



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
FACULDADE DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

**Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no
Nó e Ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo**

Monografia Científica submetida a Divisão de Agricultura como requisito para a obtenção do
grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor: Júlio Adalberto Matsimbe

Tutor: Eng.º Agostinho Cardoso Hlavanguane, Msc

Co-tutor: Eng.º Paulo Sérgio Lourenço Saveca, Msc

Lionde, Março de 2022



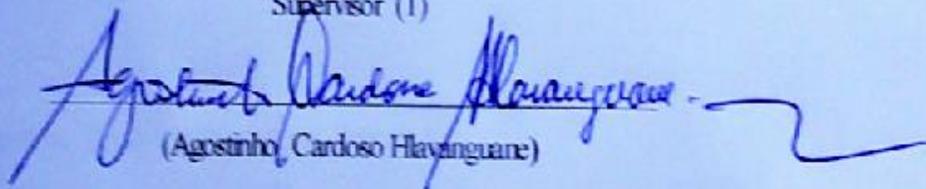
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia científica sobre "Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no Nó e Porte FIPAG) do regadio de Chókwé e o seu efeito no solo" apresentado ao curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para fim das actividades de investigação no âmbito do trabalho de culminação do curso em forma de monografia científica.

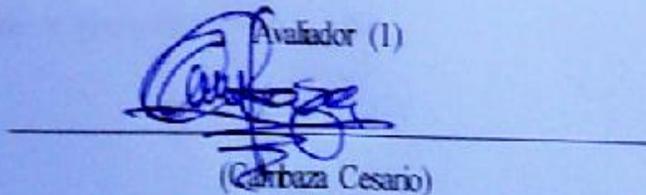
Monografia científica defendida e aprovada no dia 15 de Março de 2022.

Juri

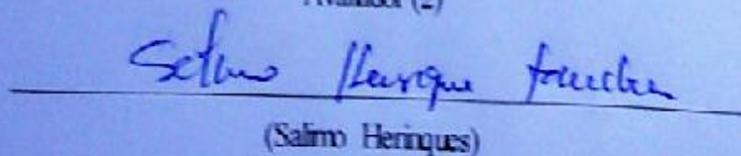
Supervisor (1)


(Agostinho Cardoso Hlavanguane)

Avaliador (1)


(Caribaza Cesario)

Avaliador (2)


(Salmo Henrique)



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA

Monografia de investigação sobre Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no Nó e Ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo apresentado ao curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Tutor: Eng.º Agostinho Cardoso Hlavanguane, Msc

Co-tutor: Eng.º Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

Lionde, Março de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Declaração

Declaro por minha honra que esta monografia científica de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, 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, 29 de Março de 2022

Júlio Adalberto Matsimbe

(Júlio Adalberto Matsimbe)

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% - Percentagem

Al- Alumínio

Ca- Cálcio

cm- centímetro

C.E. - Condutividade Eléctrica;

$\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$ - Centimol de carga por decímetro cúbico

CEa - Condutividade eléctrica da água

Cl- Cloro

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CTC- Capacidade de Troca de Cátions

C1- Classe 1 de salinidade de água

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAEF - Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

FIPAG – Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água

HICEP- Hidraulica de Chókwè Empresa Pública

INIA – Instituto Nacional de Investigação Agrária

IIAM- Instituto de Investigação Agraria de Moçambique

ISPG - Instituto Superior Politécnico de Gaza;

Kg - Quilograma

LNHAA- Laboratório Nacional de Higiene de Alimentos e Água;

meq/l - Mil equivalente por litro;

mg/l - Miligrama por litro;

mS/cm – Milisiemens por centímetro

Mg- Magnésio

N- Nitrogénio

P- Fósforo

PST – Porcentagem de sódio trocável;

pH - Potencial de Hidrogénio;

SB – Soma de bases

TSD –Total de Sais Dissolvidos;

Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no Nó e Ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo

RAS- Razão de adsorção de sódio

$\mu\text{S}/\text{cm}$ - Micro Siemens por centímetro

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, paz e discernimento nos momentos mais difíceis;

Aos meus pais, Adalberto Matsimbe e Flora Muchate, a minha tia Beatriz Muchate pelo apoio incondicional e pela confiança demonstrada ao longo da minha formação pessoal e profissional;

A HICEP e ao Eng. Nelson pela ajuda na recolha das amostras;

Aos orientadores, Engenheiro Agostinho Cardoso Hlavanguane, Msc e Engenheiro Paulo Lourenço Saveca, Msc, pela disponibilidade em me orientar, por suas contribuições teóricas, pela paciência e credibilidade a quem me foi concebida;

Ao Instituto Superior Politécnico Superior de Gaza;

Aos docentes do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural: eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este sonho tão especial.

Ao meu irmão Alexandre, meus primos Mellos, Vasco e Lavínia e minha avó Evelina pelo apoio e carinho.

Aos meus amigos e colegas em especial ao Larcer Mucavel, Adelino Zunguza e Shelton Ngoca que também estão juntos comigo realizando esse sonho, pelas ótimas histórias vividas e longas conversas nos corredores da faculdade, pela amizade e por tornar a vida académica mais divertida.

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha mãe Flora Muchate e tia Beatriz Muchate, que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para que fosse possível a concretização deste trabalho. Ao meu pai (em memória), que por onde quer que esteja tenho a certeza que está com orgulho de mim.

ÍNDICE

Declaração	i
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	ii
AGRADECIMENTOS	iv
DEDICATÓRIA	v
ÍNDICE DE TABELAS	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos	3
1.1.1. Geral.....	3
1.1.2. Específicos.....	3
1.2. Problema e justificação	4
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Usos da água e requisitos de qualidade	5
2.2. Indicadores de qualidade água para irrigação	5
2.2.1. Indicadores físicos de qualidade da água para irrigação	6
2.2.2. Condutividade eléctrica.....	6
2.2.3. Turbidez.....	6
2.3. Indicadores químicos de qualidade da água para irrigação	7
2.3.1. pH (potencial hidrogênico)	7
2.3.2. Cálcio e magnésio	7
2.3.3. Cloretos	8
2.3.4. Fósforo	8
2.3.5. Nitrogénio.....	8

2.3.6.	TSD	9
2.4.	Diretrizes para a Interpretação dos Indicadores de Qualidade de Água de Irrigação	9
2.5.	Critérios usados na classificação da qualidade da água de irrigação	9
2.5.1.	Salinidade	10
2.5.2.	Efeito de salinidade na irrigação.....	10
2.5.3.	Infiltração	10
2.5.4.	Toxicidade	11
2.5.5.	Problemas relacionados com a qualidade de água	11
2.6.	Classificação de água de irrigação segundo modelo de Richard (1954)	11
	Quanto ao risco de salinidade	11
2.7.	Atributos do solo	12
2.7.1.1.	Textura.....	13
2.7.1.2.	Condutividade eléctrica	14
2.7.2.	Atributos químicos	14
2.7.2.1.	Capacidade de Troca de Cations (CTC)	15
2.7.2.2.	Acidez potencial ou total ($H^+ + Al^{3+}$).....	15
2.7.2.3.	pH do solo (Acidez activa)	15
2.7.2.4.	Nitrogénio (N).....	16
2.7.2.5.	Fósforo (P)	16
2.7.2.6.	Potássio (K).....	17
2.7.2.7.	Cálcio (Ca).....	18
2.7.2.8.	Magnésio (Mg).....	18
2.7.2.9.	Sódio (Na).....	18
III.	METODOLOGIA.....	20
3.1.	Descrição da área de estudo	20

