistema de placa solar em conjunto com uma bateria, que permite agora a oferta de aulas noturnas com a iluminação da sua parte interna. A coleta de resíduos sólidos é feita pelo serviço da prefeitura na rodovia, e há um ponto de ônibus com acesso à linhas de transporte do município, que fica na entrada da comunidade.

### 3.2.3 Caracterização Socioeconômica

No território de estudo, assim como em muitos assentamentos, o perfil dos moradores é caracterizado por pessoas de meia idade, incluindo muitos idosos, e em geral, pessoas com baixa escolaridade formal. Muitas pessoas já viveram no campo, vindas de variadas regiões, e tem aproximação com a agricultura.

A principal atividade realizada é a agricultura, sendo que muitos dos moradores já carregam consigo experiências no manejo de produção agrícola de algum período anterior ao início do acampamento. Na comunidade também funciona a Unidade Pedagógica de Agroecologia, que possui diversos parceiros institucionais e promove a articulação de grupos interessados no tema.

Além da escola de agroecologia com oferta de aulas abertas, o acampamento também atua na produção agroecológica e comercializa os alimentos em feiras da região de Macaé e Rio das Ostras, que ocorrem em parceria com as universidades UFF e UFRJ nos espaços universitários, além de feiras no centro da cidade. São produzidos alimentos como aipim, inhame, banana, hortaliças, maxixe, tomate, dentre outras culturas. Ainda assim, a maior parte da produção é usada para consumo próprio da comunidade, tendo uma parcela que é escoada com a realização de algumas feiras mais pontuais.

## 3.3 O ACAMPAMENTO EDSON NOGUEIRA E A LUTA PELA REFORMA AGRÁRIA

O acampamento faz parte do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, coletivo nacional que organiza a luta pela Reforma Agrária no Brasil. O MST é o maior movimento social popular organizado do Brasil e, possivelmente, também o maior da América Latina (GOHN,1998), e defende um projeto de desenvolvimento para o campo, que reivindica a agroecologia como base para construção da reforma agrária popular (BORSATTO, 2014).

SANTOS (2020) elenca as principais propostas deste modelo de reforma agrária, como o rompimento com a monocultura e o fomento da agricultura diversificada; a produção sustentada em bases agroecológicas, livres de agrotóxicos e transgênicos; e produção de alimentos saudáveis, preservando a saúde do camponês e do consumidor.



O Assentamento Osvaldo de Oliveira surgiu em 2010 no município de Macaé/RJ, nas terras de um latifúndio improdutivo da fazenda Bom Jardim, no distrito Córrego do Ouro, com a proposta de ser o primeiro PDS no estado do Rio de Janeiro. Após alguns anos de articulação, em 2014, o território foi reconhecido como assentamento da reforma agrária pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Desde então diversas famílias vivem e produzem alimentos nesta terra de forma sustentável.

A partir de 2018 surge a ocupação de um novo território na cidade vizinha, em Rio das Ostras, no entorno da Reserva Biológica da União. Foi decidido ocupar uma fazenda improdutiva na qual o proprietário havia sido condenado em ação civil pública por impacto ambiental ao despejar dejetos no leito do rio da propriedade, que acabou por atingir a REBIO União (MST, 2018). Após um processo de despejo com a abertura do pedido de reintegração de posse pelo proprietário, houve a saída dos acampados, que mais tarde se organizaram em outra área da região.

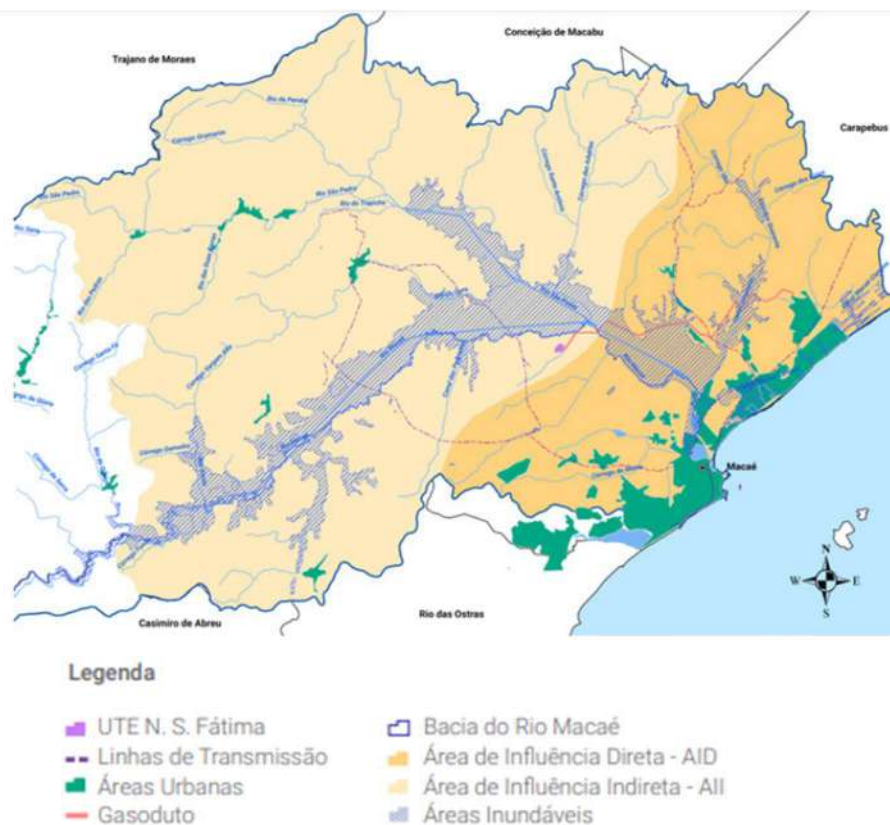
Desde 2019 o acampamento ocupou um terreno em área pública do município de Macaé, às margens da rodovia RJ 162, estrada que conecta a região central da cidade ao distrito de Córrego do Ouro, e onde o acampamento está organizado até hoje, mais de 3 anos depois. Durante esse tempo, o território enfrentou outro processo de despejo, dessa vez durante a pandemia, além de outros conflitos territoriais, mas continua se fortalecendo enquanto espaço coletivo de construção e reflexão acerca de eixos relacionados à Reforma Agrária, como acesso à moradia, práticas educativas coletivas, produções agroecológicas, práticas em saúde, dentre outros projetos.

### 3.4 CONFLITOS SOCIOECONÔMICOS RELATIVOS OS RECURSOS HÍDRICOS

#### 3.4.1 Acesso à água na região

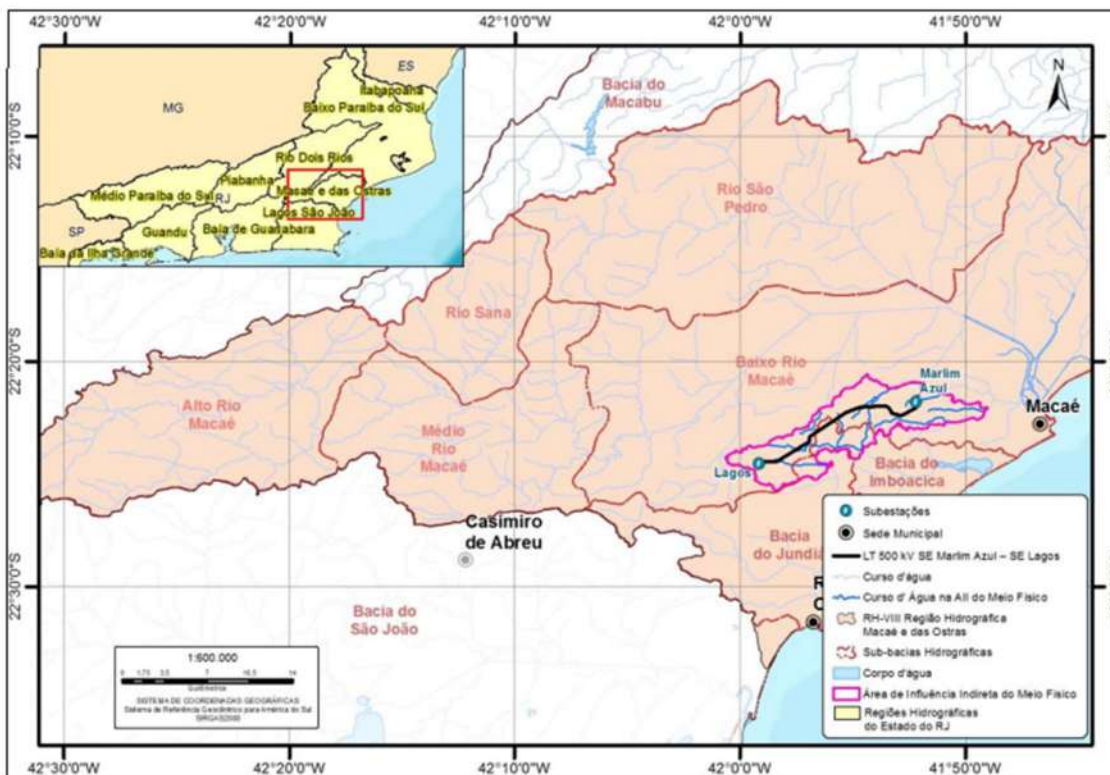
O acampamento está localizado em uma região em que há intensa exploração agropecuária, além do crescimento acelerado de empreendimentos industriais, como é o caso das termelétricas Marlim Azul e EDF Norte Fluminense. O território de estudo está inserido nas Áreas de Influência Indireta do meio físico de ambas termelétricas, conforme apontam os estudos de impacto ambiental, onde pontuam o possível impacto na oferta hídrica. Dessa forma, a região está sujeita a impactos na qualidade e disponibilidade hídrica que venham a ser causados pelos empreendimentos na bacia hidrográfica.

