



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DA AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

MONOGRAFIA CIENTIFICA

**ESTUDO DOS PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO E VARIAÇÃO DO FLUXO
HÍDRICO NO SECTOR MONTANTE DO REGADIO DE CHÓKWÈ**

Monografia apresentada e defendida como requisito para obtenção do grau de licenciatura em
Engenharia Hidráulica, Agrícola e Água Rural

Autor: Nélia Dalúvia Rafael Cambanhane

Tutor: Lateiro Salvador de Sousa, PhD

Lionde, Junho de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia de investigação científica sobre “*Estudo dos processos de Sedimentação e Variação do Fluxo Hídrico no Sector Montante do Regadio de Chókwe*”, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Monografia científica defendida e aprovada no dia 19 de Abril de 2022

Júri

Supervisor Lateiro Salvador de Sousa

(Lateiro Salvador de Sousa, PhD.)

Avaliador (1) Mário Tauzene Afonso Matangue

(Mário Tauzene Afonso Matangue, PhD.)

Avaliador (2) Fernando Brazão Tembe

(Eng.º: Fernando Brazão Tembe, MEng.)

Lionde, Junho de 2022

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| LISTA DE ABREVIATURAS | vi |
| LISTA DE DEFINIÇÕES DE ALGUNS TERMOS RELEVANTES | vi |
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. OBJECTIVOS | 1 |
| 1.1.1. Geral | 1 |
| 1.1.2. Específicos | 1 |
| 1.2. Problema de estudo e justificação | 1 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 2 |
| 1.1. Batimetria e sua aplicação | 2 |
| 1.2. Sedimentação, transporte e tipos de sedimentos | 2 |
| 2.1. Descarga sólida em suspensão | 2 |
| 2.1.1. Caracterização da descarga líquida e sólida | 2 |
| 2.2. Métodos de medição de sedimentos | 3 |
| 2.2.1. Medição do transporte de Sedimentos de fundo ou de arrasto | 3 |
| 2.3. Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos | 3 |
| 2.4. Propriedades físicas | 5 |
| 2.4.1. Solo e sua textura | 5 |
| 2.5. Caracterização da textura do solo | 5 |
| 2.5.1. Análise granulométrica do solo | 5 |
| 2.6. Caracterização do regime do fluxo hídrico | 5 |
| 2.7. Caracterização do coeficiente de rugosidade de Manning | 6 |
| 2.10. Número de Froude | 6 |
| 2.11. Análise físico-química da água | 6 |
| 2.12. Vazão | 7 |
| 2.13. Método para medição de vazão em condutos livres | 7 |
| 2.14. Perigo de Salinidade | 7 |
| 3. METODOLOGIA | 10 |
| 3.1. Descrição do local de estudo | 10 |
| 3.2. Caracterização de Batimetria do canal principal | 11 |
| 3.3. Caracterização da variação do fluxo hídrico | 11 |
| 3.3.1. Parâmetros Geométricos do canal | 12 |
| 3.3.2. Determinação da largura da seção | 12 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.2.4. | Determinação do regime do fluxo hidráulico | 12 |
| 3.2.5. | Determinações Escoamentos fluviais, críticos e torrenciais | 13 |
| 3.3. | Determinação da qualidade da água do canal | 13 |
| 3.4. | Caracterização dos processos físicos-químicos de sedimentos no Sector Montante do Regadio de Chókwè | 14 |
| 3.4.2. | Determinação do limite de liquidez e índice de plasticidade | 16 |
| 3.5. | Análise estatística..... | 17 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 18 |
| 4.1. | Caracterização de Batimetria do Sector Montante do Canal Principal | 18 |
| 4.2. | Caracterização da variação do fluxo hídrico | 21 |
| 4.2.1. | Análise da Velocidade | 21 |
| 4.2.2. | Determinação da Qualidade de água..... | 23 |
| 4.3. | Caracterização dos processos físicos-químicos de sedimentos no Sector Montante do Regadio de Chókwè..... | 31 |
| 4.3.1. | Caracterização física dos Sedimentos..... | 31 |
| 4.3.2. | Caracterização Química dos Sedimentos | 33 |
| 5. | CONCLUSÃO | 35 |
| 6. | RECOMENDAÇÕES..... | 35 |
| 7. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 37 |
| 8. | ANEXOS | 40 |
| 9. | APÊNDICES..... | 46 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Padrões de potabilidade de água para irrigação EMBRAPA | 8 |
| Tabela 2: Quantidade total de amostras para cada ponto | 15 |
| Tabela 3: Valores dos parâmetros hidráulicos dos pontos de amostragem..... | 22 |
| Tabela 4: Valores de Reynolds, Froude e parâmetros relacionados | 22 |
| Tabela 5: Teste de Tukey para comparação das médias do dia 29-06-2021 | 23 |
| Tabela 6: Teste de Tukey para comparação das médias no dia 15-07-2021 | 23 |
| Tabela 7: Teste de Tukey para comparação das médias no dia 10-08-2021 | 24 |
| Tabela 8: Teste de Tukey para comparação das médias do dia 29-06-2021 | 24 |
| Tabela 9: Teste de Tukey para comparação do dia 15-07-2021 | 24 |
| Tabela 10: Análise da diferença entre os parâmetros do dia 10-08-2021 | 25 |
| Tabela 11: Resumo de resultados | 31 |
| Tabela 12: Resumo de resultados | 32 |
| Tabela 13: Resultados da análise química dos sedimentos..... | 33 |
| Tabela 14: Limite de liquidez do ponto N6 | 41 |
| Tabela 15: Limite de Plasticidade..... | 41 |
| Tabela 16: Limite de Retração..... | 42 |
| Tabela 17: Limite de Liquidez | 42 |
| Tabela 18: Limite de plasticidade | 43 |
| Tabela 19: Limite de retração | 43 |
| Tabela 20: Análise de Variância | 47 |
| Tabela 21: Coeficientes padronizados | 47 |
| Tabela 22: Análise de variância | 47 |
| Tabela 23: Coeficientes padronizados | 47 |
| Tabela 24: Análise de variância | 47 |
| Tabela 25: Coeficientes padronizados | 48 |
| Tabela 26: Análise de variância | 48 |
| Tabela 27: Coeficientes padronizados | 48 |
| Tabela 28: Análise de variância | 48 |
| Tabela 29: Coeficientes padronizados | 49 |
| Tabela 30: Análise de variância | 49 |
| Tabela 31: Coeficientes padronizados | 49 |
| Tabela 32: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6 | 50 |
| Tabela 33: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6 | 50 |
| Tabela 34: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6 | 50 |
| Tabela 35: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso ... | 51 |
| Tabela 36: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso ... | 52 |
| Tabela 37: Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso ... | 52 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa da localização da área de estudo | 10 |
| Figura 2: Pontos de coleta de amostras N6(1) e 4 congresso(2)..... | 11 |
| Figura 3: Molinete Hidrométrico OTT C31, Acessório OTT Z400 | 12 |
| Figura 4: Amostrador Water Trap (1) e garrafas 500ml etiquetadas (2) | 14 |

| | |
|---|----|
| Figura 5: Amostrador Van Veen | 14 |
| Figura 6: Batimetria do canal principal na ponte Nó em 2001 | 18 |
| Figura 7: Batimetria do Canal Principal da ponte Nó em 2016..... | 19 |
| Figura 8: Batimetria do Canal Principal da ponte 4º Congresso em 2001 | 20 |
| Figura 9: Batimetria do Canal Principal da ponte 4º Congresso em 2016..... | 21 |
| Figura 10: Análise de Correlação Linear para TDS e Dureza nos ponto Nó (a) e 4º Congresso (b)..... | 28 |
| Figura 11: Análise de Correlação Linear para Dureza e Cálcio e Magnésio nos ponto Nó (a) e 4º Congresso (b)..... | 30 |
| Figura 12: Curva granulométrica do ponto Nó..... | 31 |
| Figura 13: Curva Granulométrica do 4º Congresso..... | 32 |
| Figura 14: Limite de liquidez | 41 |
| Figura 15: Limite de Liquidez | 42 |
| Figura 16: classificação de água para irrigação baseando no diagrama da USSL | 43 |
| Figura 17: Outros equipamentos usados na colecta de amostras..... | 53 |

LISTA DE ABREVIATURAS

A -Área molhada da secção transversal (m^2)

ANE- Administração Nacional de Estradas

CE- Condutividade eléctrica

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAEF-Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Fr- número de Froude

ISPG - Instituto Superior Politécnico de Gaza

K- Coeficiente de rugosidade de Strickler

LPHAA- Laboratório Provincial de Higiene Água e Alimento

Meq-miliequivalentes

mmo/l-milimol por litro

PST- Percentagem de sódio trocável

Q- vazão (m^3/s)

RAS- Razão de absorção de sódio

Re – coeficiente de Reynolds

Rh - Raio hidráulico (m)

SRC- Sistema de Regadio de Chókwè

TDS- Total de sólidos dissolvidos

UEM- Universidade Eduardo Mondlane

V – Velocidade (m/s)

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a:

Meu Pai Rafael Camba;

Minha irmã Sónia da Estrela Rafael;

E a todos que directamente ou indirectamente contribuíram para minha formação.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho não teria sido possível sem a contribuição generosa de diversas pessoas a quem estou profundamente reconhecida

Primeiramente, a Deus, pelo dom da vida, por ter me iluminado e orientado durante essa caminhada.

Aos meus pais Rafael Camba e Marta Maria, pelo apoio incondicional

As minhas Irmãs Sónia da Estrela Rafael e Mílcan da Fátima Rafael pela confiança, e por serem a minha fonte de inspiração

A Vânia Quitéria dos Santos pela amizade, companheirismo, por todo amor, pelo suporte e pela confiança.

Aos meus primos: Jorge Duarte, Telma Pedro, Juniveva Dos Santos, Dércio Artur, Bernardo Camba, pelo apoio financeiro e motivacional.

Aos meus tios: Artur Dos Santos, Quitéria Senda, Isabel (em memória) Amélia, Verónica Camba, Luís, Paulino, Eugénio, Mario, Marta Silva, Ângela, Dr. Maria, por todo apoio prestado durante a formação.

As Famílias Camba, Mauaie, Matavele, Ganhane, Xihau, Matimule pelo acompanhamento e apoio prestado durante os anos de formação.

A mana Runília, mana Meriamo e mana Célia por todo carinho e consideração.

Ao ISPG em si e a todos os funcionários, na contribuição que me proporcionaram durante a formação académica, em especial aos docentes do curso de EHAAR e o senhor Mutisse.

Ao Eng. Lateiro Salvador de Sousa meu orientador, pelos ensinamentos e elevado conhecimento científico que me transmitiu e pelo seu constante apoio, incentivo, disponibilidade que sempre mostrou.

Aos meus colegas do curso de EHAAR dos anos 2016,2017 e 2018, em especial os de 2017 por todo apoio prestado durante os anos da realização do curso.

A Bilton Nhantumbo (meu namorado), por ter partilhado comigo os bons e maus momentos.

Aos meus amigos: Mirza, Idelson, Minguês, Dimilton, Paulo, Felomeno, Élcio Matimula, Romário, Plácido, Filipe, Catija, Esmeralda, Judisney, Edmilson Pequenino, Edmilson Banze, Rainério, Allan, Sharon, Inésia, Natércia, Ismael, Leonid, Ulícia, Élcio Matavel, Vânia Lampião, Lina, Silárcia, Lizete, Abelina, Dinércia, Tânia, Carla, Nélia Bila, Nelson, Heldemiro, Herminio, Nádia, Sozinho, Arcanjo, Afonso Pequenino, Victor, Daniel pela amizade.

Ao grupo das Flores, grupo Sedimento e Água e o grupo de Orações e meditações.

Muito obrigada a todos, por toda força que me deram, pelas críticas construtivas e por toda confiança depositada, pois este sucesso eu não consegui sozinha.



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Protocolo de Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Junho de 2022

(Nélia Dalúvia Rafael Cambanhane)

LISTA DE DEFINIÇÕES DE ALGUNS TERMOS RELEVANTES

Carga Sólida de Arrasto: são as partículas de sedimento que rolam ou escorregam na longitudinal no curso de água. As partículas estão em contato com o leito praticamente todo o tempo;

Carga Sólida Saltante: são as partículas que pulam ao longo do curso de água por efeito da correnteza ou devido ao impacto de outras partículas;

Carga Sólida em Suspensão: são as partículas que estão suportadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientemente para permanecerem em suspensão.

Escoamento permanente: no qual a velocidade e a pressão num determinado ponto, não variam com o tempo.

Escoamento não permanente: no qual a velocidade e a pressão, em determinado ponto, são variantes com o tempo, variando também de um ponto a outro.

Escoamento uniforme: no qual todos os pontos da mesma trajetória que seguem as partículas apresentam a mesma velocidade.

Escoamento variado: no qual os diversos pontos de uma mesma trajetória não apresentam constância da velocidade num intervalo de tempo considerado.

Laminar: existe quando as partículas do fluido se movem ao longo de trajetórias definidas, aparentando lâminas ou camadas

Transição: significa a mudança do escoamento de laminar para turbulento e vice-versa.

Turbulento: existe quando as partículas do fluido não se movem ao longo de trajetórias definidas, descrevem trajetórias irregulares, ocorre em fluidos com viscosidade baixa.

RESUMO

O presente trabalho busca contribuir para o conhecimento do comportamento, qualidade e quantidade de sedimentos relevantes aos estudos de projetos de obras hidráulicas, ambientais e usos dos recursos hídricos, já que o sedimento no meio líquido ou no fundo do rio pode provocar diversos problemas estruturais e ambientais. O Sistema de Regadio de Chókwè (SRC) tem experimentado sérios problemas de sedimentação, desde sua construção. O problema se agrava à medida que o tempo passa, e já foi reportado que uma grande parte do mesmo está assoreado, devido à acumulação de sedimentos. O presente trabalho teve como objectivo estudar os processos de sedimentação e variação do fluxo hídrico no Sector Montante do SRC. Para o efeito, foi feita a caracterização batimétrica do canal principal do SRC em 2001 e os de 2016. Para caracterização física e química dos sedimentos, foram colhidas amostras de sedimentos suspensos e de fundo no canal. Os sedimentos suspensos foram analisados no Laboratório Provincial de Higiene Água e Alimentos, para os seguintes parâmetros: pH, CE, TDS, Mg^{2+} , Ca^{2+} , turbidez e dureza, obtidos os resultados laboratoriais fez-se o teste ANOVA. As amostras do fundo foram analisadas em dois laboratórios nomeadamente: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal-Universidade Eduardo Mondlane em Maputo para análise química (pH, CE, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , k^+). Com base em alguns dados obtidos da análise química determinou-se a Razão de Absorção de Sódio (ponto 1=0.1066 mmol/l e ponto 2=0.074 mmol/l) e o Percentagem de Sódio Trocável, (ponto 1= 1.11 mmol/l e ponto 2=1.126 mmol/l). E a análise física dos sedimentos foi realizada no laboratório da Administração Nacional de Estradas onde determinou-se Granulometria e Limites de Atterberg. Da análise química dos sedimentos de fundo, notou-se que os mesmos apresentaram níveis relativamente baixos de acordo com as normas estabelecidas pela Embrapa-Brasil (2015). No que se refere a variação do fluxo hídrico, foram determinados os parâmetros geométricos (secções transversais, largura e profundidade) e hidráulicos do canal (caudais, altura da água, velocidade de escoamento). Os resultados sugerem que CE e TDS para os dois pontos apresentaram valores elevados comparativamente aos outros parâmetros variando de 413 -526 $\mu S/cm$ para a CE e, 220-263 mg/L para os TDS.

Palavras-chave: *Sedimentação, variação do fluxo hídrico, Batimetria, Razão de Adsorção do Sódio, Sistema de Regadio de Chókwè.*

ABSTRACT

The present work seeks to contribute to the knowledge of the behaviour, quality and quantity of sediments relevant to the studies of hydraulic and environmental works projects and uses of water resources, since the sediment in the liquid medium or in the river bottom can cause several structural and environmental problems. environmental. The Chókwè Irrigation System (CRS) has experienced serious sedimentation problems since its construction. The problem worsens as time passes, and it has been reported that a large part of it is silted up, due to sediment accumulation. The present work aimed to study the sedimentation processes and water flow variation in the Upstream Sector of the SRC. For this purpose, the bathymetric characterization of the main channel of the SRC was carried out in 2001 and those of 2016. For the physical and chemical characterization of the sediments, samples of suspended and bottom sediments were collected in the channel. The suspended sediments were analysed at the Provincial Laboratory of Water and Food Hygiene, for the following parameters: pH, EC, TDS, Mg^{2+} , Ca^{2+} turbidity and hardness. After obtaining the laboratory results, the ANOVA test was performed. The bottom samples were analysed in two laboratories namely: Faculty of Agronomy and Forestry-Eduardo Mondlane University in Maputo for chemical analysis (pH, EC, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , k^+). Based on some data obtained from the chemical analysis, the Sodium Adsorption Ratio (point 1=0.1066 mmol/l and point 2=0.074 mmol/l) and the Exchangeable Sodium Percentage were determined (point 1= 1.11mmol/l and point 2= 1,126 mmol/l). And the physical analysis of the sediments was carried out in the laboratory of the National Administration of Roads where Granulometry and Atterberg Limits were determined. From the chemical analysis of the bottom sediments, it was noted that they had relatively low levels according to the standards established by Embrapa-Brasil (2015). Regarding the variation of the water flow, the geometric (cross-sections, width and depth) and hydraulic parameters of the channel (flows, water height, flow velocity) were determined. The results suggest that EC and TDS for the two points presented high values compared to the other parameters, ranging from 413 -526 $\mu S/cm$ for EC and 220-263 mg/L for TDS.

