



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
CENTRO DE FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS AGROFLORESTAIS
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

ISMAEL DOS SANTOS FERREIRA

**REDUÇÃO DE FERRO E MANGANÊS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA,
UTILIZANDO O PROCESSO DE AERAÇÃO DO TIPO CASCATA, PARA
DESSEDENTAÇÃO DE EQUINOS**

ITABUNA - BA

2022

ISMAEL DOS SANTOS FERREIRA

**REDUÇÃO DE FERRO E MANGANÊS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA,
UTILIZANDO O PROCESSO DE AERAÇÃO DO TIPO CASCATA, PARA
DESSEDENTAÇÃO DE EQUINOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna

ITABUNA - BA

2022

Catálogo na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
Sistema de Bibliotecas (SIBI)

F383r Ferreira, Ismael dos Santos, 1976-

Redução de ferro e manganês em água subterrânea, utilizando o processo de aeração do tipo cascata, para dessedentação de equinos / Ismael dos Santos Ferreira. – Itabuna: UFSB, 2022.- 47f.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Sul da Bahia. Campus Jorge Amado, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Engenharia Agrícola e Ambiental, 2022.
Orientadora: Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna.

1. Águas subterrâneas. 2. Água - Aeração. 3. Água - Purificação. I. Título.

CDD – 628.1

Elaborada por Raquel da Silva Santos – CRB-5ª Região/ 1922

ISMAEL DOS SANTOS FERREIRA

**REDUÇÃO DE FERRO E MANGANÊS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA,
UTILIZANDO O PROCESSO DE AERAÇÃO DO TIPO CASCATA, PARA
DESSEDENTAÇÃO DE EQUINOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Aprovado em 09/09/2022



Prof. Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna
Orientadora
Universidade Federal do Sul da Bahia



Prof. Dr. Vinicius de Amorim Silva
Membro Convidado
Universidade Federal do Sul da Bahia



Prof. Dr. Fernando Mauro Pereira Soares
Membro Convidado
Universidade Federal do Sul da Bahia

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, pela força e determinação proporcionadas na construção do conhecimento e no direcionamento para chegar até aqui; Aos meus familiares, pela paciência e companheirismo, principalmente ao meu pai, que partiu para a morada eterna durante a etapa final deste desafio, não me conduzindo ao pódio, mas deixando o ensinamento de sempre buscar e nunca desistir, pois “o homem nunca está preparado”, a quem dedico esta conquista; Ao major Altamiro, Comandante do Esquadrão de Polícia Montada de Itabuna, pela disponibilidade e confiança depositadas para implantação deste projeto; Aos meus mestres pelos ensinamentos, fazendo-me superar desafios e sempre mostrando que as dificuldades fazem parte do processo, em especial a minha orientadora professora Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna que, com maestria, me norteou na condução deste trabalho.

Enfim, Gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão desta etapa, me ajudando no processo de crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

SANTOS, Ismael Ferreira. Universidade Federal do Sul da Bahia, *Campus Jorge Amado*, setembro de 2022. **Remoção de ferro e manganês em água subterrânea, utilizando o processo de aeração do tipo cascata, para dessedentação de equinos.** Orientadora: Prof^ª. Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna.

A utilização de águas subterrâneas contendo consideráveis concentrações de ferro e manganês na sua composição pode se tornar inviável para dessedentação animal, uma vez que sua qualidade organoléptica fica prejudicada, propiciando aspectos indesejáveis como alteração de cor, odor, sabor amargo adstringente e aumento da turbidez, levando a sua rejeição. Assim, águas com essas características necessitam serem tratadas, em geral, por meio de aeração a fim de oxidar esses elementos e propiciar sua decantação e filtração. Nesse sentido, esse trabalho objetivou avaliar a eficiência de um sistema de aeração do tipo cascata visando a oxirredução para remoção de ferro e manganês em água subterrânea para fins de dessedentação de equinos. O sistema foi construído nas dependências do Esquadrão de Polícia Montada de Itabuna e operou da seguinte forma: a água do poço artesiano era bombeada por meio de uma tubulação para uma caixa d'água de 5000 (cinco mil) litros, onde ocorria a aeração, decantação e primeira filtração. Posteriormente, a água era conduzida pela tubulação hidráulica para uma segunda filtração lenta e em seguida para armazenamento e distribuição. Os resultados das análises realizadas permitiram concluir que o sistema de aeração proporcionou elevações nas concentrações de oxigênio dissolvido, quando comparadas às da água bruta (poço); o sistema de tratamento da água por aeração do tipo cascata seguido de dupla filtração em série reduziu ferro (entre 91,3 % e 96,5%). No entanto, com relação ao manganês, não foram verificadas grandes remoções, em torno de 17%. O sistema de tratamento resultou em elevadas remoções de cor e turbidez da água bruta (99,9% e 100% respectivamente), atribuído às duas filtrações em série. Não houve redução de cloretos e, finalmente, não foi possível concluir que o sistema

reduziu coliformes devido a grande dispersão dos resultados. Como não foi possível ter certeza da redução de coliformes totais e termotolerantes, a qualidade da água tratada para fins de dessedentação de equinos precisa ser monitorada.

Palavras-chaves: recursos hídricos, água subterrânea, qualidade da água; tratamento de água.

ABSTRACT

SANTOS, Ismael Ferreira. Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Jorge Amado, September 2022. **Iron and manganese removal in groundwater using cascade aeration process for equine desendation.**

Advisor: Prof^a Dra. Rita de Cascia Avelino Suassuna.

The use of underground waters containing considerable concentrations of iron and manganese in its composition can become unfeasible for animal watering, once its organoleptic quality is damaged, providing undesirable aspects as color alteration, odor, astringent bitter taste and turbidity increase, leading to its rejection. Thus, waters with these characteristics need to be treated, in general, by means of aeration in order to oxidize these elements and propitiate their decantation and filtration. In this sense, this study aimed to evaluate the efficiency of a cascade aeration system for the removal of iron and manganese in groundwater for equine watering. The system was built in the premises of the Mounted Police Squadron of Itabuna and operated as follows: the water from the artesian well was pumped through a pipe to a 5000 (five thousand) liter water tank, where aeration, decantation and first filtration took place. Subsequently, the water was conducted through hydraulic piping for a second slow filtration and then for storage and distribution. The results of the analysis concluded that the aeration system provided higher dissolved oxygen concentrations when compared to the raw water (well); the water treatment system by cascade aeration followed by double filtration in series reduced iron (between 91.3% and 96.5%). However, with regard to manganese, there were no large removals, around 17%. The treatment system resulted in high removals of color and turbidity of the raw water (99.9% and 100% respectively),

attributed to the two serial filtrations. There was no chloride reduction and finally, it was not possible to conclude that the system reduced coliforms due to the large dispersion of the results. As it was not possible to be sure of the reduction of total and thermotolerant coliforms, the quality of the treated water for equine watering needs to be monitored.

Key words: water resources, groundwater, water quality, water treatment

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO GERAL	12
2.1. Objetivos Específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. Aspectos gerais da água	12
3.2. Parâmetros de Qualidade da água	13
3.2.1. Potencial Hidrogeniônico	13
3.2.2. Oxigênio Dissolvido	14
3.2.3. Potencial de Óxido-Redução	14
3.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos	14
3.2.5. Salinidade	14
3.2.6. Temperatura	15
3.2.7. Condutividade Elétrica	15
3.2.8. Ferro e manganês.....	15
3.2.9. Nitratos	16
3.2.10. Dureza	16
3.2.11. Cor.....	16
3.2.12. Turbidez.....	17
3.2.13. Cloreto	17
3.2.14. Coliformes Totais e Termotolerantes	17
3.3. Qualidade da água para dessedentação de equinos.....	18
3.4. Processo de aeração da água do tipo “cascata”.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Descrição do local de pesquisa.	19
4.2. Montagem e operação do sistema de tratamento da água pelo processo de aeração tipo cascata.....	21
4.2.1. Poço artesiano contendo água bruta a ser tratada	22

4.2.2. Sistema de bombeamento e adução da água bruta para caixa de aeração.....	23
4.2.3. Caixa de aeração do tipo cascata seguida de decantação onde ocorria a primeira filtração	24
4.2.4. Filtro lento onde ocorria a segunda filtração da água	26
4.2.5. Caixa de armazenamento e distribuição.....	27
4.3. Número de campanhas e pontos de análises da qualidade da água	28
4.4. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos.....	29
4.5. Cálculo da eficiência do sistema de tratamento.....	30
4.6. Determinação da velocidade do vento e da temperatura do ar	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 – Potencial Hidrogenionico	33
5.2 – Oxigênio Dissolvido	33
5.3 – Condutividade elétrica e solidos totais dissolvidos	35
5.4 – Potencial de oxidorredução	36
5.5 – Temperatura	36
5.6 – Salinidade	37
5.7 – Cor e turbidez	38
5.8 – Ferro e manganês	40
5.9 – Dureza da água do poço.....	41
5.10 – Cloretos na água bruta e tratada	41
5.11 – Nitratos	42
5.12 – Coliformes totais e termotolerantes	42
6. CONCLUSÃO.....	43

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por água potável, proporcionar novas fontes de abastecimento torna-se importante para o desenvolvimento socioeconômico mundial. Os recursos hídricos disponíveis têm se tornado cada vez mais escassos, tornando-se assim um fator limitador ao crescimento em vários setores, dentre eles o agrícola.