Figura 10- Áreas de Influência Direta e Indireta/ Recursos Hídricos da UTE N S Fátima



Fonte: RIMA NATURAL ENERGIA (2019)

Figura 11 - Área de influência indireta do meio físico na RH Macaé e das Ostras, da Marlim Azul



Fonte: EIA ECOLOGY BRASIL (2019)

Além das indústrias, também há na região forte exploração da agropecuária extensiva, com algumas fazendas localizadas no entorno da comunidade. Há conflitos com a água vinda da adutora, pois em determinados períodos que há falta d'água no território os relatos são que a vazão diminuída é por conta do uso de outras propriedades a montante, ou ainda por causa da interrupção arbitrária do fluxo da água, realizada por fazendeiros. Também há relatos de constantes vazamentos em alguns trechos da adutora, que já não recebe manutenção periódica da prefeitura.

### 3.4.2 Despejo de esgotos na bacia

A realidade da bacia hidrográfica do rio Macaé é marcada por conflitos na qualidade e disponibilidade hídrica. Segundo dados do SNIS, cerca de 67% do esgoto doméstico é coletado e 40% é tratado e destinado de forma adequada no município de Macaé. Como o território é situado no baixo curso da bacia, que tem as águas mais poluídas devido ao impacto antrópico, mas ainda se encontra em uma região afastada e à montante da ocupação urbana central, é difícil estimar a qualidade das águas dos rios e córregos no entorno, que não são contemplados nos estudos de monitoramento ambiental atuais. No entanto, como há presença de pequenos aglomerados populacionais ao redor que também não possuem coleta de esgoto, além das fazendas no entorno, é possível assumir que há algum volume de efluentes não tratados em contato com os rios ou o lençol freático da região.

Um exemplo de contaminação na região pode ser visto na pesquisa de GUTIERREZ (2018) sobre o esgotamento sanitário no Parque Atalaia, próximo ao local de captação da adutora. Foi identificado que no Parque havia uma solução de esgotamento com um sistema fossa-filtro-sumidouro, que foi instalada anos atrás e apresentou problemas de instalação. Através de visitas foi constatado que o sistema apresentava vazamentos de esgoto bruto no solo, que causavam frequente mal cheiro nas instalações. Apesar de esse tipo de situação não representar uma fonte significativa de carga poluidora, serve como exemplo de possíveis cargas que a tubulação pode vir a levar no caminho rumo à comunidade, o que demandaria um estudo de identificação da poluição difusa a montante do acampamento para um levantamento mais concreto. No estudo foram propostas outras alternativas para evitar a contaminação do solo, a partir do escoamento e tratamento do esgoto no Parque Atalaia: uma bacia de evapotranspiração para tratamento das águas negras, um sistema *wetland* para tratamento de águas cinzas e, ainda, um banheiro seco para os momentos de alta demanda.

## 4. METODOLOGIA

Para este estudo foram realizadas visitas de campo, nas quais houve a instalação do sistema e posterior acompanhamento com coletas de amostras de água e análises das amostras em laboratório para os parâmetros físico-químicos e biológicos.

### 4.1 INSTALAÇÃO DO SISTEMA

Para a montagem do filtro lento de areia seguiu-se como referência as recomendações de CAWST (2012). Os materiais necessários para a estrutura puderam ser reaproveitados da antiga instalação na comunidade, e foram adquiridos materiais novos para o interior da camada filtrante. Os acampados e os educandos da escola participaram das atividades de limpeza, preparação e montagem dos materiais.

Foram realizadas a limpeza de um barril plástico com capacidade de 200 L, para instalação do filtro; de uma caixa d'água de 5000L, para receber a água filtrada, e também das conexões das entradas e saídas, assim como a boia usada para manter o nível d'água. Os materiais das camadas do filtro (brita e areia) também passaram por limpeza prévia com água e foram inseridos no barril. O filtro foi ligado ao reservatório de 5000L, que recebe a água filtrada, e onde deve ser feita a cloração. A saída do reservatório é conectada a uma torneira próxima à horta e à cozinha coletiva, na entrada no acampamento.

#### 4.1.1 Materiais do filtro

As camadas do filtro foram compostas de 15 cm de brita (camada suporte), 35 cm de areia (camada filtrante) e uma manta de *perlon*, usada para contenção dos materiais durante o fluxo contínuo de saída de água. Também foram usadas pedras de rio para proteger a saída de água. Depois de devidamente instalado, o sistema teve a entrada de água ligada para permitir a passagem de água por dentro do filtro, e só depois de alguns minutos a saída do filtro foi conectada na caixa d'água para começar a armazenar a água.

### 4.2 COLETAS DE AMOSTRAS

#### 4.2.1 Materiais e procedimentos

As amostras reservadas para a análise microbiológica foram levadas diretamente ao laboratório de Microbiologia logo após a coleta. Já as amostras reservadas à análise de parâmetros físico-químicos foram coletadas e em seguida armazenadas em refrigerador a aproximadamente 4°C para sua preservação.

Figura 12 - Amostra de água sendo coletada com frasco de laboratório



Fonte: Autoria própria

As coletas de água da adutora se deram nos pontos de água bruta (mangueira a montante do filtro), água filtrada (mangueira a jusante do filtro) e água filtrada e clorada (torneira a jusante da caixa d'água). Em todas procedeu-se à abertura do canal de água, e depois de aguardados, aproximadamente, 2 minutos e tendo homogeneizado o frasco com a água local, foi realizada a coleta da amostra, tendo os frascos fechados e armazenados para serem transportados ao laboratório. Foram coletadas amostras também em três poços no território, um sendo um poço profundo, e dois poços rasos do tipo cacimba ou escavado manualmente. O poço profundo possui sistema de bombeamento manual e foi possível bombear a água diretamente para os frascos de coleta. Já os poços rasos não possuíam sistema de bombeamento, e as amostras foram coletadas com o auxílio de baldes destinados a captação, e depois transferidas aos frascos de laboratório.

Figura 13 – Identificação dos pontos de coleta



Fonte: Autoria própria

### 4.3 ANÁLISE DA ÁGUA

As amostras de água foram analisadas em laboratórios da UFRJ e em medições *in loco*, tendo sido analisados 6 parâmetros ao todo: coliformes totais, coliformes termotolerantes, sólidos totais, pH, temperatura e oxigênio dissolvido. A temperatura e o oxigênio dissolvidos foram medidos com um oxímetro em campo, enquanto que os demais foram analisados em laboratório. Os métodos usados estão descritos de forma resumida na tabela abaixo.

Tabela 6 – Equipamentos/ metodologia das análises

Parâmetro	Metodologia usada
Coliformes totais	Método dos Tubos Múltiplos
Coliformes termotolerantes	Método dos Tubos Múltiplos
Sólidos totais	Secagem em estufa
pH	Medição por pHmetro mPA-210
Temperatura	Medição pelo Oxímetro YSI Pro 20/Pro 20i
Oxigênio Dissolvido	Medição pelo Oxímetro YSI Pro 20/Pro 20i

Fonte: Autoria própria

#### 4.3.1 Análise Microbiológica

Os grupos de bactérias analisadas foram coliformes totais e coliformes termotolerantes. Ambos utilizam o Método dos Tubos Múltiplos para determinar o Número Mais Provável (NMP) de indivíduos da amostra. No primeiro tem-se os testes presuntivo e confirmativo, no segundo há o teste feito através de repique dos resultados positivos no teste presuntivo. Foi usada a metodologia de 3 tubos com inóculos de 10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL para todas as coletas.

