

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA QUÍMICA**

MÁRCIA FALCÃO CAMARGO

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DA ÁGUA
PARA A ZONA RURAL**

**Bagé
2022**

MÁRCIA FALCÃO CAMARGO

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DA ÁGUA
PARA A ZONA RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: André Ricardo Felkl de Almeida

MÁRCIA FALCÃO CAMARGO

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DA ÁGUA
PARA A ZONA RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Ricardo Felkl de Almeida
Orientador
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Tânia Regina de Souza
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Ana Rosa Costa Muniz
UNIPAMPA



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

MÁRCIA FALCÃO CAMARGO

**AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA NA ZONA RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. André
Ricardo Felkl de
Almeida Orientador
(UNIPAMPA)

Prof^a. Dr^a. Ana Rosa
Costa Muniz
(UNIPAMPA)

Prof^a. Dr^a. Tânia
Regina de Souza
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **ANA ROSA COSTA MUNIZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2022, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANDRE RICARDO FELKL DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/03/2022, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/03/2022, às 11:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0752134** e o código CRC **65BF9CCF**.

Referência: Processo nº 23100.004128/2022-33 SEI nº 0752134

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C172a Camargo, Márcia Falcão
AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
NA ZONA RURAL / Márcia Falcão Camargo.
51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2022.
"Orientação: André Ricardo Felkl de Almeida".

1. Tratamento de Água. 2. Zona Rural . 3. Água. 4.
Sedimentação. 5. Filtração. I. Título.

RESUMO

A água potável é um privilégio que as pessoas que moram na zona rural geralmente não têm acesso. Com escassez de tratamento de água nas propriedades rurais a população tem grande probabilidade de consumir uma água contaminada devido ter agentes poluidores que são, em geral, dejetos de animais, matéria orgânica não biodegradável e sólidos em suspensão. Conseqüentemente existe uma grande probabilidade de ocasionar uma série de doenças nos moradores e a deterioração e/ou corrosão de alguns materiais utilizados no ambiente doméstico. A água destinada para o consumo humano é reconhecida como um veículo de transmissão de enfermidades. Manter uma qualidade da água microbiológica é fundamental, pois é um meio de propagação de doenças como diarreias, febre tifoide, cólera, salmonelose e outras gastroenterites. Com isso é possível constatar a grande importância das operações realizadas em uma estação de tratamento de água, até mesmo só com as suas principais etapas. Dentre essas, a sedimentação ou decantação deixando a água mais limpa e a filtração na qual a água passa por um tipo de meio poroso com a finalidade de reter sólidos mais finos, e corrigir o pH. Por não dispor de um procedimento mais adequado na zona rural a água da chuva geralmente é armazenada em reservatórios, cisternas, poços e etc. Essa água geralmente é disponibilizada aos moradores através do bombeamento para uma caixa de água, que por fim distribui para as residências sem nenhum tipo de tratamento. Diante do exposto, o objetivo desse Trabalho de Conclusão de Curso foi caracterizar a água de uma propriedade rural e propor possibilidades para um possível tratamento de água com os principais processos, buscando um baixo custo e uma água com parâmetros mais próximos da legislação de potabilidade de água vigente para a população que vive em zona rural. A metodologia que foi aplicada consistiu em coleta, análises de caracterização da água, jar-test, ensaio de sedimentação e proposta de tratamento da água em uma propriedade rural localizada na estrada do Batalha em Bagé-RS. A caracterização das amostras ocorreu durante os meses de julho a setembro de 2021 nos laboratórios da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA. Através de análises de caracterização foram obtidos os valores de pH, turbidez, condutividade elétrica

oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais e dureza. O pH ficou em torno de 7 e a turbidez obteve resultado na ordem de 11 NTU. A condutividade elétrica teve o valor de 108,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a análise de oxigênio dissolvido 6,04 mg/L. Já para a análise de sólidos dissolvidos totais o resultado foi de 83,9 mg/L e para a dureza da água 43,12 mg/L. No método do jar-test foi obtida a dosagem ideal para um coagulante, correção do pH e a adição do polímero. Portanto para 1 litro de água foi utilizado 0,09 g de Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) como coagulante, 9 gotas de Hidróxido de Sódio (NaOH) de 5% para a correção do pH e 1 ml de polímero aniônico [0,1g/L] para acelerar o processo de decantação. No ensaio de sedimentação foram realizados dois procedimentos, um sem e outro com a adição de polímero, resultando que com adição do polímero a sedimentação é mais eficaz.

Palavras-chave: Tratamento de água. Zona rural. Água. Sedimentação. Filtração.

ABSTRACT

Drinking water is a privilege that people who live in rural areas often do not have access to. With a shortage of water treatment on rural properties, the population is very likely to consume contaminated water due to polluting agents that are, in general, animal waste, non-biodegradable organic matter and suspended solids. Consequently, there is a high probability of causing a series of diseases in the residents and the deterioration and/or corrosion of some materials used in the domestic environment. Water intended for human consumption is recognized as a vehicle for disease transmission. Maintaining microbiological water quality is essential, as it is a means of spreading diseases such as diarrhea, typhoid, cholera, salmonellosis and other gastroenteritis. With this, it is possible to verify the great importance of operations out in a water treatment plant, even with its main steps. Among these the method of sedimentation or decantation leaving the water cleaner and the filtration in which water passes through a type of porous medium in order to retain finer solids and correct the pH. Due to the lack of a more adequate procedure in rural areas, rainwater is usually stored in reservoirs, cisterns, wells, etc. This water is usually made available to residents by pumping it into a water tank, which it ultimately distributes to homes without any type of treatment. In view of the above, the objective of this Course Completion Work was to characterize the water of a rural property and propose possibilities for a possible water treatment with the main processes, seeking a low cost and water with parameters closer to the current water potability legislation in force for the population living in rural areas. The methodology that was applied consisted of collection, analysis of water characterization, jar-test, sedimentation test and proposal for water treatment in a rural property located on Batalha road in Bagé-RS. The characterization of the samples took place from July to September 2021 in the laboratories of the Federal University of Pampa - UNIPAMPA. Through characterization analysis, the results of analyzes such as pH, turbidity, electrical conductivity, dissolved oxygen, total dissolved solids and hardness were obtained. The pH had a range of 7 and the turbidity obtained results in the order of 11 NTU. The electrical conductivity was 108.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and the dissolved oxygen analysis was 6.04 mg/L. For the analysis of total dissolved solids, the result was 83.9

mg/L and for the water hardness 43.12 mg/L. In the jar-test method, the ideal dosage for the coagulant was obtained, pH correction and polymer addition was obtained. Therefore, for 1 liter of water, 0.09 g of Aluminum Sulfate ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) was used as a coagulant, 9 drops of Sodium Hydroxide (NaOH) at 5% for pH correction and 1 ml of anionic polymer [0.1g/L] to speed up the decanting process. In the sedimentation test, two procedures were carried out, one without the addition of polymer showing that with the addition of polymer, the sedimentation is more effective.

Keywords: Water treatment. Countryside. Water. Sedimentation. Filtration.

LISTA DE FIGURAS DO TCC

Figura 1 – Processo de uma estação de tratamento de água	26
Figura 2 – Ilustração da floculação.....	27
Figura 3 – Sistema de sedimentação contendo tanques de coagulação e floculação e sedimentador.....	29
Figura 4 – Sistema de Filtração Rápida	29

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO CIENTÍFICO

Figura 1 – Reservatório da propriedade rural.....	35
Figura 2 – Módulo do experimento de sedimentação.....	36
Figura 3 – (a) Zona de suspensão, (b) zona de lodo concentrado e (c) da zona de clarificado	37
Figura 4 – Experimento de cinética sedimentação sem polímero	39
Figura 5 – Experimento de cinética sedimentação com polímero	40

LISTA DE QUADROS DO TCC

Quadro 1 – Padrão bacteriológico da água para o consumo humano	22
Quadro 2 – Principais doenças de veiculação hídrica, os respectivos agentes etiológicos, os sintomas e as fontes de contaminação.....	23
Quadro 3 – Estudo das etapas de uma ETA em propriedades com baixo índice habitacional	29

LISTA DE TABELAS DO TCC

Tabela 1 – Padrão organoléptico da potabilidade	23
---	----

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO CIENTÍFICO

Tabela 1 – Parâmetros e método utilizado para a caracterização da água.....	35
Tabela 2 – Resultados da caracterização da água bruta.....	38
Tabela 3 – Análises no teste jar-test.....	39
Tabela 4 – Concentração de sólidos.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS DO TCC

ETA – Estação de Tratamento de Água

MS – Ministério da Saúde

NTU – Unidade Turbidímetrica Nefelométrica

OD – Oxigênio Dissolvido

ONU – Organização das Nações Unidas

pH – Potencial Hidrogeniônico

RS – Rio Grande do Sul

SAA – Sistema de Abastecimento de Água para o Consumo Humano

SAC – Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para o Consumo Humano

SAI – Solução Alternativa Individual de Abastecimento de Água para o Consumo Humano

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS ARTIGO CIENTÍFICO

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

NTU – Unidade Turbidimetria Nefelometria

MS – Ministério da Saúde

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

RS – Rio Grande do Sul

VMP – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 Qualidade da água para o consumo humano	20
3.2 A água na zona rural	24
3.3 Tratamento de água	25
3.4 Estado da arte para o tratamento de águas com baixo índice habitacional	30
4 ARTIGO	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A água existe nos estados líquido, gás (vapor) e sólido (gelo) e estima-se que existam 45×10^{45} moléculas de água na natureza, correspondendo a um volume de 1.360.000 milhões de m^3 dos quais somente 0,62% da água na Terra são aproveitáveis para as atividades humanas (RICHTER, 2017).