Keywords: *Sedimentation, water flow variation, Bathymetry, Sodium Adsorption Ratio, Chókwè Irrigation System.*

1. INTRODUÇÃO

Os sedimentos e os problemas deles advindos representam, actualmente, um grande desafio para a gestão dos recursos hídricos. Recentemente, eles têm sido reconhecidos e estudados enquanto vetores para a transferência de nutrientes e poluentes, dos ecossistemas terrestres aos aquáticos. Isso demonstra a necessidade de estudos para a caracterização e quantificação do fluxo e qualidade dos sedimentos (Peixoto *et al.*, 2020).

As várias actividades de aproveitamento dos recursos hídricos, a concentração e a qualidade dos sedimentos são informações essenciais para entender o comportamento hidrossedimentológico que por sua vez, é fundamental para uma boa gestão dos recursos hídricos, bem como para dar suporte à decisão sobre o desenvolvimento de actividades antrópicas, especialmente em áreas de bacias hidrográficas (Amui, 2020).

Devido às variações no fluxo hídrico uma das grandes dificuldades encontradas em canais, com o aumento da energia cinética do fluxo transportado, poderá provocar erosões no curso de água alterando dados hidrométricos como vazão, profundidade, raio hidráulico e perímetro molhado da secção do canal (Gonçalves, 2017).

O Sistema de Regadio de Chókwè (SRC) tem apresentado sérios problemas de sedimentação, desde sua construção. Este sistema apresenta um canal aberto, sem revestimento nas paredes dos taludes e com uma secção aproximadamente trapezoidal. O problema agrava-se à medida que o tempo passa, e muito recentemente, foi reportado que um terço do regadio esta assoreado, devido a acumulação de sedimentos. Com complexidade desenvolvida pelos processos sedimentológicos é difícil estimar com exatidão a quantidade de sedimentos transportados, pois além de exigir alto grau de mão de obra, também requer um conjunto de técnicas especializadas para a sua gestão.

O presente trabalho representa um estudo dos processos de sedimentação e variação do fluxo hídrico, realizado, no sector montante do SRC, cujo objectivo é estudar os processos de sedimentação e variação do fluxo, de modo a conhecer o comportamento dos sedimentos, para melhor gestão dos mesmos.

1.1.OBJECTIVOS

1.1.1. Geral

- ✚ Estudar os processos de sedimentação e variação do fluxo hídrico no Sector Montante do Regadio de Chókwè.

1.1.2. Específicos

- ✚ Caracterizar a batimetria do canal principal;
- ✚ Caracterizar a variação do fluxo hídrico;
- ✚ Realizar ensaio de caracterização físicos-químicos dos sedimentos.

1.2. Problema de estudo e justificação

A sedimentação é uma preocupação mundial, pois afeta o projecto de sistemas de irrigação e a performance operacional, reduzindo a eficiência do transporte do canal, levando à inadequação e desigualdade na distribuição da água às culturas, contribuindo deste modo para a baixa produtividade (De Sousa *et al.*, 2019).

Para além dos problemas citados, em canais de irrigação a sedimentação causa inúmeros problemas de manutenção, redução na borda livre e assoreamentos e fatores de alteração no volume e velocidade da água (Silva, 2019).

A variação do fluxo hídrico ocorre quando o escoamento não é permanente, constitui uma situação que ocorre na maioria dos problemas hidrológicos envolvendo o escoamento em rios e canais, sendo caracterizado pela variação no tempo e no espaço das condições do escoamento (Gonçalves, 2017).

A sedimentação e a variação do fluxo hídrico tem contribuído para a desigualdade da distribuição de água nos campos de produção, resultando na baixa produtividade, que é o problema de estudo para o presente trabalho.

Assim, o presente trabalho visa contribuir para implementação de medidas para minimizar transporte e depósito de sedimentos, bem como a variação do fluxo hídrico, de modo a desenvolver metodologias que possam ajudar na operação e gestão desses sedimentos, pois é sabido que não há literaturas publicadas em Moçambique que falam de estudos realizados sobre os processos de sedimentação e variação hídrica no Regadio de Chókwè.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Batimetria e sua aplicação

Os levantamentos batimétricos apresentam-se como uma ferramenta através da qual podemos obter informações morfológicas, como perfis batimétricos, modelos digitais de terreno, declividade e orientação do relevo, possuindo aplicações como a identificação de bancos de areia, obras de engenharia, cartas de navegação e estudos ambientais (Neto *et al.*, 2019)

1.2. Sedimentação, transporte e tipos de sedimentos

Sedimentação é o processo pelo qual partículas de tamanhos diferenciados são transportadas e depositadas nos corpos de água ou em qualquer outro ponto ao longo dos cursos de água, suas causas podem incluir ocorrências naturais, mudanças no gradiente, erosão e obstrução no canal, porém um estudo profundo é necessário para confirmar as causas reais (Sousa *et al.*, 2019).

Sedimentos são partículas sólidas que através de um processo físico ou químicos desprendem-se das rochas e, que, ao interagir com agentes dinâmicos externos transportam-se ou depositam-se. Os sedimentos presentes nos cursos de água podem ocorrer por duas principais circunstâncias, são elas: processos erosivos ocorridos nas suas bacias de drenagem, podendo ser intensificados pela expansão de atividades agrícolas; e erosão marginal promovida pelos próprios rios. O autor também constata que o transporte de sedimentos pelo canal é resultado da precipitação que cai sobre a bacia e interação com um conjunto de variáveis como cobertura vegetal, tipo de solo e de rocha, ocupação do homem, entre outros eventos (Amui, 2020).

2.1.Descarga sólida em suspensão

O termo “descarga sólida” ou “descarga de sedimentos” é definido como a massa total de sedimentos que passa em uma seção transversal do rio por unidade de tempo, geralmente expressa em toneladas por dia. A concentração de sólidos em suspensão está ligada diretamente à constituição do solo e como ele é usado. A obtenção da descarga de sedimentos em suspensão e de leito e realizada geralmente por meio da utilização de técnicas de amostragem e análises granulométricas do sedimento em suspensão e do leito que permitem, a partir de sua análise, o cálculo do volume transportado (Amâncio *et al.*, 2020).

2.1.1. Caracterização da descarga líquida e sólida

Segundo Peixoto *et al.* (2020) as descargas líquida e sólida afetam aspectos ambientais, econômicos e sociais inerentes à população que depende dos recursos naturais da bacia. Em ocasiões de chuva, o escoamento superficial decorrente, transporta muitas partículas para o rio

onde esse sedimento se move em suspensão ou no leito, rolando, deslizando ou em saltos. Em suspensão no meio líquido encontra-se em maior quantidade partículas finas, como argila e silte, correspondendo em média de 70 a 95% da carga sólida total, sendo contemplada por sua fácil determinação por apresentar-se em maior quantidade.

2.2.Métodos de medição de sedimentos

Ao se medir o transporte de sedimentos efetuado por um rio, o objetivo é determinar a descarga sólida, ou seja, a quantidade de sedimentos que passa em uma seção transversal do rio por unidade de tempo. Há diversos métodos de medição da descarga em suspensão, descarga sólida de arrasto, descarga sólida total, pois são classificados em métodos diretos (ou in situ) e indiretos.

a) Método de medição directa (ou in situ)

Usa equipamentos que medem diretamente no curso de água a concentração ou outra grandeza como a turbidez ou ultra-som e por acumulação do sedimento num medidor (proveta graduada).

b) Método de medição indirecta

Coleta de sedimento por amostragem da mistura água-sedimento, análise de concentração e granulometria e cálculos posteriores da descarga sólida e uso de fotos de satélite e comparação com medidas simultâneas de campo para calibragem, em grandes rios.

2.2.1. Medição do transporte de Sedimentos de fundo ou de arrasto

Segundo Fernandes (2021) transporte de sedimentos em rios e canais pode ocorrer em diferentes modalidades dependendo das condições hidrodinâmicas do escoamento e das propriedades dos sedimentos. Ao se medir o transporte de sedimentos efetuado por um rio, o objetivo é determinar a descarga sólida, ou seja, a quantidade de sedimentos que passa em uma seção transversal do rio por unidade de tempo.

2.3.Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos

Análise eficiente e o entendimento do transporte de sedimentos, junto à descarga líquida de cursos hídricos, são essenciais. As descargas líquida e sólida afetam aspectos ambientais, econômicos e sociais inerentes à população que depende dos recursos naturais da bacia. o estudo do transporte de sedimentos em rios é muito importante, pois fatores como poluição da água, assoreamento de rios, diminuição da vida útil de reservatórios, são alguns problemas influenciados por esse processo. O conhecimento do comportamento e da quantidade dos sedimentos nos corpos hídricos de uma bacia hidrográfica é fundamental para a adequada

gestão e uso de seus recursos hídricos, além de ser essencial para o desenvolvimento de projetos hidráulicos (Peixoto *et al.*, 2020)

Existem vários métodos para avaliar transporte de Sedimentos, os principais métodos de cálculo da descarga de sedimentos a partir de medições em rios, e os que melhor se adaptam para cada caso estudados nomeadamente:

a) Método de Meyer Peter e Muler (1948)

A fórmula de Meyer-Peter e Muller (1948), para o cálculo da descarga de sedimentos por arrasto de fundo, foi desenvolvida a partir de experimentos com partículas de areia de tamanhos uniformes, partículas de areia de diferentes tamanhos, cascalho natural, lignita e barita.

$$\gamma \left[\frac{K_{st}}{K_r} \right]^{3/2} RS = 0.047\gamma' S^D m = +0.25\rho^{1/3} qb^{2/3} \quad (1)$$

Onde:

q'b- peso submerso do sedimento transportado (ton/s.m);

R - raio hidráulico do fundo (m);

S - gradiente de energia (m/m);

g- peso específico da água (ton/m³);

g's- peso específico do sedimento submerso (ton/m³);

r = massa específica da água (UTM/m³/1000)

Kst- coeficiente de rugosidade de Strickler,

b) Método de Colby (1957)

Colby desenvolveu alguns métodos para estimar o transporte sólido baseado no método modificado de Einstein e em várias medições em campo. Um dos métodos foi desenvolvido em 1957, sendo considerado simples e de fácil aplicação. A utilização desse método é vantajosa devido à simplicidade e ao uso de poucos dados, tornando o trabalho de sedimentometria econômico e fácil. O método é bastante aplicado em estudos desenvolvidos no Brasil.

$$Q_{st} = Q_{ss} + Q_{nm} \quad (2)$$

Onde:

Qst é a descarga sólida total (t.d⁻¹);

Qss é a descarga sólida medida (t.d⁻¹);

Qnm é a descarga sólida não medida (t.d⁻¹)

A descarga sólida não medida é determinada a partir do produto da descarga sólida não medida aproximada pelo fator de correção e pela largura da seção, conforme a Equação a seguir:

$$Q_{nm} = q_{nm} * K.L \quad (3)$$

Onde:

Q_{nm} é a descarga sólida não medida ($t.d^{-1}$);

q_{nm} é a descarga sólida não medida aproximada ($t.d^{-1}.m^{-1}$);

K é o fator de correção (adimensional);

L é o comprimento (m).

2.4. Propriedades físicas

2.4.1. Solo e sua textura

O solo é um material constituído por partículas sólidas e pelo espaço vazios entre elas, que pode estar preenchido por água ou ar. Constitui assim um sistema de três fases: sólida, líquida e gasosa. A textura do solo é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo. A avaliação da textura é feita diretamente no campo e em laboratório, no campo a estimativa é baseada na sensação ao tato, ao manusear uma amostra de solo (Amui, 2020).

2.5. Caracterização da textura do solo

2.5.1. Análise granulométrica do solo

A análise granulométrica de partículas sólidas compreende a determinação de tamanhos, bem como a frequência com que as mesmas ocorrem em uma determinada classe ou faixa de tamanho.

Para o estudo da granulometria utiliza-se sedimentos com o intuito de classificá-los por seus diferentes tamanhos. As rochas sedimentares detríticas (interessantes para o estudo da granulometria) são formadas pela deposição de fragmentos de outras rochas (ígneas, metamórficas ou sedimentares), (Amui, 2020).

2.6. Caracterização do regime do fluxo hídrico

Segundo Gonçalves (2017), regime do fluxo de escoamento hídrico em rios e canais podem ser classificados quanto á variação tempo (permanente e não permanente), quanto á direção da

trajetória (laminar, transição e turbulento) e quanto a variação das partículas (uniforme e variado).

2.7. Caracterização do coeficiente de rugosidade de Manning

Segundo Vitorino (2017), pela teoria do escoamento em canais abertos, o coeficiente de rugosidade de Manning é um dos principais parâmetros para descrição da vazão sobre uma superfície. Uma das dificuldades da aplicação da equação de Manning é a definição do seu coeficiente de rugosidade em rios e canais. As características da margem e do leito do rio influenciam diretamente nos valores de coeficiente de rugosidade. O modelo baseado em rede neural apresentou desempenho satisfatório, o que possibilita estimar o coeficiente de rugosidade em função da cota, vazão, declividade e do raio hidráulico do rio.

2.10. Número de Froude

Outro factor inerente é o número de Froude, Fr , que é um número adimensional utilizado em escoamentos de superfície livre, representa a relação entre uma velocidade característica e a velocidade gravitacional, faz a separação dos tipos de regime de escoamento em três tipos, de acordo com sua ligação com o nível crítico da água no canal (Gonçalves, 2017).

2.11. Análise físico-química da água

I. pH

Segundo Chaves *et al.* (2015) o potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio H^+ . O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e define o potencial de toxicidade de vários elementos.

II. Turbidez

Segundo Amâncio *et al.* (2020) a turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos. O tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia muito, desde grosseiras a coloides, de acordo com o nível de turbulência do corpo hídrico.

III. Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto

maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica, ela expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, de maneira simplificada, mede a transparência da água (Chaves *et al.*, 2015).

2.12. Vazão

Vazão é o volume de um determinado fluido que passa por determinada secção de um conduto livre ou fechado, por uma unidade de tempo (Medeiros *et al.*, 2020).

2.13. Método para medição de vazão em condutos livres

a) Molinete

Segundo Ribeiro *et al.* (2017) molinete hidrométrico ou corrontômetro de hélice é um velocímetro em forma de torpedo e serve para medir de forma pontual a velocidade de corrente de água por unidade de tempo, normalmente expressa em m/s (metros por segundo).

2.14. Perigo de Salinidade

As águas são divididas em classes segundo sua condutividade elétrica (CE). Provavelmente o critério mais importante com respeito à qualidade da água para irrigação seja a concentração total de sais. Tomando como base este critério de CE, as águas se dividem em quatro classes: salinidade baixa, salinidade média, salinidade alta e salinidade muito alta, sendo os pontos divisórios entre classes 250,750 e 2.250 $\mu\text{mho/cm}$ segundo a Embrapa (2001) ISSN 1516-1633. C1 - Água de baixa salinidade (com menos de 250 micromhos/cm de condutividade elétrica): pode ser usada para irrigação na maior Qualidade de Água para Fins de Irrigação parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade;

C2 - Água de salinidade média, com conteúdo de sais entre 250e 750 micromhos/cm: pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, em muitos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade;

C3 - Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais;

C4 - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.

2. 15. Perigo de Sodificação (Alcalinização)

As águas são divididas em classes segundo a Relação de Adsorção de Sódio (RAS). Esta relação expressa a atividade relativa dos íons de sódio em reações de intercâmbio catiónico com o solo.

Tomando-se como base este critério de perigo de sódio, as águas se classificam em quatro classes: baixo, médio, alto e muito alto, a depender dos valores da RAS e da CE, para valor de CE de 100 $\mu\text{mhos/cm}$. Os pontos de divisão se encontram em valores para RAS de 10, 18 e 26, entretanto, com uma maior salinidade, os valores para RAS diminuem progressivamente até 2.250 $\mu\text{mhos/cm}$ onde os pontos divisórios se encontram para valores de RAS de, aproximadamente, 4, 9 e 14 Ou seja, para valores maiores de salinidade (CE), necessitamos menores valores de RAS para aumentar o perigo de sodificação de acordo com a Embrapa (2001) ISSN 1516-1633.