3.2.	Amostragem de água	21
3.2.1.	Colecta, armazenamento e identificação da amostra de água	21
3.2.2.	Transporte da amostra de água	22
3.3.	Análise físico-química de água	22
3.4.	Amostragem de solo	23
3.4.1.	Colecta, armazenamento e identificação da amostra do solo	23
3.4.2.	Transporte da amostra do solo	23
3.5.	Análise físico-química do solo	24
IV.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1.	pH da água	25
4.1.1.	Turbidez.....	26
4.1.2.	Condutividade Eléctrica	27
4.1.3.	TSD	28
4.1.4.	Nitrogénio.....	28
4.1.5.	Cloretos	29
4.1.6.	Cálcio	30
4.1.7.	Magnésio	30
4.1.8.	Fósforo total.....	31
4.2.	Atributos físico-químicos do solo	32
4.2.1.	Textura do Solo.....	33
4.2.2.	Condutividade Eléctrica do solo	33
4.2.3.	Capacidade de Troca de Cations (CTC).....	33
4.2.4.	Acidez Potencial ($H^+ + Al^{3+}$)	34
4.2.5.	pH do solo.....	34
4.2.6.	Nitrogénio (N)	35

4.2.7.	Fósforo (P).....	35
4.2.8.	Potássio (K)	35
4.2.9.	Cálcio (Ca).....	36
4.2.10.	Magnésio (Mg)	36
4.2.11.	Sódio (Na)	36
V.	CONCLUSÃO.....	37
5.1.	Conclusão.....	37
VI.	RECOMENDAÇÃO.....	38
6.1.	Recomendações.....	38
VII.	REFERÊNCIAS	39
VIII.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Directrizes para interpretação dos indicadores de qualidade de água de irrigação.....	9
Tabela 2: Classificação dos solos baseados na condutividade eléctrica, pH e PST.....	14
Tabela 3: Classes de interpretação para a acidez activa do solo (pH).....	16
Tabela 4: Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo.....	17
Tabela 5: Classes de interpretação de fertilidade do solo.....	19
Tabela 6: Métodos laboratoriais usados para determinar os parâmetros físico-químicos de água.....	22
Tabela 7: Parâmetros físico-químicos do solo e métodos usados no laboratório do IIAM.....	24
Tabela 8: Resultado das análises de água usada para irrigação.....	25
Tabela 9: Resultados dos atributos físico-químicos do solo numa profundidade de 20 cm.....	32
Tabela 10: Coordenadas dos pontos de amostras de água.....	43
Tabela 11: Coordenadas geográficas dos pontos de colecta do solo numa área de 1ha.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	20
Figura 2: Local de colecta das amostras de água	21
Figura 3: Valores obtidos de pH da água de irrigação.....	26
Figura 4: Valores obtidos de Turbidez da água de irrigação.....	26
Figura 5: Valores obtidos de CE da água de irrigação.....	27
Figura 6: Valores obtidos de TDS da água de irrigação.....	28
Figura 7: Valores obtidos de Nitrogénio na água de irrigação.....	29
Figura 8: Valores obtidos de cloretos na água de irrigação.....	29
Figura 9: Valores obtidos de Cálcio na água de irrigação.....	30
Figura 10: Valores obtidos de Magnésio na água de irrigação.....	31
Figura 11: Valores obtidos de Fósforo na água de irrigação.....	31

RESUMO

O presente estudo teve como objectivo principal, avaliar a qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na tomada, no nó e ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e seu efeito no solo. Para o efeito, foram determinados os parâmetros físico-químicos da água para a irrigação e os atributos físicos-químicos do solo. As amostras de água e do solo foram colectadas em 3 pontos no sector montante. As amostras de solo foram colectadas numa profundidade de 0-20 cm numa área de 1 hectare para cada ponto, no mês de Abril, georreferenciados e foram analisadas no Laboratório Nacional de Higiene Alimentos e Água na cidade de Xai-Xai. Foram analisados os parâmetros: pH, turbidez, condutividade eléctrica (CE), total de sais dissolvidos, NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e P. E o solo foi analisado no Laboratório do solo do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), os atributos analisados foram: pH, condutividade eléctrica do extracto saturado do solo, textura, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, P e N. Com base nos resultados obtidos de água, constatou-se que, a água apresenta ligeira restrição quanto a salinidade, pois a água em estudo foi classificada como C2, pois apresentou (CE = 250 – 750 $\mu\text{S.cm}$), água de salinidade média. Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação, tomar algumas medidas preventivas como uma boa drenagem, manejo do campo e uma boa gessagem e adubação. Verificou-se uma alta concentração de substâncias em suspensão no ponto Nó. E após as análises do solo numa profundidade de 0-20 cm, verificou-se que os atributos encontram-se dentro dos padrões recomendados, nenhum ponto apresentou alta salinidade, nem sodicidade. Observou-se uma baixa concentração de teor de argila no ponto Ponte FIPAG que resultou uma baixa concentração dos atributos comparando com os pontos Tomada e Nó, mas não fugindo dos padrões recomendados.

Palavra-chave: Qualidade de água, salinidade, irrigação, parâmetros físico-químicos, atributos do solo.

ABSTRACT

The main objective of the present study was to evaluate the quality of the water used for irrigation in the upstream sector of the Ch6kw6 irrigation and its effect on the soil. For this purpose, the physicochemical standard of water for irrigation and the physicochemical attributes of the soil were determined. Water and soil samples were collected at 3 points in the upstream sector. Soil samples were collected at a depth of 0-20 cm in an area of 1 hectare, in April, georeferenced and analyzed at the National Laboratory of Food and Water Hygiene in the city of Xai-Xai. Parameters were analyzed: pH, turbidity, electrical conductivity (EC), total dissolved salts, NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e P. And the soil was analyzed at the Soil Laboratory of the Agricultural Research Institute of Mozambique (IIAM), the attributes analyzed were: pH, electrical conductivity of the saturated soil extract, texture, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ + Al^{3+} , P and N. Based on the results obtained from water, it was found that the water presents a slight restriction in terms of salinity, as the water under study was classified as C2, as it presented (EC = 250 - 750 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$) water of medium salinity. It can be used whenever there is a moderate degree of leaching, take some preventive measures such as good drainage, field management and good plastering and fertilization. There was a high concentration of suspended substances in the Node sector. And after soil analysis at a depth of 0-20 cm, it was found that the attributes are within the recommended standards, no point showed high salinity or sodicity. It was observed a low concentration of clay content at Ponte FIPAG point, which resulted in a low concentration of attributes compared to the points Tomada and N6, but not deviating from the recommended standards.