O tratamento de água serve para adequar a água a uma qualidade exigida para o consumo humano e para satisfazer a necessidade da população (SHAMMAS, 2018). São necessários diferentes processos de tratamento de água para obter uma água ideal para o consumo humano (RICHTER, 2017). Os parâmetros de potabilidade são determinados pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade de água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017; FORTES; BARROCAS; KLIGERMAN, 2019).

Para o consumo humano é indispensável o tratamento da água pelo alto índice de doenças infecciosas que a veiculação hídrica proporciona (SANTOS, 2007). Esse tratamento começa pelas pré etapas, assim que a água bruta chega a uma Estação de Tratamento de Água, a qual abrange a adição do cloro para contribuir com a retirada de matéria orgânica e metais, chamada de pré-cloração ou desinfecção e a pré-alkalinização, onde a água tem o ajuste do pH (VASCONCELOS; AMARAL; SILVA, 2018). O processo de tratar a água consiste em uma série de operações unitárias. É um conjunto de procedimentos operacionais específicos formado pela desinfecção, coagulação, floculação, sedimentação e a filtração (VASCONCELOS; AMARAL; SILVA, 2018). Dentre essas operações, uma das etapas mais comuns é a sedimentação, que é um processo físico que separa partículas sólidas em suspensão na água, que decantam e são depositadas no fundo do tanque. Em geral a coagulação é feita com produtos coagulantes, que faz com que as partículas mais finas se agrupem facilitando o processo de sedimentação. Outra operação é a filtração, processo físico-químico que separa as impurezas em suspensão na água por sua passagem em um meio poroso (RICHTER, 2017).

De maneira que alguns habitantes da zona rural não têm acesso a um processo de tratamento de água para o consumo, possibilitando uma grande probabilidade de ter doenças infecciosas através da veiculação hídrica (CORDEIRO,

2008). Através das principais etapas de tratamento de água é possível propor possibilidades para tratar a água, com um baixo custo, para que as pessoas de baixa renda não se exponham a contaminação de doenças, e tenha uma água de qualidade mais próxima possível aos parâmetros de potabilidade e adequada para ingerir (SILVA, 2019).

A falta de fiscalização dos órgãos públicos é desfavorável, por não ser exigida em zona rural, resultando no grande problema que é a falta de uma água com qualidade e potável. A falta de informação da população também é um fator relevante (CORDEIRO, 2008). Implementar campanhas para a conscientização da população, sobre a importância deste tipo de cuidado com a água para o consumo humano, também seria uma grande vantagem para a saúde pública. Muitas vezes os locais onde é armazenada a água da chuva são inadequados, como por exemplo a existência de animais nas proximidades, favorecendo a contaminação do recurso hídrico (FREITAS; FREITAS, 2005).

Dentro desse contexto a proposta de Trabalho de Conclusão de Curso, teve como meta caracterizar a água de uma propriedade rural avaliando proposta para um possível tratamento de água para consumo da população que vive em zona rural.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho foi caracterizar a água de uma propriedade rural e propor alternativas de tratamento de água para a população que vive em zona rural, buscando um baixo custo de processo para adequar a qualidade da água dentro dos padrões mínimos exigidos pela legislação.

2.2 Objetivos específicos

Elaboração de um artigo abrangendo os resultados experimentais obtidos na caracterização de amostra de água com análises de pH, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais e dureza de uma propriedade rural localizada na região da estrada do Batalha em Bagé-RS. Estudo no jar-test em que foram analisadas dosagens de coagulante, polímero e a correção do pH. Também foi feito o experimento de sedimentação batelada com e sem a adição de um polímero, analisando qual o melhor método para as partículas decantarem mais rapidamente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade da água para o consumo humano

A água é um recurso hídrico muito importante para a vida humana, não só para o consumo e uso pessoal, mas também para atividades domésticas como fazer comida, lavar roupas e tomar banho. Para isso a importância da sua qualidade é fundamental para preservar a saúde da população. A qualidade da água para o consumo humano é registrada desde 2.000 a.C. (SCURACCHIO, 2010).

A descoberta que a água consumida é um meio de transmissão de doenças veio somente no séc. XIX, pelo epidemiologista John Snow devido ter ocorrido um surto de cólera em Londres tendo o reconhecimento que era transmitida pela água que era consumida, pois o abastecimento público estava sendo contaminado por esgoto (FREITAS; FREITAS, 2005). Após o surto de cólera, deu-se um dos primeiros usos conhecidos de cloro para desinfecção no ano de 1850 (FONTANIVE, 2005).

John Gibb foi o primeiro a construir um filtro lento de areia para água de consumo humano em 1804 em Paisley na Escócia. Com isso vários lugares adotaram o método, se tornando obrigatória na Inglaterra a filtração da água dos rios para o consumo humano (RICHTER, 2017).

Já em 1880 foi provado pelo Louis Pasteur que organismos microscópicos seriam capazes de transmitir doenças pela água e nessa mesma época foi descoberto que a turbidez da água não estava relacionado a aspectos estéticos mas sim por conter organismos patogênicos e material fecal (CORDEIRO, 2008).

Na Alemanha em 1892 foi demonstrado o quanto a filtração é importante, durante um surto de cólera nas cidades de Hamburgo e Altona que formavam um conjunto urbano e eram abastecidas pelo rio Elba. Na cidade de Altona, que possuía uma filtração da água com filtros lentos, não se obteve nenhuma morte durante o surto. Já na cidade de Hamburgo que não possuía nenhum tipo de filtração se registrou durante o surto de cólera 8.000 mortes (RICHTER, 2017).

Para a saúde pública a importância da qualidade da água veio só no fim do século XIX e início do século XX, pois até então a qualidade da água considerava apenas questões estéticas e sensoriais, como por exemplo, cor, gosto e odor (CORDEIRO, 2008). Quando a água apresentava uma aparência turva os gregos na

Grécia antiga usavam técnicas como filtração, exposição ao sol e fervura para melhorar a sua qualidade (FREITAS; FREITAS, 2005). Somente na década de 1970 foi iniciada a padronização da qualidade da água para o consumo humano no Brasil, através da produção de decretos e portarias destinados a serviços de saúde tais como condições sanitárias, potabilidade e fluoretação nos sistemas de abastecimento (COSTA; ROZENFELD, 2000). Somente em 14 de março de 1977, foi criada a primeira norma de potabilidade após a assinatura do decreto federal nº 79.367 de 9 de março de 1977, em que o Ministério da Saúde estabeleceu a competência para legislar as normas e o padrão de potabilidade da água para o consumo humano, a ser observado em todo território nacional através da portaria BSB nº 56, de 14 de março de 1977 (FREITAS; FREITAS, 2005).

É um direito humano o acesso à água potável segura e limpa e ao saneamento básico. Segundo o relator da Organização das Nações Unidas Léo Heller uma em cada três pessoas no mundo não possuem acesso à água potável e mais da metade da população global não tem saneamento adequado. Ele também afirma o quanto é importante esse direito, dizendo que "Água e saneamento são necessidades básicas para a sobrevivência e estão interligados a muitos outros aspectos das nossas vidas, incluindo saúde, alimentação, educação, pobreza e segurança física" (HELLER, 2019, p. 1).

Para considerar uma água com potabilidade e padrão de qualidade adequado para ela ser distribuída para o consumo humano é necessário que esteja livre de contaminações, seja por agentes biológicos e físico-químicos, os quais estão associados à disseminação de doenças como febre tifoide e paratifoide, disenterias bacilar e amebiana, cólera, diarreia, poliometite, hepatite e giardíase (SCURACCHIO, 2010).