Figura 14 – Tubos com os reagentes para inoculação



Fonte: Autoria própria

#### I. Teste presuntivo

Nos primeiros 3 tubos são inoculados 10 mL da amostra de água em caldo lactosado *Lauryl* de concentração dupla. Nos 3 tubos seguintes são inoculados em caldo lactosado *Lauryl* de concentração simples

1 mL da amostra de água, e nos 3 últimos tubos são inoculados também em caldo lactosado *Lauryl* de concentração simples 0,1 mL da amostra de água, a partir da diluição de 1 mL da amostra em 9 mL de solução salina de peptona e cloreto de sódio a 1%. Após a inoculação os tubos são incubados em estufa a 35 +/- 0,5 °C durante 48 horas, quando termina o teste presuntivo e se verifica os resultados. Caso haja formação de gás no interior dos tubos de *Duhran*, o resultado é positivo para coliformes totais e deve ser encaminhado para o teste confirmativo, e caso não haja formação de gás o resultado é negativo e o teste é encerrado nesta etapa.

Figura 15 – Tubos com as amostras dentro da estufa



Fonte: Autoria própria

## II. Teste confirmativo

Encerrado o teste confirmativo, anota-se os tubos em que apresentaram a formação de gás, e o conteúdo deste é inoculado através de repique em outro tubo que contém o caldo verde brilhante bile a 2%. O repique consiste em utilizar uma alça de platina flambada e fria para coletar uma pequena porção de amostra dos tubos positivos e transferir para o tubo correspondente (o que também pode ser feito com alças de plástico dentro do fluxo laminar). Os tubos com repique serão incubados em estufa por mais 24 a 48 horas. Naqueles em que houver novamente a formação de gás, o resultado positivo foi confirmado, naqueles em que não houver formação de gás o resultado é negativo. Após anotados os resultados é conferido na tabela o valor do NMP de acordo com a combinação de tubos positivos do teste, conforme tabela no Anexo I.

Figura 16 – Procedimento de repique sendo feito dentro do fluxo laminar



Fonte: Autoria própria

### III. Teste para coliformes termotolerantes

É realizado também após o teste presuntivo, onde nos tubos com resultado positivo será feita a repicagem para um tubo contendo o caldo EC, utilizando alças para repique, através da inserção dessas nos tubos que apresentaram resultado positivo (formação de gás), de forma análoga ao teste confirmativo. Após o procedimento, incubar em banho-maria a  $44,5 \pm 0,2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas. Se houver formação de gás o resultado é positivo para coliformes termotolerantes e também deve ser conferido o valor do NMP através da tabela de referência.

Figura 17 - Amostras inoculadas com caldo EC e aparelho de banho-maria



Fonte: Autoria própria



### 4.3.2 Análise Físico-química

#### I. Oxigênio Dissolvido e Temperatura

Foi utilizado um Oxímetro YSI Pro20/Pro20i para medir a concentração de Oxigênio Dissolvido na água (mg/L) e para medir a temperatura da água in loco. O equipamento tem o formato de sonda e serve para ser inserido em corpos d'água como poços e rios. Entretanto, para a amostragem deste estudo o mesmo foi utilizado através dos frascos de coleta das amostras físico-químicas, quando os pontos analisados foram provenientes de mangueiras e torneiras. Nas coletas feitas em poços o mesmo foi inserido no interior do poço para a medição. Em todas as coletas esperou-se alguns minutos para aguardar a estabilidade do valor medido.

Figura 18 – Oxímetro sendo usado para medição no interior do poço



Fonte: Autoria própria

#### II. pH

O pH foi medido com um aparelho pHmetro mPA-210, da marca Tecnopon. Primeiro realiza-se a calibração do aparelho preparando as soluções tampão padrões e realizando a medição de cada uma delas.

Figura 19 – Soluções tampão de pH



Fonte: Autoria própria

Após a calibração, a partir de uma amostra coleta-se uma porção menor para inserir a ponta do pHmetro e realizar a leitura. Após o aparelho apresentar o símbolo de estabilidade é feita a leitura dos valores de pH e de temperatura no momento da análise. A partir da leitura das amostras em duplicatas calcula-se a média dos valores.

Figura 20 – pHmetro



Fonte: Autoria própria

### III. Sólidos Totais

A análise de sólidos totais foi feita de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Para cada amostra coletada em campo, são tomadas porções menores em duplicatas com volumes de 10 ml cada. Para a realização do teste são preparados cadinhos através da secagem em estufa, junto da secagem de grãos de sílica. Depois da secagem dos cadinhos, os mesmos são pesados e insere-se a água das amostras, em um volume de 10ml, que irão para a secagem na estufa. Após 3 horas o material é retirado e inserido no dessecador, por cima da sílica preparada previamente. Após os recipientes entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente se faz a pesagem dos cadinhos, e a partir da diferença de massa entre as pesagens identifica-se que já houve a secagem completa, havendo a manutenção do valor medido ou a diferença sendo menor que 4%.

Figura 21 – Cadinhos dentro do dessecador



Fonte: Autoria própria

Com a definição dos valores de massa finais se calcula o teor de sólidos totais, dividindo o valor pelo volume d'água utilizado, e calculado o teor em mg/l. Os valores são definidos tomando a média dos valores encontrados em cada duplicata. A fórmula está ilustrada a seguir:

$$ST = \frac{m_f - m_c}{v_a}$$

Onde,

ST = Teor de sólidos totais (mg/L)

$m_f$  = massa final da amostra seca (mg)

$m_c$  = massa inicial dos cadinhos (mg)

$v_a$  = volume da amostra (L)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 IDAS A CAMPO

#### 5.1.1 Reunião de Alinhamento

No dia 23 de janeiro de 2022 foi realizada uma reunião no acampamento, onde cerca de 13 pessoas participaram da atividade, incluindo a autora, membros da coordenação da comunidade e outros moradores. Na reunião foi apresentada a proposta desta pesquisa, como continuação do trabalho de 2019, e que iria servir como subsídio para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso da autora. Foi retomada a proposta central do tratamento de água através do filtro de areia, seus principais objetivos e formas de funcionamento, assim como as questões a serem levantadas durante a operação do sistema.

A partir desse alinhamento inicial foi decidida a atividade de instalação do novo filtro no formato de um mutirão, a ser realizado em uma das aulas práticas da Unidade Pedagógica. A partir disso, em outro momento foi marcada a data do mutirão, que aconteceu em conjunto com uma aula teórica de Manejo das Águas, que é descrita no item 5.5.1.

#### 5.1.2 Instalação do sistema

O sistema instalado na comunidade dessa vez com a finalidade de avançar mais na difusão do aprendizado na operação do filtro, assim como introduzir a importância de se ter a filtração em conjunto com uma etapa de desinfecção por cloro (hipoclorito de sódio), ou a partir de outro método que elimine patógenos.

Figura 22 – Vista do sistema: barril do filtro próximo à adutora e reservatório de água tratada



Fonte: Autoria própria

Após a instalação do sistema, iniciou-se o monitoramento da qualidade da água, e o mesmo começou a ser utilizado pelos acampados. Foram feitas coletas e análise da água no território, e acompanhamento das dificuldades relacionadas ao uso dos recursos hídricos.

Figura 23 – Sequência de montagem do filtro: a) pedras de rio, b) brita zero, c) manta e areia e d) boia e ligação do sistema.



Fonte: Autoria própria

### 5.1.3 Coletas de amostras

As amostras foram coletadas pela autora e pelo professor coorientador deste trabalho, seguindo a metodologia citada no tópico anterior. As visitas eram feitas no período da manhã, onde foram coletadas amostras de água bruta, água filtrada e água filtrada após cloração. O objetivo destes pontos amostrais foi monitorar a ação do filtro, assim como avaliar se a proposta de tratamento combinada do filtro lento sucedida pela desinfecção com cloro é suficiente para remover os patógenos da água. Também houve coleta de amostras de água dos poços instalados na comunidade para conhecer a qualidade das outras fontes disponíveis na região.

Figura 24 – Poço 1 com bombeamento manual (poço profundo)



Fonte: Aatoria própria

As coletas de água da adutora e no poço profundo puderam ser feitas diretamente nos frascos de laboratório, enquanto que a coleta nos poços rasos foi feita com o auxílio de baldes, os mesmos que os acampados utilizam no seu dia a dia. O uso dos baldes não esterilizados compromete a avaliação das condições da água *in loco* mas acrescenta valor na análise, aproximando ela das condições reais de uso dessa água, que sempre é coletada pelos moradores com esses utensílios, que não são limpos e armazenados propriamente.

Figura 25 – Poço 3 (poço raso)



Fonte: Aatoria própria

Figura 26 – Poço 2 (poço raso)



Fonte: Aatoria própria

#### 5.1.4 Acompanhamento do sistema

Durante o acompanhamento ressalta-se a falta de uma periodicidade mais adequada para o monitoramento do ciclo do filtro lento. As coletas ocorreram em um período de 2 meses, a partir da reinstalação do sistema, sem uma frequência fixa na amostragem. Também não foi possível coletar amostras no período de maior maturação da camada biológica do filtro, quando este tem maior eficiência, por conta das irregularidades na vazão da água, que por alguns momentos diminuiu consideravelmente, e chegou a secar completamente o filtro quando houve uma falta d'água, que durou alguns dias. A partir desse momento não se pode garantir que a camada biológica tenha resistido à falta de água, e cumprido seu papel no tratamento.