Keyword: Water quality, salinity, irrigation, physicochemical_parameters, soil attribut

I. INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a sobrevivência de todos seres vivos. Sendo fundamental para consumo humano e para a evolução das actividades industriais e agropecuárias, caracterizando-se como de relevância universal, responsável pelo contexto ambiental, económico e social. Ocupa uma posição única na história do nosso planeta, seu mau uso provoca a degeneração do meio físico natural. É importante o manuseio adequado para obter excelentes resultados na irrigação de forma a não trazer efeitos negativos no solo onde essa água é aplicada (Mantovani *et al.* 2006).

A irrigação tem um importante papel na actividade agrícola. Em virtude da grande demanda de água utilizada pela agricultura, a qualidade deste recurso natural e o seu efeito no solo é motivo de preocupação e objecto de estudo. Segundo Mantovani *et al.* (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados. No entanto, a avaliação da qualidade da água é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projectos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que tenham recebido a água contaminada e por sua vez essa água pode vir a afectar o solo (Mantovani *et al.* 2006).

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afectar sua adaptabilidade para uso específico, em outras palavras, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas, porém na avaliação da qualidade da água para irrigação leva-se em consideração, principalmente, as características químicas e físicas e poucas são às vezes em que outros factores são considerados importantes (AYERS e WESTCOT, 1999).

O estudo da qualidade da água utilizada para irrigação torna-se necessário principalmente devido a efeitos de salinidade, uma vez que esta água é um dos principais meios de entrada de sais no solo (Kashem *et al.* 2000).

Sendo essa água usada para irrigação há necessidade de analisar o seu efeito na área irrigada, concretamente o solo, caracterizar o solo da área onde é aplicada essa água do regadio no sector montante.

Diante do exposto, o objectivo deste trabalho foi de avaliar a qualidade da água usada para irrigação no sector montante nos pontos tomada, nó e ponte FIPAG do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo. Com a presente pesquisa espera-se que seja percebida a dinâmica da interacção entre a qualidade água usada para usada para irrigação e o solo no sector montante do Regadio de Chókwè.

1.1.Objectivos

1.1.1. Geral

- Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no Nó e Ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo

1.1.2. Específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos da água para irrigação;
- Comparar os padrões físico-químicos da água com os padrões da qualidade da água usada para irrigação nos pontos tomada, nó e ponte FIPAG do regadio de Chókwè;
- Caracterizar os atributos físico-químicos do solo;
- Comparar os padrões físico-químicos do solo da região antes do cultivo;
- Produzir recomendações sobre o uso e manejo do solo e da água;

1.2.Problema e justificação

No regadio de Chókwè, o processo de salinização dos solos têm vindo a agravar de ano para ano, afectando em grande medida as camadas superficiais e como consequência os solos tornam-se improdutivo. O processo de salinização dos solos do regadio de Chókwè cria de certa forma condições de incertezas na gestão da produção agrícola por parte dos agricultores, o que leva ao abandono de extensas áreas, elevando-se assim o risco de salinização das mesmas. Segundo um estudo realizado pela FAEF (2001) no regadio do Chókwè, constatou-se que mais de 10000 ha de terra tornaram-se improdutivo devido a salinidade.

O clima da área de estudo segundo a classificação de Köppen é do tipo semi-árido. O solo da região do semiárido normalmente é salino devido a sua formação rochosa e se irrigado com água rica em sais pode ficar supersaturado e se tornar inadequado ao cultivo agrícola (FAEF, 2001).

A avaliação da qualidade da água a ser utilizada na irrigação é indispensável e de primordial importância, sobretudo quando se trata de projectos de irrigação ou exploração das áreas em regiões áridas e semiáridas, visto que, na falta de informações relevantes para a qualidade da água e o manejo adequado, essas áreas podem apresentar problemas devido ao acúmulo de sais que se dá principalmente pela elevada evaporação e baixa precipitação anual a se tornar improdutivo devido à salinização e sodificação, causando enormes prejuízos socioeconómicos, tais como a perda de 33% do perímetro irrigado a 50 anos em Chókwè (FAEF, 2001).

E ultimamente tem se notado um abandono de grandes áreas por parte dos agricultores que pode estar relacionado a incertezas na gestão da produção agrícola.

O uso de água sem o padrão recomendável para irrigação pode trazer implicações negativas à prática agrícola, pois, a água pode ter na sua composição substâncias prejudiciais, ao solo e a cultura. A gestão da água de rega é uma das prováveis causas da salinização dos solos, dai

que o conhecimento da qualidade de água, facilitará a delimitação de estratégias ou medidas que visem minimizar a salinização dos solos e o seu impacto na produção das culturas.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Usos da água e requisitos de qualidade

A água, por si mesma, não tem qualidade inerente, excepto no contexto para o qual é usada, pois sua adequabilidade depende do que pode ser feito com ela sob condições específicas de uso. Assim, a adequabilidade da água para irrigação depende tanto da sua própria qualidade quanto de factores relacionados com as condições de seu uso. Uma mesma qualidade da água pode ser considerada perfeitamente adequada para certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros. Portanto, a qualidade da água para irrigação pode ser considerada um importante factor, mas nunca se deve esquecer de que ela é tão-somente um dos factores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias. O uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Os requisitos de qualidade da água para os diversos usos dependem dos perigos associados à sua composição. Os perigos dizem respeito às condições que podem resultar em efeitos adversos aos organismos vivos ou ao meio ambiente. Estes perigos devem ser avaliados e gerenciados, geralmente através de padrões de qualidade. Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos e fixados por entidades públicas, com o objectivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venham a prejudicá-lo. Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Cada uso implica em diferentes requisitos de qualidade, isto é, requer um conjunto diferente de variáveis indicadoras da qualidade.

2.2. Indicadores de qualidade água para irrigação

A água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de actividades humanas. Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas,

químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Toledo e Nicolella (2002) postulam que o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, a busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflectam resumidamente e objectivamente as alterações, com ênfase para as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (COUILLARD e LEFEBVRE, 1985).

Os principais indicadores de qualidade da água para irrigação são apresentados a seguir, separados sob os aspectos físicos e químicos (CONAMA, 2005).

2.2.1. Indicadores físicos de qualidade da água para irrigação

2.2.2. Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica (CE), mede a capacidade que a água possui de conduzir corrente eléctrica, é uma relação directa com as espécies iónicas dissolvidas. Quanto maior for a quantidade de iões dissolvidos maior a CE. A condutividade eléctrica da água é o parâmetro mais usado para avaliar a salinidade da água, a qual corresponde à medida da capacidade dos iões presentes na água em conduzir electricidade e cresce proporcionalmente com o aumento da concentração dos sais (RIBEIRO *et al.* 2005).

- ✓ **Efeito na irrigação:** a condutividade depende da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de irrigação e da textura do solo. A irrigação com valor de CE acima do valor recomendado de 0,7 a 3 ds/m pode provocar leves queimaduras das folhas em culturas mais sensíveis aos sais, principalmente a altas temperaturas durante o dia (RIBEIRO *et al.* 2005).