A oferta de água, dentro dos padrões de potabilidade é de suma importância para alavancar o desenvolvimento regional, sobretudo nesta região que sofre por décadas com a decadência da lavoura cacaueteira, e no momento vive uma tendência de recuperação proporcionada pela diversificação das atividades agropecuárias, dentre elas a criação de equinos, pois já é possível identificar várias propriedades que tem se destacado nesta atividade.

O agronegócio brasileiro tem se despontado como âncora da economia e uma importante ferramenta de inclusão social e geração de renda, seja pelas grandes empresas do ramo, que absorvem mão de obra, gerando riquezas para a população, seja pela agricultura familiar, fonte de subsistência para muitas famílias, que além de produzirem para o seu próprio consumo, fornecem alimentos aos centros urbanos, fomentando a segurança alimentar e gerando receita para os produtores.

Neste contexto podemos observar a oposição de fatores, de um lado a evolução do agronegócio, do outro a escassez de água, fator limitante para a produção e o desenvolvimento. Considerando as estimativas do crescimento da população, o mundo precisará produzir cada vez mais alimentos, e o agronegócio precisará maximizar sua produção, seja pela expansão de suas áreas agricultáveis, seja pelo aperfeiçoamento de suas técnicas. Neste cenário, a otimização de recursos passa ter papel fundamental para atendimento da demanda.

A qualidade da água é um aspecto muito importante para o êxito do agronegócio, na agricultura a presença de metais como ferro e manganês pode interferir diretamente na qualidade da produção, pois mesmo sendo um micronutriente necessário, em excesso causa toxicidade, na dessedentação animal a presença deste metal, seja em função de causas naturais ou

antropogênicas, altera suas características organolépticas, que são propriedades capazes de provocar aspectos indesejáveis como alteração de cor, odor, sabor amargo adstringente e aumento de turbidez, levando a sua rejeição. Pode também ocorrer o desenvolvimento de bactérias ferruginosas, que conferem coloração marrom-amarelada e podem levar à ocorrência de obstrução e incrustação em canalizações pelo acúmulo de sedimentos ou lodo.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência de um sistema de aeração do tipo cascata e do processo de múltipla filtração na remoção de ferro e manganês em água subterrânea, para fins de dessedimentação de equinos.

2.1. Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência do processo de aeração na oxirredução de ferro e manganês;
- Avaliar a redução de sólidos após processo de múltiplas filtrações;
- Verificar a capacidade do processo de filtração na redução de coliformes totais e termotolerantes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos gerais da água

A água é o principal elemento constitutivo dos seres vivos e necessário ao desenvolvimento das plantas. Às vezes se apresenta só, às vezes combinadas com outros elementos que a planta encontra no solo e no ar, servindo de veículo para a nutrição. Com o contínuo crescimento demográfico, superando em muito o aumento da produtividade e ou à incorporação de Terra em zonas úmidas à produção agrícola, a humanidade se vê compelida a utilizar a irrigação para complementar as chuvas nestas zonas, como também para fazer produtivas as zonas áridas e semi-áridas do globo (ALMEIDA 2010 P.4)

Segundo Di Bernardo (2003), um grande problema brasileiro, concentrado principalmente na região Nordeste, é a escassez de água disponível para as mais diversas utilizações, inclusive para o consumo

humano, em razão das secas e das severas estiagens. A escassez, conjugada a outros problemas como a capacidade insuficiente de tratamento e população flutuante, geralmente causa racionamento na distribuição de água e comprometimento da qualidade da água fornecida à população.

A água é um recurso escasso e dotado de valor econômico que deve ser utilizada dentro de critérios que permitam o atendimento às necessidades múltiplas dos usuários deste recurso e a contribuição do setor agrícola é essencial para que as demandas do futuro sejam alcançadas e realizáveis, sob pena do próprio setor agrícola, que depende muito deste recurso, ter sérios problemas na difícil tarefa de produzir alimentos em larga escala e qualidade para uma população crescente. (Claud 2013).

Para o desenvolvimento da agricultura no mundo, a água é o recurso natural de maior relevância, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN; RENNER; HALWEIL, 2000).

3.2. Parâmetros de Qualidade da água

O monitoramento dos parâmetros de qualidade da água é de suma importância para o controle e tratamento dos recursos hídricos, o monitoramento, além de ser um instrumento de controle e avaliação, visa entender as influências dos fatores naturais e antrópicos, sobre as fontes de abastecimento.

3.2.1. Potencial Hidrogeniônico

O Potencial Hidrogeniônico, refere-se a concentração de íons de Hidrogênio presentes em uma amostra de água, indica a acidez, neutralidade e alcalinidade, possibilitando determinar a solubilidade. Conforme Portaria do Ministério da Saúde nº 888 de 2021, para água em condições de potabilidade para consumo humano, o pH deve estar entre 06 e 09.

3.2.2. Oxigênio Dissolvido

A determinação da concentração de OD é fundamental para a avaliação da qualidade da água, pois está envolvido praticamente em todos os processos químicos e biológicos. Exposições prolongadas a concentrações abaixo de 5mg/L podem não matar alguns organismos presentes, mas aumenta a susceptibilidade ao estresse. Exposição abaixo de 2 mg/L podem levar à morte a maioria dos organismos.

3.2.3. Potencial de oxirredução

O Potencial de oxirredução (ORP) mede a capacidade da água de alto limpar-se, quando o valor de ORP é alto, significa que há muito oxigênio presente e que, por exemplo, as bactérias que decompõem os tecidos mortos e contaminantes podem trabalhar de forma mais eficiente.

3.2.4. Sólidos Totais Dissolvidos

Conforme resolução CONAMA 357, para água doce classe 1, o valor máximo permitido de STD é de 500 mg/L, isto vale também para águas de irrigação, os sólidos totais dissolvidos são a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água, em excesso pode levar a problemas de entupimento no sistema, em casos mais graves a salinização do solo, a presença de sólidos dissolvidos relaciona-se também com a condutividade elétrica da água.

3.2.5. Salinidade

A salinidade representa a presença de sais neutros, como cloretos, sulfatos de cálcio, magnésio e potássio, às águas subterrâneas são mais propícia a apresentar salinidade excessiva, influenciadas pelas condições geológicas dos terrenos banhados ou lixiviados (FERREIRA E PÁDUA, 2010).

3.2.6. Temperatura

A temperatura da água sofre influência direta da radiação solar, podendo alterar vários parâmetros físico-químicos, como viscosidade e a tensão superficial.

3.2.7. Condutividade Elétrica.

Segundo Santos (2000), a Condutividade elétrica é uma estimativa dos sólidos totais dissolvidos e ionizados capazes de conduzir corrente elétrica. A mobilidade dos íons dissolvidos na solução e a temperatura da água, são os principais parâmetros que influenciam na condutividade elétrica.

3.2.8. Ferro e manganês

O ferro é um nutriente essencial que, a baixas concentrações, promove o desenvolvimento do sistema radicular. Entretanto, o excesso de ferro solúvel retarda o crescimento. Em casos severos, as folhas apresentam-se com bronzeamento ou em algumas variedades, um amarelecimento ou descoloração laranja que se expande da extremidade superior das folhas mais velhas para a base, advindo depois o secamento e a morte das folhas (Ponnamperuma et al. 1955)

Segundo Heller (2010. p 184) Os sais de ferro e manganês (por exemplo, carbonetos, sulfetos e cloretos), quando oxidados, formam precipitados e conferem a água gosto e coloração, que podem provocar manchas em sanitários, roupas e produtos industriais, como papel. Salvo casos específicos, em virtude das características geoquímicas das bacias de drenagem, os teores de ferro e manganês solúveis em água superficiais tendem a ser baixos. Águas subterrâneas são mais propensas a apresentar teores elevados.

Para Carvalho (2017. p 5.) Praticamente todas as águas potabilizáveis contêm certa concentração de ferro. Esse teor de ferro é de considerável interesse porque pequenas quantidades afetam seriamente a utilidade da água para algumas finalidades domésticas e industriais. Os padrões do USPHS (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos) sugerem que o teor de ferro da

água potável não exceda 0.3 ppm. O mesmo limite é fixado pela legislação sanitária brasileira. Não é por razões fisiológicas que esse limite é fixado, considerando que muitas vezes esse teor não é maléfico nem ao homem nem aos animais. Realmente o corpo humano requer 5 a 6 miligramas de ferro por dia, correspondentes a um volume de 17 a 20 litros de água com 0,3 ppm.

De acordo com NAKAYAMA e BUCKS (1986), a utilização de águas com teor de ferro maior que $1,5 \text{ mg. L}^{-1}$ em sistemas de irrigação por gotejamento possui severas restrições, com alto risco de entupimento de gotejadores. COSTA (2000), trabalhando com gotejadores de 5 diferentes fabricantes, em um sistema abastecido com água com teor de ferro de $3,0 \text{ mg. L}^{-1}$ observou, após 200 horas de funcionamento, uma redução de vazão de 34 a 87%, confirmando a necessidade e um pré-tratamento para a utilização de água com altos teores de ferro.