S1 - Água com baixo teor de sódio: pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação;

S2 - Água com teor médio de sódio: estas águas só devem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que em solos de textura fina (argilosos) o sódio representa perigo;

S3 - Água com alto teor de sódio. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, necessitando assim de práticas especiais de manejo tais como: drenagem, fácil lavagem, aplicação de matéria orgânica;

S4 - Água com teor muito alto de sódio. É geralmente inadequada para irrigação exceto quando a salinidade for baixa ou média ou o uso de gesso ou outro corretivo torne possível o uso dessa água.

Tabela 1: Padrões de potabilidade de água para irrigação EMBRAPA

| Parâmetro | Símbolo | Unidade | Intervalo usual na água para irrigação |
|--------------------------------------|------------------|-------------------|--|
| SALINIDADE : Conteúdo de sais | | | |
| Condutividade elétrica | CE _{Ei} | dS^{-1} | 0-3 |
| Total de sais dissolvidos | TDS | mgL^{-1} | 0-2.000 |

CATIONES E ANIONES

| | | | |
|----------|------------------|---------------------|------|
| Cálcio | Ca ²⁺ | Meq L ⁻¹ | 0-20 |
| Magnésio | Mg ²⁺ | Meq L ⁻¹ | 0-5 |
| Sódio | Na ⁺ | Meq L ⁻¹ | 0-40 |

VÁRIOS

| | | | |
|----------------------------|-----|-----------------------|-------|
| Alcalinidade | pH | | 6-8.5 |
| Razão de adsorção do sódio | RAS | mmol. L ⁻¹ | 0- 15 |

3. METODOLOGIA

Apresenta-se neste capítulo a descrição do local onde foi realizado o trabalho, a metodologia usada para realização do trabalho.

3.1.Descrição do local de estudo

O presente estudo foi realizado no regadio de Chókwe, concretamente no sector Rio, o mesmo está dividido em três setores principais, Montante, Rio e Sul. Ele tem uma área total de 33.000ha, a partir do açude de Macarretane, que faz a derivação das águas do rio Limpopo. O abastecimento de água é assegurado pelo caudal natural do curso de água em época quente e pelo caudal do rio dos Elefantes, que é um dos principais afluentes do rio Limpopo, que faz o reforço através das descargas da Barragem de Massingir na época fria (HICEP, 2003).

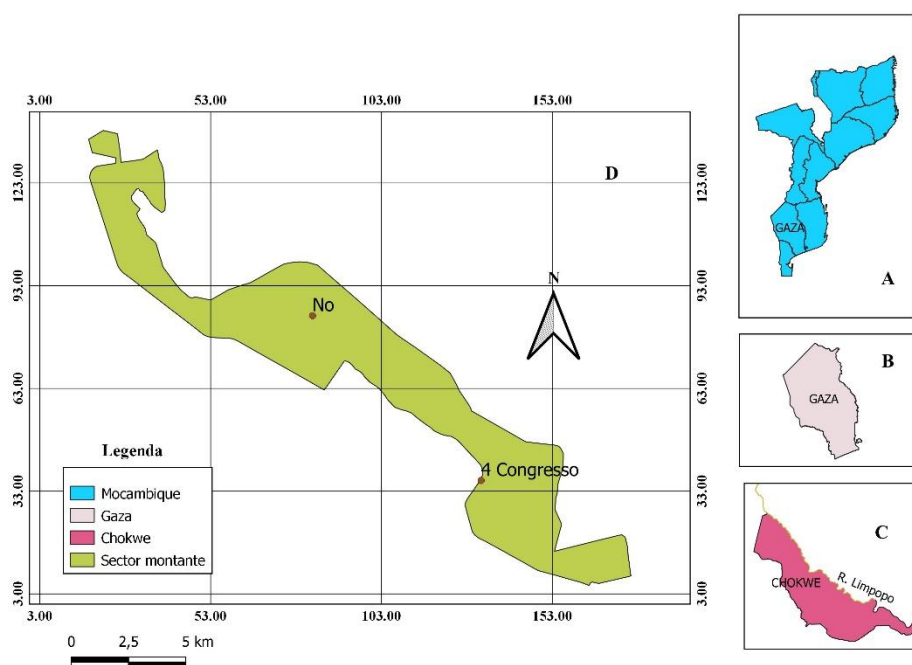


Figura 1: Mapa da localização da área de estudo

- A - Mapa de Moçambique;
- B - Mapa de Província de Gaza;
- C – Mapa da cidade de Chokwe

O estudo foi feito em dois pontos do Sector Montante: Nó e 4º Congresso (em substituição do ponto FIPAG). Optou-se por colecta no ponto 4º Congresso, porque o Fipag não apresentava condições para a realização do estudo.



Figura 2: Pontos de colecta de amostras N6(1) e 4 congresso(2)

3.2.Caracterização de Batimetria do canal principal

Tendo os dados referentes ao período da reabilitação do SRC em 2001(dados disponibilizados pela HICEP) e os de 2016 (dados disponibilizados pelo autor) quando o canal ficou totalmente seco devido á seca severa registada naquele ano. Foi realizada a avaliação do efeito da mudança na batimetria do canal no nível da água, com o objetivo de determinar alterações no perfil do leito e seções transversais do canal e perfis longitudinais e, finalmente, avaliar o volume de sedimentos depositado ou varrido. Os dados batimétricos foram medidos por levantamento em intervalos de 100 m no canal principal usando GPS-Rover, para dois conjuntos de dados (i) 2001- após a reabilitação e (ii) 2016 - durante a ocorrência de seca severa quando todo o SRC estava totalmente seco. Os dados permitiram comparações da batimetria para esses anos. Foram realizadas leituras para as margens leste e oeste, e o leito do canal, incluindo dois pontos intermediários de ambos os lados. O uso do GPS-Rover implicava o registro do posicionamento geográfico de cada estação de leitura, bem como a inclinação longitudinal e as dimensões transversais do canal.

3.3.Caracterização da variação do fluxo hídrico

Com base nos dados disponibilizados pela HICEP e os dados obtidos durante á colecta de amostras (nível de água e a largura), determinou-se o caudal que passa em cada ponto.

Determinou-se também a velocidade de escoamento para cada ponto, usando o molinete da marca OTT C31, devidamente calibrado. Tendo a velocidade de escoamento para cada profundidade, determinou-se a velocidade media para cada semana de coleta.

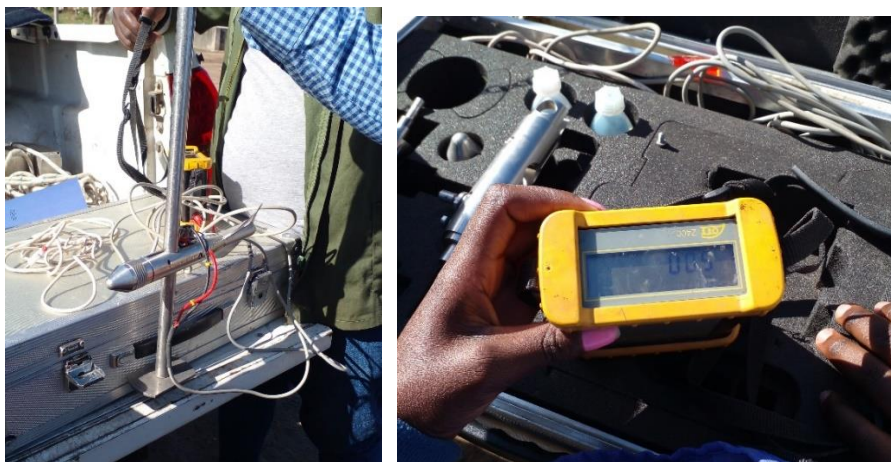


Figura 3: Molinete Hidrométrico OTT C31, Acessório OTT Z400

3.3.1. Parâmetros Geométricos do canal

A forma geométrica do canal principal do Regadio de Chokwe era trapezoidal, mas a sua forma tem se modificado com o passar dos tempos devido os problemas de assoreamento do canal contribuindo desse modo para a variação do fluxo.

3.3.2. Determinação da largura da seção

A largura da seção foi determinada através de medidas diretas no campo com o auxílio da fita métrica.

3.3.3. Parâmetros hidráulicos

Vazão e Velocidade de escoamento

A determinação da vazão do canal foi feita através da equação de continuidade onde fez-se a relação entre a velocidade media e a área de cada ponto para cada semana de coleta.

$$Q = V \times A \quad (4)$$

Para determinação da área usada para o calculo da vazão no ponto N6 usou-se dados já existentes, e para o outro ponto consistiu em medições directas no campo porque não haviam dados da mesma por tratar-se de um novo ponto de colecta no sector Montante do regadio.

3.2.4. Determinação do regime do fluxo hidráulico

O regime do fluxo hidráulico determinou-se através da equação:

$$Re = u \times Rh \nu \quad (5)$$

Onde:

u - velocidade característica (m/s);

Rh - raio hidráulico (m), relação entre a área da secção molhada (A, m²) e o perímetro molhado da mesma (P, m);

v - viscosidade cinemática do fluido, (m²/s).

De acordo com Gonçalves (2017) classificamos o escoamento como:

Escoamento laminar - se $Re < 500$;

Escoamento de transição - se $500 < Re < 2000$;

Escoamento turbulento - se $Re > 2000$.

3.2.5. Determinações Escoamentos fluviais, críticos e torrenciais

Usou-se a seguinte equação para o cálculo do número de Froude:

$$Fr = u \sqrt{g \times h} \quad (6)$$

Sendo:

u - velocidade característica (m/s);

g - aceleração gravítica (m/s²);

h - profundidade hidráulica (m), resulta da equação $h = A/B$ (A, a área da secção transversal, m², B-largura da superfície livre, (m).

Assim, segundo Gonçalves (2017), classificamos o escoamento como:

Escoamento fluvial (lento) - se $Fr < 1$;

Escoamento torrencial (rápido) - se $Fr > 1$;

Escoamento crítico - se $Fr = 1$.

3.3. Determinação da qualidade da água do canal

Fez-se a coleta de água em diferentes profundidades dos 2 pontos Nó e o 4º congresso, num espaçamento de 15 dias, com variação da profundidade de 0-2.4 metros dependendo do nível de água, usando o amostrador Water Trap eijkelkamp, colocadas em garrafas plásticas de 500 ml devidamente etiquetadas. As amostras foram encaminhadas ao laboratório Provincial de Higiene de Água e Alimentos onde foram feitas as análises de pH, CE, Mg²⁺, Ca²⁺, turbidez, TDS e dureza.



Figura 4: Amostrador Water Trap (1) e garrafas 500ml etiquetadas (2)

3.4. Caracterização dos processos físicos-químicos de sedimentos no Sector Montante do Regadio de Chókwè

Foram feitas 3 coletas de amostras sedimentos no fundo do canal usando amostrador de Van Veen eijkelkamp, nos pontos N° 1 e 4º congresso, num espaçamento de 15 dias e colocadas em sacos plásticos devidamente etiquetadas. Obteve-se no total 5 amostras de sedimentos, 3 no ponto N° 1 e 2 no ponto 4º congresso. Fez-se a pesagem, separação e mistura das amostras para obter-se uma e única amostra de sedimento para cada ponto. As análises de sedimentos foram feitas em dois laboratórios nomeadamente: UEM para análise Química (pH, Condutividade Eléctrica (CE), Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e ANE para análise física (Distribuição das Partículas dos Sedimentos (DPS) e os limites de Liquidez e Plasticidade).



Figura 5: Amostrador Van Veen

Tabela 2:Quantidade total de amostras para cada ponto

| Datas de colecta | Pontos de coleta | |
|------------------|------------------|--------------|
| | Nó | 4º congresso |
| 29-06-2021 | 0.220 kg | Sem colecta |
| 15-07-2021 | 2.045 kg | 1.040 kg |
| 10-08-2021 | 2.365 kg | 1.040 kg |

Com base nos dados obtidos da análise química dos sedimentos, determinou-se Percentagem de Sódio Trocável (PST) e a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) usando a seguinte equação:

a) Percentagem de Sódio Trocável

$$PST(\%) = \frac{Na^+}{Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+} \times 100 \% \quad (7)$$

Onde:

Na^+ = teor de sódio, (mmol/l)

Ca^+ = teor de cálcio, (mmol/l)

Mg^+ = teor de magnésio, mmol/l

K^+ = teor de potássio, mmol

b) Razão de adsorção de Sódio

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (8)$$

Onde:

Na^+ - teor de sódio, mmol/l

Ca^+ -teor de cálcio, mmol/l

Mg^+ -teor de magnésio, mmol/l

Com dados obtidos da curva granulometria obteve-se o coeficiente de curvatura e de uniformidade dos sedimentos, usando as seguintes equações:

a) Coeficiente de Uniformidade

$$Cu = \frac{D_{30}}{D_{10}} \quad (9)$$

Onde:

C_u – coeficiente de uniformidade (adimensional);

D_{10} - representa 10% do material passado;

D_{30} - representa 30% do material passado.

b) Coeficiente de curvatura

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (10)$$

Onde:

C_c - coeficiente de curvatura (adimensional);

D_{10} - representa 10% do material passado;

D_{60} - representa 60% do material passado.

3.4.2. Determinação do limite de liquidez e índice de plasticidade

De acordo com os estudos do Federal Highway Administration, o limite de liquidez por ser determinado, conhecido “um só ponto” pela fórmula:

$$LL = h / (1.419 - 0.3 \log n) \quad (11)$$

Onde:

LL – limite de liquidez

h- humidade correspondente a n golpes

O índice de plasticidade é definido como a diferença entre o limite de liquidez e de plasticidade:

$$IP = LL - LP \quad (12)$$

Onde:

IP- índice de plasticidade;

LP – limite de plasticidade.

Segundo Jenkins, os solos poderão ser classificados em: francamente plásticos ($1 < IP < 7$); mediamente plásticos ($7 < IP < 15$) e altamente plásticos ($IP > 15$).

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos com base na análise laboratorial dos sedimentos suspensos, foram analisados usando o XLSTAT 2021 versão Trial, usando o teste ANOVA para verificar a normalidade dos dados a um nível de significância de 5%, e identificar os parâmetros que tiveram mais destaque usando o teste de Tukey. Para os dados de batimetria que não seguem a normalidade, usou-se o teste não paramétrico de Kruskal Wallis,

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização de Batimetria do Sector Montante do Canal Principal

Os gráficos de batimetria foram obtidos através dos dados referentes aos anos 2001 e 2016, para os dois pontos de colecta. As análises batimétricas foram feitas tendo em conta o nível medio das águas do mar (NMAM) e a altura (h) do canal, assim como a distância dos pontos de colecta (d), e Chókwè localiza-se a 33m do nível do mar.

4.1.1. No Ponto Nó

O perfil batimétrico para a Ponte Nó o ano 2001 mostra algumas variações de altimetria nas banquetas esquerda e direita (oriental e ocidental), bem como no fundo do canal no seu ponto central. A 1km (1000 m) do ponto inicial os niveis das duas banquetas estão muito próximos uma da outra, a cerca de 36 m de altura, sucedendo o mesmo a 4.9 km de distância. Ambas as banquetas sofreram alterações de niveis com o passar do tempo, e mostram-se irregulares. Assumindo que na construção do regadio as banquetas tinham nível uniforme e regular, as variações atuais das banquetas sugerem que seus materiais de solo podem ter sido arrastados para dentro do canal principal do regadio, incorporando-se como sedimentos. Uma observação do nível do centro da base do canal é disso uma prova, pois observa-se também nivelção irregular, com alguma acentuação em alguns pontos, como se pode ver a 0.4 km (400 m) do ponto inicial e 5km. A alterações das banquetas contribuem para assoreamentos dos canais a eles próximos, influenciando as alterações dos niveis dos referidos canais.

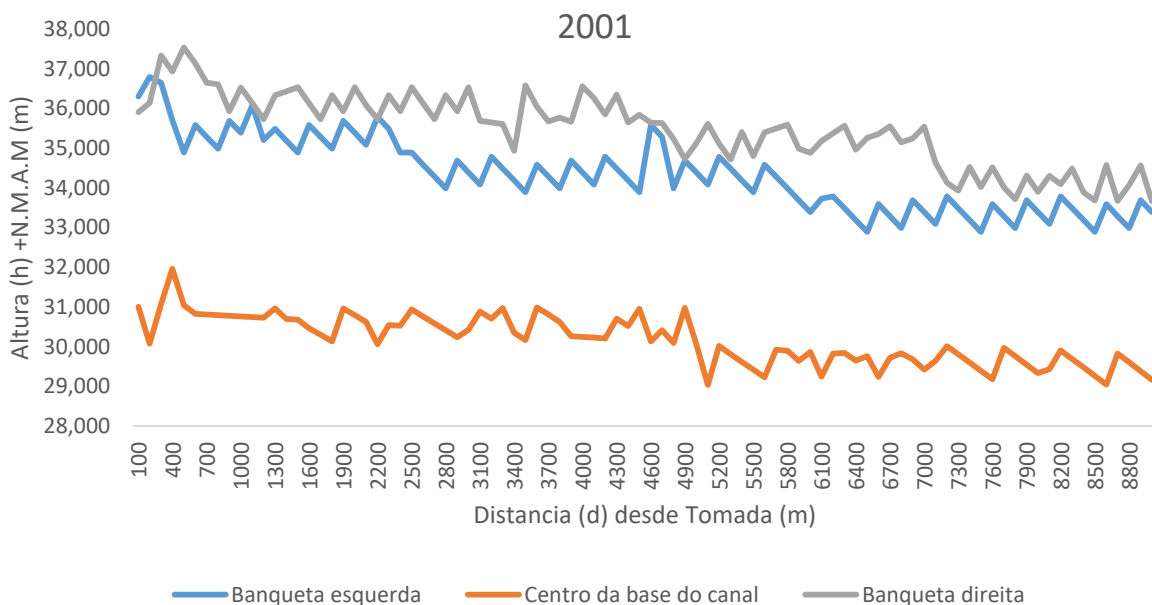


Figura 6: Batimetria do canal principal na ponte Nó em 2001

O perfil batimétrico para o ano 2016, a 1.3- 1.6 km as duas banquetas e o centro base do canal estão muito próximas umas das outras a uma altura de 38 m. É notável que tanto as banquetas assim como o centro base do canal sofreram alteração de níveis com o passar do tempo. Essas alterações são caracterizadas pelo acúmulo de sedimentos e pela erosão. É de salientar que essas variações começam a partir de 37m de altura mostrando desse modo a tendência das banquetas e do centro base estarem mais próximas. O perfil batimétrico de 2016 mostra mais acúmulo de sedimentos comparativamente ao perfil batimétrico de 2001.