2.2.3. Turbidez

Segundo Santos (2012) a turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos e de

organismos microscópicos. O tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia muito, desde grosseiras a colóides, de acordo com o nível de turbulência do corpo hídrico. A presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, pois pode prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água (Santos, 2012).

A turbidez tem como origem natural as partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos, como origem antropogênica pode-se citar os despejos indústrias, domésticos, microrganismos e erosão. A utilização mais frequente desse parâmetro é na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e o controle da operação das estações de tratamento de água e sua unidade é NTU (unidade nefelométrica de turbidez) (SPERLING, 2005).

De acordo com o CONAMA 357/2005, a turbidez deve ter o valor limite de unidade nefelométrica até 100 (NTU) para a água de irrigação.

2.3. Indicadores químicos de qualidade da água para irrigação

2.3.1. pH (potencial hidrogênico)

O pH representa o equilíbrio entre iões H^+ e os iões OH^- . Ele varia de 0 a 14; onde para valores inferiores a 7 a água é classificada como ácida, igual a 7, neutra e superior a 7 alcalina. O pH da água depende de sua origem e das características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos (Ayers e Westcot, 1999).

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso da água para a irrigação, o pH normal está situado entre 6,5 e 8,4 Ayers e Westcot (1991).

- ✓ **Efeito do pH na água:** é lento, entre tanto, na cultura pode causar um desequilíbrio nutricional e ao nível do equipamento pode causar uma corrosão do equipamento de irrigação.

2.3.2. Cálcio e magnésio

O intervalo normal de Ca^{2+} na água de irrigação deve ser de 0 – 400mg/l, enquanto para Mg^{2+} varia entre 0 – 60mg/l (Ayers e Westcot, 1999).

- ✓ **Efeito na irrigação:** o cálcio e magnésio em concentrações excessivas podem provocar a precipitação de fertilizantes fosfatados e obstruir tubulações e orifícios de passagem da água. O cálcio tem influência positiva sobre a estabilidade dos agregados e a estrutura do solo (AYERS e WESTCOT, 1985).

2.3.3. Cloretos

Os cloretos são um dos aniões na água de irrigação que alteram o potencial da água para toxicidade, (Bernando, 2006). O limite normal e seguro de iões de cloreto na água de irrigação não deve exceder de 0 a 140 mg/l segundo Ayers e Westcot (1999).

- ✓ **Efeito os cloretos:** na água de irrigação, os cloretos estão ligados aos problemas de salinidade do solo e toxicidade de plantas. A toxicidade do ião Cl^- nas plantas está associada à queimadura ou secagem do tecido folicular, isto acontece, devido ao facto do ião Cl^- não ser absorvido pelo solo movendo-se facilmente para a zona radicular, onde é absorvido e transportado até às folhas (Robbins, 1994).

2.3.4. Fósforo

O fósforo é essencial para o crescimento dos organismos, podendo ser o nutriente que limita a produtividade de um corpo de água (PIVELI, KATO, 2005). A presença do fósforo na água pode estar relacionada a processos naturais, como dissoluções de rocha, decomposição de matéria orgânica, e também há processos antropogénicos, como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas (PIVELI, KATO, 2005).

2.3.5. Nitrogénio

A presença de compostos nitrogenados na água pode ser resultado da lixiviação do solo, processos biogénicos naturais, lançamento de despejos e drenagem de áreas agrícolas. São causas do aumento do nitrogénio na água: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais (Silva, 2011).

- ✓ **Efeito na irrigação:** O nitrogénio facilmente assimilável pelas plantas está na forma de nitrato e amónio que, em concentrações altas, podem ser benéficos durante as primeiras fases causando crescimento vegetativo rápido e é prejudicial durante a floração e frutificação das culturas, onde ocorre diminuição nos rendimentos e maturação tardia de

frutose, baixo teor de açúcares, baixo teor e qualidade de fibra, baixo periodo de vida de prateleira (Ayers e Westcot, 1985).

2.3.6. TSD

Total de Sais Dissolvidos (TSD) é o termo usado para descrever os sais inorgânicos e pequenas quantidades de matéria orgânica presentes na solução da água. Os principais constituintes são geralmente cátions de cálcio, magnésio, sódio e potássio e carbonato, hidrogenocarbonato, ânions cloreto, sulfato e nitrato (Robbins, 1994).

2.4. Diretrizes para a Interpretação dos Indicadores de Qualidade de Água de Irrigação

A qualidade da água depende dos constituintes físico-químicos e de seu perigo potencial nos efeitos directos e indirectos sobre os cultivos como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Diretrizes para interpretação dos indicadores de qualidade de água de irrigação

Parâmetros	Símbolos	Intervalo	Unidades
pH	pH	6.5-8.4	-
Turbidez	-	0-100	NTU
Cond. Eléctrica	CEa	0-3000	µs/cm
Total de Sais Dissolvidos	TSD	0-2000	mg/l
Nitrogénio	NO ₃ ⁻	0-10	mg/l
Cloretos	Cl ⁻	0-30	meq/l
Cálcio	Ca ²⁺	0-20	meq/l
Magnésio	Mg ²⁺	0-5	meq/l
Fósforo Total	P	0-2	mg/l

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1987 e 1991).

2.5. Critérios usados na classificação da qualidade da água de irrigação

São aqueles que afectam fundamentalmente a conservação do solo, o rendimento da cultura e a qualidade da colheita, tal é o caso da salinidade, sodicidade, toxicidade e outros (Almeida, 2010). Pois, uma vez determinadas em laboratório as características químicas da água para irrigação, a sua aplicabilidade deve estar sujeita à susceptibilidade de danos que possa ocasionar aos cultivos a serem irrigados.

A salinidade, a infiltração e a toxicidade são na sua maioria considerados como os critérios para estabelecer a qualidade de água para irrigação, visto que, estes são considerado como sendo os principais problemas relacionados com a água de irrigação.

2.5.1. Salinidade

A salinização é sem dúvidas, um dos principais problemas que podem advir da irrigação quando mal manuseada, visto que, o rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que não permite que as culturas retirem água suficiente da zona radicular provocando, assim, estado de escassez de água nas plantas, por tempo significativo (Ayers e Westcot, 1999). E de acordo com Lima (1999), a acumulação de sais na rizosfera, prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isso ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos iões específicos e alteração das condições físicas e químicas do solo.

2.5.2. Efeito de salinidade na irrigação

Os efeitos negativos da salinidade estão directamente relacionados ao crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura. Pode inclusive prejudicar, a própria estrutura do solo pois, a absorção de sódio pelo solo proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, poderá provocar a dispersão das fracções de argila e conseqüentemente diminuir a permeabilidade do solo (Silva, 2010).