A legislação exige que se deve ter uma água tratada, limpa e livre de qualquer contaminação para o consumo humano (SCURACCHIO,2010). Com isso os parâmetros de potabilidade e normas referentes à qualidade microbiológica das águas são definidas pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade de água para o consumo humano.

No Quadro 1 pode-se observar o VMP (valor máximo permitido) de parâmetros da água para o consumo humano, para a água tratada na saída da estação de tratamento e no sistema de distribuição deve estar conforme o padrão

microbiológico de potabilidade da água para o consumo humano, exigido pela portaria.

Quadro 1 – Padrão Bacteriológico da Água para o Consumo Humano

Formas de Abastecimento		Parâmetro		Valor Máximo Permitido
SAI		Escherichia coli		Ausência em 100 ml
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais		Ausência em 100 ml
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	Escherichia coli		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: Brasil (2021)

Existem parâmetros de potabilidade, essenciais para a água ter a potabilidade adequada para o consumo humano e a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), estipula VMP para cada parâmetro afim de tornar a água adequada para o consumo humano, ou seja, uma água potável conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Padrão Organoléptico de Potabilidade

Parâmetro	Unidade	VMP
Físico e Químico		
pH	-	6,0 – 9,0
Dureza Total	mg/L	300
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500
Ferro Total	mg/L	0,3
Alumínio Total	mg/L de Al	0,2
Cloretos	mg/L	250
Manganês	mg/L de Mn	0,1
Cor aparente	mgPt-Co/L	15
Turbidez	UT	5
Cloro Residual Livre	mg/L de Cl ₂	0,5 – 2

Fonte: Adaptado de Brasil (2021)

Na década de 70 com o Decreto Federal nº 79.367, de 09/03/1977 (BRASIL, 1977), foi estabelecido que o controle da qualidade da água para o consumo humano é questão da saúde pública (SCURACCHIO, 2010). Muitas vezes a falta de monitoramento dos serviços de vigilância compromete o fornecimento de uma água com qualidade para o consumo da população (CARMO; BEVILACQUA; BASTOS, 2008). Para que a água seja de qualidade e adequada ao consumo humano é feita a análise e exigido que esteja dentro dos parâmetros com níveis o mais baixo possível de turbidez, eliminação de geradores de sabor e odor, com ausência de cor e conhecer sua condutividade elétrica (RICHTER, 2017).

A falta de saneamento básico e de um tratamento de água adequado para o consumo humano são os fatores que contribuem para a transmissão de doenças de veiculação hídrica. O consumo de água contaminada proporciona doenças como por exemplo, hepatite A, a febre tifoide e a maioria das diarreias sejam causadas pelo consumo de água contaminada, como mostra no Quadro 2 as principais doenças (CORDEIRO, 2008).

Quadro 2 – Principais doenças de veiculação hídrica, os respectivos agentes etiológicos, os sintomas e as fontes de contaminação

(continua)

Doença	Agente etiológico	Sintomas	Fontes de contaminação
Febres tifoide e paratifoide	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A e B	Febre elevada e diarreia	Fezes humanas
Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarreia	Fezes humanas
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarreia, abscessos no fígado e intestino delgado	Fezes humanas

Quadro 2 – Principais doenças de veiculação hídrica, os respectivos agentes etiológicos, os sintomas e as fontes de contaminação

(continuação)

Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarreia e desidratação	Fezes humanas e águas costeiras
Giardíase	<i>Giardia Lamblia</i>	Diarreia, náusea, indigestão flatulência	Fezes humanas e de animais
Hepatite A e B	Vírus da hepatite A e B	Febre e icterícia	Fezes humanas
Poliomelite*	Vírus da poliomielite	Paralisia	Fezes humanas
Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Cryptosporidium muris</i>	Diarreia, anorexia, dor intestinal, náusea, indigestão e flatulência.	Fezes humanas e de animais
Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas Hydrophila</i> , Rotavírus e outros vírus entéricos	Diarreia	Fezes humanas

Fonte: (CORDEIRO, 2008)

*Enfermidade erradicada no Brasil

Uma das principais estratégias para diminuir as doenças que são transmitidas pela água é a melhoria no abastecimento, melhorias nas condições de saneamento e educação da população com ênfase em uma gestão apropriada para a saúde pública (CAVALVANTE, 2014).

3.2 Água na zona rural

A dificuldade de encontrar sistemas adequados para o saneamento básico no meio rural, o que também possibilita a contaminação bacteriana da água, é a captação da água (PRADO, 2010). Na zona rural as fontes de abastecimento de água são bastante vulneráveis à contaminação, pois a captação e o armazenamento da água geralmente são em poços inadequadamente vedados, poços rasos ou em

represas onde a probabilidade de contaminação é ainda maior por estarem próximas de fossas e ocupação de animais na área (AMARAL, 2003).

Outro fator que interfere na qualidade da água é o crescimento, morte e a decomposição das plantas aquáticas devido à alteração nos teores de nitrogênio, fósforo, pH, oxigênio dissolvido e matéria orgânica (BENTOS, 2016). A chuva também é um grande fator que interfere pois pode rapidamente promover um aumento na turbidez intervir no pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido (KERRY, 2016). Em regiões em que inexistem um sistema de saneamento adequado à veiculação híbrida, ocorre o risco à saúde dos habitantes através das enfermidades. Doenças surgem quando não se tem a preservação das fontes de água e um tratamento de água adequado (CORDEIRO, 2008). Seja em áreas urbanas ou rurais, o serviço de saneamento é de grande importância para a preservação e impactos positivos que causam na saúde da população. A alta mortalidade por doença de veiculação hídrica refere-se à carência de infraestrutura sanitária, o que geralmente é visto no meio rural gerando mortes evitáveis (PRADO, 2010).

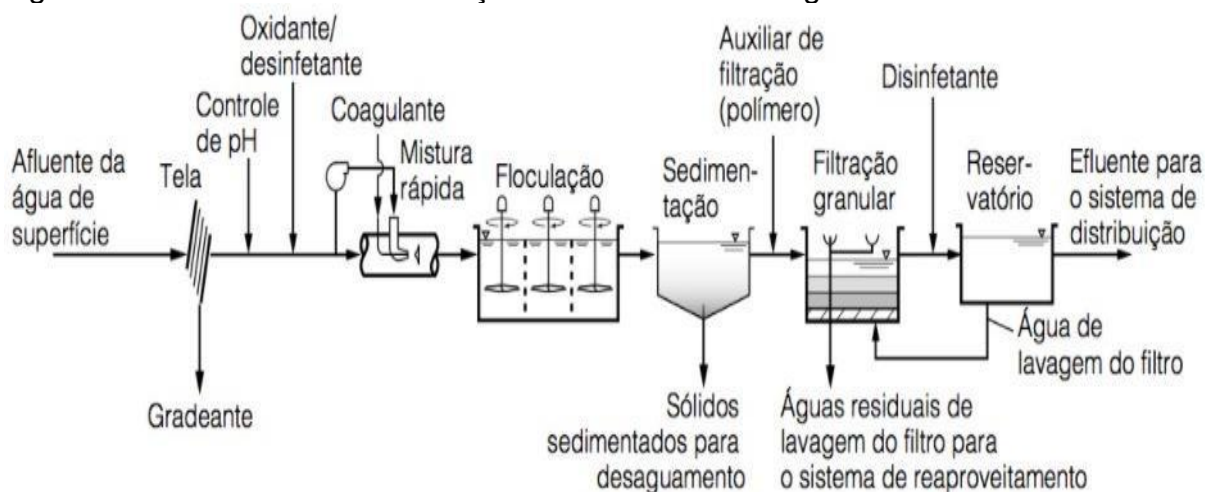
O acesso à água potável é essencial para que as doenças sejam reduzidas na população que mora nas zonas rurais (AMARAL, 2003). As campanhas de educação ambiental, também são de grande relevância para que as populações dos domicílios rurais entendam a importância dos riscos que uma água contaminada representa, conscientizando a adoção de medidas de tratamento de água domiciliar (SILVA, 2019).

3.3 Tratamento de água

O tratamento da água tem por objetivo principal tornar a água potável, retirando impurezas e adequando parâmetros, para estar dentro dos padrões de qualidade e disponibilizar para a população uma água livre de contaminação, ou seja, uma água com a qualidade adequada (VANACÔR, 2005). Para obter uma água com qualidade, através da água bruta, é necessária uma seleção de processos de tratamento com o objetivo de remover ou reduzir constituintes da água bruta. Esses processos são selecionados com base na segurança do processo, na facilidade da construção, equipamentos adequados, facilidade de operação e manutenção e os custos de construção e operação (RICHTER, 2017).