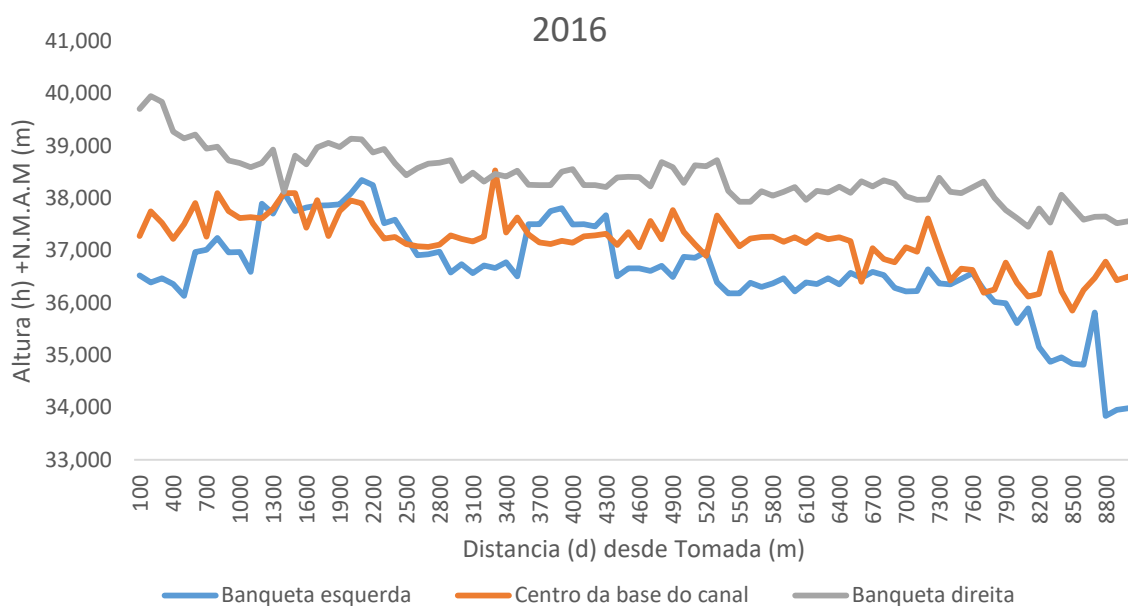


Figura 7: Batimetria do Canal Principal da ponte N6 em 2016

O levantamento batimétrico é fundamental para o conhecimento da morfologia dos mares, rios ou canais, e se associado a estudos sedimentológicos, melhor será a interpretação dos ambientes (Filho et al. 2020). Os Mesmos autores afirmam que os perfis batimétricos produzidos em épocas chuvosas apresentam uma maior influencia da sedimentação, carregada por um maior volume de partículas, principalmente em suspensão, que contribuem na sedimentação. Por outro registro do perfil batimétrico obtido na estação seca reflete um baixo aporte fluvial, ocasionado relevos abruptos e aumento nas profundidades.

4.1.2. Ponto 4º Congresso

O perfil batimétrico para a Ponte 4º Congresso ano 2001 mostra algumas variações de altimetria nas banquetas esquerda e direita (oriental e ocidental), bem como no fundo do canal no seu ponto central. A 1.3 Km de distancia do ponto inicial as banquetas esquerda e direita estão

próximas uma da outra, mostrando o contrario a partir de 1.6-7 km onde as mesmas encontram-se distantes uma da outra. Nota-se uma aproximação a partir de 7. 1km á 8.5 km, estes fenómenos são caracterizados pelas variações acentuadas verificadas ao decorrer do canal. O centro base do canal apresenta uma ligeira aproximação da banqueteta esquerda á 1.6km-3. 1km numa altura de 29m, apresenta também uma nivelção irregular com variações mais acentuadas em alguns pontos, como pode observar-se a 2.8-7.9 km.

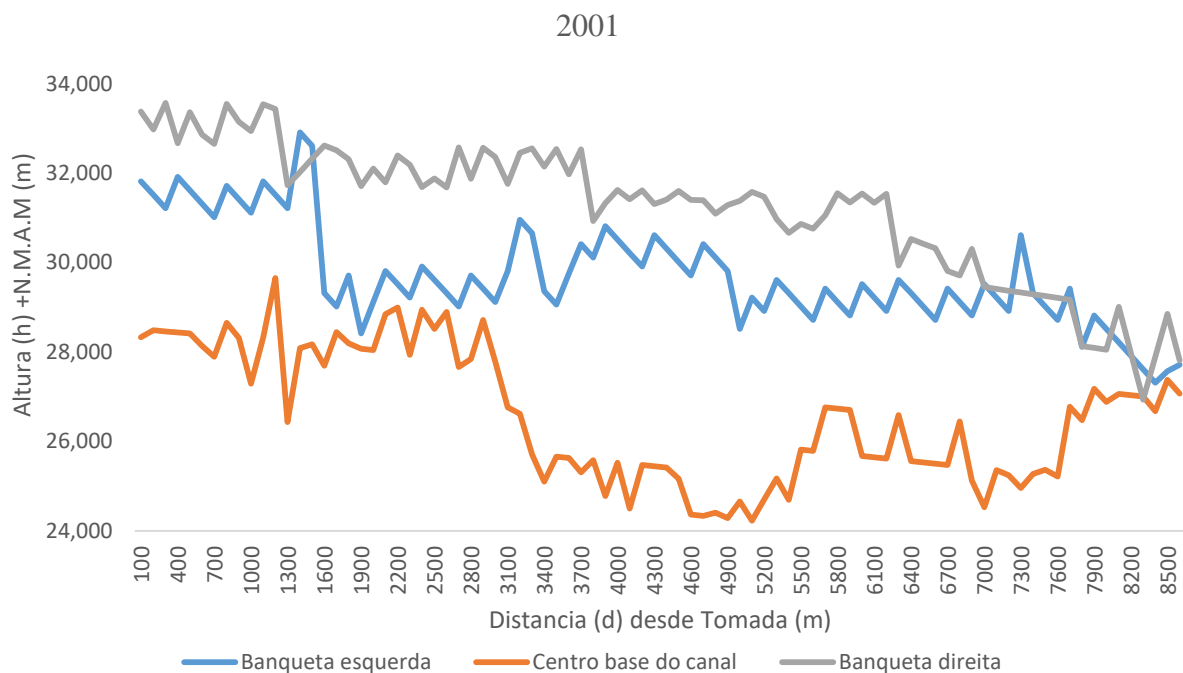


Figura 8: Batimetria do Canal Principal da ponte 4º Congresso em 2001

O perfil batimétrico para o ano 2016, ambas banquetas sofreram alterações de níveis com o decorrer do tempo e mostram varias irregularidades. Na maioria dos pontos estas banquetas estão próximas uma da outra e ligeiramente distantes em alguns pontos (2.8-5.2km). A aproximação é notável á 33-34 metros de altura. O centro base do canal observa-se uma irregularidade na nivelção e alguma acentuação em alguns pontos, como pode-se ver a 0.4 m do ponto inicial e 5.8m.

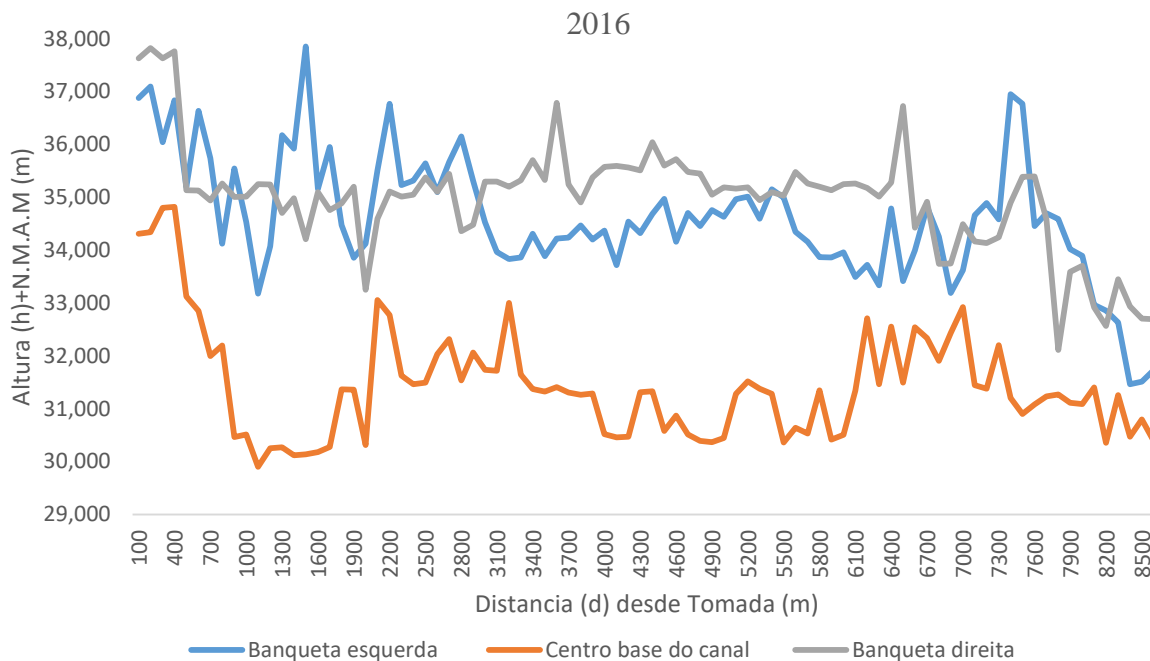


Figura 9: Batimetria do Canal Principal da ponte 4º Congresso em 2016

Baraldo (2018), a interpretação dos dados de batimetria registrados em duas estações climatológicas (chuvosa e seca) indicam que as formas dos relevos estão diretamente associadas a ação das forçantes dos rios ou canais, que ocasionam a variação da forma ao longo do ano.

4.1.3. Comparação de batimetria de 2001 e 2016

A comparação das batimetrias de 2001 e 2016, para os dois pontos de estudo, mostraram ser estatisticamente diferentes, depois de análise estatística baseada no teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Detalhes da análise, encontram-se no anexo nr 20.

4.2. Caracterização da variação do fluxo hídrico

4.2.1. Análise da Velocidade

Obtidos os dados da velocidade, através da medição directa no canal, foram maiores no ponto 2 tendo como máx 23.9 m/s para a primeira coleta e 24.2 m/s para a segunda colecta respectivamente, em relação á velocidade obtida no ponto 1 que teve como máx para a primeira colecta 15.6 m/s e na segunda colecta 16.4 m/s. De realçar que foram feitas apenas 2 medições da velocidade das 3 previstas devido a manutenção do Hidroregulador 2 (remoção da vegetação que impedia a passagem de água).

Com as duas colectas realizadas no sector Montante do regadio, foram obtidos dados de largura, profundidade, velocidade media, vazão, raio hidráulico, coeficiente de Reynolds e

número de Froude para cada e ponto, como apresentados na tabela 2 e 3. Os níveis de água no ponto 1 variavam de 0.7 -2.03metros, tendo na primeira coleta 2.03 m, na segunda colecta 2.25 m e na última colecta 0.7 m e no ponto 2 os níveis de água variavam de 1.3 - 2.6 metros, onde na primeira colecta registou 2.6 m, a segunda 2.7m e a última 1.3m.

Tabela 3: Valores dos parâmetros hidráulicos dos pontos de amostragem

| Pontos | Datas | A(m²) | V(m/s) | Q(m³/s) | Rh(m) | v(m/s) |
|---------------|--------------|-------------------------|---------------|---------------------------|--------------|---------------|
| Nó | 29-06 | 52.046 | 14.75 | 767.6785 | 1.996424 | 0.000001 |
| Nó | 15-07 | 52.046 | 15.3 | 796.3038 | 2.212785 | 0.000001 |
| 4º congresso | 29-06 | 57.62 | 20.16667 | 1162.003 | 1.817288 | 0.000001 |
| 4º congresso | 15-06 | 57.62 | 20.94286 | 1206.727 | 1.887183 | 0.000001 |

Onde: A- área; V- velocidade; Q- caudal; Rh- raio hidráulico; v- viscosidade cinemática.

Como visto na Tabela 3, os valores da Área, caudal e velocidade para o ponto 2 são elevados comparativamente ao ponto 1. Esses valores são uns dos quais determinam o tipo de escoamento existente num determinado ponto.

Um dos factores que contribuiu negativamente para a determinação do tipo de fluxo assim como da profundidade nesse estudo é a presença de vegetação no canal de irrigação. Vitorino (2017) em seu estudo sobre determinação dos tipos de escoamentos, revela que a presença de vegetação no curso de água contribui significativamente para a redução da velocidade assim como da profundidade. O mesmo salienta que essa vegetação contribui para obstrução do fluxo causando um aumento no coeficiente de resistência do mesmo.

Tabela 4:Valores de Reynolds, Froude e parâmetros relacionados

| Pontos | Datas | Re | g(m/s²) | h(m) | Fr | Largura |
|---------------|--------------|-----------|---------------------------|-------------|-----------|----------------|
| Nó | 29-06 | 29447253 | 9.81 | 1.99642 | 3.33297 | 24 |
| Nó | 15-06 | 33855613 | 9.81 | 2.21279 | 3.28388 | 24 |
| 4ºcongresso | 29-06 | 36648640 | 9.81 | 1.81729 | 4.77626 | 23 |
| 4ºcongresso | 15-06 | 39523016 | 9.81 | 1.88718 | 4.86737 | 23 |

Onde: Re- coeficiente de Reynolds; g- aceleração de gravidade; h- profundidade hidráulica; Fr- número de Froude.

A tabela 4 apresenta valores do coeficiente de Reynolds e número de Froude. Com base nesses valores pode afirmar-se que os dois pontos apresentam um escoamento torrencial rápido e um escoamento turbulento.

Gonçalves (2017) relacionou o número de Froude com o coeficiente de Reynolds que resultou em 4 subseqüentes regimes de escoamento: o fluvial -laminar, o fluvial -turbulento, torrencial-laminar e o torrencial – turbulento. Tendo em conta a classificação do autor, para este caso adequa-se melhor o torrencial –turbulento por apresentar valores do $Fr > 500$ e $Re > 2000$.

4.2.2. Determinação da Qualidade de água

Foi feito o teste de ANOVA para todos os parâmetros consoante as datas de coleta e profundidades. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 0.05 de significancia revela que os dados seguem a distribuição normal. As tabelas abaixo ilustram os resultados obtidos com o teste estatístico.

I. Ponto Nó- 1ª Colecta

Tabela 5: Teste de Tukey para comparação das medias do dia 29-06-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | | |
|--------------------------|-------------|--------|---|---|---|
| C.E ($\mu\text{s/cm}$) | 499.167 | A | | | |
| TDS (mg/l) | 249.000 | | B | | |
| Dureza (mg/l) | 42.000 | | | C | |
| Cálcio (mg/l) | 29.833 | | | | D |
| Turbidez (NTU) | 21.862 | | | | E |
| pH | 6.765 | | | | F |
| Magnésio (mg/l) | 3.253 | | | | F |

Ponto Nó – 2ª Colecta

Tabela 6: Teste de Tukey para comparação das medias no dia 15-07-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | | |
|--------------------------|-------------|--------|---|---|---|
| C.E ($\mu\text{s/cm}$) | 491.667 | A | | | |
| TDS (mg/l) | 248.000 | | B | | |
| Dureza (mg/l) | 40.833 | | | C | |
| Turbidez (NTU) | 36.342 | | | C | D |
| Cálcio (mg/l) | 29.000 | | | | D |
| pH | 6.848 | | | | E |
| Magnésio (mg/l) | 3.000 | | | | E |

Ponto Nó - 3ª Colecta

Tabela 7: Teste de Tukey para comparação das medias no dia 10-08-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | |
|-----------------|-------------|--------|---|---|
| C.E (µs/cm) | 522.000 | A | | |
| TDS (mg/l) | 262.000 | | B | |
| Dureza (mg/l) | 45.000 | | | C |
| Turbidez (NTU) | 36.620 | | | D |
| Cálcio (mg/l) | 33.000 | | | D |
| pH | 7.045 | | | E |
| Magnésio (mg/l) | 3.920 | | | E |

A análise estatística usando o teste de Tukey no ponto Nó para comparação das medias revela que a CE e TDS apresentam-se em maior predominancia em relação ao outros parâmetros. Estes dois parametros andam em concordancia porque é sabido que os solidos totais dissolvidos variam consoante a CE. O pH e o Magnésio na primeira colecta apresentou valores baixo estando no grupo F comparando com a segunda e última colecta que estavam no grupo E. A turbidez da primeira colecta encontra-se no grupo E, mas na segunda colecta ela encontra nos grupos C e D, e na ultima colecta estava no grupo D.