2.5.3. Infiltração

A infiltração relacionada com a qualidade da água para irrigação ocorre quando a taxa de infiltração da água irrigada é sensivelmente reduzida, isto é, a água permanece na superfície do solo por muito tempo ou se infiltra lentamente demais para suprir a cultura com água suficiente para manter rendimentos aceitáveis. Embora a taxa de infiltração da água no solo varie muito e possa ser fortemente influenciada pela qualidade da água de irrigação, factores do solo, como estrutura, grau de compactação, teor de matéria orgânica e composição química também podem influenciar fortemente a taxa de ingestão (Silva, 2011).

2.5.4. Toxicidade

A toxicidade refere-se ao efeito de alguns iões sobre as plantas, sendo eles o cloreto, o sódio e o boro, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo a produção (Ayers e Westcot, 1999).

2.5.5. Problemas relacionados com a qualidade de água

Para além dos problemas de salinidade, sodicidade e toxicidade, existem vários outros problemas relacionados com a qualidade de água de irrigação com um enfoque especial para os nutrientes, carbonato e bicarbonato e pH (Ayers e Westcot, 1999).

2.6. Classificação de água de irrigação segundo modelo de Richard (1954)

A classificação de água para fins de irrigação é um recurso que fornece uma base para prever com razoável confiança o efeito geral da sua utilização sobre o solo e a planta e sobre o sistema de irrigação (Cordeiro, 2003).

A classificação adoptada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, publicada em 1954 a qual apresenta um diagrama de classificação combinando a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e a condutividade (CE), para formar 16 classes de água, variando assim de C1 a C4 e de S1 a S4 em todas as combinações possíveis. E quanto maior for o índice de cada classe, menor será a qualidade da água de irrigação.

Quanto ao risco de salinidade

As águas são divididas em classes segundo sua condutividade eléctrica (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, 2.250 e 5.000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Richard, 1954).

- **C1-água de baixa salinidade (0 – 250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25 °C)** - Água de baixa salinidade (com menos de 250 microhms/cm de condutividade eléctrica): pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade (Richard, 1954).

- **C2-água de salinidade média (CE = 250 – 750 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25 °C)** - Água de salinidade média, com conteúdo de sais entre 250 e 750 microhms/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 controlo da salinidade (Richard, 1954).
- **C3-água de salinidade alta (CE = 750 – 2250 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25 °C)** - Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 microhms/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 (Richard, 1954).
- **C4-água de salinidade muito alta (CE = 2250 - 5000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25 °C)** - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 microhms/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 (Richard, 1954).

2.7. Atributos do solo

Segundo (Aquino, *et al.* 2014) são condições adequadas para crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam no solo. Assim, qualquer modificação no solo pode alterar directamente sua estrutura e sua actividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos na qualidade ambiental e produtividade das culturas (Brookes, 1995).

Atributos físico-químicos do solo

A avaliação dos atributos físicos, químicos do solo em ambientes onde há prática da agricultura são de extrema importância devido à sua sensibilidade às alterações na qualidade do solo, uma vez que pode fornecer subsídios para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e contribuir para a manutenção de ecossistemas sustentáveis (Carneiro *et al.* 2009).

Segundo Doran & Parkin (1994), a qualidade desses atributos propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo. A fim de gerar informações úteis para um diagnóstico mais

embasado sobre a dinâmica e o estado do solo nessa região é sempre melhor fazer a sua caracterização.

2.7.1. Atributos físicos

A qualidade física de solos é um importante elemento de sustentabilidade, sendo uma área de estudo em contínua expansão (LAL, 2000; REYNOLDS *et al.* 2002), já que as propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidas no suporte ao crescimento radicular; armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e actividade biológica (ARSHAD *et al.* 1996).

Geralmente, os principais atributos físicos, que têm sido utilizados e recomendados são textura; condutividade; estrutura do solo.

2.7.1.1. Textura

A textura diz respeito a distribuição, por tamanho, das partículas sólidas que compõem o solo. Tradicionalmente, as partículas de solo são divididas em classes texturais, a saber, areia, silte (limo) e argila (ALBUQUERQUE e DURAES, 2008).

Conforme Schneider *et al.* (2007) a textura é uma das características mais estáveis do solo, e a maioria das propriedades morfológicas, físicas e químicas do solo estão relacionadas com esta. Segundo Klein (2008) solos com maior teor de argila, em função das suas propriedades físicas e químicas, são melhores para fins agrícolas. Isto porque a tendência é que solos mais argilosos apresentem uma maior quantidade de água disponível, enquanto os mais arenosos, por serem menos porosos e apresentarem menor área superficial de suas partículas, retém menor quantidade de água.

Segundo Klein (2008) solos de textura argilosa são solos com teores de argila superior a 35%, possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água.

A textura do solo é uma das propriedades mais estáveis, sendo modificada levemente pelo cultivo e outras práticas que ocasionam a mistura de diferentes camadas (ARSHAD *et al.* 1996). Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, estrutura do solo, teor de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente os processos erosivos do solo (FELLER e BEARE, 1997).

A textura do solo influencia a quantidade de ar e de água que as plantas em crescimento podem obter. A textura do solo influencia de modo marcante o crescimento das raízes. A medida que o solo torna-se mais compacto, a proporção de maiores espaços porosos decresce, o crescimento das raízes diminui e a produção declina. (BRONICK e LAL, 2005).

2.7.1.2. Condutividade eléctrica

Alta concentração de sais na zona das raízes é uma limitação severa em muitos solos de regiões semi-áridas e áridas. A salinidade constitui factor importante na avaliação da produtividade dos solos. (BEN-DOR *et al.* 2008).

Geralmente, a caracterização da salinidade de uma área com grande dimensão espacial é feita medindo-se a condutividade eléctrica (CE) a partir do extracto de saturação de amostras de solo colectadas em campo (BEN-DOR *et al.* 2008).

A classificação dos solos afectados por sais é baseada no pH e condutividade eléctrica (CE) conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos solos baseados na condutividade eléctrica, Ph e PST

Tipos de solos				
Critérios	Normal	Salino	Sódico	Salino-sódico
CE(mS/cm)	<4	>4	<4	>4
pH	<8,5	<8,5	>8,5	>8,5
PST (%)	<15	<5	>15	>15

Fonte: Richard (1969)

2.7.2. Atributos químicos

Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com a capacidade de troca de cations (CTC), acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), pH, sódio, magnésio, cálcio, nitrogénio, fósforo, potássio.

2.7.2.1. Capacidade de Troca de Cations (CTC)

É a capacidade do solo para reter e trocar cations. A energia da carga positiva do cations varia, fazendo com que um cation substitua outro na partícula do solo, que tem carga negativa. (MALAVOLTA, 1968)

Cations: São ions ou moléculas de nutrientes com carga positiva: cálcio (Ca^{2+}); potássio (K^+); magnésio (Mg^{2+}); Sódio (Na^+); hidrogénio (H^+) e alumínio (Al^{3+}).

A CTC depende da quantidade e tipo de argila e de matéria orgânica presentes. Um solo com alto teor de argila pode reter mais cations trocáveis do que um solo com baixo teor de argila. Solos com CTC entre 11 e 50 têm alto teor de argila, maior capacidade para reter nutrientes a uma certa profundidade do solo e alta capacidade de retenção de água (Malavolta, 1968).