As estações de tratamento proporcionam a água que é utilizada para beber, cozinhar, tomar banho, limpeza de roupas, vasos sanitários, regar gramados e em aplicações industriais (KERRY, 2016). No processo, as etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração fazem parte da etapa de clarificação, promovendo a remoção de impurezas de águas superficiais (VANACÔR, 2005). Na Figura 1 é ilustrado um processo de tratamento de água convencional, utilizado para o abastecimento público típico de uma estação de tratamento de água.

Figura 1 – Processo de uma estação de tratamento de água



Fonte: Kerry (2016, p. 24)

A água bruta geralmente tem uma captação superficial em rios, lagos ou represas e por gravidade ou bombeamento é encaminhada para a ETA (Estação de Tratamento de Água), onde passa por etapas para o tratamento da água para a distribuição à população (SANTOS, 2007).

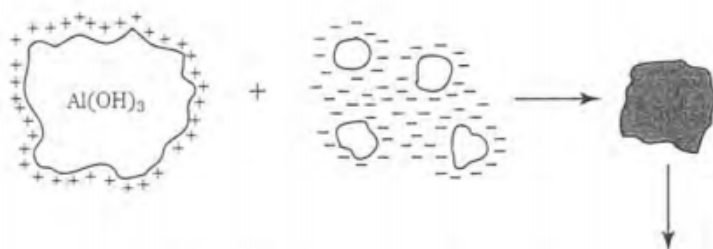
Uma das etapas mais importantes no processo de tratamento de água é a desinfecção, onde acontece a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogênicos como por exemplo as bactérias, protozoários, vírus e vermes. O cloro é o agente de desinfecção mais utilizado para a purificação da água devido as suas vantagens nas quais são: facilmente acessível tendo nos estados: gás, líquido e sólido. É economicamente viável, fácil em aplicar quando na fase gasosa devido à sua alta solubilidade e destrói a maioria dos micro-organismos patogênicos (RICHTER, 2017).

Ao chegar na ETA a água geralmente contém materiais muito finos, no estado coloidal ou em solução, que por sedimentação simples não consegue removê-los. Com isso é fundamental a adição de coagulante para que sejam formados

aglomerados ou flocos que tem maior facilidade de sedimentação (RICHTER, 2017). Para a clarificação da água é imprescindível que ocorra a neutralização das cargas negativas dos sólidos em suspensão, para que as partículas se tornem maiores e sedimentem mais rápido (VANACÔR). Esse processo de coagulação é a neutralização de cargas negativas das partículas, assim permite a aproximação entre elas através de agentes coagulantes como, por exemplo, o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o cloreto férrico (FeCl_3). Isso geralmente é feito em um tanque de agitação intensa que facilita a mistura do coagulante e partículas (CREMASCO, 2012).

Como etapa subsequente, a água passa pelo processo de floculação que promove a colisão entre as partículas, ou seja, onde as partículas se juntam formando maiores massas ou flocos. Uma ilustração dos processos de transporte de fluido, agregados à união e precipitação das partículas primárias é mostrado na Figura 2 (RICHTER, 2017).

Figura 2 – Ilustração da floculação



Fonte: Cremasco (2012, p. 327)

Com a formação dos flocos ou partículas de impurezas que se formaram na etapa anterior, inicia-se então o processo de decantação ou também chamado de sedimentação, em que os sedimentos se depositam no fundo de um tanque de separação. Sequencialmente a esse processo, tem-se a filtração onde a água passa por um tanque formado por leitos de areias, pedras e carvão, que são responsáveis por reter as impurezas que ainda restaram na sedimentação (VASCONCELOS, 2018).

Visando atingir os objetivos do presente trabalho foi abordado mais detalhadamente pontos importantes como ajuste do pH, sedimentação e filtração.

O pH é o potencial Hidrogeniônico no qual é a medida de concentração de íons hidrogeniônicos H^+ e íons OH^- , a qual indica se a água é ácida, neutra ou alcalina. A mudança do pH varia por diversos motivos, como por exemplo, absorção

de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, atividade fotossintética e até mesmo a precipitação das chuvas (FIALHO, 2016).

É necessário fazer o ajuste do pH para favorecer a coagulação. Para o pH de uma água tratada ou para o padrão de potabilidade, pela Portaria de Consolidação Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), os valores de pH devem variar na faixa entre 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2021). Água com valores de pH baixos tendem a ser mais corrosiva a certos metais e paredes de concreto, e as águas com o valor de pH elevado tendem a formar incrustações em superfícies metálicas, como o interior de tubulações (CORDEIRO, 2008). O ajuste inicial do pH é efetuado para favorecer a etapa de coagulação. Já na água tratada o ajuste do pH é efetuado através da portaria de potabilidade.

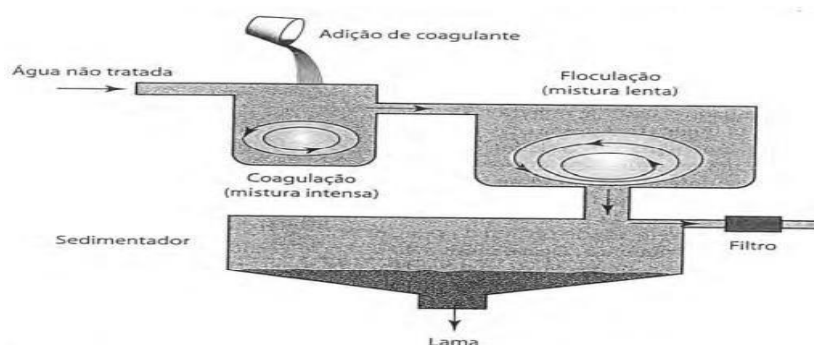
Em estações de tratamento de águas o ajuste do pH é realizado pela adição de produtos químicos, como ácido clorídrico (HCl) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4) para a diminuição do pH e para o aumento do pH é utilizado soda cáustica (NaOH), cal hidratada (CaOH) ou barrilha ($CaCO_3$) (PINTO, 2010).

A sedimentação ou também chamada de decantação é um dos processos mais comuns no tratamento da água, sendo um processo físico que separa as partículas sólidas que estão em suspensão na água. Para separar a partícula de densidade elevada à da água utilizam-se as forças gravitacionais colocando as partículas em uma superfície ou zona de armazenamento (RICHTER, 2017).

Para o processo de sedimentação, na qual ocorre a remoção de partículas muito finas, é necessário o uso de um agente coagulante, pois sem esse auxílio muitas vezes as partículas se prolongam até chegar ao fundo do sedimentador. (VANACÔR, 2005). Através da coagulação e floculação as partículas sedimentam, onde partículas mais concentradas e com maior velocidade de sedimentação formam uma camada no fundo, chamada de região de compactação. Já as partículas finas, que são menos concentradas, sedimentam mais lentamente ocasionando a região intermediária que é a região de sedimentação livre. Por fim, na região superior, tem-se a camada de líquido clarificado, ou seja, isenta de sólidos (CREMASCO, 2012).

A Figura 3 ilustra um típico processo de sedimentação com os tanques de coagulação, floculação e sedimentador.

Figura 3 – Sistema de sedimentação contendo tanques de coagulação, floculação e sedimentador



Fonte: Cremasco (2012, p. 328)

Finalmente, a etapa de filtração é um processo de tratamento da água, físico-químico que separa impurezas em suspensão na água com o auxílio de um meio poroso (RICHTER, 2017). Esse processo consiste na passagem da água através de um meio granular que faz a remoção das partículas suspensas, coloidais e de microrganismos (PINTO, 2006). Esse meio geralmente é composto por areia sustentada por camada de seixos onde existe um sistema de drenos. Onde acontece a remoção de materiais em suspensão e substâncias coloidais e redução de bactérias presentes (BRASIL, 2014).

Os filtros rápidos são compostos de pedregulhos em várias camadas e diâmetros que suportem essas camadas, como a camada de areia grossa e a camada de areia mais fina como mostra na Figura 4 (BRASIL, 2014).

Figura 4 – Sistema de Filtração Rápida



Fonte: Brasil (2014, p. 63)

Em zonas rurais é mais comum usarem filtros lentos pela disponibilidade da área e por funcionarem com uma taxa média de 2 a 6 m³/m²/dia. Durante a filtração ocorre alguns fenômenos como a ação mecânica de filtrar, sedimentação de partículas sobre grãos de areia, floculação de partículas que estava em formação,

pelo aumento da possibilidade de contato entre elas e formação de partículas gelatinosas na areia, promovida por micro-organismos que aí se desenvolvem (BRASIL, 2014).

3.4 Estado da arte para o tratamento de águas em propriedades com baixo índice habitacional

No Quadro 3 encontram-se alguns estudos das principais etapas de uma ETA com os resultados de quais etapas são mais eficientes.