4º congresso- 1ª Colecta

Tabela 8: Teste de Tukey para comparação das medias do dia 29-06-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | |
|-----------------|-------------|--------|---|-------|
| C.E (µs/cm) | 451.000 | A | | |
| TDS (mg/l) | 235.400 | | B | |
| Dureza (mg/l) | 38.400 | | | C |
| Cálcio (mg/l) | 29.600 | | | C D |
| Turbidez (NTU) | 24.412 | | | C D E |
| pH | 6.824 | | | D E |
| Magnésio (mg/l) | 2.146 | | | E |

Ponto 4º Congresso- 2ª Colecta

Tabela 9: Teste de Tukey para comparação do dia 15-07-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | |
|----------------|-------------|--------|---|---|
| C.E (µs/cm) | 509.714 | A | | |
| TDS (mg/l) | 255.286 | | B | |
| Turbidez (NTU) | 46.683 | | | C |
| Dureza (mg/l) | 41.714 | | | C |

| | | | |
|-----------------|--------|---|---|
| Cálcio (mg/l) | 29.171 | D | |
| pH | 6.660 | | E |
| Magnésio (mg/l) | 3.497 | | E |

Ponto 4º Congresso- 3ª Colecta

Tabela 10: Análise da diferença entre os parâmetros do dia 10-08-2021

| Category | LS means(Y) | Groups | | |
|-----------------|-------------|--------|---|---|
| C.E (µs/cm) | 522.250 | A | | |
| TDS (mg/l) | 260.750 | | B | |
| Dureza (mg/l) | 43.500 | | | C |
| Cálcio (mg/l) | 32.500 | | | D |
| Turbidez (NTU) | 26.548 | | | D |
| pH | 6.772 | | | E |
| Magnésio (mg/l) | 2.930 | | | E |

Neste ponto os valores de CE e TDS apresentam valores elevados para todas colectas estando no grupo A e B respectivamente. Notou-se que o cálcio para primeira colecta estava no grupo C e D, enquanto que para a segunda e terceira colecta estava somente no grupo D. O mesmo acontece com a turbidez.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores mínimos e máximos do pH foram os seguintes: 6.57 - 7.23 para o ponto Nó e 6.6 - 7.16 para o 4º congresso. Todas as seções apresentaram os valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela Embrapa (2011) ISSN 1980-3958 (6.5-9.5). O teste estatístico feito confirma também que este parâmetro apresenta valores reduzidos para os dois pontos.

Tavares *et al.* (2021) consideram o pH como uma das variáveis ambientais mais importantes, mas também uma das mais difíceis de se interpretar devido à complexidade na interpretação dos valores de pH, pois há muitos fatores que podem influenciá-lo.

Melo *et al.* (2020), concorda com Tavares *et al.* (2021), ao afirmar que o pH é um dos parâmetros importantes e o mesmo salienta que os valores dentro das faixas recomendadas podem colaborar para uma óptima assimilação de nutrientes pela planta.

Condutividade Eléctrica (CE)

A CE apresentou valores que variam de 479 $\mu\text{s}/\text{cm}$ -523 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para o primeiro ponto e 413 - 526 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para o segundo ponto indicando que há maior quantidade de íons dissolvidos na água, comparativamente aos demais parâmetros. O dia 10-08-2021 registou maiores índices de CE comparativamente aos outros dias, isto é, desde do primeiro dia de colecta os níveis de condutividade aumentaram significativamente. Mas segundo as normas estabelecidas pela Embrapa (2011) ISSN 1980-3958 esse parâmetro encontra-se dentro do limite estabelecido para água usada na irrigação.

Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Mínimos e máximos de TDS no presente trabalho foram de 237 e 263 mg/L no ponto Nó, e 220-262 mg/L para o 4º congresso. De acordo com a classificação da água de irrigação pela Embrapa (2011) ISSN 1980-3958 as águas do Sector Montante do Regadio, mostrados no presente estudo apresentam baixo TDS, portanto os testes estatísticos mostram que o TDS apresenta valores elevados comparativamente aos outros parâmetros.

É sabido que o TDS varia consoante a CE, quanto maior for a CE maior será o TDS, Marinho *et al.* (2020) explica em seu estudo que a relação entre Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Elétrica, baseia-se no fato de ambos estarem relacionados com a dispersão de substâncias dissolvidas na água. Os TDS estão relacionados às substâncias em suspensão de natureza orgânica e inorgânica, no caso do presente estudo representadas pelos sedimentos.

Turbidez

Os maiores valores de turbidez foram observados no segundo ponto para segunda coleta, em comparação ao primeiro ponto. O menor valor foi de 13.9 UNT em ponto Nó e o maior valor correspondeu a 77,24 UNT no 4º congresso. Porém, os efeitos mais adversos são observados neste ponto (4º congresso), onde o canal possui maior profundidade, fazendo com que água seja mais turva.

Marinho *et al.* (2020), afirmam que o valor de turbidez tem relação direta com os períodos de chuvas na região, como também, com a profundidade da coluna de água atribuída a vazão do rio ou canal. Segundo os autores períodos com menor quantitativo de chuvas, menores vazões, tendem a diminuir os processos de autodepuração do material particulado em suspensão nas águas e com isso registrar os maiores valores de turbidez.

Dureza Total

Os valores máximos e mínimos de dureza total da área de estudo foram de: 38 mg/l e 46 mg/l para o primeiro ponto e para o segundo ponto 36 mg/l e 46 mg/l. As águas do Sector Montante são classificadas como moles ou brandas, devido aos valores de concentração de carbonato estarem abaixo de 50mg/L (Tavares *et al.*, 2021). Perini (2018) em seu estudo classifica também as águas com um valor de dureza menor que 50 como moles ou brandas.

Cálcio e Magnésio

Para as três coletas de amostras, os valores de Cálcio variaram de 28 mg/l -34 mg/l e 1.95 mg/l -3.92 mg/l para o Magnésio no ponto Nó e os valores de Cálcio variaram de 20 mg/l -42 mg/l e 1.95 mg/l -3.92 mg/l para o Magnésio no ponto 4º congresso. De acordo com Normas da Embrapa (2010) ISSN 1517 -2627 estabelece para o Cálcio um intervalo de 0-20 mg/l e para o Magnésio um intervalo de 0-5 mg/l para água destinada a irrigação. Para os dois pontos de colecta o Cálcio e Magnésio encontra-se dentro dos padrões estabelecidos.

Relação entre a CE e TDS

Análises de relação entre CE e TDS foram feitas para os dois pontos cobertos pelo estudo. O coeficiente de Pearson (R^2) para o ponto Nó foi de 0.0166, enquanto que para o 4º Congresso foi de cerca de 0.6. Isso indica que no Nó, não existe uma relação entre a CE e TDS, ao contrário do que se pode afirmar no 4º Congresso. Para o 4º Congresso o R^2 sugere que a correlação positiva entre as variáveis CE e TDS, resulta de contribuição dos sólidos totais dissolvidos (considerada variável regressora) são explicados pela variação da condutividade elétrica (considerada variável resposta). Na Figura 10 mostram-se os gráficos de regressão em referência. A relação linear observada no gráfico a) discorda com resultados obtidos por alguns autores que referem que a TDS tende sempre a influenciar CE. O facto deste estudo não encontrada constatação similar pode dever-se a diferentes factores, entre eles, o estado da água no momento de amostragem. No 4º Congresso o cenário muda onde o R^2 aproxima-se a 0.6 e concorda com os autores que referem que deve sempre esperar-se existência de uma relação positiva ente CE e TDS. Marinho *et al.* (2020) explica em seu estudo que a relação entre Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Elétrica, baseia-se no fato de ambos estarem relacionados com a concentração de íons dissolvidos presentes nas águas. Por outro lado, de acordo com Monteiro *et al.* (2014), existe uma relação empírica entre a Condutividade Elétrica e a concentração TDS, daí que sempre se pode obter uma equação explicativa da relação.

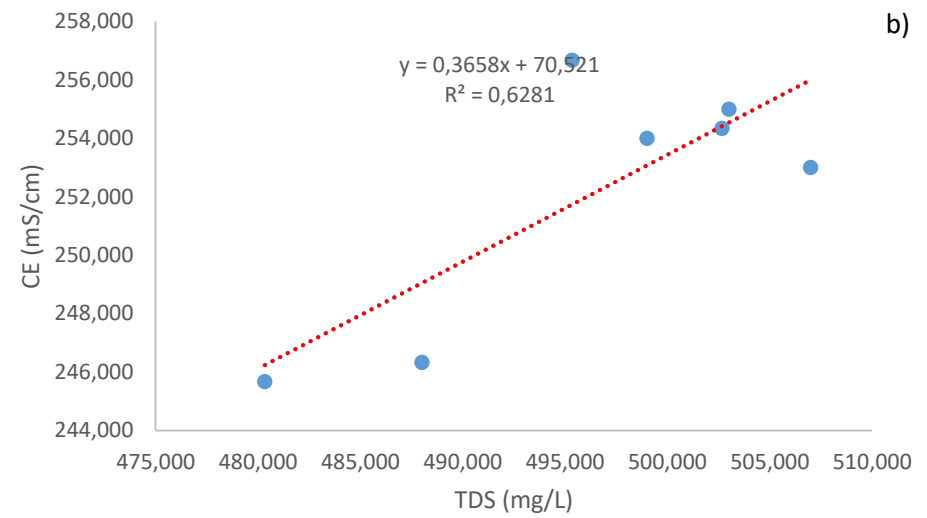
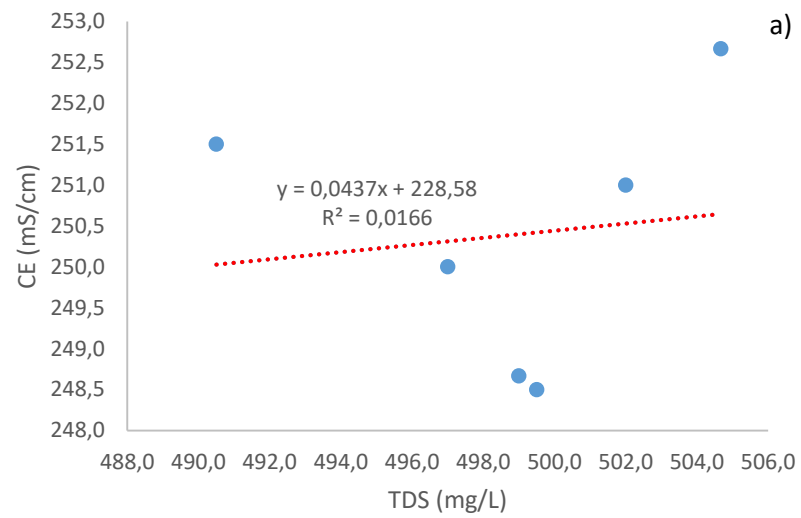


Figura 10: Análise de Correlação Linear para TDS e Dureza nos ponto N6 (a) e 4º Congresso (b).

Relação entre a Dureza, Cálcio e Magnésio

A correlação múltipla para ambos pontos mostra que a relação entre as 3 variáveis é muito baixa para o cálcio, pois o coeficiente de Pearson para o Nó é de $R^2 = 0.2878$ e $R^2 = 0.0579$ e para o 4º congresso $R^2 = 0.445$. O mesmo sucede para magnésio onde R^2 é 0.06 no Nó e 0.03 no 4º Congresso. Os valores do coeficiente de Pearson mostram que ambas variáveis não estão relacionadas, mas vários são autores que confirmam essa relação. Segundo Perini (2018) afirma que a dureza da água reflete a presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cationes de cálcio e de magnésio. Quando o teor de dureza é superior à soma dos carbonatos e bicarbonatos alcalinos, ou seja, causado pela presença de iões de cálcio e magnésio ocorre a precipitação do carbonato de cálcio e/ou carbonato de magnésio, desse modo se os valores de Cálcio e Magnésio forem elevados, contribuem para valores elevados da dureza. Pimentel (2018) concorda com Perini (2018) ao afirmar que a dureza está relacionada com a presença de íons de cálcio e magnésio, e águas com elevada dureza podem causar a redução da formação de espuma e causar incrustações nas tubulações. O facto do presente estudo não ter encontrado resultados que se conformem com os resultados prévios ressalta de vista e pode sugerir que o processo de amostragem da água pode ter sido feito num momento em certos cationes de cálcio e magnésio estejam em proporções diminutas e difíceis de detecção.

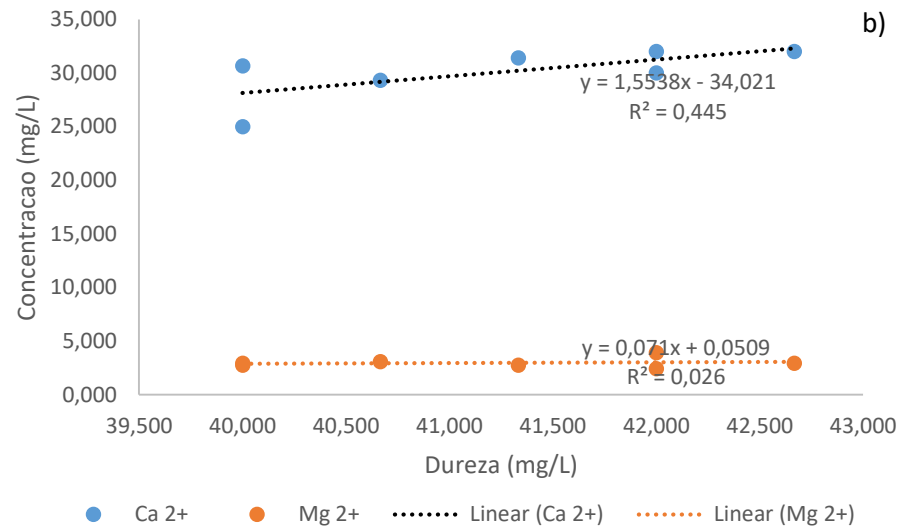
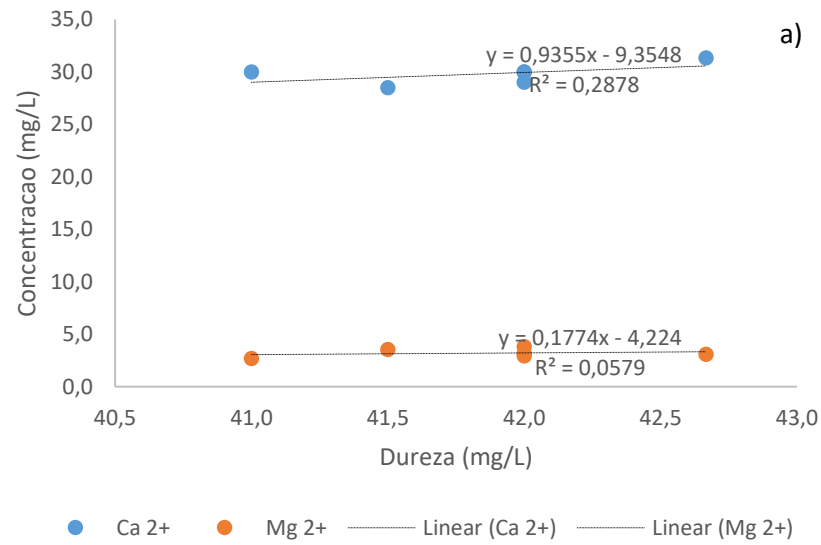


Figura 11: Análise de Correlação Linear para Dureza e Cálcio e Magnésio nos ponto Nó (a) e 4º Congresso (b)

4.3. Caracterização dos processos físicos-químicos de sedimentos no Sector Montante do Regadio de Chókwè

4.3.1. Caracterização física dos Sedimentos

A análise Física dos sedimentos feita (granulometria e Limites) no Laboratório da ANE em Xai-Xai obteve-se o resultado (abaixo ilustrado). A curva granulométrica permitiu a determinação do coeficiente de curvatura e uniformidade para os dois pontos. Para o ponto N6 os valores de CU e CC foi de 7.87 e 0.17 respectivamente, e no ponto 4º congresso os valores de CU e CC foi de 3.31 e 0.18 respectivamente.