A CTC de um solo é expressa em termos de centimol de carga por decímetro cúbico de solo e é escrita como cmol/dm^3 . Geralmente os minerais de argila apresentam valores de CTC variando entre 10 a $150 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ (MALAVOLTA, 1968).

2.7.2.2. Acidez potencial ou total ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)

Refere-se ao total de H^+ em ligação covalente, mais $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ trocáveis (ANDA, 1988).

Geralmente os valores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ são maiores em solos ricos em matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem baixos valores de pH.

2.7.2.3. pH do solo (Acidez activa)

O termo pH define a acidez ou a alcalinidade relativa de uma substância. A escala de pH cobre uma amplitude de 0 a 14. Um valor de pH igual a 7,0 é neutro. Valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima de 7,0 são básicos. O pH da maioria dos solos produtivos varia entre os valores de 6,0 a 6,5. Porém, esta faixa pode ser estendida de 5,5 a 6,8. Os graus de acidez e de alcalinidade para esta amplitude de pH são mostrados na tabela 3. Um acido é uma substância que liberta ions hidrogénio (H^+). Quando saturado com H^+ , um solo comporta-se como acido fraco. Quanto mais H^+ for retido no complexo de troca maior será a acidez do solo. O alumínio também age como um elemento acidificante e activa o H^+ (ANDA, 1988).

Tabela 3: Classes de interpretação para a acidez activa do solo (pH)

Classificação química						
Ac. muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez Fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
>4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	>7,8
Classificação agronómica						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0		

Fonte: ALVAREZ V. *et al.* (1999).

2.7.2.4. Nitrogénio (N)

O nitrogénio (N) é essencial para o crescimento das plantas, pois é parte de cada célula viva. As plantas exigem grandes quantidades deste nutriente.

A quantidade de nitrogénio e, forma disponível no solo é pequena. Muito pouco é encontrado nas rochas e nos minerais que formaram os solos. Quase todo o nitrogénio do solo é proveniente da atmosfera da terra, a qual o contém em suprimento ilimitado. Maior capacidade de mineralização de N favorece o aumento de produtividade (RUTLAND *et al.* 1988).

Segundo ALVAREZ V. *et al.* (1999) a concentração máxima de nitrogénio no solo deve ser de 0.5 cmol/dm³.

2.7.2.5. Fósforo (P)

O fósforo (P) é essencial para o desenvolvimento das plantas e nenhum outro nutriente pode substituí-lo. A planta precisa do fósforo para completar seu ciclo normal de produção. Ele é um dos três nutrientes primários, como nitrogénio (N) e o potássio (K). Solos com alto teor de argila fixam mais fósforo do que aqueles com baixo teor de argila (RAIJ *et al.* 1981).

A eficiência de extracção do fósforo disponível pelo método Mehlich-1 sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo. Por isso, na interpretação da disponibilidade de fósforo, são usadas características que estão relacionadas com a capacidade tampão, como o teor de argila (ALVAREZ V. *et al.* 1999).

Tabela 4: Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	Cmol _c /dm ³				
Argila (%)	Fósforo disponível				
60 - 100	2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,03	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0

Fonte: ALVAREZ V. *et al.* (1999).

2.7.2.6. Potássio (K)

O potássio (K) é um nutriente essencial para as plantas. Ele é um dos três nutrientes primários, como o nitrogénio (N) e o fósforo (P).

Os solos contem aproximadamente a mesma quantidade de potássio e nitrogénio, mas mais potássio do que nitrogénio. Em muitos solos de alta produtividade, o teor de potássio excede o teor de nitrogénio (RAIJ *et al.* 1981).

Segundo RAIJ *et al.* (1981) O potássio é vital para a fotossíntese. Quando o teor de potássio é deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração das plantas aumenta. Estas duas condições de deficiência de potássio (redução na fotossíntese e aumento na respiração) diminuem o suprimento de carboidratos para as plantas. Outras funções do potássio:

- Ele é essencial na síntese protéica;
- Ele é importante na decomposição dos carboidratos, um processo que fornece energia para o crescimento das plantas;
- Ele ajuda a controlar o balanço iónico;
- Ele é importante na translocação de metais pesados como o ferro (Fe);
- Ele ajuda as plantas a sobrepujar os efeitos de doenças;
- Ele é importante para a formação dos frutos;
- Ele melhora a tolerância ao frio.

Um papel importante do potássio no crescimento das plantas é a sua influência na eficiência no uso da água.

2.7.2.7.Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido pelas plantas como cation Ca^{2+} .

Segundo RUTLAND *et al.* (1988) Uma vez dentro da planta, o cálcio funciona de varias maneiras, incluindo as seguintes:

- Estimula o desenvolvimento das raízes e das folhas
- Forma compostos que são parte das paredes celulares. Isto reforça a estrutura das plantas
- Ajuda a neutralizar ácidos orgânicos nas plantas.

Os solos argilosos geralmente contem mais cálcio do que os solos arenosos. Uma vez que o cálcio existe como um cation, ele é governado pelo fenómeno de troca de cations, assim como os outros cations, e é retido como Ca^{2+} trocável nas superfícies com cargas negativas das argilas e da matéria orgânica do solo. O cálcio é o cation dominante e, normalmente, ocupa 30% ou mais dos pontos do complexo de troca de cations dos solos (RUTLAND *et al.* 1988).

2.7.2.8.Magnésio (Mg)

O magnésio é absorvido pelas plantas como cation Mg^{2+} . Uma vez dentro da planta, ele exerce varias funções. O magnésio também ajuda no metabolismo e na respiração das plantas. Sendo um cation, o Mg^{2+} esta sujeito a troca de cations. Ele é encontrado na solução do solo e é absorvido as superfícies das argilas. Os solos geralmente contem menos magnésio do que cálcio, porque o magnésio não é absorvido tão fortemente pelas argilas e matéria orgânica e conseqüentemente, é mais sujeito a lixiviação. Além disso, a maioria do material de origem contem menos magnésio do que cálcio (RUTLAND *et al.* 1988).

2.7.2.9.Sódio (Na)

Quando presente em alta concentração no solo, o Na pode causar efeito depressivo sobre a produtividade das culturas por dificultar a absorção de água e nutrientes pela planta ou pelo

seu efeito dispersante sobre as argilas, causando a desestruturação do solo e reduzindo a infiltração de água, trocas gasosas e dificultando a penetração de raízes. um solo é considerado sódico quando apresenta o teor de Na máximo de $0,71 \text{ cmol/dm}^3$ (RICHARDS, 1970).

O índice de saturação de Na na CTC da maioria dos solos é baixo quando comparado à saturação dos demais cátions, como o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , influenciando muito pouco nos cálculos da SB e da CTC dos solos. Por essa razão, em muitos casos, o Na é desconsiderado nesses cálculos.