3.2.9. Nitratos

A análise de nitrato fornece informações importantes sobre a contaminação nos corpos de água, são substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde, segundo a portaria GM/MS nº 888 para consumo humano o valor máximo permitido para este parâmetro é de 10 (mg/l).

3.2.10. Dureza

Este parâmetro pode ser representado pela presença de sais como cálcio e magnésio dissolvidos, conforme a portaria GM/MS nº 888, para consumo humano o valor máximo permitido é de 300 (mg/l), a dureza pode ser temporária ou de carbonatos, se decompõe pela ação do calor, causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio ou dureza permanente, devida a presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, não se decompõe pela ação do calor.

3.2.11. Cor

A cor é proveniente da matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e também por metais como o ferro e o manganês. A portaria

GM/MS nº 888, estabelece para consumo humano o valor máximo permitido é de 15 (uH), como padrão aceitável para consumo humano.

3.2.12. Turbidez

A turbidez da água é devida à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro e manganês, a portaria GM/MS nº 888, estabelece para consumo humano o valor máximo permitido de 5 (uH).

3.2.13. Cloreto

Os cloretos estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio, concentrações altas podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A portaria nº 888 do Ministério da Saúde estabelece o limite de 250 mg/l como o valor máximo permitido como padrão de potabilidade para consumo humano. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos, a sua remoção pode ser feita por desmineralização (deionização) ou evaporação.

3.2.14. Coliformes Totais e Termotolerantes

Estas bactérias são encontradas no intestino humano e de animais homeotérmicos, a sua presença na água indica contaminação por esgoto e é responsável por variadas doenças, sobretudo, as infecções intestinais, a sua medição é importante na avaliação da qualidade da água, o seu consumo representa graves riscos a saúde, a sua ingestão por meio de água contaminada e alimentos em situações higiênicas precárias pode ocasionar febre, diarreia, vômitos, mal-estar, calafrios e cólicas. A legislação não permite a presença destas bactérias em água para consumo humano.

3.3. Qualidade da água para dessedentação de equinos

A água é um recurso vital para o bem estar dos equinos devendo ter acesso à água em qualidade e quantidade suficientes, Segundo o Professor Dr. Alexandre Augusto Gobesso, do laboratório de equideocultura da USP, o nutriente de maior importância, sem dúvida, é a água. Basta que se percam 10% dela no organismo, para ser fatal, enquanto a perda de proteína e da gordura pode chegar a 50%, sem maiores prejuízos para os animais. A água regula a maioria das reações orgânicas. O balanceamento da oferta de água é também de igual importância, pois, sua deficiência no organismo do equino pode levar à diminuição do desempenho em competições e trabalho, redução do consumo de alimento e até a desidratação.

Segundo o MAPA 2016 (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) A tropa nacional é superior a 5 milhões de cavalos, computados os cavalos de lida, os de raça, lazer e competição. Chama a atenção que mesmo com a incorporação de máquinas de última geração e de ferramentas tecnológicas, o cavalo continua sendo decisivo para o desenvolvimento de atividades pecuárias e agrícolas na grande maioria das propriedades produtivas nacionais. A atividade movimenta anualmente R\$ 16,15 bilhões e gera 610 mil empregos diretos e 2.430 mil empregos indiretos, sendo responsável, assim, por 3 milhões de postos de trabalho.

Os animais tem baixa tolerância a nitratos solúveis; a coloração deve ser incolor, inodora e insípida para ser considerada de bebida; o pH ideal é que esteja próximo da faixa de neutralidade (pH 7,0), valores acima de 7,6 indicam alcalinidade, podendo apresentar níveis elevados de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), tornando a água imprópria para consumo; a presença de bactérias na água indica matéria orgânica e/ou contaminação fecal (coliformes) havendo a necessidade de tratamento (cloração); a presença de parasitos na água por contaminação dos próprios animais também tornam a água imprópria para consumo (NETTO, 2005).

3.4. Processo de aeração da água do tipo “cascata”.

O processo de aeração-filtração inclui um equipamento de aeração, tanque de retenção e filtros. O oxigênio da atmosfera reage com o ferro e

manganês contido na água para produzir sais insolúveis de óxidos de ferro (fêrricos) e manganês (mangânicos). Como a velocidade de reação depende do valor do pH, um tempo de detenção de diversas horas pode ser necessário após a aeração, dependendo das características da água. Algumas vezes são necessários tanques de sedimentação para retenção dos precipitados de ferro e manganês, quando as concentrações dos metais presentes são altas. Filtros de pressão com meio constituído, preferencialmente, de antracito e areia também podem ser utilizados para a remoção de ferro e manganês. A maior desvantagem do processo de aeração-filtração é o alto custo inicial e, se a concentração de manganês exceder 1 mg/L, tempos adicionais de retenção deverão ser considerados podendo ser requerido um tratamento complementar com oxidantes químicos para diminuir a concentração de manganês para os níveis desejados. (MOROZZI et.al. 2012).

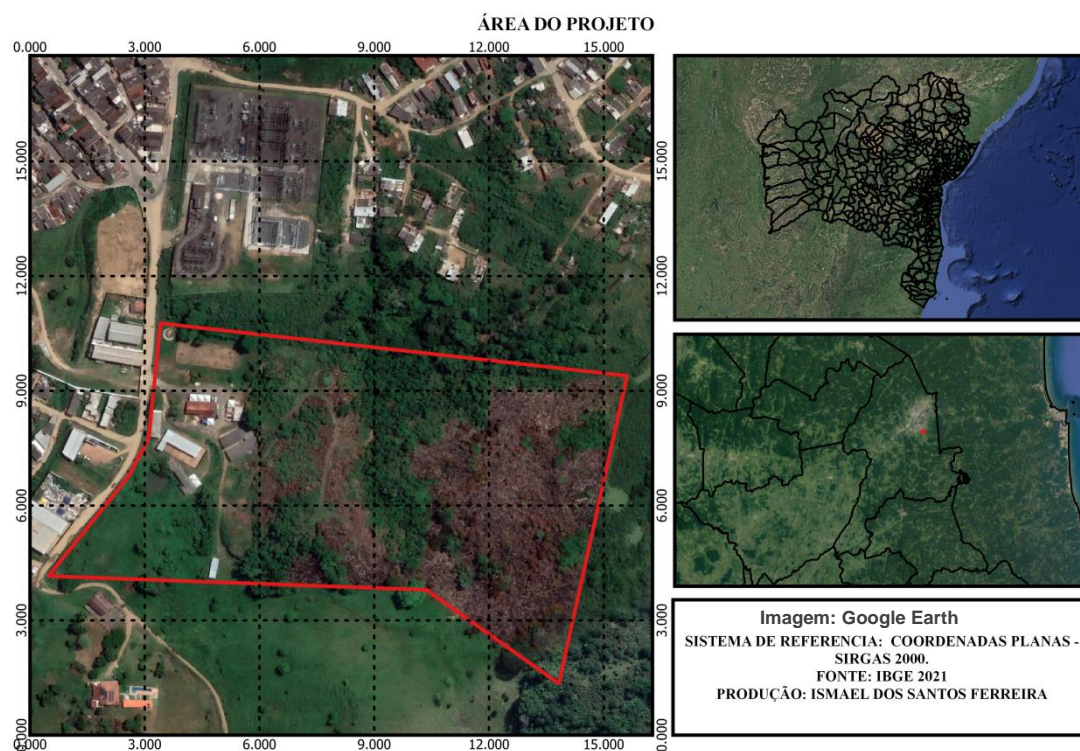
Segundo Di Bernardo (1993), são muitos os processos de remoção de ferro e manganês, embora a oxidação em pH apropriado com aeração ou uso de oxidantes químicos, sejam os mais utilizados em Saneamento Ambiental. Os métodos usualmente empregados para controle ou remoção de ferro e manganês da água de abastecimento são: Formação de precipitado e filtração; Aeração, sedimentação e filtração (com ou sem adição de cloro e alcalinizante para ajuste de pH).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição do local de pesquisa

A pesquisa foi realizada no Esquadrão de Polícia Montada de Itabuna, localizado na Rua Senhor do Bonfim, nº 135, Bairro Novo São Caetano, na cidade de Itabuna, Estado da Bahia, Brasil (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Mapa de Localização do Esquadrão de Polícia Montada de Itabuna



Fonte: o autor

O local foi escolhido por possuir poço artesiano com cerca de 100 (cem) metros de profundidade, com concentrações de ferro e manganês, fora dos padrões de potabilidade para consumo humano, especificado na Portaria n^o 888 de 2021, do Ministério da Saúde. Vale salientar que, antes da realização da pesquisa, foi realizada a caracterização físico-química da água do poço (Tabela 4.1) e, a partir da constatação das elevadas concentrações de ferro e manganês, a ideia da pesquisa ora desenvolvida foi consolidada, a fim de ajustar a qualidade dessa água, no que tange, especificamente, a esses dois parâmetros.