A questão da falta de água, que não aconteceu apenas nesse período de estiagem, mas que tem se mostrado um problema frequente na comunidade, é um dos motivos principais que despertam incertezas quanto ao uso da adutora do Parque Atalaia como fonte principal. Além disso, por vezes é necessário fazer limpeza da adutora no ponto de captação, e verificar se há obstrução da passagem de água, como ocorre em épocas de chuva com o carreamento de galhos e pedras. No entanto, o acesso ao Parque para fins de manutenção é mais burocrático e demanda um trabalho organizativo da comunidade. Ainda assim, os acampados têm avançado no diálogo com dirigentes e funcionários responsáveis pela administração do Parque para melhorar a comunicação e os trabalhos de manutenção no interior do Parque.

Outra reclamação é com relação a vazamentos na tubulação ao longo do trecho a montante da comunidade, que pôde ser percebido em uma das visitas, no dia 01/12, quando ocorreu a aplicação da primeira dosagem de cloro no reservatório de água filtrada. Após perceberem que a vazão de entrada estava fraca, foi feita uma inspeção na tubulação após a ponte do rio Macaé mais próxima, e foi constatado que havia um vazamento de proporções consideráveis. Nesse mesmo dia um grupo foi destacado para fazer uma manutenção a fim de amenizar o problema da vazão. Foi identificada uma tubulação que estava se desprendendo de uma conexão e causando o vazamento de água e diminuição da vazão. Através do uso de cordas conseguiram diminuir quase que totalmente a perda de água no trecho, conforme se vê nas figuras 27 e 28.

Figura 27 – Tubulação a montante da comunidade, com vazamentos nas conexões



Fonte: Aatoria própria

Figura 28 – Tubulação após o conserto dos vazamentos



Fonte: Aatoria própria

Em uma das visitas, durante uma conversa com os acampados também foi citado um plano de se reformular o abastecimento de água na comunidade, que atualmente não consegue chegar por tubulação em todas as casas (e onde chega, não é água tratada). A ideia é projetar um sistema com bombeamento, que teria pressão adequada para chegar até as casas mais afastadas e com maior desnível, contando com um sistema integrado. O sistema de bombeamento, a princípio, poderia ser acionado por motobomba a gasolina, enquanto se considera a opção futura de fazer a transição para uma fonte de energia renovável, como através da energia solar fotovoltaica, já que os acampados têm algum contato com placas solares desde que implantaram uma



unidade para energizar a escola. Ainda assim, esses planos são para o longo prazo, num processo que depende de rever o plano de ocupação do território, a ser feito coletivamente no futuro.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

### 5.2.1 Adutora

Com a análise dos dados coletados, podemos ver que alguns parâmetros ultrapassam os limites de referência. É o caso de uma das amostras de sólidos totais, que resultou em 1543,20 mg/L, acima do limite do padrão de potabilidade de 500mg/L. Além desse caso, também houve confirmação da presença de coliformes em todas as coletas, o que também está fora do padrão, pois o valor máximo permitido para coliformes é zero, já que não pode haver presença desse tipo de bactérias na água potável. Como valores de referência para comparação foram usados os padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde e os valores para enquadramento na classe 1 (classe de melhor qualidade). Os resultados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 7 – Parâmetros da água bruta coletada na adutora e valores de referência

Água superficial – adutora					
Parâmetros	16/05	23/05	06/06	Padrão de potabilidade (MS)	Classe 1
OD (%)	-	56,5	72,5	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	4,45	6,30	-	>6,0
Temperatura (°C)	-	27,2	22,2	-	-
Sólidos totais (mg/L)	27,84	18,81	1543,20	500	500
pH	6,81	6,56	7,88	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
Coliformes totais (NMP/100ml)	25	9,2	21	0	0
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	0	3,6	0	0	200

Fonte: Aatoria própria.

O parâmetro de oxigênio dissolvido é de difícil interpretação nesse caso, pois a coleta se deu em um ponto na saída de uma tubulação, o que não corresponde ao valor de oxigênio disponível no interior do corpo hídrico. Sendo assim, valores mais baixos, como foi o da segunda amostra, de 4,45 mg/L, podem não indicar as reais características da fonte de água. O pH apresentou valores em conformidade com os limites, em todas as coletas.

Pode-se perceber que a quantidade de coliformes totais encontrada foi baixa em todas as amostras, assim como a de coliformes termotolerantes, que só foi confirmada em uma das amostras, e em uma

quantidade bem menor. Esse padrão nos indica uma presença reduzida de bactérias do tipo coliformes, o que pode ser solucionado com o emprego de técnicas simplificadas de tratamento de água. Além disso, esse resultado indica semelhança entre a qualidade da água da adutora e a qualidade de rios classificados como classe 1 pelo enquadramento de corpos hídricos.

O mesmo não pode ser dito em relação aos sólidos totais, os quais se distanciaram bastante do valor limite definido para corpos hídricos de classe 1 (cerca de 3 vezes maior), assim como os resultados de oxigênio dissolvido, que dentre as duas amostras coletadas, uma ficou dentro do limite (no mínimo 6,0 mg/L), enquanto a outra ficou bem mais distante (25,83%) do valor mínimo.

Na figura a seguir pode-se ver os tubos que foram utilizados para análise microbiológica apresentando resultado positivo para coliformes totais e coliformes termotolerantes, através da formação de gás nos tubos inoculados nos reagentes usados para isolamento dos grupos de coliformes, sendo o caldo EC (caldo *Escherichia Coli*) para coliformes termotolerantes e o caldo Verde Brilhante para coliformes totais, o que indicou resultado positivo em ambos os testes.

Figura 29 – Tubos com formação de gás nos caldos EC e Verde Brilhante



Fonte: A autoria própria

### 5.2.2 Poços

A análise da água dos poços coletados também resultou em valores abaixo dos padrões de potabilidade da água. O poço 1 é um poço profundo (aproximadamente 20 metros) que em geral costuma ser mais seguro para uso doméstico, pois devido à profundidade se torna mais protegido ao contato com fontes de contaminação, seja de origem humana ou animal. Os resultados obtidos nas análises da água dos poços estão na tabela 8. Além do padrão de potabilidade foram observados também os valores padrão definidos pela Resolução CONAMA 396/2008 para águas subterrâneas.

Tabela 8 - Parâmetros da água bruta coletada nos poços e valores de referência

Água subterrânea – poços (06/07/22)					
Parâmetros	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Padrão de potabilidade (MS)	CONAMA 396/2008
OD (%)	51,4	52,4	62,0	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,13	4,52	5,44	-	-
Temperatura (°C)	26,6	22,7	21,9	-	-
Sólidos totais (mg/L)	1485,6	1790,66	1288,39	500	1000
pH	6,27	5,62	6,43	6,0 a 9,5	-
Coliformes totais (NMP/100ml)	0	3,6	1100	0	0
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	0	0	3,0	0	0

Fonte: Autoria própria

O resultado encontrado condiz com o esperado, já que o poço 1 foi o único que não apresentou amostras contaminadas por bactérias do tipo coliformes. O valor do pH medido também foi dentro do limite aceitável, que varia de 6,0 a 9,5 na escala de pH, sendo 7,0 o valor médio ideal. Assim, no poço 1 o parâmetro que excedeu a referência foi apenas o valor dos sólidos totais, com 1485,60 mg/L, de um limite de 500 mg/L.

As águas dos poços 2 e 3 são de poços rasos, que estão mais expostos às variações do ambiente. Ambos ficam cobertos com tampas feitas de madeira (conforme Figuras 25 e 26), que precisam ser retirados manualmente para a coleta, e são facilmente acessados por pequenos animais, como sapos, além de estarem mais sujeitos à poluição antrópica.

A água do poço 2 apresentou piora dos parâmetros sólidos totais, pH e coliformes, em comparação com o poço 1. Na figura a seguir é possível ver os tubos do teste presuntivo inoculados em caldo *Lauryl*, onde dois tubos apresentaram alguma formação de gás e um deles em que não houve a formação.

Figura 30 – Tubos com e sem formação de gás no *Lauryl*

Fonte: Autorial própria

Já o poço 3 foi o que teve melhor desempenho no valor do pH e dos sólidos totais, ainda que todos os três poços tenham excedido o limite referência dos sólidos totais. No entanto, o poço 3 foi o único poço que teve resultado positivo para coliformes termotolerantes, que é um indicador mais forte de alguma possível contaminação e, além disso, também foi o único que apresentou resultado positivo para todas as diluições de coliformes totais, o que indica um valor em NMP maior do que 1100 a cada 100 ml.