Quadro 3 – Estudo das etapas de uma ETA em propriedades com baixo índice habitacional

Autores	Tratamento	Finalidade	Resultados
Cordeiro (2008)	Floculação Sedimentação Filtração	Tratamento da água subterrânea de poços e rio	Coagulação Floculação Decantação e Filtração
CARNEIRO (2017)	Pré-Tratamento Sedimentação Pré Filtração Filtração Desinfecção	Tratamento de água provenientes de nascente	Pré-tratamento Pré-filtrarão Filtração Desinfecção
PATERNIANI (2004)	Pré Filtração Filtração lenta	Melhorar a qualidade da água	Pré Filtração
BAZAMA (2017)	Filtração com carvão ativado e íons metálicos	Obtenção de água potável	Filtração com carvão ativado e íons metálicos

Fonte: Autora (2021)

A escolha do processo mais adequado deve ser feita em função das características físico-química e da tratabilidade da água. As principais condições na escolha dos processos unitários e a natureza da água bruta, afetam a qualidade que se deseja para a água tratada. Também é importante ressaltar a segurança do processo, a facilidade da construção, a escolha dos equipamentos adequados, a simplicidade de operação e manutenção e os custos gerados (RICHTER, 2017).

De acordo com o Quadro 3 o processo de tratamento de água mais utilizado e um dos mais importantes em uma ETA é a filtração, independente da constituição do leito poroso. Além de ser um processo que pode ser implantado com um baixo custo e poder ser desenvolvido na própria região, alcançando eficiência e qualidade da água que os moradores consomem. A filtração é um processo de grande relevância,

pois quando a água passa pelo meio poroso, caracterizado como um filtro o qual acumula as partículas, a água é clarificada. Portanto é um processo de grande eficiência e fácil de ser implantado com um baixo custo nas propriedades rurais.

4 ARTIGO

AVALIAÇÃO E PROPOSTA PARA UM PROCESSO DE TRATAMENTO DA ÁGUA PARA A ZONA RURAL

Márcia Falcão Camargo*

André Ricardo Felkl de Almeida**

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo realizar a caracterização da água de uma propriedade rural localizada na estrada do Batalha em Bagé-RS e propor alternativas para um processo de tratamento de água na zona rural. Foram realizadas análises físico-químicas em amostras de água coletadas no reservatório nos meses de julho a setembro de 2021. Como metodologia foi feita a caracterização de amostras, teste do jar-test para otimização dos reagentes e sedimentação. Na caracterização da água de uma propriedade rural, o pH teve uma faixa de 7 a 7,5, já a turbidez obteve resultados de 11 NTU, condutividade elétrica que teve o valor de 108,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o oxigênio dissolvido com 6,04 mg/L onde são valores altos referente ao valor máximo permitido, demonstrando que a amostra já é caracterizada como poluída. Os sólidos dissolvidos totais que obteve resultado de 83,9 mg/L e a dureza com 43,12 mg/L ficaram dentro dos valores máximos permitidos, conforme a Portaria n°: 888/2021 do Ministério da Saúde. O teste de jar-test encontrou-se 0,09 g de Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) para o coagulante, 9 gotas de Hidróxido de Sódio (NaOH) de 5% para a correção do pH e 1 ml de polímero [0,1g/L] para o processo de decantação. A adição do polímero foi mais eficiente para a decantação no experimento de sedimentação batelada.

Palavras-chave: Tratamento de água. Zona rural. Água. Sedimentação. Filtração.

1 INTRODUÇÃO

Para o consumo humano a qualidade da água é considerada de grande importância (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014). Quando se refere a um abastecimento populacional de água é indispensável um tratamento de água adequado para o consumo (ABREU *et al.*, 2000).

A qualidade da água é um conjunto de características intrínsecas, onde todos os elementos que compõe asseguram determinado uso ou o conjunto de usos, que permite estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água (BENTOS, 2016). Para o consumo humano é importante e fundamental que a água tenha uma qualidade adequada, porque é um meio de contaminações que podem causar impactos à saúde humana (PRADO, 2010).

Para que esse consumo humano de água seja de qualidade existem valores máximos permitidos de parâmetros importantes para que a água seja considerada potável e que são estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2017). Para que obtenha um monitoramento desses parâmetros as amostras de água são sujeitas a uma série de análises físico-químicas e bacteriológicas afim de caracterizar e determinar um tratamento adequado para o consumo humano (BRASIL, 2014).

Em áreas rurais para satisfazer, a necessidade da demanda doméstica e o consumo humano, seria necessário estruturar um sistema de operações unitárias para obter uma água livre de contaminações e orientar a população dos riscos que a água contaminada tem, pois nessas regiões normalmente não existem nenhum tipo de tratamento de água e assim a água que é consumida pela população geralmente é precária (SILVA, 2019).

A implementação de alguns das principais etapas de um processo de tratamento de água, tais como a coagulação, floculação, decantação e filtração, seria uma alternativa para a população rural ter um tratamento de água (CORDEIRO, 2008).

Na decantação ou sedimentação é onde acontece a separação de sólido-líquido que por influência da massa específica e formato da partícula apresentam uma velocidade terminal maior. A forma esférica faz decantar mais rapidamente do que as outras partículas de diâmetro e massa específica menores. Uma opção para obter uma esfericidade maior (próxima a um valor unitário) e diâmetro maior das

partículas correntes na suspensão é a técnica de coagulação/ floculação. Nessa etapa utilizam-se agentes coagulantes que por meio de uma agitação realiza a neutralização das cargas das partículas promovendo a aproximação delas que decantarem mais rapidamente. Todo esse processo pode ser facilmente entendido pelo teste da proveta, onde é observado o deslocamento axial da interface superior com um acompanhamento de tempo. Começa a se estabelecer as regiões quando as partículas mais densas começam a sedimentar, formando uma camada no fundo da proveta chamada de zona do lodo concentrado, no topo é definido a região de clarificado onde é isenta de sólidos e a região de sedimentação livre ou intermediária que é composta pelos aglomerados mais finos e menos concentrados que sedimentam mais lentamente (CREMASCO, 2012).

Outra operação unitária é a filtração que é a separação mecânica das fases particuladas e fluida existente em uma suspensão aplicando um meio poroso, composto de filtros lentos ou rápidos. É de grande importância a escolha do meio filtrante para a obtenção de um produto com qualidade (CREMASCO, 2012).

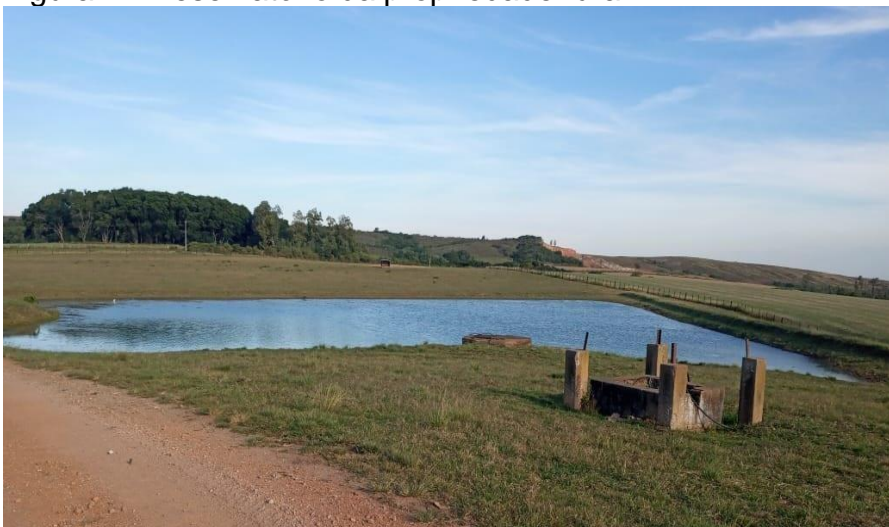
Com isso o objetivo do trabalho foi a caracterização da água utilizada em uma propriedade rural, jar-test para obter a dosagem mais adequada dos reagentes de $Al_2(SO_4)_3$, NaOH e de polímero e o experimento de sedimentação, visando propor um processo de tratamento de água para o consumo humano e buscando estar dentro dos padrões exigidos pela legislação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA DA ÁGUA

As amostras de água utilizadas neste trabalho foram coletadas diretamente do reservatório de água da propriedade rural localizada na estrada do Batalha em Bagé-RS, como mostra na Figura 1. Essas amostras foram acondicionadas em recipientes limpos e secos de 2 litros e 3 litros.

Figura 1 - Reservatório da propriedade rural



Fonte: Autora (2021)

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA

Para a caracterização da água foram determinados parâmetros, os quais são indicadores da qualidade da água e se constituem de valores que são estabelecidos para determinado uso, com valores máximos permitido para o consumo humano (BRASIL, 2014). Foram feitas análises como mostra na Tabela 1 das amostras da água bruta. Ressalta-se aqui que todas essas análises foram feitas em triplicatas.