Tabela 4.1 - Parâmetros físico-químicos da água bruta determinados na água do poço artesiano do esquadrão de polícia montada de Itabuna – Bahia

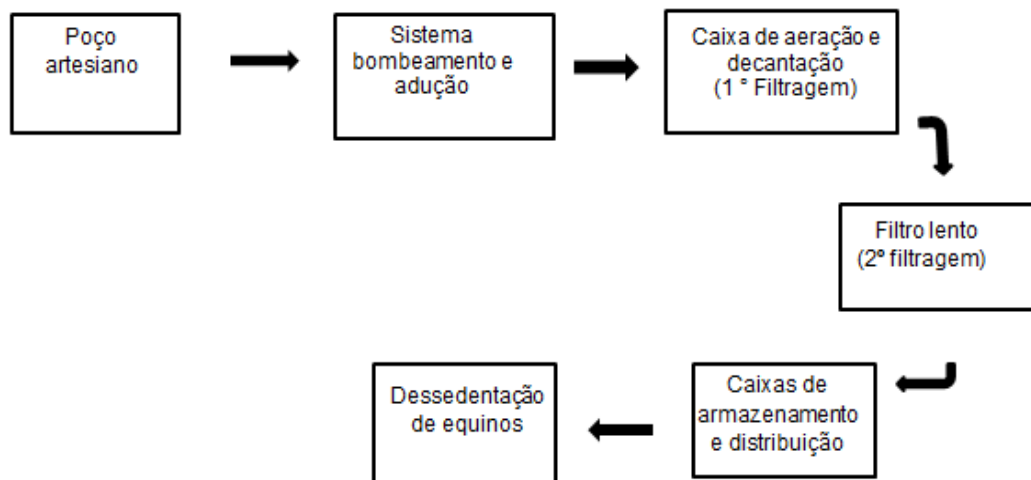
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	RESULTADO	VALORES DE REFERÊNCIA PORTARIA GM/MS N° 888
Cloreto (mg/L)	135	250
Dureza total (mg/L)	385	300
Cor (uH)	60	15
Turbidez (U.N.T)	18,1	5
Ferro total (mg/L)	2,06	0,3
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	651	500
Manganês (mg/L)	0,128	0,1
pH	7,23	6 a 9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,8	> 6

A Unidade da Polícia Militar possui área com 9,6 hectares, 20 solípedes da raça Puro Sangue Lusitano, para usos militar e de equoterapia, observações *in situ*, possibilitaram identificar as alterações organolépticas, provocadas provavelmente pela existência de ferro na água, os animais a rejeitavam por apresentar cor, cheiro e sabor ferruginoso, impossibilitavam o seu uso para dessedentação, por se tratar de animais de raça pura, criados confinados, possuem alta seletividade alimentar.

4.2. Montagem e operação do sistema de tratamento da água pelo processo de aeração do tipo cascata

O local para instalação do sistema de tratamento da água foi a unidade de polícia montada de Itabuna. No interior dessa unidade, foi escolhido um local para a sua instalação, onde foi considerada a cota mais elevada do terreno, a fim de favorecer a distribuição da água no sistema por gravidade, com maior fluxo de ar, sem barreiras naturais ou antrópicas que impediam a ação direta do oxigênio sobre a cortina de água bruta subterrânea a ser tratada. Na Figura 4.2 é mostrado um esquema geral do sistema experimental construído para a pesquisa, contendo as unidades de tratamento.

Figura 4.2 - Esquema geral do sistema de tratamento da água de poço, usando o sistema de aeração do tipo cascata



O sistema acima era composto por:

- Poço artesiano contendo a água bruta a ser tratada;
- Sistema de bombeamento e adução da água bruta do poço para a caixa de aeração
- Caixa de aeração do tipo cascata seguida de decantação onde ocorria a primeira filtração utilizando-se pedregulho disposto no fundo da caixa;
- Filtro lento onde ocorria a segunda filtração da água;
- Caixas de armazenamento e distribuição da água tratada;
- Distribuição da água tratada para dessedentação de equinos.

A seguir, estão descritas cada uma das unidades que compunham o sistema de tratamento mostrado na Figura 4.2.

4.2.1. - Poço artesiano contendo a água bruta a ser tratada

O poço artesiano já se encontrava instalado no local, com cerca de 100 (cem) metros de profundidade (Figura 4.3).

Figura 4.3 - Poço artesiano utilizado como fonte de água bruta a ser tratada no sistema de aeração.

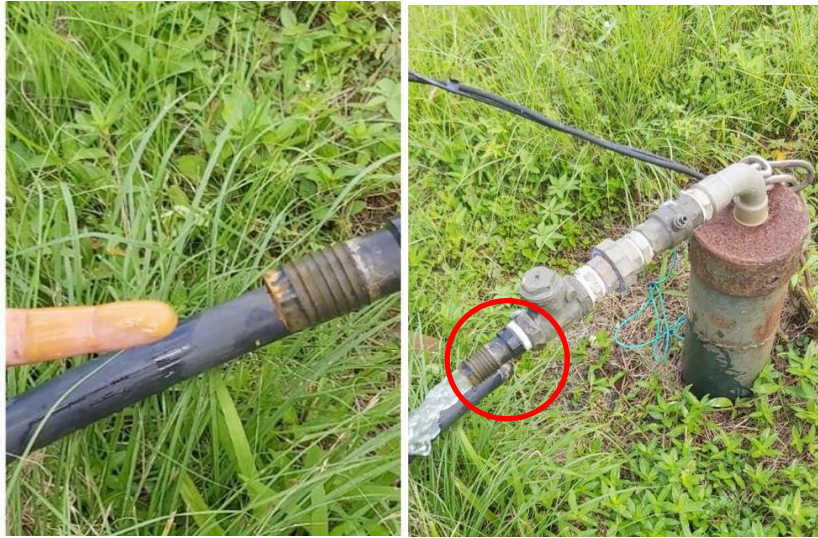


Fonte: o autor

4.2.2. - Sistema de bombeamento e adução da água bruta do poço para a caixa de aeração

O bombeamento da água do poço para a caixa de aeração era realizado por motobomba submersa trifásica Claw, 10 CV 4", instalada no poço artesiano e, para a adução da água bruta, foi utilizada uma mangueira de polietileno com diâmetro interno de $\frac{3}{4}$ ", espessura de parede de 1,5 mm, pressão máxima de trabalho de 25 MCA. As conexões hidráulicas foram compatíveis com a mangueira de adução (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Bombeamento e adução da água bruta do poço artesiano para o sistema de tratamento



Fonte: o autor

4.2.3. - Caixa de aeração do tipo cascata seguida de decantação, onde ocorria a primeira filtração

O sistema de aeração, decantação e primeira filtração está representado na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Sistema de aeração, decantação e primeira filtração usado para tratamento da água



Fonte: o autor

A aeração, a decantação e a primeira filtração ocorreram em uma caixa d'água de fibra ou polietileno de 5.000 (cinco mil) litros, altura de 1,63 m e diâmetro de 2,37 m. Nessa caixa foi instalado, na parte superior, o sistema de aeração para oxigenação da água bruta, composto de uma tubulação com orifícios para a passagem da água que, durante a queda, era aerada. No fundo da caixa de aeração foi colocada uma camada de brita para decantação do ferro e manganês, oxidado durante o processo de aeração (queda) da água. A camada de filtração, de 40 (quarenta) cm de espessura, foi composta por pedregulho (brita nº 1). A filtração da água decantada era realizada por um dreno, confeccionado com tubo de PVC para esgoto de 100 mm, com furos feitos com broca de 8 mm, a cada 3 cm, este tubo reveste um tubo soldável de 50mm, próprio para água, com furos de 4 mm, a cada 3 cm (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Camada de brita e dreno para filtração da água pós aeração e decantação



Fonte: o autor

Na saída do tanque foi instalado um adaptador soldável com anel para caixa d'água de 50 mm, conectado 2 metros de tubo soldável do mesmo diâmetro, ligado por uma união soldável, para facilitar a desconexão das partes hidráulicas favorecendo a limpeza e ou troca de peças do sistema, o diâmetro da tubulação foi reduzida para 25 mm até o filtro lento, onde era realizada a filtração final.

4.2.4. - Filtro lento onde ocorria a segunda filtração da água

Na Figura 4.7 está representado o filtro lento onde era realizada a segunda filtração da água. Para construção do filtro de filtração lenta foi utilizado 1,20 m de tubo soldável com parede de 6mm, bitola 110 mm, próprio para água fria, 02 caps soldável de 110 mm, 0,50 cm de tubo soldável de 40 mm, 01 cap soldável de 40 mm, 02 adaptadores soldáveis com anel para caixa d'água de 25 mm, 01 adaptador soldável curto bolsa e rosca para registro de 25x40 mm, 02 joelhos de 90° soldável 25 mm. Nos caps, foram feitos furos com broca tipo serra copo de 25 mm, onde foram conectados os adaptadores soldáveis com anel para caixa d'água de 25 mm. Em um dos adaptadores, na parte interna, foi conectado um adaptador soldável curto bolsa e rosca para registro de 25x40 mm. No tubo de 40 mm foram feitos furos com broca de 8 mm, fechado com o cap soldável de 40 mm e conectado ao adaptador. No

lado da saída da água, como elementos filtrantes, foram utilizados manta acrílica perlon e areia SR especiais para filtros.