### 5.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA NA FILTRAÇÃO

Nas campanhas de amostragem, a intenção era fazer um acompanhamento durante o amadurecimento da camada filtrante com ação biológica, avaliando a eficiência na remoção de patógenos. No entanto, não foi possível coletar amostras no período mais amadurecido dessa camada, pois devido à falta d'água sua carreira pode ter sido interrompida, pois o filtro sem lâmina d'água e completamente seco não consegue garantir o funcionamento correto do biofilme. Além disso, também houve dificuldades em estender a campanha por mais tempo do que o previsto.

As coletas realizadas de água filtrada foram nos dias 23/05/2022, na semana seguinte à instalação do filtro, e no dia 06/06/2022, três semanas após a instalação do filtro, onde foram retiradas amostras de água à montante e a jusante do filtro (água bruta e água filtrada), além de amostras a jusante do reservatório que recebeu adição de cloro (água filtrada e clorada).

Tabela 9 – Comparação dos parâmetros da água antes e após a filtração no dia 23/05/2022

Água superficial – 23/05/2022			
Parâmetros	Bruta	Filtrada	Variação (%)
Sólidos Totais (mg/L)	18,81	2548,43	+13.448,00
pH	6,56	6,76	+3,05
Coliformes totais (NMP/100ml)	9,20	7,40	-24,32
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	3,60	3,00	-20,00

Fonte: Aatoria própria

A partir dos dados da Tabela 9 nota-se que houve uma redução no volume de coliformes na água filtrada, enquanto que o pH se manteve praticamente estável e os sólidos totais tiveram um expressivo aumento. Isso pode indicar que o filtro tem potencial de desenvolver sua ação contra os patógenos, no entanto é uma ação mais efetiva ao longo do tempo, e ainda apresenta a consequência de aumentar consideravelmente a quantidade de sólidos totais na água tratada. Esse aumento se deve por conta do desprendimento da camada de areia, que aparenta escoar pela saída de água, mesmo com o uso da manta *perlon* e da camarada drenante formada por brita zero.

Tabela 10 - Comparação dos parâmetros da água antes e após a filtração no dia 06/06/2022

Água superficial – 06/06/2022			
Parâmetros	Bruta	Filtrada	Variação (%)
Coliformes totais (NMP/100ml)	21	23	+9,52
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	0	0	0

Fonte: Aatoria própria

No dia 06/06/2022 as únicas amostras coletadas de água puramente filtrada (antes do reservatório com adição de cloro) foram as de microbiologia. A Tabela 10 - Comparação dos parâmetros da água antes e após a filtração no dia 06/06/2022 mostra que houve um pequeno aumento na quantidade de coliformes totais, enquanto que não foram confirmados coliformes termotolerantes em nenhuma das amostras. Apesar de não ter havido uma redução de bactérias após a filtragem, o resultado mostra que a quantidade de coliformes continua com uma média pequena.

Com os resultados preliminares, é possível perceber que no período de construção da camada *schmutzdecke*, o filtro não tem uma boa eficiência na remoção das bactérias analisadas, por estar em um período muito inicial da sua operação, por isso é necessário que desde o primeiro dia de implementação do sistema seja iniciada uma rotina de cloração da água filtrada, para garantir a desinfecção adequada.

Também é preciso fazer ajustes na camada de areia para que, além de aumentar a sua capacidade filtrante, também não haja carreamento de sedimentos para fora do filtro, aumentando o teor de sólidos no produto final. Para isso pode-se sugerir, respectivamente, o aumento da altura da camada filtrante (conjuntamente com o uso de areias de granulometrias mais finas); e uma camada drenante com maior gradação de granulometria, a fim de conferir maior estabilidade, além de estudar outros tipos de contenção mais apropriados para o sistema, como mantas específicas e uso de pós-filtros.

#### 5.4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

A proposta do sistema inclui o uso de filtração lenta combinada com a desinfecção por cloro, e o produto escolhida para a cloração foi a água sanitária (solução de hipoclorito de sódio a 2,5%), por se tratar da alternativa de mais fácil acesso em mercados comuns e lojas de produtos de limpeza, além de ser uma opção de baixo custo. No dia 06/06 foram coletadas as amostras de água a jusante do reservatório, ou seja, no ponto de distribuição, onde há uma torneira usada pela comunidade. A cloração havia sido realizada na semana anterior, conforme descrito em 5.1.4 - Acompanhamento do sistema . Os resultados estão apresentados na tabela 11:

Tabela 11 – Comparação dos parâmetros da água bruta e da água tratada

Água superficial – 06/06/2022			
Parâmetros	Bruta	Filtrada+clorada	Variação (%)
Oxigênio Dissolvido	6,30	6,41	+1,75
OD (%)	72,5	72,5	0
Temperatura	22,2	21,4	-3,60
Sólidos totais	1543,20	2013,92	+30,50
pH	7,88	7,64	-3,04
Coliformes totais	21	14	-33,33
Coliformes termotolerantes	0	0	0

Fonte: Autoria própria

A quantidade de cloro adicionada no reservatório foi de aproximadamente 200 mL, para um total de 5.000L de água. Foi possível observar que uma dosagem baixa de cloro pode ainda não ser suficiente para eliminar as bactérias indicadoras de contaminação. É fundamental ajustar a dosagem e ter um controle do teor de cloro na água suficiente para que se tenha uma ação residual na água que chega no sistema de forma contínua.

Para o cálculo do teor de cloro, foi usado como referência os valores limite e valores recomendados pela portaria do MS, e a quantificação foi feita seguindo a metodologia Manual de Cloração para pequenas comunidades da FUNASA (2019). A fórmula usada está descrita a seguir:

$$V_2 = \frac{V_1 \times d}{c \times 10}$$

$V_1$  = Volume de hipoclorito de sódio em mL

$V_2$  = Volume de água a ser desinfetada, em litros

$d$  = dosagem de cloro desejada – em mg/litro

$c$  = concentração em % do hipoclorito de sódio utilizada

10 = constante.

Adotando o reservatório completo com volume de 5.000L, e a concentração de água sanitária em 2,5%, foi estimado o volume que aproximado que precisa ser adicionado. Para a dosagem de cloro desejada, temos os seguintes valores de referência, de acordo com a portaria de potabilidade: Valor de cloro residual livre de no mínimo 0,5 mg/L e no máximo 5,0 mg/L. Para o cálculo foi considerado o valor residual de 1,5 mg/L, no intuito de atender ao exigido, sendo um valor um pouco maior que o valor mínimo porque foi visto que a aplicação anterior de cloro não havia sido suficiente para eliminar os coliformes da água, mas ainda sem que haja uso excessivo do produto na água.

$$V_2 = \frac{5000 \times 1,5}{2,5 \times 10} = 300$$

$$V_2 = 300mL$$

O valor encontrado foi de 300 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, a ser dosado na caixa d'água coletiva. Mas além de quantificar a dosagem de água sanitária a ser usada, também é importante manter uma rotina de registro das ações que interferem no sistema, incluindo a adição de cloro. Para isso, é recomendado que haja uma folha de registro que sirva de suporte para o acompanhamento do sistema pelas

famílias. Dessa forma é possível manter uma periodicidade mais acertada da cloração além de facilitar outras manutenções que sejam necessárias.

## 5.5 EDUCAÇÃO AMBIENTAL POPULAR

### 5.5.1 Aula de Manejo das Águas

No dia 14/05/2022 foi realizada uma aula na escola de agroecologia em conjunto com a autora e outros parceiros da UFRJ, vinculados ao SOLTEC (Núcleo de Solidariedade Técnica). Na aula foram apresentadas algumas questões centrais sobre a gestão da água, incluindo uma aula teórica e uma prática. A aula teórica ocorreu durante o período da manhã, e a prática em um mutirão de instalação do sistema realizado durante a tarde. Essa metodologia que a Unidade Pedagógica segue, é baseada nos fundamentos da pedagogia de Paulo Freire, onde há o tempo-escola, com a apresentação dos conceitos gerais e discussão em sala de aula, e posteriormente o tempo-comunidade, onde os educandos são levados a materializar e complementar seus conhecimentos a partir da vivência no território.

Durante as trocas na aula teórica também foi abordado sobre a importância de se ter sistemas de tratamento de esgoto, que podem influenciar diretamente na qualidade da água de poços próximos, além de evitar a contaminação do solo local. Como complemento das aulas realizadas, foi idealizada uma cartilha que sintetizasse os tópicos discutidos de forma didática e que servisse como material de consulta para o acompanhamento do sistema de água, possibilitando uma reprodução do acúmulo sobre os assuntos estudados pela comunidade. A figura a seguir mostra o momento de organização do mutirão para a montagem do filtro.