Ponto N6-Granulometria

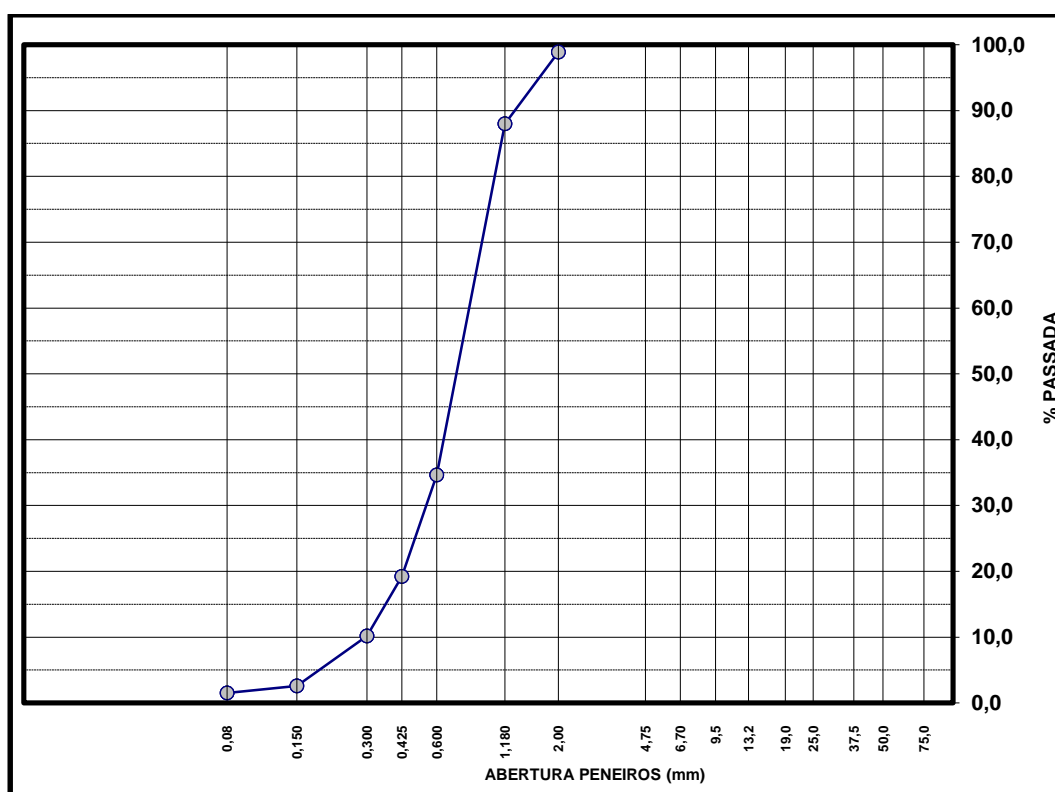


Figura 12: Curva granulométrica do ponto N6

Tabela 11: Resumo de resultados

| | |
|------------------------|--------|
| Limite de liquidez | 47.6% |
| Limite de plasticidade | 20.2 % |
| Índice de plasticidade | 27% |
| Limite de retração | 12 % |

4º Congresso- Granulometria

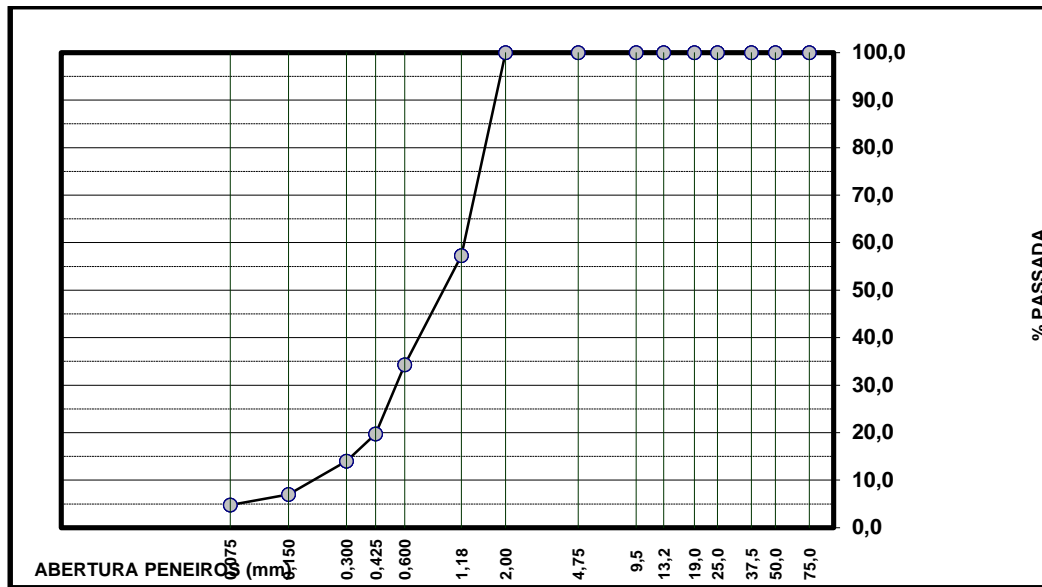


Figura 13: Curva Granulométrica do 4º Congresso

Tabela 12: Resumo de resultados

| | |
|------------------------|---------|
| Limite de liquidez | 22.8 % |
| Limite de plasticidade | 12. 1 % |
| Índice de plasticidade | 10.7 % |
| Limite de retração | 4.0 % |

Ao observar os dados da curva granulométrica podem-se afirmar que os solos para ponto N6 e o ponto 4º Congresso são uniformes, isto é, os solos possuem aproximadamente a mesma dimensão. Os solos de textura uniforme são caracterizados pelo coeficiente de uniformidade (Cu), portanto com os valores obtidos de Cu para ambos pontos classificam o solo como mediantemente uniforme tendo em vista os aspectos observados. Para Amui (2020) pode-se verificar que por meio do tamanho dos grãos (textura) é possível determinar o tipo de sedimento presente no sector do canal em estudo, através dos locais de coleta, entretanto, a determinação de características do canal não se evidencia apenas por meio da granulometria.

Os índices de plasticidade para esses pontos são classificados como mediantemente plásticos encontrando-se no intervalo de $IP > 15$.

4.3.2. Caracterização Química dos Sedimentos

A tabela abaixo ilustra os resultados obtidos na análise química dos sedimentos no laboratório da FAEF. Com base nesses dados determinou-se o PST e RAS para os dois pontos, sendo para o ponto N° 1.11 % de PST e 0.1066 mmol/l para o RAS. No outro ponto o valor de PST foi de 1.126 % e o RAS 0.074 mmol/l.

Tabela 13: Resultados da análise química dos sedimentos

| Pontos | pH | CE($\mu S.cm$) | Mg ²⁺ (<i>meq/100g</i>) | Na ⁺ (<i>meq/100g</i>) | Ca ²⁺ (<i>meq/100g</i>) | K ⁺ (<i>meq/100g</i>) |
|-----------|------|------------------|---|--|---|---------------------------------------|
| N° | 7.55 | 0.012 | 1.20 | 0.50 | 42.80 | 0.46 |
| Congresso | 8.55 | 0.183 | 2 | 0.24 | 18.80 | 0.26 |

pH

O pH para o solo recomendado pela Embrapa (2015) é de 5-9. Deste modo pode se afirmar que os pontos de coleta apresentam níveis aceitáveis para esse parâmetro. Segundo a Embrapa (2015) ISSN 1678-1953, os solos alcalinos apresentam pH maior que 7, e os que apresentam pH 9 são solos que indicam a presença de sódio. Sendo assim pode afirmar-se que os sedimentos do ponto N° e do ponto 4° congresso são alcalinos.

Condutividade Eléctrica

A condutividade eléctrica é presença de sais livres na solução e íons trocáveis nas superfícies de partículas sólidas (Santos, 2020), deste modo afirma-se que a CE se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Embrapa (2015) ISSN 1678-1953. Assim sendo a sua influencia sobre a composição dos sedimentos de fundo é muito baixa.

Cálcio e Magnésio

Consoante os padrões estabelecidos pela Embrapa (2015) ISSN 1678-1953 o cálcio e magnésio encontram-se dentro dos desses padrões, como ilustra a tabela 18.

De acordo com Barbosa (2018), Cálcio e o Magnésio reduzem a sodificação do solo por apresentarem menor raio atômico hidratado que o Sódio e, conseqüentemente, maior força de adsorção. O mesmo autor salienta que Ca é retido no complexo de troca com mais força que o Mg, sendo o cátion predominante na CTC do solo, comparado ao Mg. Dessa forma, quanto

mais cátions de Ca e Mg presente no solo, menor será a adsorção do Na e menor será a sodificação do solo.

Sódio e Potássio

Assim como o pH, a CE, Ca, Mg, o Sódio e potássio encontram-se dentro do limite estabelecido pela Embrapa (2015) ISSN 1678-1953, assim afirma-se que a quantidade desses parâmetros químicos nos sedimentos é muito baixa.

Razão de Adsorção de Sódio

Barbosa (2018) afirma que o baixo teor de sódio no solo (RAS de 0 a 10) apresenta pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação, a RAS calculada para os dois pontos encontra-se nesse intervalo podendo afirmar-se que o mesmo tem uma influencia baixa sobre os sedimentos.

Classificação de água para Irrigação usando RAS e CE

Na classificação de água para irrigação baseando no diagrama da USSL (figura 14), observou-se que todas amostras de água para irrigação são classificadas como C2-S1 (risco de salinidade média, baixo teor de sodicidade).

Segundo Guedes *et al.*, (2016) as águas que apresentam uma concentração menor a 10 meq/L para RAS são consideradas boas para irrigação, pois não apresentam risco de sodicidade para o solo, a classe de água C2-S1 é classificada com um médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade, podendo ser usada para irrigação com pouca probabilidade de o solo apresentar níveis perigosos de sodicidade.

Porcentagem de Sódio Trocável

Os solos são classificados como salino-sódicos quando a PST é maior ou igual a 15%. Os solos com PST mais elevados apresentam também um pH elevado, devido a esse fato, os solos com PST necessitam de uma dose maior de ácido para promover a redução de seu pH para aproximadamente 6,5, enquanto que PST com valores intermediários necessitam de uma dose menor. O PST e o pH são indicadores de grande importância para a avaliação da qualidade do solo (Silva *et al.*, 2020). Para este caso o PST apresenta valores reduzidos, para ambos pontos.

5. CONCLUSÃO

Os perfis batimétricos dos anos 2001 e 2016, para os dois pontos apresentam variação de declividade, o que sugere ser resultado de acúmulo de sedimentos na base central do canal em comparação com as banquetas. No que tange às banquetas, o perfil batimétrico de 2016 para o ponto Nó apresenta declividade e acúmulo de sedimentos na banqueta esquerda, em comparação a 2001.

A variação do fluxo hídrico no sector montante, tanto no ponto Nó, como no ponto 4º Congresso, é classificado como escoamento torrencial rápido e turbulento. Os sedimentos suspensos apresentaram maior índice CE comparando com os de fundo. Os valores de pH, cálcio e magnésio são os parâmetros menos impactantes para os sedimentos de fundo assim como suspensos.

A relação entre CE e TDS foi encontrada nula no Nó (valor do coeficiente de Pearson < 1) e alguma consideração no 4º Congresso (coeficiente de Pearson tende à 1). As análises de relação entre dureza e cálcio e magnésio, mostraram-se muito baixa, o que sugere que cálcio e magnésio não explicam a dureza da água. A granulométrica predominante mostrou-se ser de areia fina e os sedimentos são classificados de mediantemente uniformes. Em geral, o sector montante do SRC, apresenta o maior transporte de material em suspensão e variação do fluxo hídrico no ponto 4º congresso.

6. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a continuação no estudo dos processos de sedimentação e variação do fluxo hídrico no SRC, para posterior criação de pontos de monitoramento de sedimentos e variação do fluxo, pois isso irá contribuir para uma melhor gestão dos sedimentos e melhor funcionamento do regadio.

Também recomenda-se que se repita este estudo tendo em foco a análise da relação entre a CE e a TDS, ao mesmo tempo que se avalie a Dureza da água. À entidade responsável pela gerência do sistema de regadio, recomenda-se a intensificar as actividades de manutenção do regadio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu Neto, J. *et al.* (2019) ‘Caracterização morfológica da plataforma continental de Icapuí utilizando dados batimétricos’, *estudos geológicos*, 29(2), pp. 3–16. doi:[10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v29n2p3-16](https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v29n2p3-16).

Almeida, O.A. de (2010) Qualidade da água de irrigação Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1ª Edição modo de acesso; .http://www.cnpmf.embrapa.com.br/publicacoes livro qualidade de água pdf

Almeida, W.S. de *et al.* (2019) ‘Sediment production and soil water infiltration under different simulated rainfall characteristics’, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(8), pp. 572–578. doi:[10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p572-578](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p572-578).

Amâncio, D.V. *et al.* (2020) ‘Avaliação da descarga sólida em suspensão nas sub-bacias hidrográficas dos rios Capivari e Mortes’, *Sustentare*, 4(1), pp. 36–45. doi:[10.5892/st.v4i1.6163](https://doi.org/10.5892/st.v4i1.6163).

Amui, C. de O. (2020) ‘Análise granulométrica de sedimentos fluviais na bacia do rio das Almas, Goiás’. Available at: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/445> (Accessed: 21 October 2021).

Baraldo, K.B. (2018) ‘Caracterização e comparação dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga, SP) com base nos parâmetros geo-físico-químicos, batimetria e imageamento do fundo’. Available at: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154810> (Accessed: 1 November 2021).

Barbosa, A.M. da S. (2018) ‘Risco de contaminação ambiental em um Latossolo de região úmida devido à aplicação de efluente de esgoto tratado’. Available at: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154164> (Accessed: 26 October 2021).

Baucke, A.S. *et al.* (2020) ‘Análise da descarga sólida do Rio Itajaí do Sul mediante aplicação do método simplificado de Colby’. Available at: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/219276> (Accessed: 22 October 2021).

Castro, F.C., Santos, A.M. dos and Araújo, J.F. (2021) ‘Salinização dos Solos e Práticas Agrícolas na Comunidade Quilombola de Cupira em Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco – Nordeste do Brasil’, *Revista do Departamento de Geografia*, 41, pp. e174478–e174478. doi:[10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.174478](https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.174478).

Chaves, A.D.C.G. *et al.* (2015) ‘Condutividade elétrica, pH e a relação adsorção de sódio nas águas de poços do município de Pombal-PB’, *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(1), p. 06. doi:[10.18378/rvads.v10i1.3222](https://doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3222).

Costa, C.D. de O. *et al.* (2019) ‘Propriedades físicas dos solos de uma sub-bacia hidrográfica sob processo de degradação’, *Revista de Ciências Ambientais*, 13(1), pp. 15–31. doi:[10.18316/rca.v13i1.4889](https://doi.org/10.18316/rca.v13i1.4889).

de Sousa, L.S. *et al.* (2019) ‘Assessment of Water Flow and Sedimentation Processes in Irrigation Schemes for Decision-Support Tool Development: A Case Review for the Chókwè Irrigation Scheme, Mozambique’, *AgriEngineering*, 1(1), pp. 100–118. doi:[10.3390/agriengineering1010008](https://doi.org/10.3390/agriengineering1010008).

Farias Vitorino, C. (2017) ‘Determinação experimental do coeficiente de Manning em trecho do rio Pitimbu, Natal-RN’. Available at: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37013> (Accessed: 22 October 2021).

Fernandes, T.C. (2021) ‘Aporte de sedimentos na estimativa da vida útil de reservatórios hidrelétricos: estudo de caso da UHE Ourinhos’. Available at: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/213634> (Accessed: 22 October 2021).

Filho, L. and Pereira, R. (2020) ‘Variação sazonal da sedimentação e morfologia da plataforma continental interna de Fortaleza/CE’. Available at: <https://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/55010> (Accessed: 1 November 2021).

Gonçalves, G.M.S. (2020) ‘Estimativa da concentração de sedimento em suspensão no canal São Gonçalo a partir de equipamentos acústicos’. Available at: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/7495> (Accessed: 24 October 2021).

Gonçalves, J.A.V. (2017) ‘Caracterização do coeficiente de rugosidade e seu efeito no escoamento em canais naturais: simulação e modelação (à escala) no laboratório de hidráulica: aplicação às ribeiras do Funchal’. Available at: <https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/1542> (Accessed: 22 October 2021).

Grison, M. F. (2009) ‘Florianópolis, (Sc) Dezembro/2009’, p. 71. HICEP, 2003. *Descrição Técnica Do Regadio Do Chókwè*. Chokwe: Hidráulica de Chókwè, EP.

Leopold, L. B., Wolman, M. G. & Miller, J. P., 1964. *Fluvial Process in geomorphology*. San Francisco: s.n.

MAE, M. d. A. E., 2012. *Perfil Do Distrito Do Chókwè Província De Gaza*. 1º ed. s.l.:Ministério da Administração Estatal.