Tabela 5: Classes de interpretação de fertilidade do solo

Características	Unidade	Classificação				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom/ Alto	Muito Bom/ Alto
Cálcio trocável (Ca^{2+})	cmol/dm^3	0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg^{2+})		0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Ac. potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)		1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00	> 9,00
Potássio (K^+)		0,15	0,16 - 0,30	0,31 - 0,70	0,71 - 1,20	> 1,20
CTC total		0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00

Fonte: Adaptado de ALVAREZ V. *et al.* (1999).

III. METODOLOGIA

3.1. Descrição da área de estudo

O estudo realizou-se no Canal Principal do Sistema de Regadio do distrito de Chókwè. O distrito de Chókwè está situado a sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a norte o rio Limpopo e os distritos de Massingir, Mabalane e Guijá; a sul o distrito de Bilene e o rio Mazumuchope que o separa do distrito de Magude, a este confina com o distrito de Bilene e Magude e a oeste com os distritos de Magude e Massingir (HICEP, 2003).

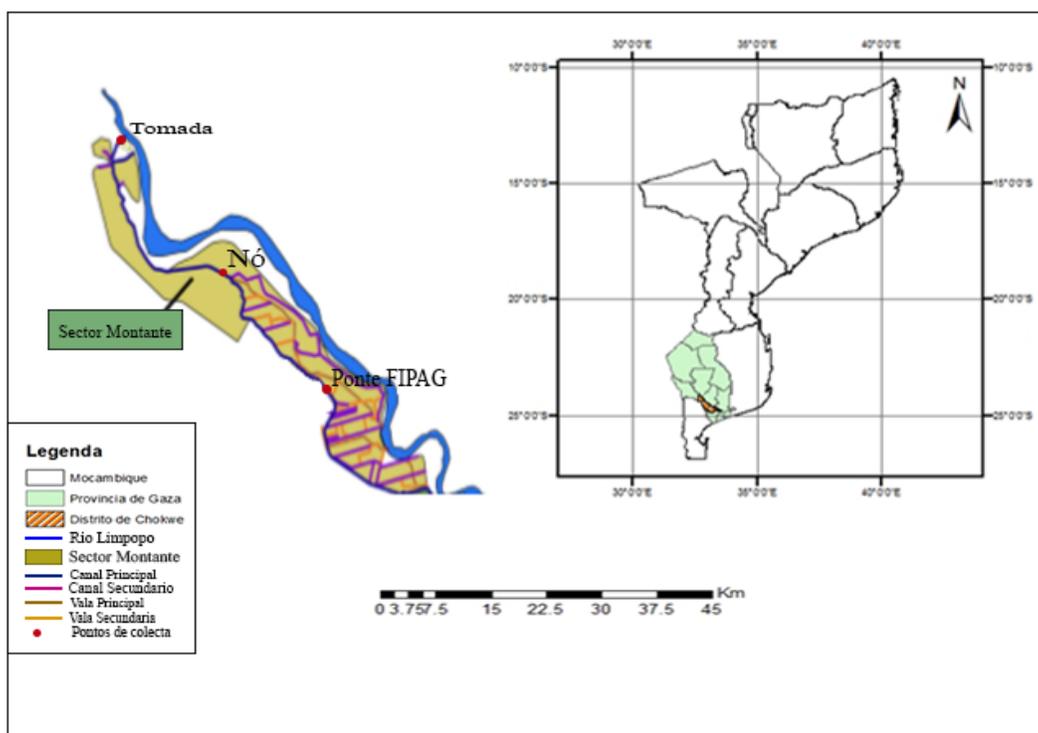


Figura 1: Localização da área de estudo.

O Regadio de Chókwè, está dividido em três sectores principais, Montante, Rio e Sul. Serve uma área equipada total de cerca de 28.000ha (incluindo 2 200ha por bombagem), a partir de um açude de derivação das águas do rio Limpopo (Macarretane). O abastecimento de água é

assegurado pelo caudal natural do curso de água em época quente e pelo caudal do rio dos Elefantes, afluente do rio Limpopo, reforçado pelas descargas da barragem de Massingir, em época fria (HICEP, 2003). O estudo foi realizado concretamente no sector montante.

3.2. Amostragem de água

Durante o estudo foram colectadas 3 amostras de água no mês de Abril do ano 2021.

Nesse presente trabalho foram feitas amostras simples para água. Amostras simples são aquelas colectadas em tempo e locais determinados para sua análise individual.

As colectas de água foram realizadas em 3 pontos (na tomada, no nó e na ponte perto da FIPAG) de amostragem de água ao longo do regadio de Chókwè.



Figura 2: Local de colecta das amostras de água

3.2.1. Colecta, armazenamento e identificação da amostra de água

As amostras de água foram colectadas em frascos de polietileno com capacidade de 1.5 L, numa profundidade de 30 cm, antes da colecta, as garrafas foram lavadas três (3) vezes, com a mesma água a ser colectada, após a lavagem, encheu-se totalmente as garrafas, sem deixar nelas ar livre. Usou-se bloco de notas e caneta esferográfica para fazer anotações dos dados ao longo da colecta das amostras. Cada amostra (frasco) foi acompanhada de um formulário de registo ou etiquetas de identificação contendo as seguintes informações: identificação do ponto de amostragem; data e hora da colecta; indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório.

Foi registado no local amostrado, as coordenadas geográficas, obtidas por meio de GPS como mostra a Tabela 10 nos anexos.

3.2.2. Transporte da amostra de água

Uma vez colectada, as amostras foram transportadas até o laboratório, foram colocadas na caixa de tal modo que ficassem firmes durante o transporte, garantindo sua integridade e preservação, e no tempo necessário para que sua análise ocorresse dentro do prazo de validade. No mesmo dia da colectada as amostras foram levadas ao laboratório, tendo levado um prazo de 24 horas para a sua análise.

Todos os procedimentos de colecta e preservação de amostras foram realizados de acordo com a metodologia de CETESB (2011) e Ayers e Westcot (1991).

3.3. Análise físico-química de água

As análises de água foram feitas no Laboratório Nacional de Água Higiene e Alimentos (LNHAA) localizada na cidade de Xai-Xai. A tabela 6 mostra os parâmetros físico-químicos analisados e os seus métodos laboratoriais.

Tabela 6: Métodos laboratoriais usados para determinar os parâmetros físico-químicos de água

Parâmetros	Métodos	Unidades
pH	Electrometria	-
Turvação	Nefelométrico	uT
Condutividade Eléctrica	Electrometria	$\mu\text{s/cm}$
TSD	Electrometria	mg/l
Nitrogénio (NO_3^-)	Colorimétrico	mg/l
Cloreto (Cl^-)	Titrimétrico	mg/l
Cálcio (Ca^{2+})	Titrimétrico	mg/l
Magnésio (Mg^{2+})	Diferença	mg/l
Fósforo total (P)	Colorimétrico	mg/l

3.4. Amostragem de solo

Nesse presente trabalho foram feitas amostras composta para solo. Amostras composta são as obtidas por mistura e homogeneização de amostras simples colectadas no mesmo local e em diferentes tempos.