Figura 31 – Aula de Manejo das Águas na Unidade Pedagógica de Agroecologia



Fonte: Autoria própria



## 5.6 ELABORAÇÃO DA CARTILHA

Inicialmente se criou um esboço contendo o passo a passo de montagem e operação do sistema piloto de filtragem. Os tópicos desenvolvidos na cartilha foram: O que é o Filtro lento?, Como funciona?, Requisitos de instalação, materiais e métodos, condições para a limpeza, Por que e como desinfetar?.

Após o desenvolvimento do acompanhamento do filtro por meio de visitas, análise em laboratório e avaliação contínua da operação do sistema, outros complementos foram feitos, como a adição de orientações para a desinfecção de águas subterrâneas, orientações gerais sobre avaliação e escolha de fontes de água para consumo e seus tratamentos mais simplificados, com um resumo dos métodos de filtração, cloração e fervura.

O material preliminar da cartilha foi enviado para a Coordenação Político-Pedagógica do curso de Agroecologia, para a incorporação de contribuições e sugestões de alteração. Após esse retorno foi elaborada a versão final, a qual passou pela diagramação de um designer gráfico. A versão final da cartilha é apresentada no Apêndice A. A cartilha será retornada para a comunidade para difusão do material entre os educadores, educandos e acampados. A cartilha será impressa, com algumas cópias disponibilizadas para consulta física na Unidade Pedagógica de Agroecologia, e uma versão digital disponível na nuvem será aberta ao compartilhamento, de forma a permitir o acesso de outras comunidades que tenham interesse em aplicar alguma das técnicas de tratamento de água abordadas.

Na elaboração da cartilha adotou-se como referência algumas cartilhas apresentadas pela FUNASA, ANA e órgãos similares, porém houve preocupação em focar na sua adaptação à realidade da comunidade local, priorizando a construção dos textos com linguagem acessível, o que inclui utilizar, também, uma comunicação não-verbal através de esquemas ilustrativos e imagens de apoio.

## 6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados pode ser observado que o tratamento combinado do filtro lento com desinfecção pode não atender às condições mínimas do padrão de potabilidade. É preciso que haja melhorias no sistema de tratamento, principalmente no que diz respeito ao controle da cloração, com dosagem da adição de cloro e com uma rotina de adição periódica. O ideal seria também realizar testes do teor de cloro frequentemente, para quantificar o valor presente na água. Além da cloração frequente também é indicado o aumento da camada filtrante para 55cm, conforme sugere CAWST (2012).

Em relação à qualidade das fontes de água, foi possível ver que a água superficial vinda da adutora e a água do poço 1 se destacam em relação a baixa presença de bactérias, já que a primeira apresentou valores baixos de NMP nas 3 amostras coletadas (menos de 30 NMP/100 ml para coliformes totais), e a segunda não indicou presença de coliformes na única amostra coletada. Já os poços 2 e 3 apresentam mais propensão à contaminação externa por suas características de poços rasos, o que foi confirmado pelos resultados, que tiveram os valores mais elevados para os parâmetros de coliformes e de sólidos totais.

Para manutenção do uso dessas fontes de água é sugerido que implementem melhorias no sistema combinado do filtro com cloração, de acordo com os ajustes da altura da camada filtrante, controle periódico do cloro e limpeza do sistema de reservatórios, tubulações e conexões, além de aumentar a camada de contenção da areia, seja por meio de mantas específicas, aumento da camada drenante ou com o uso de um pós-filtro.

Para as fontes de água subterrâneas, sugere-se priorizar o poço 1 para abastecimento, por ser um poço profundo que fica mais protegido da poluição antrópica e animal, além de manter um método de desinfecção para toda a água que seja coletada em qualquer um dos três poços. Os métodos de baixo custo indicados foram a cloração e a fervura da água. São procedimentos que podem ser feitos no interior das casas das famílias, e também em pequenas quantidades.

Para contribuir com a continuidade dos estudos em saneamento pela comunidade, a presente cartilha, constante no apêndice A, é fruto da construção coletiva durante esse trabalho, e terá a sua versão final impressa para facilitar a consulta na comunidade. Também pode servir de contribuição para a difusão das técnicas de tratamento de água em outros territórios com características semelhantes.

Além das melhorias propostas nas alternativas de coleta e tratamento de água estudadas, também podem ser levantadas outras opções de fontes viáveis de fontes de água para essa comunidade, como riachos situados ao seu redor, ou por sistemas de captação de água da chuva, através de estudos complementares que identifiquem a adequação desses para o uso doméstico de ampla cobertura no território.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMUI, C. R., MORUZZI, R. M. C. M. **Desenvolvimento e Avaliação de Protótipos de Filtro Lento para Tratamento de Água em Domicílios Rurais**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 97 p. 2016.

BESSA, I. M. **Filtração lenta domiciliar como proposta para o tratamento de água em uma comunidade rural: estudo de caso no acampamento do MST Edson Nogueira em Macaé/RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé, Rio de Janeiro. 2020.

BORELLI, E. **Política de saneamento básico no Brasil versus Agenda 2030**. Ponto-e-Vírgula, [S. l.], n. 27, p. 19–32, 2021. DOI: 10.23925/1982-4807.2020i27p19-32. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/pontoevirgula/article/view/51000>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BORSATTO, R. S. e CARMO, M. S. do. **A construção do discurso agroecológico no Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST)**. Revista de Economia e Sociologia Rural [online]. 2013, v.51, n.4, pp. 645-660. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000400002>>. Epub 21 Mar 2014. ISSN 1806-9479. Acesso em: 5 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília, 2019.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf). Acesso em: 2 dez. 2022.

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. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em: 16 jul. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.** Brasília. DOU nº 053 de 18 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.** Brasília. DOU n. 66, de 07 de abril de 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB.** Disponível em: [http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/Versaoatualizada07mar2019\\_consultapublica.pdf](http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/Versaoatualizada07mar2019_consultapublica.pdf). Acesso em 11 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Programa Nacional De Saneamento Rural - PNSR.** Brasília, 2019.

BRASIL DE FATO. **Em Macaé/RJ MST organiza comercialização de cestas com alimentos agroecológicos.** Disponível em: <https://www.brasildefatorj.com.br/2020/07/14/em-macae-rj-mst-organiza-comercializacao-de-cestas-com-alimentos-agroecologicos>. Acesso em: 7 out. 2022.

CARVALHO, I. C. **Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural.** Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.2, n.2, abr./jun.2001. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/cea/Revista\\_Agroecologia\\_parte11.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/cea/Revista_Agroecologia_parte11.pdf)

CAWST. **Biosand filter construction manual.** Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Canada, 2012.

CONTE, V. D., COLOMBO, M., ZANROSSO, A. V., SALVADOR, M. **Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul.** Revista Infarma v.16, nº 11-12, 2004.

FERRETI, C. J.; SILVA, M. R. da. **Reforma do ensino médio no contexto da medida provisória nº 746/2016, currículo e disputas por hegemonia.** Educação & Sociedade, Campinas, v. 38, n. 139, p. 385-404, abr./jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/es0101-73302017176607>. Acesso em: 11/08/2022.

FERRETTI, C. J. **A reforma do Ensino Médio e sua questionável concepção de qualidade da educação.** Centro de Estudos Educação e Sociedade. Universidade Católica de Campinas. Campinas, São Paulo. 2018. DOI: 10.5935/0103-4014.20180028.

FRANCISCO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A. **Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência.** Eng. Ambient. Londrina, n. 1, p. 1-9, 2011. Disponível em: <https://www.ibears.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>

GALVÃO, M. N. C.. **Agroecologia e desenvolvimento rural.** Tese (doutorado em educação). Centro de Educação. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 2006.

GUIMARÃES, M. D. A. **Desenvolvimento rural: territórios e redes.** 2013. 275 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) - Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2013. Disponível em: <https://tede.ufrjr.br/jspui/handle/jspui/4333>.

GUTIERREZ, A. A. A. **Soluções de saneamento ecológico para as instalações do Parque Natural Municipal do Atalaia, Macaé/RJ.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé, Rio de Janeiro. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo, 1985.

JANZEN., J. G. **Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água.** Engenharia Sanitária e Ambiental. 2008, v. 13, n.3. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000300006>. Epub 29 Set 2008. ISSN 1809-4457. Acesso em: 25 ago. 2022.

MAGRI, G. G. **O papel da educação ambiental popular e da agroecologia na escola rural: estudando e aprimorando a formação socioambiental de professores(as).** Tese (Mestrado em AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos. Araras, SP. 2012.

MST. No RJ Sem Terra sofrem ameaça de despejo [S. I.] [2018]. Disponível em: <https://mst.org.br/2018/04/24/no-rj-sem-terra-sofrem-ameaca-de-despejo/>. Acesso em: 5 Ago. 2022.