Marinho, E.R. *et al.* (2020) ‘Avaliação da Ação Urbana no Canal Água Cristal em Belém, Pará, um Estudo Sobre Qualidade da Água’, *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(1), pp. 322–335. doi:[10.26848/rbgf.v13.1.p322-335](https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p322-335).

Melo, M.T. de *et al.* (2020) ‘Qualidade da água para a irrigação, a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica - riacho queima pé, tangará da serra/mt’, *Caminhos de Geografia*, 21(76), pp. 16–27. doi:[10.14393/RCG217646064](https://doi.org/10.14393/RCG217646064).

Melo, S.C. de, Araujo Filho, J.C. de and Carvalho, R.M.C.M. de O. (2020) ‘Curvas-chave de descargas de sedimentos em suspensão no Baixo São Francisco.’ doi:[10.26848/rbgf.v13.3.p1248-1262](https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1248-1262).

Monteiro, A.B., Diniz, J.A.O. and Correia Filho, F.L. (2014) Regressão e validação do modelo de correlação entre CE e STD: uma contribuição ao estudo do Aquífero Cabeças Sudeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba – PI. Working Paper. ABAS. Available at: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16707> (Accessed: 15 March 2022).

Peixoto, R. de A.O. *et al.* (2020) ‘Determinação da relação entre vazões líquida e sólida e análise de fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (UPGRH-PN 1)’, *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 25(6), pp. 921–931. doi:[10.1590/s1413-4152202020180137](https://doi.org/10.1590/s1413-4152202020180137).

Pimentel, L.C.A. (2018) ‘Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas do município de Santa Quitéria do Maranhão-Ma’. Available at: <http://rosario.ufma.br:8080/jspui/handle/123456789/3172> (Accessed: 15 March 2022).

Ribeiro, M.J. *et al.* (2017) Comparação de medições com molinete e flowtracker em rios de fundo rochoso: estudo de caso, bacia do rio Piabanha. Working Paper. ABRH. Available at: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22236> (Accessed: 28 October 2021).

Silva, C. and Carlos, P. (2019) ‘Avaliação da qualidade da água para irrigação dos três açudes urbanos do município de Angicos-RN’. Available at: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2360> (Accessed: 24 October 2021).

Silva, T.A. (2021) ‘Uso do solo e sua influência na qualidade da água e produção de sedimentos em reservatórios de abastecimento de água do município de Sorocaba – SP’. Available at: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/202646> (Accessed: 24 October 2021).

Sobral, L. F., Barretto, M. C. d. V., da Silva, A. J. & dos Anjos, J. . L.,(2015) ‘Guia Prático para interpretação de resultados de solo’, 1a Edição ed. Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros-Editoração eletrônica: Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues.[http:// www.embrapa.com.br](http://www.embrapa.com.br)

Tavares, C.C., Sousa, J.B. and Silva, F. da L. (2021) ‘Qualidade da água na bacia hidrográfica do córrego piraputangas, cáceres, mato grosso’, *revista equador*, 10(2), pp. 155–182 <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/12749>

8. ANEXOS

Ponto N6

Tabela 14: Limite de liquidez do ponto N6

| Nº. do Ensaio | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Nº. da Cápsula | 22 | 34 | 33 | 17 |
| P1 | Peso da Cápsula | 21.20 | 20.50 | 20.60 | 20.70 |
| P2 | Peso da Cápsula. + Solo Húmido | 59.17 | 58.21 | 58.36 | 58.67 |
| P3 | Peso da Cápsula. + Solo Seco | 46.56 | 45.89 | 46.27 | 46.79 |
| $P_a = P_2 - P_3$ | Peso da Água | 12.61 | 12.32 | 12.09 | 11.88 |
| $P_s = P_3 - P_1$ | Peso do Solo Seco | 25.36 | 25.39 | 25.67 | 26.09 |
| $H = P_a / P_s \times 100$ | Teor de Humidade | 49.72 | 48.52 | 47.10 | 45.53 |
| | Nº. de Pancadas | 17 | 21 | 28 | 38 |

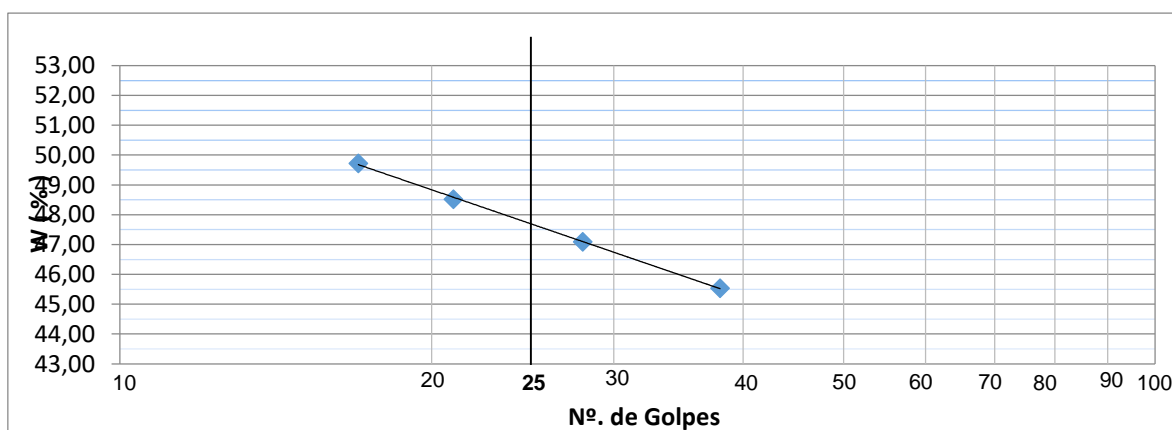


Figura 14: Limite de liquidez

Tabela 15: Limite de Plasticidade

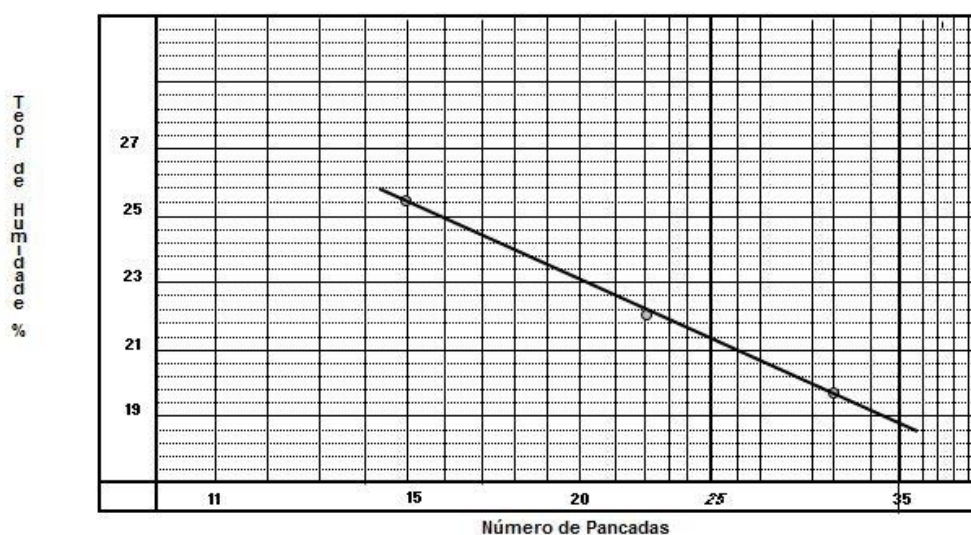
| Nº. do Ensaio | | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | Nº. do Cápsula | 29 | 51 | 53 |
| P1 | Peso de Cápsula | 21.40 | 20.10 | 21.80 |
| P2 | Peso de Cápsula + Solo Húmido | 35.12 | 34.47 | 35.44 |
| P3 | Peso de Cápsula + Solo Seco | 32.82 | 32.05 | 33.16 |
| $P_a = P_2 - P_3$ | Peso da Água | 2.30 | 2.42 | 2.28 |
| $P_s = P_3 - P_1$ | Peso do Solo Seco | 11.42 | 11.95 | 11.36 |
| $H = P_a / P_s \times 100$ | Teor de Humidade | 20.14 | 20.25 | 20.07 |

Tabela 16: Limite de Retração

| Nº do Molde | Nº | A | B |
|----------------------|---------|-------------|-------------|
| Comprimento do Molde | Mm | 150 | 150 |
| Distância Retraída | Mm | 18 | 17 |
| Limite de Retração | % | 12.0 | 11.3 |
| Limite de Retração | Média % | 12 | |

Ponto 4º Congresso**Tabela 17:** Limite de Liquidez

| Nº da Cápsula | Nº | 9 | 8 | F |
|------------------------------------|----|-------|-------|-------|
| Peso Solo Húmido + Cápsula (P0) | gr | 53.60 | 56.60 | 52.50 |
| Peso Solo Seco + Cápsula (P1) | gr | 46.41 | 49.65 | 46.62 |
| Peso da Cápsula (P2) | gr | 18.20 | 18.10 | 18.30 |
| Peso da Água P3 = (P0) - (P1) | gr | 7.19 | 6.95 | 5.88 |
| Peso do Solo Seco P4 = (P1) - (P2) | gr | 28.21 | 31.55 | 28.32 |
| Teor de Humidade W = P3 / P4 x 100 | gr | 25.5 | 22.0 | 20.8 |
| Nº de Pancadas | Nº | 15 | 22 | 30 |

**Figura 15:** Limite de Liquidez

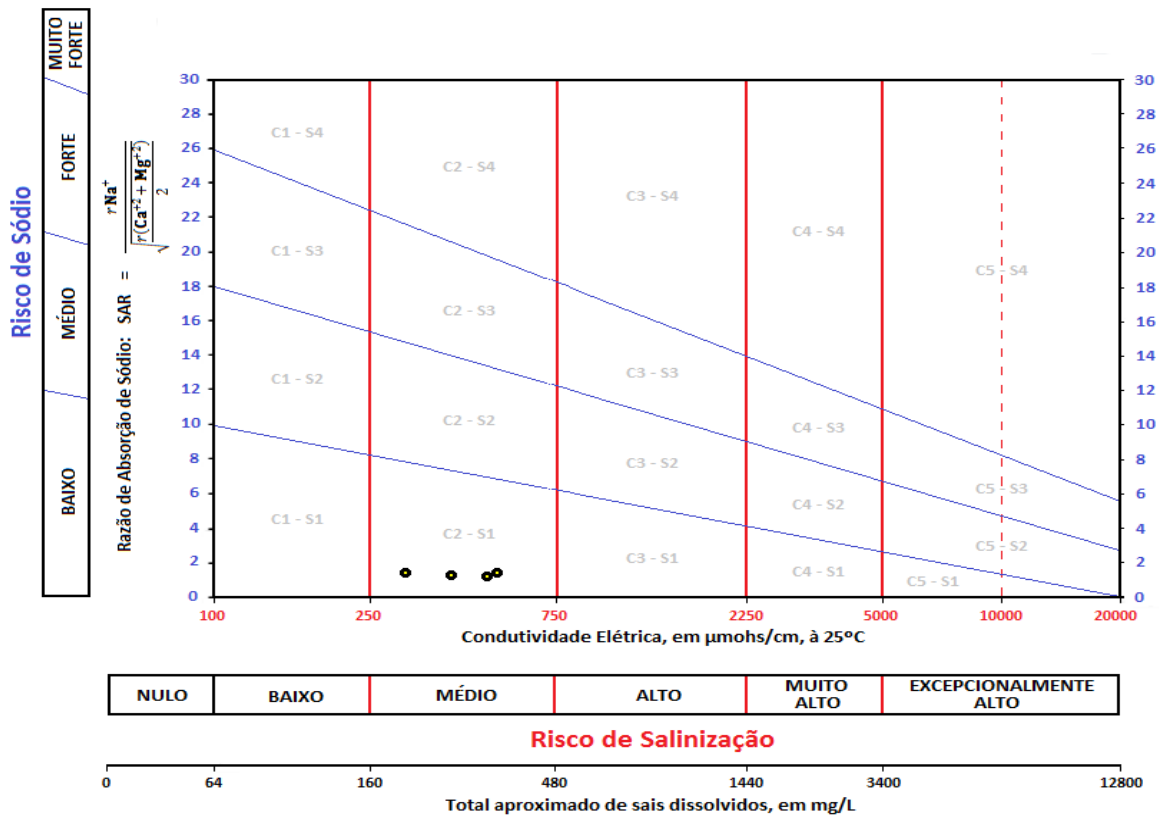


Figura 16: classificação de água para irrigação baseado no diagrama da USSL

Tabela 18: Limite de plasticidade

| | | | |
|-----------------------------------|----|-------|-------|
| Nº cápsula | Nº | 9 | A |
| Peso do solo Húmido +cápsula (P0) | gr | 26.20 | 31.30 |
| Peso solo seco + cápsula (P1) | gr | 26.00 | 28.66 |
| Peso da cápsula (P2) | gr | 7.4 | 7.40 |

Tabela 19: Limite de retração

| | | |
|--------------------------------------|----|--------|
| Nº do molde | Nº | 12 |
| Comprimento do molde (L1) | mm | 149.90 |
| Distancia retraída (L2) | mm | 6.0 |
| Retração linear L.S= (L2)/ (L1)* 100 | % | 4.0 |

Tabela 20: Teste de Kruskal Wallis – teste não paramétrico (valor de Batimetria do ponto NÓ e 4 Congresso)

Hipótese nula H_0 : todas as médias são iguais

Hipótese alternativa H_0 : no mínimo uma média é diferente

| Método | GL | Valor H | Valor-p |
|---------------------------|----|---------|---------|
| Não ajustado para empates | 89 | 89.00 | 0.480 |
| Ajustado para empates | 89 | 89.00 | 0.480 |

A aproximação qui-quadrado pode não ser exata quando some sample sizes are less than 5.

4 congresso

Hipótese nula H_0 : todas as médias são iguais

Hipótese alternativa H_0 : no mínimo uma média é diferente

| Método | GL | Valor H | Valor-p |
|---------------------------|----|---------|---------|
| Não ajustado para empates | 85 | 85.00 | 0.480 |
| Ajustado para empates | 85 | 85.00 | 0.480 |

A aproximação qui-quadrado pode não ser exata quando some sample sizes are less than 5.

BOLETÍN DE ANALISÉ DE ÁGUA

| | |
|--|--|
| Ficha nº 0 m | Registo nº _____ LPHAA/SPS-GZ/2020 |
| Proveniência da amostra: ponte 4º congresso | Data de início da análise 1/7/ 2021 |
| Data da colheita de amostra: 29/6/ 2021 | Data fim da análise 4/7/ 2021 |
| chegada ao laboratório: 01/7/ 2021 | volume da amostra: 1500ml |
| Fonte: _____ Tipo de água: Não tratada | Motivo da colheita: Estudo |
| Entidade requisitante: Nelia D.Rafael | |

| Parâmetros | Resultado | Método | Limite | | Unidades | Tipos de Análises |
|--------------------|-----------|----------------|--------|----------|-----------|---------------------------------|
| | | | Mínimo | Máximo | | |
| PH | 7.16 | Electrométria | 6.5 | 8.5 | - | <i>Físicas e organolepticas</i> |
| Cor | L.corada | Visual | - | Incolor | - | |
| Depósito | presente | Visual | - | Ausente | - | |
| Cond. eléctrica | 449 | Electrométria | 50 | 2000 | µs/cm | |
| Turvação | 19.5 | Nefelométrico | - | 5 | NTU | |
| Temperatura | 21.9 | Electrométria | - | - | °C | |
| Cheiro | Inodoro | Olfactivo | - | Inodoro | - | |
| Sabor | - | Paladar | - | Insípido | - | |
| TDS | 249 | Electrométria | - | 1000 | mg/l | |
| Coliformes totais | >200 | M. filtrante | - | Ausente | ufc/100ml | <i>Microbiológicas</i> |
| Coliformes fecais | 70 | M. filtrante | - | Ausente | ufc/100ml | |
| Nitratos | 0.66 | Colorimétrico | - | 50 | mg/l | <i>Químicas</i> |
| Nitritos | <0,03 | Colorimétrico | - | 3.0 | mg/l | |
| Amoníaco | <0,04 | Colorimétrico | - | 1.5 | mg/l | |
| Dureza total | 40 | Titrimétrico | - | 500 | mg/l | |
| Cloretos | 106.35 | Mohr | - | 250 | mg/l | |
| Cálcio | 30 | Titrimétrico | - | 50 | mg/l | |
| Magnésio | 2.44 | Diferença | - | 50 | mg/l | |
| Sulfatos | 22.7 | Turbidimétrico | - | 250 | mg/l | |
| Ferro total | <0,04 | Colorimétrico | - | 0.3 | mg/l | |
| Alcalinidade total | 18.9 | Titrimétrico | - | 100 | mg/l | |
| Fósforo total | 0.05 | Colorimétrico | - | 1.0 | mg/l | |
| Matéria orgânica | <2,5 | Kübel | - | 2.5 | mg/l | |



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL
Departamento de Engenharia Rural

| NºLab | Referência do Cliente | | | pH _{H2O} (1:2.5) | CE (1:2.5) | Na | K | Ca | Mg |
|-------|-----------------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| | Código | Prof. | Local de colheita | [-] | [mS/cm] | [meq/10 0g] | [meq/100] | [meq/100g] | [meq/100g] |
| 437 | Marrambandjane | | | 7.70 | 0.556 | 0.44 | 0.57 | 25.60 | 1.60 |
| 438 | Conhane | | | 8.17 | 0.259 | 0.23 | 0.21 | 34.00 | 1.60 |
| 439 | Lionde | | | 8.883 | 0.174 | 0.18 | 0.14 | 7.60 | 0.80 |
| 440 | Muianga | | | 8.54 | 0.293 | 0.20 | 0.06 | 18.80 | 2.40 |
| 441 | Nó | | | 7.55 | 0.012 | 0.50 | 0.46 | 42.80 | 1.20 |
| 442 | 4º Congresso | | | 8.55 | 0.183 | 0.24 | 0.26 | 18.80 | 2.00 |

Nota: Devido ao elevado volume de amostras de solos que o Laboratório tem recebido nos últimos tempos, temos a informar aos nossos caros utilizadores, que as amostras serão armazenadas por um período de seis (6) meses a partir da data da entrega dos resultados. Findo este prazo, a FAEF/DER procederá a destruição das mesmas. O favor de contactar a FAEF/DER caso queira que a(s) sua(s) amostras sejam arquivadas por mais tempo.