Tabela 1 – Parâmetros e Método Utilizado para a Caracterização da Água

Análises	Método	Marca/Modelo
pH	pHmetro	Metronhm/ 827
Turbidez	Turbidímetro	Del Lab/ DLT-WV
Condutividade Elétrica	Múltiplo Medidor Digital	Hanna Instruments/HI 9146
Sólidos Dissolvidos Totais	Múltiplo Medidor Digital	Hanna Instruments/HI 9146
Oxigênio Dissolvido	Medidor de OD	Hanna/HI 9146
Dureza	Titulação	-

Fonte: Autora (2022)

2.3 JAR-TEST

Foi utilizado o teste de jarros para otimizar a quantidade de uso de coagulantes, polímero e ajuste do pH. O coagulante utilizado foi o Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), um polímero aniônico de concentração de 0,1g/L e Hidróxido de Sódio (NaOH) para o ajuste do pH. Para a agitação e mistura dos componentes foi utilizado o jar-test da marca Quimis.

2.4 EXPERIMENTO DE SEDIMENTAÇÃO

Com base nos resultados das análises no jar-test, foi preparada uma amostra de 4 litros de água bruta com a dosagem de coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, seguido de uma agitação e da adição de NaOH para o ajuste do pH. A amostra de água foi adicionada na coluna de sedimentação onde foram feitos dois tipos de ensaio, um com polímero e outro sem polímero para analisar o tempo da amostra sedimentar e as zonas de água clarificada, zona intermediária e a zona de lodo concentrado. Na Figura 2 é mostrado o exemplo típico da formação do lodo no fundo da coluna de sedimentação através das partículas que sedimentaram e o topo da coluna com a água clarificada.

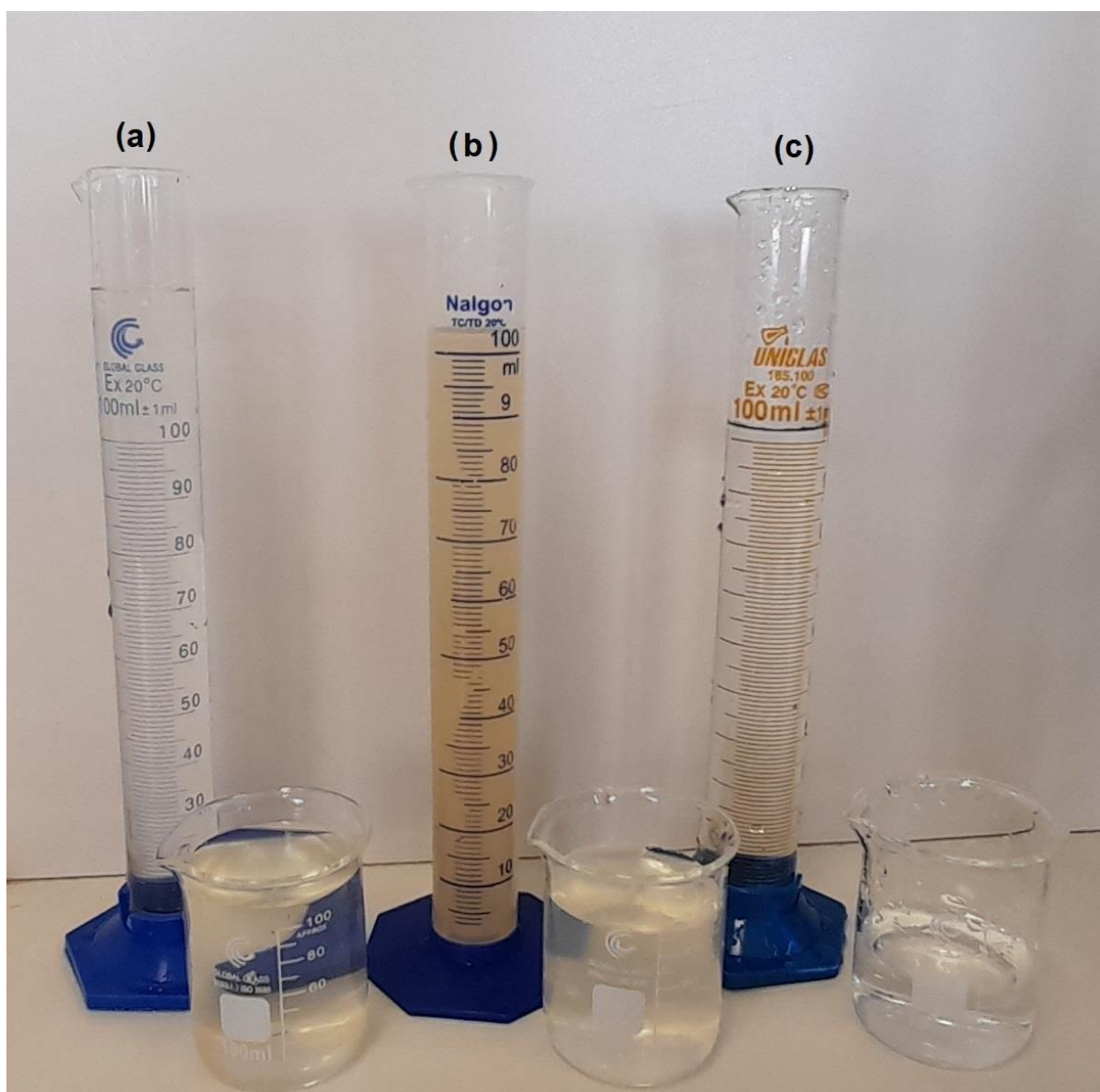
Figura 2 – Módulo de experimento de sedimentação



Fonte: Autora (2021)

Como mostra a Figura 3 foram coletadas amostras da água na coluna de sedimentação, da zona de suspensão (a), zona de lodo concentrado (b) e da zona de clarificado (c).

Figura 3 – (a) Zona de suspensão, (b) zona de lodo concentrado e (c) da zona de clarificado



Fonte: Autora (2021)

Essas amostras foram colocadas em cadinhos secos que foram pesados e colocadas em um forno do tipo estufa à 105°C por 24 hs, após serem retiradas da estufa, os cadinhos foram pesados em balança analítica para análise das concentrações dos sólidos.

Através do experimento de sedimentação foi utilizado o método de Kynch para o projeto de um sedimentador composto de área e altura de um sedimentador unidimensional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises da caracterização das amostras da água bruta são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da Caracterização da Água Bruta

Parâmetros	Portaria 888/2021	Água Bruta	Desvio Padrão
pH	6,0 – 9,0	7,5	0,094
Turbidez (NTU)	5	11,6	0,047
Sólidos Totais(mg/L)	500	83,9	0,047
Dureza (mg/L)	300	43,12	0,68
Condutividade Elétrica (μ S/cm)	10 - 100	108,8	0,081
Oxigênio dissolvido (mg/L)	2 - 5	6,04	0,016

Fonte: Autora (2022)

Considerando os valores dos parâmetros de potabilidade da água através da Portaria nº. 888/2021 os parâmetros de pH, dureza e sólidos dissolvidos totais estão dentro do valor permitido para uma água potável, diferente dos parâmetros de turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Para a turbidez ultrapassou o valor máximo permitido pela Portaria, isso decorre pela grande presença de partículas em suspensão de vários tamanhos. Com isso pode ocorrer uma certa dificuldade nos processos de coagulação tornando deficiente e filtração pois os filtros recebem uma excessiva demanda de flocos e matéria não coagulada. Segundo a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, para águas naturais a condutividade elétrica com valores acima do valor ideal é considerada ambiente poluído. Então a análise feita na água bruta está dentro de uma faixa desconsiderável já que o valor obtido da amostra foi superior ao valor máximo permitido. Para o oxigênio dissolvido a amostra é outro fator que excedeu ao intervalo ideal. (BRASIL, 2014).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos nas análises do Jar-test feitas com a adição de $Al_2(SO_4)_3$, NaOH e Polímero.