ONU. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

PRADO., J. R. da S., NUNES, J. G., HINNAH, S. dos S., & Marchetto, M. (2014). **Fluoretação em Água de Abastecimento e a Saúde Pública**. *ES Engineering and Science*, 2(1), 66-76. <https://doi.org/10.18607/ES201422067>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/2067>

RAMOS, M. M. **Educação popular: instrumento de formação, luta e resistência no projeto educativo do MST**. *Fractal: Revista de Psicologia* [online]. 2020, v. 32, n. spe [Acessado 2 Setembro 2022], pp. 233-238. Disponível em: <[https://doi.org/10.22409/1984-0292/v32\\_i-esp/40984](https://doi.org/10.22409/1984-0292/v32_i-esp/40984)>. Epub 11 Set 2020. ISSN 1984-0292. [https://doi.org/10.22409/1984-0292/v32\\_i-esp/40984](https://doi.org/10.22409/1984-0292/v32_i-esp/40984).

RIO DE JANEIRO. Instituto Estadual do Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Termoeletrica Marlim Azul**. Marlim Azul Energia. 2018. Disponível em: [http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/EIA\\_LT\\_MarlimAzul\\_ArquivoUnico.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/EIA_LT_MarlimAzul_ArquivoUnico.pdf). Acesso em: 22 nov 2022.

RIO DE JANEIRO. Instituto Estadual do Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Termoeletrica Nossa Senhora de Fátima**. Disponível em: <https://naturalenergia.com.br/wp-content/uploads/2018/05/RIMA.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022.

RIO DE JANEIRO. Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório Síntese do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/wp-content/uploads/2020/06/RSF-Relato%CC%81rio-Si%CC%81ntese-do-Plano-de-Recursos-Hi%CC%81dricos-Macae%CC%81Ostras.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SANTOS. M. J. dos. **Reforma Agrária Popular: Tática Necessária para um Posicionamento Concreto na Atualidade da Questão Agrária Brasileira**. Jornada de Estudos Agrários. Universidade do Estado de São Paulo. São Paulo, SP. 2014. Disponível em: [https://www.marilia.unesp.br/Home/Eventos/2014/jornadadeestudosagrarios/santos\\_marcio-jos.pdf](https://www.marilia.unesp.br/Home/Eventos/2014/jornadadeestudosagrarios/santos_marcio-jos.pdf). Acesso em: 10 dez. 2022.

WHO. **A global overview of national regulations and standards for drinking water quality**. Second edition. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BYNC-SA 3.0 IGO.

WHO. Collaborating Centre for Education, **Training and Research in Oral Health**, Malmö University, Swedes. World Health Organization, 2012.

Zafra-Mejía, Carlos & Bonilla, Carlos & Gómez-Torres, Luisa. (2021). ALTERNATIVES FOR REUSE AND SAVINGS OF DRINKING WATER DUE TO DISCONTINUITY IN SUPPLY. *REVISTA AMBIENTAL AGUA AIRE Y SUELO*. 11. 24-36. 10.24054/19009178.v2.n2.2020.4667.

**APÊNDICE A - CARTILHA EDUCATIVA**

Cartilha

# TRATAMENTO DAS ÁGUAS



Unidade Pedagógica Marielle Franco  
Acampamento Edson Nogueira  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

2022



# SUMÁRIO

## 1) Métodos de tratamento de água

### 1.1) Filtro Lento

- a) O que é?
- b) Como funciona?
- c) Requisitos da instalação
- d) Materiais para instalação
- e) Montagem
- f) Condições para limpeza
- g) Como limpar?

### 1.2) Desinfecção

- a) Por que desinfetar?
- b) Fervura
- c) Cloração

## 2) Tipos de tratamento de água

## 3) Apêndice

## 4) Referências bibliográficas



# APRESENTAÇÃO

Essa cartilha foi elaborada em parceria com a Unidade Pedagógica de Agroecologia Marielle Franco para orientar sobre o tratamento de água no Acampamento Edson Nogueira.

A portaria 888/21 do Ministério da Saúde estabelece que TODA a água destinada para o uso humano deve passar por tratamento, não apenas a água de consumo (água de beber).

Para a água ser considerada potável é preciso atender parâmetros rigorosos. Nosso objetivo nesta cartilha é compartilhar conhecimentos sobre algumas alternativas acessíveis para tratar a água, priorizando métodos de baixo custo, baixa complexidade e seguras para o meio ambiente.

Nos centros urbanos é comum ter empresas (públicas ou privadas) responsáveis pelo abastecimento da água. Essas empresas coletam água de rios e levam para uma estação de tratamento de água antes de chegar à casa das pessoas.

Em comunidades sem abastecimento público de água, como ocorre em alguns acampamentos e assentamentos, é preciso planejar soluções alternativas para o tratamento de água.



# TRATAMENTOS DE ÁGUA

Toda água que usamos no nosso dia a dia deve ser tratada pois ela pode conter sujeiras, resíduo, impurezas e microorganismos.

Os microorganismos são seres vivos que não conseguimos enxergar, como bactérias, vírus e protozoários.

Alguns desses microorganismos são patogênicos (podem causar doenças). Os principais sintomas de infecção por água contaminada são febre, diarreias, vômitos e dor abdominal.

Doenças	Agente causador
Coléra	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria bacilar	<i>Shiggella sp.</i>
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Hepatite infecciosa	<i>Virus da Hepatite tipo A</i>
Febre paratífóide	<i>Salmonella paratyphi A, B e C</i>
Gastroenterite	<i>Outros tipos de Salmonella, Shiggella, Proteus sp.</i>
Diarreia infantil	<i>Tipos enteropatogênicos de Escherichia coli</i>
Leptospirose	<i>Leptospirose sp.</i>

Vamos apresentar duas etapas de tratamento nesse material: **filtração e desinfecção.**



# FILTRO LENTO

## a) O que é?

Os filtros são uma opção de tratamento que pode melhorar aspectos físico-químicos (alterar a cor, turbidez) e também aspectos biológicos (presença de bactérias) da nossa água.

Existem vários tipos de filtros, e para o acampamento escolhemos o filtro lento. Esse nome tem a ver com o tempo de filtragem. O filtro lento consegue, com o passar do tempo, criar uma camada extra que ajuda no combate aos patógenos. Essa camada é o biofilme.



O biofilme se forma a partir da entrada de água no filtro, que ao longo do tempo vai acumulando resíduos na superfície da areia. Nesse processo bactérias e outros microrganismos também vão se acumular na superfície. É isso que forma o biofilme.



# FILTRO LENTO

## b) Como funciona?

Como o biofilme do filtro é capaz de eliminar as bactérias perigosas da nossa água?

Vamos ver alguns exemplos:



1 As bactérias patogênicas ficam presas na areia



2 São devoradas por outras bactérias



3 Ficam ligadas pela adsorção da água



4 Morte natural pela disputa de comida

# FILTRO LENTO

## c) Requisitos de instalação

Use a melhor fonte de água disponível.



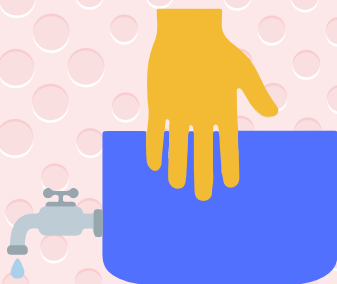
O filtro funciona melhor para água com pouca sujeira. Por isso, use a fonte mais limpa que tiver.

Não troque de fonte de água



O biofilme se adapta de acordo com o tipo de água recebida. Pode levar tempo até ele voltar a funcionar de forma eficiente.

Não revolva a superfície da areia



Se a areia for perturbada podemos criar espaços para a água passar sem ser filtrada corretamente.

Não coloque água clorada no filtro



O cloro dentro do filtro vai matar todas as bactérias do biofilme! Ele deve ser usado somente em etapas DEPOIS do filtro, nunca antes ou dentro dele.



# FILTRO LENTO

## d) Materiais para instalação

Esse filtro pode ser construído com diversos tipos de materiais

Para o filtro do Acampamento Edson Nogueira, foram colocadas uma camada drenante (brita 0) e uma camada filtrante (areia fina). Foram colocadas pedras de rio no fundo para proteger a saída de água, e uma manta de filtro para evitar que a areia seja carregada para fora do filtro.

### Materiais para o interior do filtro

- Pedras de rio
- 2 sacos de brita 0
- 4 sacos de areia fina
- 1 manta Perlon 1x1m

### Materiais para o sistema de água

- 1 caixa d'água de 5000L
- 1 barril plástico de 200L
- 1 bóia
- 2 flanges de 75mm
- 2 mangueiras (pedaços)

Além dos materiais citados, é preciso conectar a saída de água da caixa d'água a alguma torneira, que pode ser alguma torneira que já esteja instalada em outro sistema.