Figura 4.7 – Filtro lento – Segunda filtração



Fonte: o autor

4.2.5. - Caixas de armazenamento e distribuição da água tratada

O armazenamento era realizado em duas caixas d'água de mil litros, medindo 1,6 m de altura com tampa e 1,45 m de diâmetro, onde foi instalada uma torneira boia com haste metálica na entrada da água para controlar o abastecimento após a filtração. Elas foram instaladas no mesmo nível e interligadas na parte superior utilizando 01 (um) adaptador soldável com anel para caixa d'água de 25 mm em cada e tubo soldável do mesmo diâmetro (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Caixas de armazenamento e distribuição da água tratada



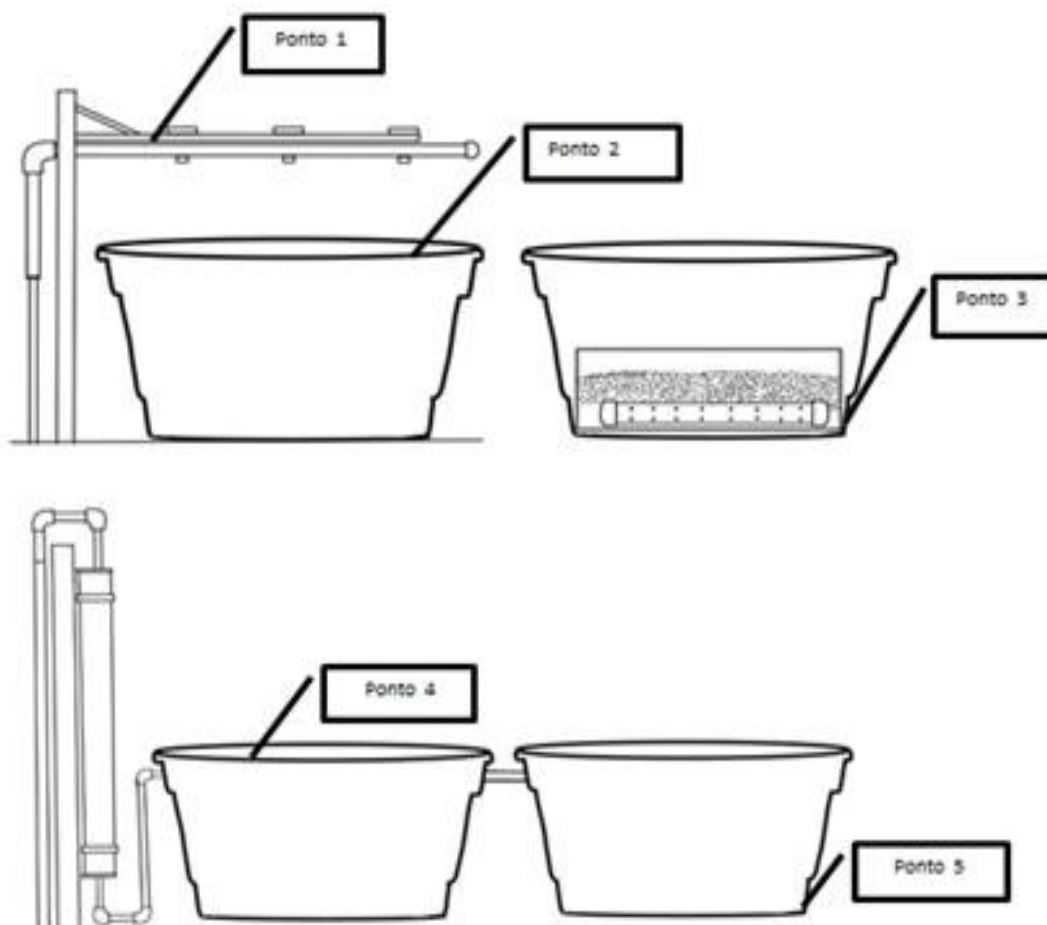
Fonte: o autor

4.3. Número de campanhas e pontos de análise da qualidade da água

No total, foram realizadas quatro campanhas de coleta e análises da qualidade da água, a fim de verificar a eficiência do sistema de tratamento de água proposto, por um período de cinco meses.

Os pontos escolhidos para coleta e análise de água são mostrados na Figura 4.9. No total, foram escolhidos cinco pontos, a saber: saída do poço artesiano (ponto 1), entrada e saída do tanque de aeração (pontos 2 e 3, respectivamente), saída do segundo filtro (ponto 4) e saída do tanque de armazenamento e distribuição (ponto 5).

Figura 4.9 – Pontos de coleta para avaliação da qualidade da água



A fim de averiguar a qualidade da água bruta foram, também, realizadas as coleta e análise da água do poço (bruta) e do ponto de saída do sistema de tratamento (Ponto 5).

4.4. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

A qualidade da água foi avaliada por meio de análises e exames laboratoriais, cujos parâmetros físico-químicos foram: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, potencial de oxido redução e salinidade. Esses parâmetros foram determinados *in loco* por meio do uso de um Medidor Multiparâmetros (Figura 4.10).

Figura 4.10 – Sonda multiparâmetros usada para determinação de parâmetros físico-químicos *in loco*



Adicionalmente, foram determinados parâmetros de qualidade da água bruta (poço).

Para exames dos parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes), as amostras foram coletadas em frascos esterilizados, preservadas e encaminhadas a um laboratório de análises de água da cidade. Foram, também, enviadas a esse laboratório, as amostras para determinação dos parâmetros químicos, tais como ferro, manganês, nitrato, cor e turbidez.

4.5. Cálculo da eficiência do sistema de tratamento

Foram determinados os percentuais de remoção das concentrações de alguns parâmetros físico-químicos, com a finalidade de avaliar a eficiência do sistema de tratamento. Para tal, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de redução} = \frac{\text{água que entra} - \text{água que sai}}{\text{água que entra}} \times 100$$

Onde:

Água que entra: água coletada no poço artesiano

Água que sai: água coletada no ponto 5, após todo o sistema de tratamento

4.6. – Determinação da velocidade do vento e da temperatura do ar

Foram determinadas as velocidade do vento e a temperatura do ar por meio do uso de um anemômetro digital Kp-8016 Knup, com escala de medição da velocidade do vento de 0-30 m/s, 0-5860 ft/min, 0-55 knots, 0-90 km/h,0-65 mph; e precisão da medição da velocidade do vento de 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, bem como os parâmetros químicos da água determinados nas quatro campanhas estão descritos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta e tratada

PARÂMETROS	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS																					
	CAMPANHAS																					
	1					2					3					4						
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	Poço	P5
pH	6,55	7,22	7,65	7,30	7,90	7,59	7,47	7,57	7,50	7,32	7,13	7,25	7,11	6,90	7,54	7,28	7,30	7,51	7,57	7,06	7,08	ND
Temperatura (°C)	26,6	26,3	26,9	26,8	29,9	26,6	27,3	26,8	26,8	27,1	25,1	24,5	24,0	24,1	25,1	22,8	24,3	23,5	23,3	22,7	25,5	ND
Oigênio Dissolvido (mg/l)	3,92	7,01	6,90	5,57	5,20	5,00	3,99	3,66	3,57	4,25	7,25	7,35	7,31	7,29	7,23	6,34	6,81	6,71	6,22	6,68	3,57	ND
Condutividade elétrica (µS/cm)	890	762	753	751	765	751	753	750	752	752	752	754	754	755	742	773	691	701	690	686	769	ND
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)	446	381	376	374	383	376	377	376	374	377	379	378	380	379	371	386	346	348	346	344	384	ND
Potencial de Oxirredução (mV)	493	480	481	476	280	113	128	134	134	79	152	145	148	163	163	185	188	183	178	172	24,0	ND
Salinidade (PSU)	0,44	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,37	0,34	0,34	0,34	0,34	0,37	ND
	PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS																					
	CAMPANHAS																					
	1					2					3					4						
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	Poço	P5
Coliformes Totais (NMP/100ml)	presente	ND	ND	ND	presente	2,6	ND	ND	ND	> 8	8,9 x10 ²	ND	ND	ND	< 1	ND	ND	ND	ND	ND	<1	N
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	presente	ND	ND	ND	presente	8	ND	ND	ND	< 1,10	1,9 x10 ²	ND	ND	ND	< 1	ND	ND	ND	ND	ND	<1	N
	PARÂMETROS QUÍMICOS																					
	CAMPANHAS																					
	1					2					3					4						
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	Poço	P5
Ferro (mg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	ND	ND	ND	< 0,10	< 0,25	ND	ND	ND	< 0,25	ND	ND	ND	ND	ND	2,87	ND
Manganês (mg/l)	0,20	0,15	0,20	< 0,10	< 0,10	0,10	ND	ND	ND	0,10	< 0,05	ND	ND	ND	< 0,05	ND	ND	ND	ND	ND	0,06	ND
Nitrato (mg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	N/D	ND	ND	ND	N/D	< 0,10	ND	ND	ND	< 0,10	ND	ND	ND	ND	ND	0,72	ND
Dureza (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	120	ND
Cor (uH/PCU)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	90	<0,1
Turbidez (UNT)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	24,4	<0,01
Cloreto (mg/l)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	320	360