Tabela 3 – Análises no Teste Jar-test

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (g)	NaOH (Gotas)	Polímero (ml)
Para 1 litro de água	0,36	12	1

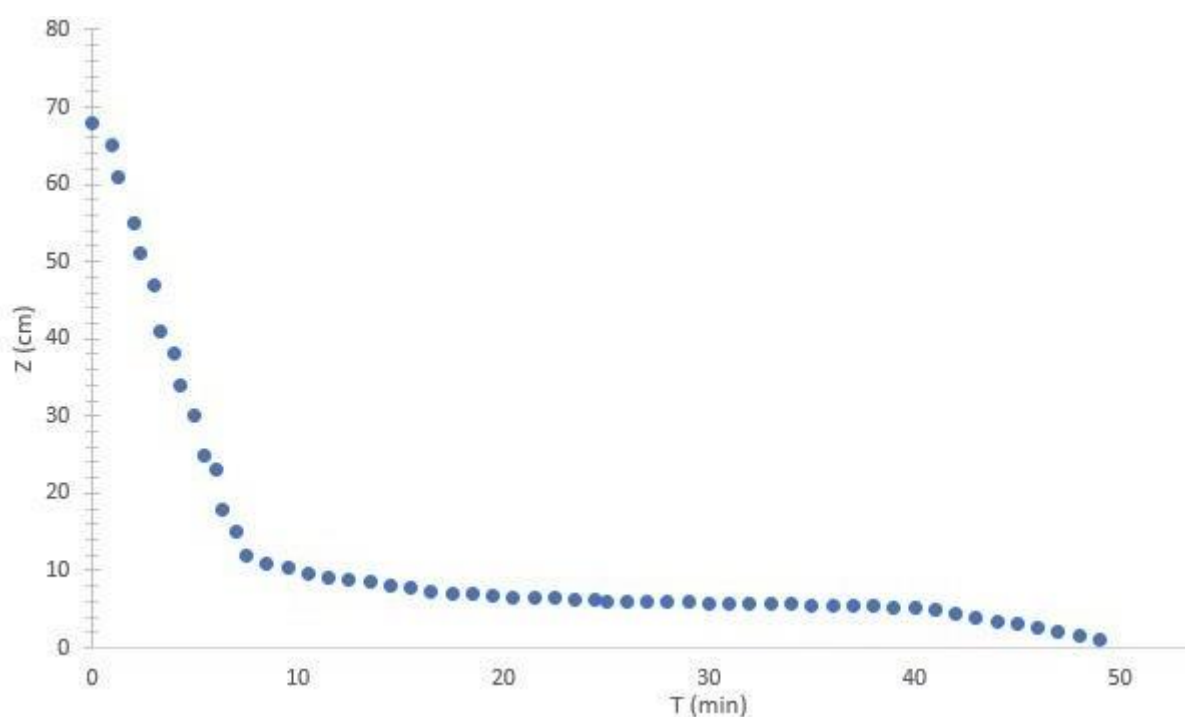
Fonte: Autora (2022)

Foi observado que para cada 1 litro de água é necessário usar como coagulante 0,36g de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e sucessivamente fazer uma mistura rápida. Com a adição do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ foi necessário fazer a correção do pH. Devido a água não ter alcalinidade natural suficiente, com a adição do coagulante metálico os íons de hidrogênio reduziram, fazendo com que o pH diminuísse ficando fora da faixa ideal.

Então foi verificado que pode ser utilizado 12 gotas de NaOH de 5% em volume para a aumentar o valor do pH. Para o experimento de sedimentação foi constatado que 1 ml de polímero [0,1g/L] é adequado para os sólidos decantarem mais rapidamente.

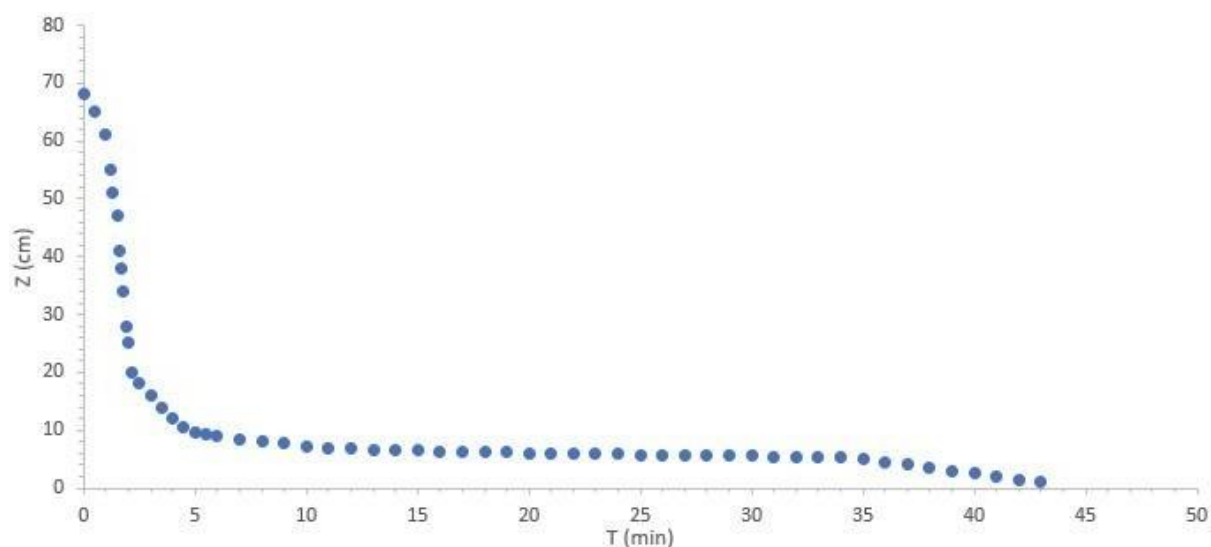
Com os dados analíticos que foram obtidos no experimento de jar-test pode-se observar o comportamento da decantação em relação com o tempo. Nas Figuras 4 e 5 são mostradas as curvas de sedimentação sem e com a adição do polímero, respectivamente, onde é possível observar que a sedimentação sem polímero levou mais tempo para ocorrer.

Figura 4 – Experimento de sedimentação sem polímero.



Fonte: Autora (2022)

Figura 5 – Experimento de sedimentação com polímero.



Fonte: Autora (2022)

Analisando as Figuras 5 e 4 observa-se que houve uma melhoria significativa de 86% na sedimentação com polímero em relação a velocidade de sedimentação dos sólidos. Foi analisado do topo até o fundo da coluna, onde foi possível observar através da curva de sedimentação que forma muito antes, ou seja, que o tempo de sedimentação é melhor e mais rápido com a adição de um polímero.

Dos dois experimentos de sedimentação, com e sem adição de polímero, foram retiradas amostras da zona de lodo concentrado, da zona de clarificado e zona de suspensão e foram colocadas em uma estufa a 105°C por 24hs e pesadas. Os resultados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Concentração de Sólidos

Condição	Concentração dos sólidos no clarificado (g/cm ³)	Concentração dos sólidos na suspensão (g/cm ³)	Concentração dos sólidos no lodo (g/cm ³)
Com polímero	0,00037	0,00057	0,0038
Sem polímero	0,00057	0,00077	0,002

Fonte: Autora (2022)

Como pode-se observar na Tabela 4, foi obtido os cálculos de concentração dos sólidos nas áreas de clarificado que é a área que tem menos concentração de sólidos, na suspensão a sedimentação com polímeros teve menor concentração de sólidos nessas regiões, e na concentração do lodo, os sólidos no lodo com a sedimentação com polímero tiveram maior concentração de sólidos do que na sedimentação sem polímero, isso ocorre devido ao polímero aniônico formar flocos grandes e densos fazendo que a sedimentação tenha uma velocidade elevada, constando que a sedimentação com polímero seja mais eficaz do que a sem polímero.

Com os valores da concentração dos sólidos, foi possível executar os cálculos para determinar a área e altura apropriadas um sedimentador. Considerando uma vazão de $0,05\text{m}^3/\text{s}$, verificou-se na sedimentação sem adição do polímero que o sedimentador tem que ter um diâmetro de $0,43\text{ m}$ e uma altura de $0,96\text{ m}$ e na sedimentação com adição de polímero um diâmetro de $0,36\text{ m}$ e uma altura de $0,81\text{ m}$, considerando que é um sedimentador pequeno para uma propriedade de zona rural sendo apenas para o consumo humano de água.

Através da disponibilidade de área é mais comum usar filtros lentos com uma taxa média de $2\text{ a }6\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ nas zonas rurais de acordo com a FUNASA.

Sendo assim é possível projetar uma ETA pequena com as principais etapas de um tratamento de água pequeno com as principais etapas de coagulação, sedimentação e filtração tendo em vista uma água adequada para o consumo.

4 CONCLUSÃO

Na caracterização das amostras as análises de pH, dureza total e sólidos dissolvidos se mostraram dentro dos valores permitidos que a Portaria de Consolidação nº 888/2021 que trata da potabilidade da água para o consumo humano. Já os parâmetros de condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido foram os parâmetros que estiveram fora dos valores permitidos. Para a condutividade elétrica a amostra já é caracterizada como poluída. Quanto à turbidez conclui-se que é uma água que tem grande presença de partículas em suspensão e aparência nebulosa, ou seja, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A análise de oxigênio dissolvido também foi outro fator que excedeu ao valor permitido, sendo assim tem a possibilidade de compostos sólidos se precipitarem e se armazenarem no fundo do reservatório. Após analisar os resultados dos

parâmetros que caracterizou a amostra da água bruta conclui-se que a água não é própria para o consumo humano segundo a Portaria nº 888/2021.