# FILTRO LENTO

## e) Montagem

Sequência de montagem:



1 Pedras de rio



2 Brita zero



3 Manta e areia fina



4 Boia instalada e água ligada



5 Foto do sistema ligado



5 Foto da torneira do sistema





# FILTRO LENTO

## f) Condições para limpeza

De tempos em tempos é preciso fazer a limpeza do filtro e ela depende da quantidade de água usada por dia. Por isso, devemos observar alguns fatores que indicam se o sistema está precisando ser limpo.

### Verifique:

- Se a água filtrada é usada todos os dias;
- Se a água da fonte está clara (transparente);
- Se a superfície da areia está lisa, sem alterações;
- Se há uma altura de mais ou menos 5cm de água acima da areia;
- Se o fluxo de saída continua na mesma velocidade;
- Se a água que sai do filtro está limpa, sem gosto, sem odor;
- Se o interior do filtro está sempre com água (monitorar quando houver falta d'água ou problemas na rede de tubulação).

Se alguns desse itens não estiver ok, pode ser a hora de fazer a limpeza.



Mantenha as informações atualizadas. Crie um registro para acompanhar o sistema. Pode ser uma tabela para ser alimentada, em papel ou formato digital. Veja um exemplo de planilha no apêndice da página 16.



# FILTRO LENTO

## g) Como limpar?

Quando for identificado que o filtro já está saturado é hora de executar a limpeza. A raspagem é um método que está ilustrado a seguir.



1 Drenar superfície



2 Raspagem da camada fina (5cm)



3 Repor com areia limpa  
(caso necessário)



4 Ligar a água

A limpeza por raspagem pode ser repetida várias vezes. Depois de um período mais longo, podemos fazer uma limpeza mais profunda, descartando toda a areia e preenchendo o filtro com uma nova areia fina.

Raspagem - mais ou menos a cada 4 meses

Limpeza total - a cada 1 ano



# DESINFECÇÃO

## a) Porque desinfetar?

O biofiltro pode remover até 99% dos patógenos, mas para um tratamento completo é preciso uma última etapa APÓS o filtro: a desinfecção.

Dois métodos de desinfecção de baixo custo são a cloração e a fervura. A cloração é adicionar um pouco de cloro (hipoclorito de sódio) na água, e a fervura é levar a água para o fogo e deixar ferver por alguns minutos. Nas próximas páginas veremos o esquema das duas alternativas.



# DESINFECÇÃO

## b) Cloração



Reserve a água em um recipiente, pode ser uma garrafa, um galão, uma caixa d'água, um barril. Depois aplique o cloro .



Aguarde 30 minutos após a cloração para finalizar a desinfecção.



Colete a água que vai consumir usando utensílios limpos, e mantenha o reservatório de água sempre tampado.

# DESINFECÇÃO

## c) Fervura



Coloque a água para ferver no fogão, usando uma leiteira, chaleira ou panela comum. Aguarde 5 minutos após o início da fervura, e depois desligue o fogo.



Tampe e espere esfriar. Passe a água para um recipiente limpo e mantenha sempre fechado.



Colete a água que vai consumir usando utensílios limpos.

Quantidade de cloro:

1L de água -> 2 gotas de cloro

5L de água -> 10 gotas de cloro

20L de água -> 40 gotas de cloro

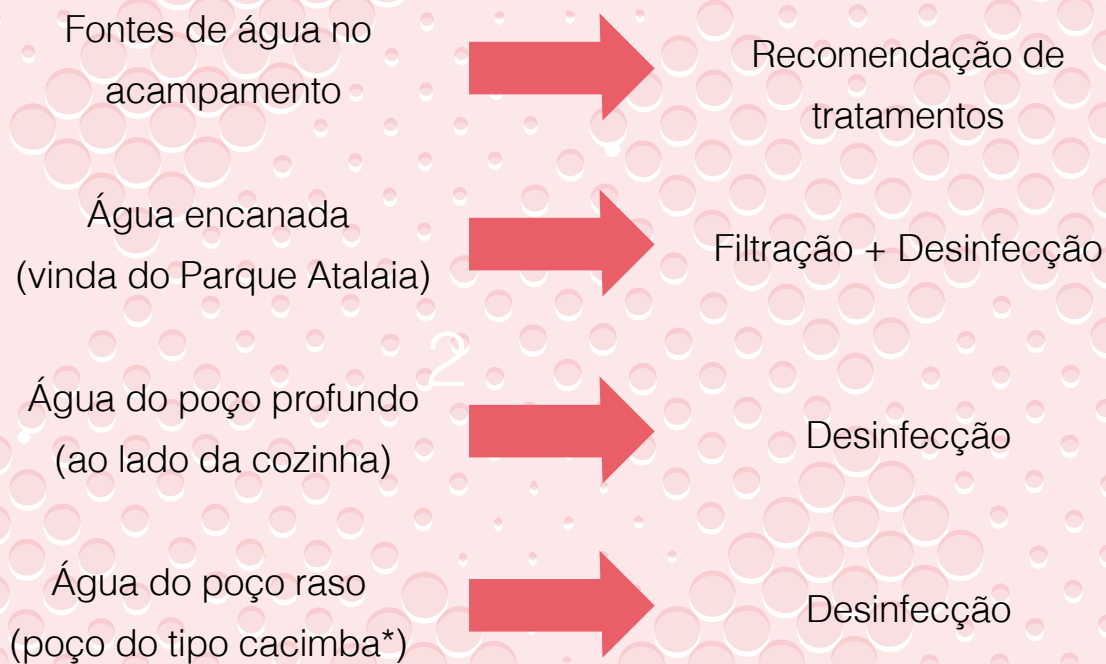
1000L de água -> 100mL de cloro

5000L de água -> 300mL de cloro



# TIPOS DE TRATAMENTO

Agora que aprendemos alguns métodos simples de tratamento de água, podemos aplicar em nosso dia a dia. Abaixo estão alguns exemplos de alternativas de tratamento das águas no acampamento Edson Nogueira.





# **SOBRE A CARTILHA**

## **Referências bibliográficas**

O uso do cloro na desinfecção das águas, a formação de Trihalometanos e os riscos potenciais à Saúde Pública - Cadernos de Saúde Pública/RJ.

Filtração lenta em escala domiciliar operada em fluxo contínuo como alternativa de tratamento de água em comunidades isoladas no Brasil, 2016 - Catherine Shigeoka, USP (Universidade de São Paulo).

Portaria 888/2021: Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de portabilidade - Ministério da Saúde.

Manual de construção do biofiltro de areia, 2012 - CAWST (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology).

Manual de cloração de água para pequenas comunidades, 2014 - FUNASA (Fundação Nacional de Saúde).



**Produção**  
Isis Azevedo

**Supervisão**  
Rafael Malheiro  
Beatriz Becker  
Ramiro Dulcich  
Francisco Teixeira

**Revisão**  
Comissão  
Político-Pedagógica  
do curso  
de Agroecologia





## APÊNDICE B – DADOS BRUTOS DAS ANÁLISES

Água superficial - adutora				
Parâmetros	Campanha <sup>(1)</sup>	Água Bruta	Água Filtrada	Água Filtrada e clorada
OD (%)	1	-	-	-
	2	56,50	-	-
	3	72,50	-	72,50
Oxigênio Dissolvido	1	-	-	-
	2	4,45	-	-
	3	6,30	-	6,41
Temperatura	1	-	-	-
	2	27,20	-	-
	3	22,20	-	21,40
Sólidos totais	1	27,84	-	-
	2	18,81	2548,43	-
	3	1543,20	-	2013,92
pH	1	6,81	-	-
	2	6,56	6,76	-
	3	7,88	-	7,64
Coliformes totais	1	25	-	-
	2	9,20	7,40	-
	3	21	23	14
Coliformes termotolerantes	1	0	-	-
	2	3,60	-	-
	3	0	0	0

(1): Campanha 1: 16/05/2022, Campanha 2: 23/05/2022, Campanha 3: 06/06/2022

Água subterrânea – poços (06/07/2022)			
Parâmetros	Poço 1	Poço 2	Poço 3
OD (%)	51,4	52,4	62,0
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,13	4,52	5,44
Temperatura (°C)	26,6	22,7	21,9
Sólidos totais (mg/L)	1485,6	1790,66	1288,39
pH	6,27	5,62	6,43
Coliformes totais (NMP/100 mL)	0	3,6	1100
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	0	0	3,0



## ANEXO I – TABELA NMP PARA 3 TUBOS DE DILUIÇÃO 10 ML, 1 ML E 0,1 ML (NMP/100mL)

Tubos positivos			NMP	Limites		Tubos positivos			NMP	Limites	
0.10	0.01	0.001		Inferior	Superior	0.10	0.01	0.001		Inferior	Superior
0	0	0	<>	-	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	-