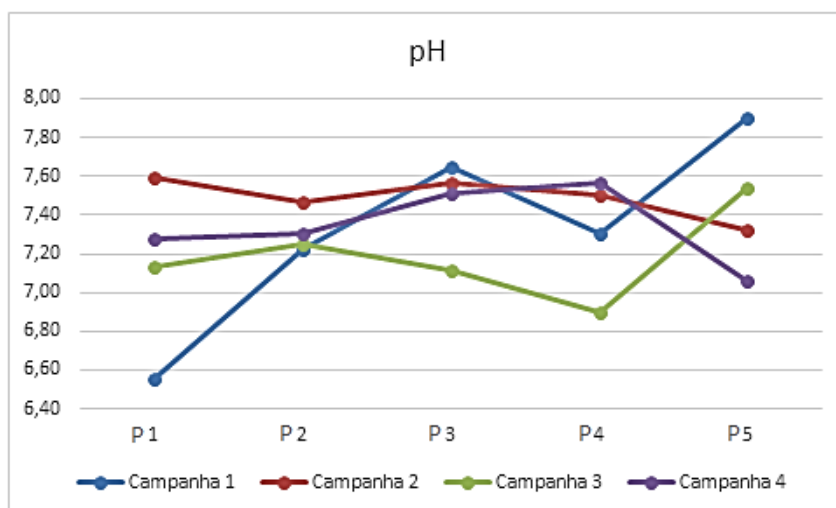
Onde:

ND	Não Determinado
mV	Milivolt
µS/cm	microSiemens/cm
NMP	Numero Mais Provável
PSU	Unidade Padrão de Salinidade
uH/PCU	Unidade Hazen de Platina Cobalto
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

5.1. – Potencial Hidrogenionico - pH

Na Tabela 5.1. e na Figura 5.1 estão representados os valores de pH da água determinados nas campanhas.

Figura 5.1 – Valores de pH determinados para a água nas quatro campanhas realizadas

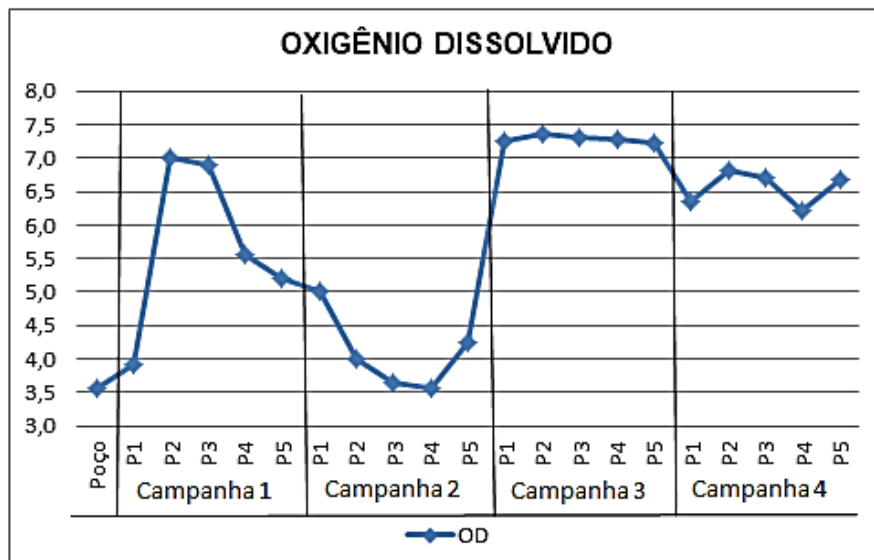


A partir dos dados analisados, foi possível identificar uma variação nos valores de pH entre 6,6 e 7,9, porém se mantiveram dentro das especificações preconizadas pela Portaria do MS nº 888 de 2021, que trata de potabilidade da água para abastecimento humano. De forma geral os valores de pH variaram próximos do neutro (7,0). Vale salientar que, como não existe especificação de qualidade da água para dessedentação de equinos, considerou-se a potabilidade da água para abastecimento humano.

5.2. – Oxigênio Dissolvido

Na Tabela 5.1. e na Figura 5. 2 estão listados os dados das concentrações de oxigênio dissolvido na água, determinadas nos cinco pontos das quatro campanhas.

Figura 5.2 – Concentração de oxigênio dissolvido na água, nos diferentes pontos de análise nas quatro campanhas



Na água bruta (do poço), a concentração de oxigênio dissolvido foi de 3,57, o que era de se esperar, pois trata-se de uma água subterrânea, com baixa concentração de oxigênio dissolvido. Com a aeração do sistema, foram verificadas elevações nas concentrações de oxigênio, com exceção do ponto 2 na campanha 2. No geral, foram verificados acréscimo de oxigênio resultantes da aeração nas campanhas realizadas, em relação a água do poço. As elevações não representaram valores consideráveis nas concentrações de oxigênio dissolvido em função da baixa solubilidade do oxigênio na água. De acordo com FIORUCCI e BENEDETTI (2005), as perdas de oxigênio na água são causadas pelo consumo, pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos (ferro e manganês). Como o sistema foi utilizado para remover ferro e manganês da água, deve-se considerar o consumo de oxigênio dissolvido da água para oxidar esses elementos químicos.

As variações atmosféricas foram percebidas pelos registros de fatores como temperatura do ar e velocidade do vento, conforme Tabela 5.2.

Tab. 5.2 – Temperatura do ar, velocidade do ar e oxigênio máximo dissolvido na água nas três campanhas

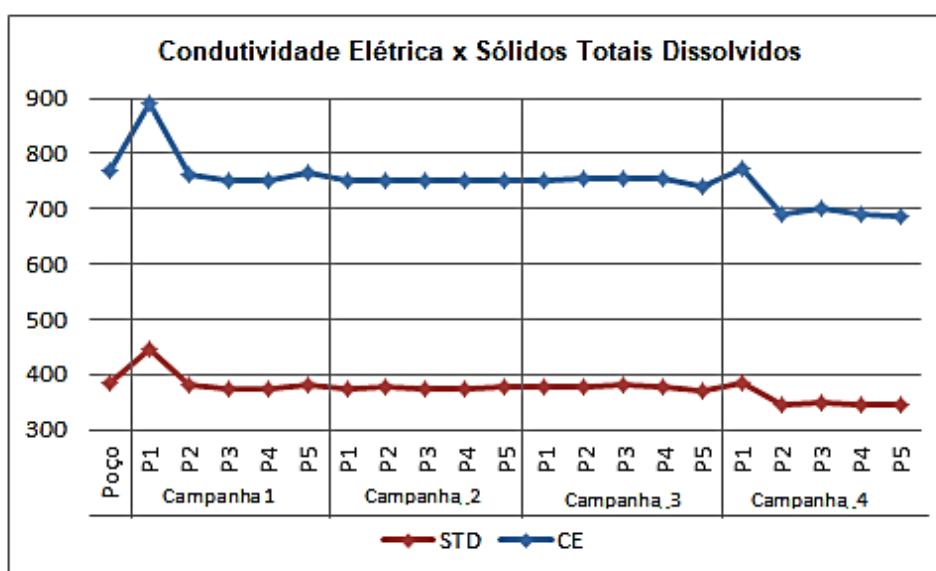
PARÂMETROS	CAMPANHAS		
	2	3	4
Temperatura do Ar (°C)	32	26	27
velocidade do Vento (Km/h)	1,3	2,3	0,1
OD máximo (mg/l)	5,0	7,35	6,81

Por meio dos dados analisados na (Tabela 5.2), foi possível identificar que, quanto maior foi a temperatura do ar e menor a velocidade do vento, menor foi o acréscimo de oxigênio na água e maior a sua variação no sistema de tratamento.

5.3. – Condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos

Na Tabela 5.1 e na Figura 5.3 estão expressos a condutividade elétrica com os sólidos totais dissolvidos na água no sistema de tratamento.

Figura 5.3 – Condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos na água nos diferentes pontos de análises



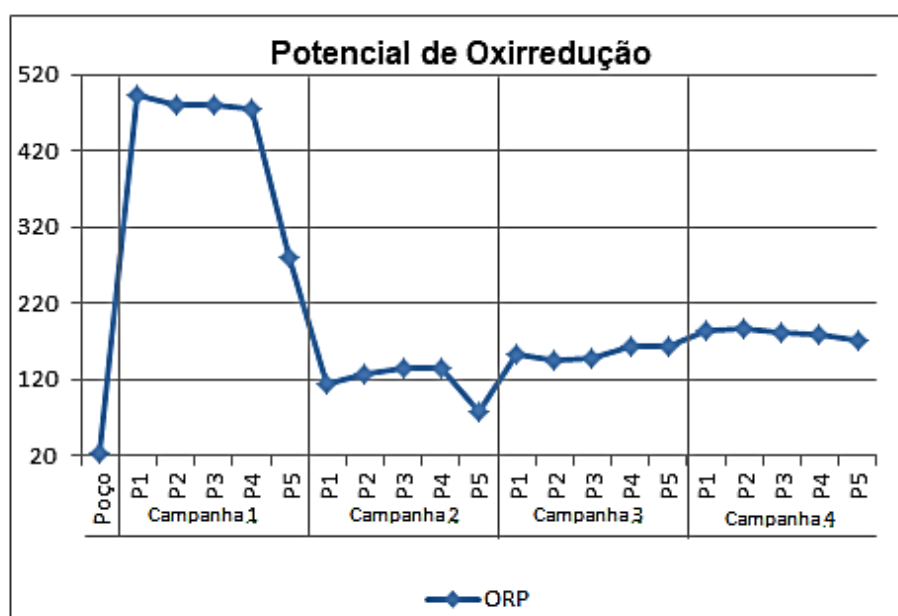
Ao se realizar a comparação entre as variações de sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, percebeu-se que houve uma simetria nos resultados, confirmando uma correlação entre esses dois parâmetros, pois a

condutividade elétrica tem uma relação direta com a concentração de sólidos totais dissolvidos. Porém, não houve grande remoção de sólidos no processo de tratamento, por se tratar, provavelmente, de sais inorgânicos como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos, que são constituintes dos sólidos totais dissolvidos.