Relatório elaborado por:

Lab Solos/DER/FAEF

9. APÊNDICES

Tabela 21: Análise de Variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|-----------|-----------------|
| Model | 6 | 1264111.852 | 210685.309 | 21656.242 | < 0.0001 |
| Error | 35 | 340.502 | 9.729 | | |
| Corrected Total | 41 | 1264452.354 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 22: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|------------------------------------|--------|----------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Prof. (m)- Ph | -0.030 | 0.004 | -8.383 | < 0.0001 | -0.038 | -0.023 |
| Prof. (m)-C.E ($\mu\text{s/cm}$) | 0.963 | 0.004 | 265.052 | < 0.0001 | 0.955 | 0.970 |
| Prof.(m)-Cálcio (mg/l) | 0.016 | 0.004 | 4.427 | < 0.0001 | 0.009 | 0.023 |
| Prof. (m)-Dureza (mg/l) | 0.041 | 0.004 | 11.183 | < 0.0001 | 0.033 | 0.048 |
| Prof. (m)-Magnésio (mg/l) | -0.038 | 0.004 | -10.333 | < 0.0001 | -0.045 | -0.030 |
| Prof. (m)-TDS (mg/l) | 0.458 | 0.004 | 126.132 | < 0.0001 | 0.451 | 0.465 |
| Prof. (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 23: Análise de variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|----------|-----------------|
| Model | 6 | 1215145.924 | 202524.321 | 6182.322 | < 0.0001 |
| Error | 35 | 1146.552 | 32.759 | | |
| Corrected Total | 41 | 1216292.475 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 24: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|--|--------|----------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Profundidades (m)- Ph | -0.061 | 0.007 | -8.925 | < 0.0001 | -0.074 | -0.047 |
| Profundidades (m)-C.E ($\mu\text{s/cm}$) | 0.936 | 0.007 | 137.791 | < 0.0001 | 0.922 | 0.950 |
| Profundidades (m)-Calcio (mg/l) | -0.015 | 0.007 | -2.222 | 0.033 | -0.029 | -0.001 |
| Profundidades (m)-Dureza (mg/l) | 0.009 | 0.007 | 1.359 | 0.183 | -0.005 | 0.023 |
| Profundidades (m)-Magnesio (mg/l) | -0.069 | 0.007 | -10.090 | < 0.0001 | -0.082 | -0.055 |
| Profundidades (m)-TDS (mg/l) | 0.435 | 0.007 | 64.052 | < 0.0001 | 0.421 | 0.449 |
| Profundidades (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 25: Análise de variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|-----------|-----------------|
| Model | 6 | 454911.796 | 75818.633 | 33029.348 | < 0.0001 |
| Error | 7 | 16.068 | 2.295 | | |
| Corrected Total | 13 | 454927.865 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 26: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|-----------------------------------|--------|----------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Profundidades (m)- Ph | -0.057 | 0.003 | -19.520 | < 0.0001 | -0.064 | -0.050 |
| Profundidades (m)-C.E (µs/cm) | 0.942 | 0.003 | 320.364 | < 0.0001 | 0.935 | 0.949 |
| Profundidades (m)-Cálcio (mg/l) | -0.007 | 0.003 | -2.389 | 0.048 | -0.014 | 0.000 |
| Profundidades (m)-Dureza (mg/l) | 0.016 | 0.003 | 5.531 | 0.001 | 0.009 | 0.023 |
| Profundidades (m)-Magnésio (mg/l) | -0.063 | 0.003 | -21.583 | < 0.0001 | -0.070 | -0.057 |
| Profundidades (m)-TDS (mg/l) | 0.438 | 0.003 | 148.757 | < 0.0001 | 0.431 | 0.444 |
| Profundidades (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 27: Análise de variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|---------|-----------------|
| Model | 6 | 865773.933 | 144295.656 | 821.278 | < 0.0001 |
| Error | 28 | 4919.499 | 175.696 | | |
| Corrected Total | 34 | 870693.432 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 28: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|-----------------------------------|-------|----------------|--------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Profundidades (m)- Ph | 0.039 | 0.019 | -2.098 | 0.045 | -0.077 | -0.001 |
| Profundidades (m)-C.E (µs/cm) | 0.946 | 0.019 | 50.886 | < 0.0001 | 0.908 | 0.985 |
| Profundidades (m)-Cálcio (mg/l) | 0.012 | 0.019 | 0.619 | 0.541 | -0.027 | 0.050 |
| Profundidades (m)-Dureza (mg/l) | 0.031 | 0.019 | 1.669 | 0.106 | -0.007 | 0.069 |
| Profundidades (m)-Magnésio (mg/l) | 0.049 | 0.019 | -2.656 | 0.013 | -0.087 | -0.011 |
| Profundidades (m)-TDS (mg/l) | 0.468 | 0.019 | 25.168 | < 0.0001 | 0.430 | 0.506 |
| Profundidades (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 29: Análise de variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|----------|-------------------|
| Model | 6 | 1511685.442 | 251947.574 | 5421.641 | <0.0001 |
| Error | 42 | 1951.770 | 46.471 | | |
| Corrected Total | 48 | 1513637.213 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 30: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|-----------------------------------|--------|----------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Profundidades (m)- Ph | -0.080 | 0.007 | -10.984 | <0.0001 | -0.094 | -0.065 |
| Profundidades (m)-C.E (µs/cm) | 0.922 | 0.007 | 127.073 | <0.0001 | 0.907 | 0.937 |
| Profundidades (m)-Cálcio (mg/l) | -0.035 | 0.007 | -4.806 | <0.0001 | -0.050 | -0.020 |
| Profundidades (m)-Dureza (mg/l) | -0.010 | 0.007 | -1.364 | 0.180 | -0.025 | 0.005 |
| Profundidades (m)-Magnésio (mg/l) | -0.086 | 0.007 | -11.852 | <0.0001 | -0.101 | -0.071 |
| Profundidades (m)-TDS (mg/l) | 0.415 | 0.007 | 57.249 | <0.0001 | 0.401 | 0.430 |
| Profundidades (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 31: Análise de variância

| Source | DF | Sum of squares | Mean squares | F | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|--------------|-----------|-------------------|
| Model | 6 | 919789.064 | 153298.177 | 21562.983 | <0.0001 |
| Error | 21 | 149.296 | 7.109 | | |
| Corrected Total | 27 | 919938.360 | | | |

Computed against model $Y=Mean(Y)$

Tabela 32: Coeficientes padronizados

| Source | Value | Standard error | t | Pr > t | Lower bound (95%) | Upper bound (95%) |
|---------------------------------|--------|----------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Profundidades (m)- Ph | -0.038 | 0.004 | -10.489 | <0.0001 | -0.046 | -0.031 |
| Profundidades (m)-C.E (µs/cm) | 0.957 | 0.004 | 262.919 | <0.0001 | 0.949 | 0.965 |
| Profundidades (m)-Cálcio (mg/l) | 0.011 | 0.004 | 3.157 | 0.005 | 0.004 | 0.019 |
| Profundidades (m)-Dureza (mg/l) | 0.033 | 0.004 | 8.992 | <0.0001 | 0.025 | 0.040 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|---------|---------|--------|--------|
| Profundidades (m)-Magnésio (mg/l) | -0.046 | 0.004 | -12.527 | <0.0001 | -0.053 | -0.038 |
| Profundidades (m)-TDS (mg/l) | 0.452 | 0.004 | 124.220 | <0.0001 | 0.445 | 0.460 |
| Profundidades (m)-Turbidez (NTU) | 0.000 | 0.000 | | | | |

Tabela 33:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6

| Prof. (m) / Tukey (HSD) | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------|-------------|
| Contrast | Difference | Standardized difference | Critical value | Pr > Diff | Significant |
| C.E (µs/cm) vs Magnésio (mg/l) | 495.913 | 275.385 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Ph | 492.402 | 273.435 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Turbidez (NTU) | 477.305 | 265.052 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Cálcio (mg/l) | 469.333 | 260.625 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Dureza (mg/l) | 457.167 | 253.869 | 3.126 | <0.0001 | |
| C.E (µs/cm) vs TDS (mg/l) | 250.167 | 138.920 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 245.747 | 136.465 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Ph | 242.235 | 134.515 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 227.138 | 126.132 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 219.167 | 121.705 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Dureza (mg/l) | 207.000 | 114.949 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 38.747 | 21.516 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Ph | 35.235 | 19.566 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 20.138 | 11.183 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 12.167 | 6.756 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 26.580 | 14.760 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Ph | 23.068 | 12.810 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 7.972 | 4.427 | 3.126 | 0.002 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Magnésio (mg/l) | 18.608 | 10.333 | 3.126 | <0.0001 | |
| Turbidez (NTU) vs Ph | 15.097 | 8.383 | 3.126 | <0.0001 | Yes |
| pH vs Magnésio (mg/l) | 3.512 | 1.950 | 3.126 | 0.463 | No |
| Tukey's d critical value: | | | 4.421 | | |

Tabela 34:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6

Tabela 35:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no ponto N6

| Contrast | Difference | Standardized difference | Critical value | Pr > Diff | Significant |
|--------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------|-------------|
| C.E (µs/cm) vs Magnésio (mg/l) | 518.080 | 341.947 | 3.964 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Ph | 514.955 | 339.884 | 3.964 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Cálcio (mg/l) | 489.000 | 322.753 | 3.964 | <0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Turbidez (NTU) | 485.380 | 320.364 | 3.964 | <0.0001 | Yes |

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|-------|-----------------|-----|
| C.E (µs/cm) vs Dureza (mg/l) | 477.000 | 314.833 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs TDS (mg/l) | 260.000 | 171.607 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 258.080 | 170.340 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Ph | 254.955 | 168.277 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 229.000 | 151.146 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 225.380 | 148.757 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Dureza (mg/l) | 217.000 | 143.226 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 41.080 | 27.114 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Ph | 37.955 | 25.051 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 12.000 | 7.920 | 3.964 | 0.001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 8.380 | 5.531 | 3.964 | 0.009 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Magnésio (mg/l) | 32.700 | 21.583 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Ph | 29.575 | 19.520 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Cálcio (mg/l) | 3.620 | 2.389 | 3.964 | 0.322 | No |
| Cálcio (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 29.080 | 19.194 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Ph | 25.955 | 17.131 | 3.964 | < 0.0001 | Yes |
| pH vs Magnésio (mg/l) | 3.125 | 2.063 | 3.964 | 0.456 | No |
| Tukey's d critical value: | | | 5.606 | | |

Tabela 36:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso

| Profundidades (m) / Tukey (HSD) | | | | | |
|--|------------|-------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| Contrast | Difference | Standardized difference | Critical value | Pr > Diff | Significant |
| C.E (µs/cm) vs Magnésio (mg/l) | 448.854 | 53.542 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Ph | 444.176 | 52.984 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Turbidez (NTU) | 426.588 | 50.886 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Cálcio (mg/l) | 421.400 | 50.267 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Dureza (mg/l) | 412.600 | 49.217 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs TDS (mg/l) | 215.600 | 25.718 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 233.254 | 27.824 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Ph | 228.576 | 27.266 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 210.988 | 25.168 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 205.800 | 24.549 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Dureza (mg/l) | 197.000 | 23.499 | 3.172 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 36.254 | 4.325 | 3.172 | 0.003 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Ph | 31.576 | 3.767 | 3.172 | 0.012 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 13.988 | 1.669 | 3.172 | 0.641 | No |
| Dureza (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 8.800 | 1.050 | 3.172 | 0.937 | No |
| Cálcio (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 27.454 | 3.275 | 3.172 | 0.040 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Ph | 22.776 | 2.717 | 3.172 | 0.131 | No |
| Cálcio (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 5.188 | 0.619 | 3.172 | 0.996 | No |
| Turbidez (NTU) vs Magnésio (mg/l) | 22.266 | 2.656 | 3.172 | 0.148 | No |
| Turbidez (NTU) vs Ph | 17.588 | 2.098 | 3.172 | 0.381 | No |
| pH vs Magnésio (mg/l) | 4.678 | 0.558 | 3.172 | 0.998 | No |

Tukey's d critical value:

4.486

Tabela 37:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso

| Contrast | Difference | Standardized difference | Critical value | Pr > Diff | Significant |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| C.E (µs/cm) vs Magnésio (mg/l) | 506.217 | 138.925 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Ph | 503.054 | 138.057 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Cálcio (mg/l) | 480.543 | 131.879 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Dureza (mg/l) | 468.000 | 128.437 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Turbidez (NTU) | 463.031 | 127.073 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs TDS (mg/l) | 254.429 | 69.825 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 251.789 | 69.100 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Ph | 248.626 | 68.232 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 226.114 | 62.054 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Dureza (mg/l) | 213.571 | 58.612 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 208.603 | 57.249 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Magnésio (mg/l) | 43.186 | 11.852 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Ph | 40.023 | 10.984 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Cálcio (mg/l) | 17.511 | 4.806 | 3.096 | 0.000 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs Dureza (mg/l) | 4.969 | 1.364 | 3.096 | 0.817 | No |
| Dureza (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 38.217 | 10.488 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Ph | 35.054 | 9.620 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 12.543 | 3.442 | 3.096 | 0.021 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 25.674 | 7.046 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Ph | 22.511 | 6.178 | 3.096 | < 0.0001 | Yes |
| pH vs Magnésio (mg/l) | 3.163 | 0.868 | 3.096 | 0.975 | No |
| Tukey's d critical value: | | | 4.378 | | |

Tabela 38:Resumo de todas as comparações entre pares para profundidade no congresso

| Contrast | Difference | Standardized difference | Critical value | Pr > Diff | Significant |
|----------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| C.E (µs/cm) vs Magnésio (mg/l) | 519.320 | 275.446 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Ph | 515.478 | 273.408 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Turbidez (NTU) | 495.703 | 262.919 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Cálcio (mg/l) | 489.750 | 259.762 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs Dureza (mg/l) | 478.750 | 253.927 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| C.E (µs/cm) vs TDS (mg/l) | 261.500 | 138.699 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 257.820 | 136.747 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs pH | 253.978 | 134.709 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 234.203 | 124.220 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 228.250 | 121.063 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| TDS (mg/l) vs Dureza (mg/l) | 217.250 | 115.229 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 40.570 | 21.518 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs pH | 36.728 | 19.480 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 16.952 | 8.992 | 3.251 | < 0.0001 | Yes |
| Dureza (mg/l) vs Cálcio (mg/l) | 11.000 | 5.834 | 3.251 | 0.000 | Yes |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|---------|-----|
| Cálcio (mg/l) vs Magnésio (mg/l) | 29.570 | 15.684 | 3.251 | <0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs pH | 25.728 | 13.646 | 3.251 | <0.0001 | Yes |
| Cálcio (mg/l) vs Turbidez (NTU) | 5.952 | 3.157 | 3.251 | 0.061 | No |
| Turbidez (NTU) vs Magnésio (mg/l) | 23.618 | 12.527 | 3.251 | <0.0001 | Yes |
| Turbidez (NTU) vs pH | 19.775 | 10.489 | 3.251 | <0.0001 | Yes |
| pH vs Magnésio (mg/l) | 3.842 | 2.038 | 3.251 | 0.422 | No |
| Tukey's d critical value: | | | 4.597 | | |



Figura 17: Outros equipamentos usados na colecta de amostras



Figura 18: Método de Electrometria (CE e temperatura); Nefelométrico(turbidez) e Titrimétrico(dureza total)



Figura 19: Níveis de água do ponto Nó no dia da limpeza do Hidroregulador 2