No jar-test foi concluído que para a coagulação o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é um ótimo coagulante facilitando a decantação e que o ideal é de 0,09 g de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mas é importante observar se a alcalinidade da água é suficiente para reagir com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. O NaOH é um composto ótimo para elevar o pH, sendo assim conclui-se que é necessárias 12 gotas de NaOH de 5% em volume, para que o pH da amostra se elevasse até a faixa recomendada que é de 6,0-9,0. Para adição de polímero no jar-test pode se perceber que é um fator fundamental para a sedimentação, devido o polímero aniônico formar flocos grandes e densos com elevada velocidade de sedimentação, concluindo que 1 ml de polímero [0,1g/L] é o ideal. As análises foram feitas para 1 litro de água e após a adição de cada reagente é importante uma agitação ou mistura rápida.

No experimento de sedimentação pode-se concluir que a sedimentação com polímero é mais eficaz, ou seja, os sólidos decantam mais rapidamente do que a sedimentação sem a adição do polímero.

Para a zona rural considerando uma água apenas para o consumo é possível adaptar um tratamento na água reduzido, com um tanque de sedimentação que obtenha um diâmetro de 0,43 m e uma altura de 0,81 m considerando uma vazão de $0,05\text{m}^3/\text{s}$ e uma filtração com filtros lentos, para que seja possível a população consumir uma água mais apropriada do que geralmente está habituada.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. *et al.* Escolha de um programa de controle da qualidade de água para o consumo humano: aplicação do método ahp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.257-262, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n2/v4n2a21.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

BENTOS, A. B. **Impactos ambientais da zona rural e urbana na qualidade da água do Ribeirão das Araras**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Araras, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8724?show=full>. Acesso: 27 de set. 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em etas**. Seção 1, Brasília, DF, ed. 1, p. 20, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em 27 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed. 190, p. 360, 03 out. 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

CAMPOS, A. D. B.; FILHO, A. F.; FARIA, J. B. **Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: Parâmetros físico-químico e microbiológicos**. 2003. Dissertação. Araraquara-SP. Disponível em: <file:///C:/Users/marci/Downloads/719.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

COSTA, E.A.; ROZENFELD, S. **Constituição da vigilância sanitária no Brasil**. 2000. Dissertação. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/d63fk/pdf/rozenfeld-9788575413258.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2022.

CORDEIRO, W. S. **Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Willians+Salles+Cordeiro.pdf>. Acesso em: 18 de set. 2021.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2012.

OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluvias na arquitetura. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2014. Disponível em: <http://revistaeletronicaocs.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/1933/497>. Acesso em: 07 set. 2021.

PRADO, E. L. **Qualidade de água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas-MG: um risco à saúde pública**. 2010. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_a34678c2067653cf88c2be226c8c8f19. Acesso em: 27 de set. de 2021.

RAMOS, R. O. Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada utilizando sementes de *Moringa Oleifera*. 2005. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola na área de concentração de Água e Solo) – Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2005. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257086/1/Ramos_RenataOttina_D.pdf. Acesso em: 27 de set. 2021.

SILVA, A. D. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita-PB e propostas de melhoria**. 2019. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16882?locale=pt_BR. Acesso em: 26 de set. 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho esperava-se caracterizar uma água bruta de uma propriedade rural e propor alternativas de tratamento de água para as pessoas que vivem em zona rural, para a população ter uma água adequada para o consumo livre de contaminações.

Visando a qualidade da água utilizada pela população rural, que com os resultados obtidos na caracterização da água pode perceber que não é uma água adequada para beber, pois não recebe nenhum tipo de tratamento de água para o consumo, e o conhecimento da população que não é suficiente de que a água consumida sem tratamento algum é uma veiculação de doenças.

Constitui-se um desafio acadêmico de contribuir para ampliação de conhecimento nessa área, buscando soluções para a população que vive na zona rural ter um meio de acesso a uma água potável para conseguir consumir, com isso trazendo e adequando alternativas para um possível tratamento de água para a população da zona rural.

REFERÊNCIAS

AMARAL, *et al.* Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. Disponível em [BAZANA, S. L. **Remoção de metais pesados utilizando carvão ativado para obtenção de água potável**. 2014. Dissertação \(Mestrado em Engenharia Química\) – Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Maringá, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3816>. Acesso em: 04 de maio 2021.](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102003000400017&script=sci_abstract&tlng=pt#:~:text=CONCLUS%C3%95ES%3A%20A%20%C3%A1gua%20utilizada%20nas,seres%20humanos%20que%20a%20utilizam. Acesso em 15 de abr. 2021.</p></div><div data-bbox=)

BENTOS, A. B. **Impactos ambientais da zona rural e urbana na qualidade da água do Ribeirão das Araras**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Araras, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8724?show=full>. Acesso: 27 de abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, ed. 190, p. 360, 03 out. 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 29 de Ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 29 de Março 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em etas**. Seção 1, Brasília, DF, ed. 1, p. 20, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbc8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em 24 fev. 2022.

CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância de qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 426-434, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522008000400011&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 15 de abril 2021.

CARNEIRO, C. G. **Desenvolvimento e desempenho de sistemas alternativos de tratamento de água em localidades rurais da região serrana de Santa Catarina**. 2017. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental,

Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186157>. Acesso em: 03 de maio 2021.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. 2014. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 550-558, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2014000300015&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 de abr. 2021.

CORDEIRO, W. S. **Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Willians+Salles+Cordeiro.pdf>. Acesso em: 18 de abr. 2021.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2012.

FIALHO, J. M. **Avaliação microbiológica da água consumida na área rural do município de Ilha Solteira**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia e Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/143895>. Acesso em: 4 de maio 2021.

FONTANIVE, S. **Estudo de análise de risco do cloro em estações de tratamento de água**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia, Área de Concentração: Engenharia de Processos Térmicos e Químicos, Setor de Tecnologia, Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/10309/2%20parte%20tese.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 12 de março 2022.

FORTES, A.; BARROCAS, P.; KLIGERMAN, D. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 20-34, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-11042019000700020&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 07 set. 2021.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para o consumo humano- desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232005000400022&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 07 de abril 2021.

HELLER, L. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relator defende abordagem de direitos humanos para diminuir desigualdades no acesso a água e saneamento**. Brasília, DF: ONU, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/82708-relator-defende-abordagem-de-direitos->

humanos-para-diminuir-desigualdades-no-acesso-agua-e. Acesso em: 31 mar. 2021.

KERRY, J. H. *et al.* **Princípios de tratamento de água**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. **Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257314/1/Londe_LucianadeResende_M.pdf. Acesso em: 3 de maio 2021.

PINTO. A. P. **Utilização da filtração direta ascendente em pedregulho como alternativa de pré-filtragem em sistemas de dupla filtração**. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental/ Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5570>. Acesso: 02 maio 2021.

PINTO. M. F. **Desenvolvimento de um sistema para o controle do pH da água para irrigação localizada**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2010. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-21062010-154440/pt-br.php>: Acesso em 06 maio 2021.

PRADO, E. L. **Qualidade de água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas-MG: um risco à saúde pública**. 2010. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_a34678c2067653cf88c2be226c8c8f19. Acesso em: 27 de abr. de 2021.

RICHTER. C. A. **Água métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2017.

SANTOS, S. R. **Tratamento de água: Monitoramento das características de qualidade da água potável**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná. Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia na área de concentração em Programação Matemática do Setor de Tecnologia, Curitiba, 2007. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/11012/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Solange%20Regina%20dos%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 de abr. 2021.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos-SP**. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2010. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88588/scuracchio_pa_me_arafcf.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 31 mar. 2021.

SHAMMAS, N. K. WANG, L. K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SILVA, A. D. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita-PB e propostas de melhoria**. 2019. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16882?locale=pt_BR. Acesso em: 16 de abr. 2021.

TONON, L. A. C. *et al.* Análise de parâmetros de qualidade da água para consumo humano. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2013. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/12578>. Acesso em: 26 de abr. 2021.

VANACÔR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico *veta organic* utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6900>. Acesso em: 27 abr. 2021.

VASCONCELOS, T. N. H.; AMARAL, C. L. C.; SILVA, I. D. Aplicação de uma atividade experimental investigativa para o ensino de tratamento de água. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 50-59, 2018. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1549/945>. Acesso em: 26 de abr. de 2021.