5.4. – Potencial de Oxirredução (ORP)

Na Tabela 5.1 e na Figura 5.4 encontra-se variação do potencial de oxirredução da água, nas quatro campanhas, nos diversos pontos de coleta.

Figura 5.4 – Variação do potencial de oxirredução nos diversos pontos analisados nas quatro campanhas

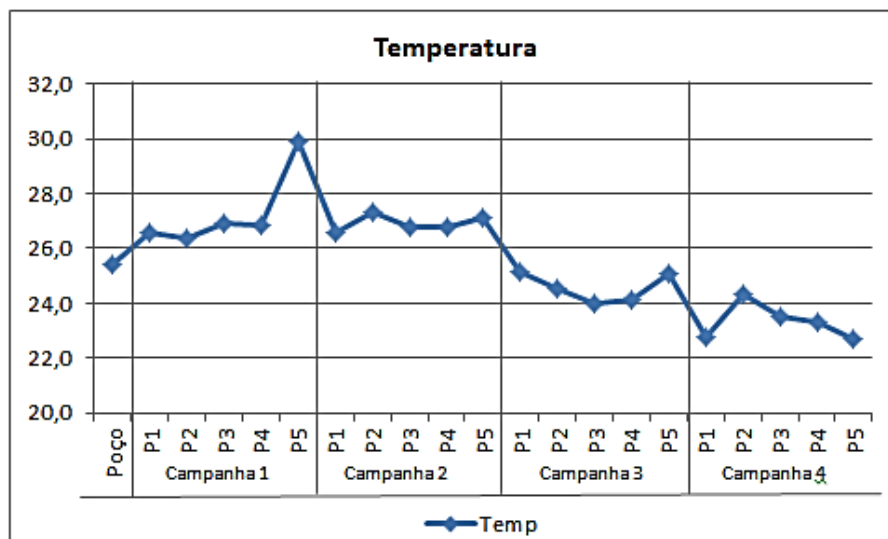


Identificou-se uma variação desproporcional na primeira campanha em relação à água do poço, mesmo havendo estabilidade do parâmetro, com valores superiores as demais. Nas outras campanhas, houve elevação nos resultados em relação a água do poço, mas sem variações expressivas podendo observar uma estabilidade do parâmetro analisado. No geral, o sistema apresentou valores de ORP baixo, característicos de água com baixa concentração de matéria orgânica.

5.5. – Temperatura

Na Tabela 5.1 e na Figura 5.5 estão expressos os valores de temperatura da água nas quatro campanhas, nos diversos pontos de coleta.

Figura 5.5 – Variação da temperatura da água nos diversos pontos analisados nas quatro campanhas

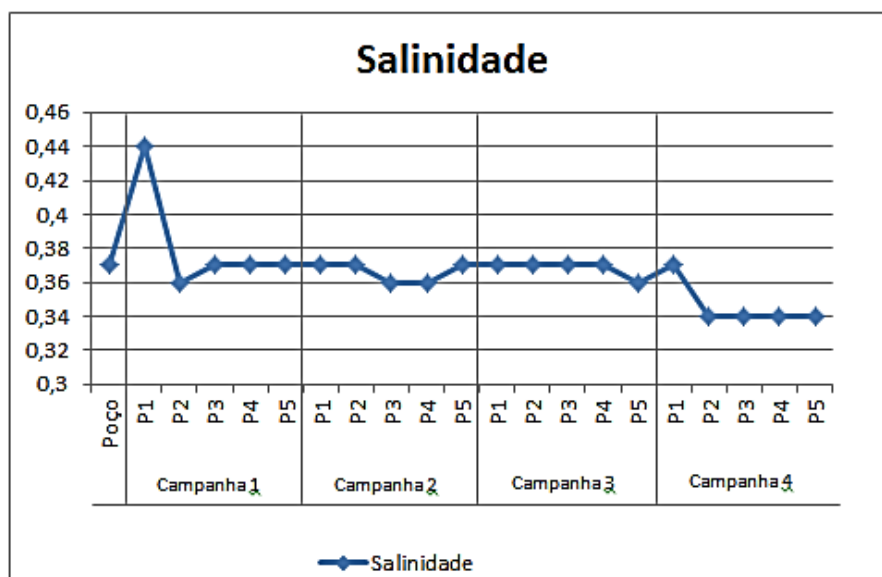


A análise deste parâmetro possibilitou identificar que houve uma pequena elevação de temperatura da água nas duas primeiras campanhas em relação à água do poço, sendo que as demais apresentaram queda. Como a temperatura da água é uma medida da intensidade de calor, neste caso, emitido por radiação atmosférica, foi possível associar este parâmetro, ao parâmetro temperatura do ar (Tabela 5.2), pois, as temperaturas mais baixas ocorreram nas campanhas realizadas no período de inverno.

5.6. – Salinidade

Na Tabela 5.1 e na Figura 5.6 estão expressas as variações nos valores de salinidade da água nas quatro campanhas, nos diversos pontos de coleta.

Figura 5.6 – Variação da salinidade da água nos diversos pontos analisados nas quatro campanhas



De acordo com os valores encontrados, não houve variação considerável neste parâmetro nas análises realizadas nas quatro campanhas, em relação à água do poço. De maneira geral, a salinidade da água foi considerada baixa.

5.7. – Cor e Turbidez

Nas Tabelas 5.1 e 5.3 estão registrados os percentuais de eficiências de redução da cor e turbidez, calculadas para a água bruta (água do poço) e o ponto 5 (ponto final do sistema de tratamento da água).

Tabela 5.3 – Eficiência de remoção de cor e turbidez na água bruta (poço) e tratada (ponto 5)

Parâmetros	Pontos		Eficiência de remoção (%)
	Poço	P5	
Cor (uH/PCU)	90	0,1	99,9
Turbidez (UNT)	24,4	0,01	100

Onde:

uH/PCU – Unidade Hazen de Platina Cobalto

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

Foi possível observar que o sistema de tratamento apresentou uma eficiência de remoção de 99,9% na cor e 100% na turbidez, devido o sistema ser composto por duas filtrações realizadas em série. Como a cor é um indicador da presença de substâncias dissolvidas na água (dentre elas os metais ferro e manganês) e a turbidez é um indicador de uma possível presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas como argilas e óxidos, os resultados demonstraram a eficiência do sistema de aeração e múltiplas filtragens em oxidar, decantar e reter sólidos em suspensão e dissolvidos na água.

Com a figura 5.7 foi possível identificar a eficiência do sistema, comparando a cor da água bruta e tratada, ratificando a eficiência do sistema em reter sólidos responsáveis pela cor e turbidez da água.

Figura 5.7 – Cor e turbidez nas águas bruta e tratada



Fonte: O autor

5.6. – Ferro e Manganês

Na Tabela 5.1 estão expressas as concentrações de ferro e manganês e na Tabela 5.4 estão expressos os percentuais de redução de ferro na água tratada.

Tabela 5.4 – Eficiência de remoção de ferro na água tratada

Parâmetro	Poço (água bruta)	Campanha 1		Campanha 2		Campanha 3	
		P5	Remoção (%)	P5	Remoção (%)	P5	Remoção (%)
Ferro (mg/L)	2,87	0,10	96,5	0,10	96,5	0,25	91,3

Onde: P5 – água tratada (final do tratamento)

De acordo com os resultados, foi possível comprovar a eficiência do sistema de aeração e múltipla filtração em reduzir ferro, com percentuais de redução variando entre 91,3 % e 96,5% nas campanhas 3 e 1, respectivamente. Assim, do ponto de vista de concentração de ferro, a água tratada encontra-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidas para consumo humano, conforme Portaria do MS nº 888 de 2021, que é de 0,3 mg/L de ferro.

Em relação ao manganês, a concentração da água bruta foi de 0,06 mg/L (Tabela 5.1). No entanto, em todos os pontos de coleta das campanhas 1 e 2, as concentrações foram <0,1 mg/L, portanto superior ao da água bruta (0,06 mg/L). Assim, não houve redução de manganês. Já na campanha 3, a concentração de manganês nos pontos foi < 0,05 mg/L, representando um percentual de redução de cerca de 17%. Assim, não foi possível comprovar a eficiência do sistema em reduzir manganês.

A redução de ferro foi comprovada, também, ao se observar visualmente o meio filtrante do segundo filtro, impregnado de ferro, com coloração avermelhada (figura 5.8).

Figura 5.8 – Manta acrílica perlon retirada do segundo filtro, impregnada de ferro



Fonte: O autor

5.8. – Dureza da água do poço

Na Tabela 5.1 encontra-se a concentração de dureza determinada apenas na água do poço (120 mg/L). Conforme resultado apresentado, a água é moderadamente dura, mas estaria de acordo com a concentração estipulada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para consumo humano, que estipula o valor máximo permitido de 300 mg/L. Sendo assim, ainda que o sistema não tenha reduzido a dureza, a água poderia ser utilizada para a dessedentação dos equinos.

5.9. – Cloretos na água bruta e tratada

Na Tabela 5.1 encontram-se as concentrações de cloretos, determinadas para a água bruta (320 mg/L) e água tratada (360 mg/L). Pode-se afirmar que não houve redução de cloretos no sistema de tratamento, o que já era de se esperar, já que esse tipo de tratamento não reduz cloretos. A Portaria GM/MS nº 888/2021 para consumo humano cita que o valor máximo permitido é de 250 mg/L. Sendo assim, do ponto de vista da concentração de cloretos, a água não seria indicada para uso humano. No entanto, como a água seria para consumo de equinos, é possível que a concentração encontrada não ofereça riscos à saúde desses animais.

5.7. Nitrato

Na Tabela 5.1. estão expressas as concentrações de nitrato na água do poço e nos cinco pontos na primeira campanha, sendo que no poço foi registrado 0,72 (mg/L) e nos demais pontos amostrados foi de < 0,10 mg/L. Do ponto de vista de consumo de água, a concentração de nitrato está de acordo com as especificações da Portaria GM/MS nº 888/2021, que cita a concentração máxima de 10 mg/L. No tratamento, houve redução de nitrato.

5.6. – Coliformes Totais e Termotolerantes

Nas Tabelas 5.1 e 5.5 foram listados os resultados dos exames de microbiológicos coliformes totais e termotolerantes, determinados para a água bruta (poço) e tratada (Pontos 1 e 5) nas campanhas 1,2 e 3.

Tabela 5.5 – Concentrações de coliformes totais e termotolerantes nas águas bruta e tratada

PARÂMETROS	CAMPANHAS							
	1		2		3		Pontos iniciais e finais do tratamento	
	P1	P5	P1	P5	P1	P5	Poço	P5
Coliformes Totais (NMP/100ml)	Presente	Presente	2,6	> 8	8,9 x10 ²	< 1	<1	ND
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Presente	Presente	8	< 1,10	1,9 x10 ²	< 1	<1	ND

De acordo com a portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde, a água potável deve estar isenta de coliformes termotolerantes. Na primeira campanha, analisou-se água dos pontos 1 e 5 (pelo método qualitativo), acusando presença nos pontos analisados. Na segunda campanha foi realizada a quantificação dos parâmetros, obtendo-se, para coliformes totais, 2,6 NMP/100mL no ponto 1 (saída do sistema de aeração) e >8 NMP/100mL no ponto 5 (água tratada). Para coliformes termotolerantes, foram encontrados 8 NMP/100mL no ponto 1 e <1,1 NMP/100mL no ponto 5. Os resultados

revelaram uma elevação na quantidade de coliformes totais e redução de 86,3% dos coliformes termotolerantes do ponto 1 (entrada da água no sistema) para o ponto 5 (saída da água tratada). Na terceira campanha, os exames foram repetidas em outro laboratório, obtendo os resultados para coliformes totais de $8,9 \times 10^2$ UFC/100 mL no ponto 1 e < 1 UFC/100 mL no ponto 5. Para coliformes termotolerantes, os resultados foram de $1,9 \times 10^2$ UFC/100 mL no ponto 1 e < 1 UFC/100 mL no ponto 5, havendo redução de 99,9% nos resultados. Para obtenção de maior nível de segurança nos resultados, realizou-se análise na água do poço, obtendo resultado < 1 UFC/100 mL para os referidos parâmetros. De maneira geral, os resultados obtidos possibilitam presumir que o sistema de aeração e de múltiplas filtragens pode apresentar eficiência na retenção dos coliformes totais e termotolerantes. Porém, existiu grande dispersão dos resultados (devido a determinação em diferentes laboratórios), não sendo possível comprovar tal eficiência.

6. CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados, foi possível concluir que:

- O sistema de aeração proporcionou elevações nas concentrações de oxigênio dissolvido, quando comparadas às da água bruta (poço);
- O sistema de tratamento da água por aeração do tipo cascata seguido de dupla filtração em série reduziu ferro, com eficiência de remoção que variou entre 91,3 % e 96,5%. No entanto, com relação ao manganês, não foram verificadas grandes remoções, em torno de 17%;
- O sistema de tratamento resultou em elevadas remoções de cor e turbidez da água bruta (99,9% e 100% respectivamente), atribuído às duas filtrações em série;
- Não houve redução de cloretos no sistema de tratamento e, tanto a água bruta quanto a tratada, apresentaram concentrações de cloretos elevadas (320 mg/L e 360 mg/L, respectivamente). Essas concentrações estão superiores ao valor máximo permitido preconizado pela Portaria nº 88 de 2021 do Ministério da Saúde (250 mg/L), que trata de qualidade da água para abastecimento humano. No entanto, como a destinação da

água é para consumo de equinos, é possível que a concentração encontrada não ofereça riscos à saúde desses animais;

- A concentração de nitrato na água bruta (0,72 mg/L) foi inferior ao valor máximo permitido da Portaria do Ministério da Saúde para potabilidade da água (10 mg/L). No entanto, também ocorreu redução de nitrato no sistema de tratamento, com concentrações finais inferiores a 0,1 mg/L;
- Em relação aos parâmetros microbiológicos coliformes totais e termotolerantes, os resultados apontaram para redução. Porém, como houve grande dispersão dos resultados, não foi possível comprovar tal eficiência;
- De modo geral, o sistema de tratamento por aeração reduziu ferro, cor, e turbidez e apresentou tendência de redução de manganês, nitrato e coliformes totais e termotolerantes.
- Como não foi possível ter certeza da redução de coliformes totais e termotolerantes, a qualidade da água tratada para fins de dessedentação de equinos precisa ser monitorada.

Sugestões:

- Recomenda-se, para pesquisa futura, quantificar a concentração de oxigênio que será promovida pelo sistema de aeração, a fim de se identificar a concentração ideal de oxigênio para remoção de ferro e manganês;
- Monitorar as concentrações de coliformes totais e termotolerantes para averiguar a eficiência do sistema de tratamento na redução desses microrganismos, a fim de assegurar a sua qualidade para dessedentação de equinos.
- Realizar cloração antes de sua distribuição, garantindo assim, que a água utilizada para dessedentação dos equinos esteja livre de microrganismos patogênicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA O. A. Qualidade da água de irrigação. 1º edição. Cruz das Almas. 2010, 4p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Estudo do complexo do agronegócio do cavalo, Brasília, DF: MAPA 2016.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. Sinais vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

CARVALHO, Anésio Rodrigues. Processos de complexação do ferro em águas subterrâneas, In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

CLALD, Goellner. O uso da água e a agricultura, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA.

COSTA, C.C. Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro. Dissertação de mestrado. Lavras, UFLA, 2000. P 85.

DI BERNARDO, Luiz et. al. Tratamento de água para abastecimento por Filtração direta. Rio de Janeiro. 2003.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. 1993. Rio de Janeiro, ABES, 2v.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. Tratamento de águas por filtração em Múltiplas Etapas. Rio de Janeiro, ABES/PROSAB, 1999. 114p.

FERREIRA, A. C. PÁDUA, V. L. Qualidade da água para consumo humano. Cap. 4 V, L DE HELLER. L Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte, 2 ed. E atual. Editora UFMG, 2010.

GOBESSO, A. A. O. Dieta Hídrica dos Equinos. Disponível em: <https://ww.revistahorse.com.br>. Pesquisado em 19/08/22.

HELLER L.; PÁDUA L.V. Abastecimento de água para consumo humano. 2º edição. Belo Horizonte. 2010, 184p.

MORUZZI Rodrigo Braga et.al. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – Uma abordagem geral, Revista de engenharia e tecnologia. V 4, Nº 1, 2012.

NAKAYAMA, F,S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation of crop production. Elsevier Science Publishers B.V. 1986.383p.

PEREIRA, EDILAINE & PATERNIANI, JOSÉ & Demarchi, João. (2011). A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE DESSEDENTAÇÃO ANIMAL / THE IMPORTANCE OF WATER QUALITY OF ANIMAL WATERING. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas. 3. 227. 10.18011/bioeng2009v3n3p227-235.

PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 04 DE MAIO 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

PONNAMPERUNA, F.N.; BRADFIELD, R & PEECH,M Physiological disease of rice attritable to iron toxicity. Nature, 175, 1955.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº357 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 de dá outras providências.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº396 DE 03 DE ABRIL DE 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providencias.

SANTOS, A .C. Noções de hidroquímica. In . Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações , Org. FEOTOSA F.A.C., FILHO, J.M.. 2º ed, Fortaleza.

SILVA NETTO, F.G. Água na alimentação animal. 3p. 2005. Disponível em [http:// www.agronline.com.br](http://www.agronline.com.br). Acesso em 2021.

TIGRE. Catálogo de produtos predial. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-obras-e-reformas.pdf>. Acesso em: 04 de novembro de 2021.

Visscher, J.T., Galvis, G. e Latorre, J. (1996). “Filtración en multiples etapas-FIME: bondades e limitaciones.” Anais da Conferencia Internacional

Mejoramiento de la Calidad del Agua, Santiago de Cali, 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.

FIORUCCI, R. BENEDETTI, F. A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. Química e Saúde, 2005.