As amostras de solo foram colectadas no mês de Abril. Foram colectadas numa área de 1 hectare para cada ponto. As colectas de solo foram realizadas em 3 pontos (na tomada, no nó e na ponte perto da FIPAG) de amostragem de solo ao longo do sector montante do regadio de Chókwè.

3.4.1. Colecta, armazenamento e identificação da amostra do solo

Para a colecta de solo usou-se o método da diagonal numa área de 1 hectare para cada ponto, usou-se o trado holandês para colecta do solo nos 11 pontos. As amostras de solo, foram colectadas em sacos plásticos, numa profundidade de 0-20 cm. Usou-se o bloco de notas e caneta esferográfica: Foram usados para fazer anotações dos dados ao longo da colecta das amostras. Cada amostra (plástico) foi acompanhada de um formulário de registo ou etiquetas de identificação contendo as seguintes informações: identificação do ponto de amostragem; data e hora da colecta; indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório. Após a colecta do solo deixou-se no ar livre para processo de aeração de humidade durante 24 horas e de seguida triturou-se o solo e fez-se a mistura, e por fim foram pesadas 2 kg de amostras de solo por plástico a serem levadas ao laboratório.

Foi registado no local amostrado, as coordenadas geográficas obtidas por meio de GPS, como mostra a Tabela 11 nos anexos.

3.4.2. Transporte da amostra do solo

Uma vez colectadas, as amostras foram transportadas até ao laboratório, as amostras foram colocadas na caixa de tal modo que ficassem firmes durante o transporte, garantindo sua

integridade e preservação, e no tempo necessário para que sua análise ocorresse dentro do prazo de validade. No mesmo dia da colectada as amostras foram levadas ao laboratório para sua análise, tendo obtido os resultados num prazo de 5 dias.

Todos os procedimentos de colecta e preservação de amostras de solo foram realizados de acordo com a metodologia de SANTOS descrita no Manual de descrição e colecta de solo no campo (2013).

3.5. Análise físico-química do solo

As análises do solo foram feitas no Laboratório de solo do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) localizada na cidade de Maputo. A tabela 7 mostra os parâmetros físico-químicos analisados e os seus métodos laboratoriais.

Tabela 7: Parâmetros físico-químicos do solo e métodos usados no laboratório do IIAM

Parâmetros	Métodos	Unidades
Textura	Pipetação	%
Condutividade Eléctrica	Condutímetro	mS/cm
pH	Potenciométrico	
Nitrogénio (N)	Kjeldahl	
Fósforo (P)	Método Mehlich-1	
Potássio (K)	Método Mehlich-1	
Cálcio (Ca)	Método KCl 1 mol/L	Cmol/dm ³
Magnésio (Mg)	Método KCl 1 mol/L	
Sódio (Na)	Método Mehlich-1	
Acidez potencial (H ⁺ + Al ³⁺)	Método Ca(OAc) ² 0,5 mol/L	
CTC total	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + K ⁺ + Na ⁺ + H ⁺ + Al ³⁺	

Todos os procedimentos de análises das amostras do solo foram realizados de acordo com a metodologia descrita no manual dos Métodos de análise química e física de solos em uso no INIA parte 1 (1998).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 8 estão representados os resultados obtidos nos três pontos de colecta de água.

Tabela 8: Resultado das análises de água usada para irrigação

Parâmetros	Local/Pontos de colecta			Unidades
	Tomada	Nó	Ponte Fipag	
pH	6.82	6.76	6,80	-
Turbidez	80,70	114	50	uT
Condutividade Eléctrica	427	460	430	µs/cm
TSD	214	217	213	mg/l
Nitrogénio	0,57	0,57	0,57	mg/l
Cloretos	70,9	70,9	70,9	mg/l
Cálcio	16,032	24,04	24,04	mg/l
Magnésio	17,08	9,76	9,76	mg/l
Fósforo total	0,061	0,062	0,064	mg/l

4.1.pH da água

O pH é um índice que caracteriza o grau da acidez ou alcalinidade de um determinado ambiente. O valor do pH da água colectada da Tomada para o devido estudo foi de 6,82 para o Nó foi de 6,76 e 6,80 para a Ponte FIPAG (Tabela 8). Segundo Ayres e Westcot (1991) a faixa normal de pH da água para irrigação varia de 6,5-8,4. Sendo assim as amostras em estudo ficaram dentro do valor permitido para irrigação.

No período em estudo, o valor médio do pH, encontrado está dentro dos parâmetros recomendados pela F.A.O. (1973) e Almeida (2010), que varia de 6,5 à 8,4. Os três pontos apresentam um pH ácido, sem grandes variações, isso pode estar relacionado com as características físico-químicas da água. E o ponto Tomada teve maior valor de pH como mostra a figura 3. No geral o pH da água é maior que o pH do solo, isso pode estar relacionado com a absorção de nutrientes a planta que podem alterar o pH do solo através da libertação de H^+ ou OH^- , em função do balanço entre a absorção de cations e anions.

A acidez excessiva pode causar baixos teores de cálcio e magnésio do solo, presença do Al tóxico, menor CTC do solo.

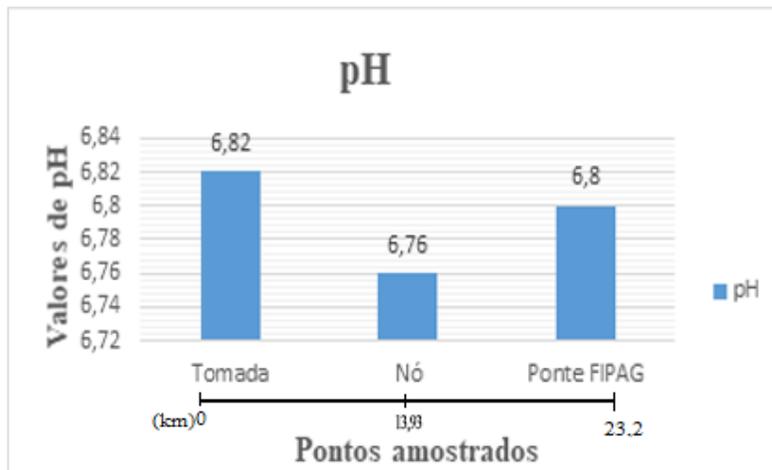


Figura 3: Valores obtidos de pH da água de irrigação

4.1.1. Turbidez

O valor da turbidez da água colectada da Tomada para o devido estudo foi de 80,70 uT para o Nó foi de 114 uT e 50 uT para a Ponte FIPAG.

O ponto Nó teve maior valor de turbidez, tendo passado do limite estabelecido pela resolução, há maior presença de substância em suspensão nesse ponto (Figura 4). As práticas antropogênicas podem estar associadas a índices elevados deste parâmetro. Este parâmetro não influencia de forma directa na qualidade da água, é um parâmetro que é usado para auxiliar a análise /interpretação de alguns parâmetros.

De acordo com o CONAMA 357/2005, a turbidez deve ter o valor limite de unidade nefelométrica até 100 (NTU).

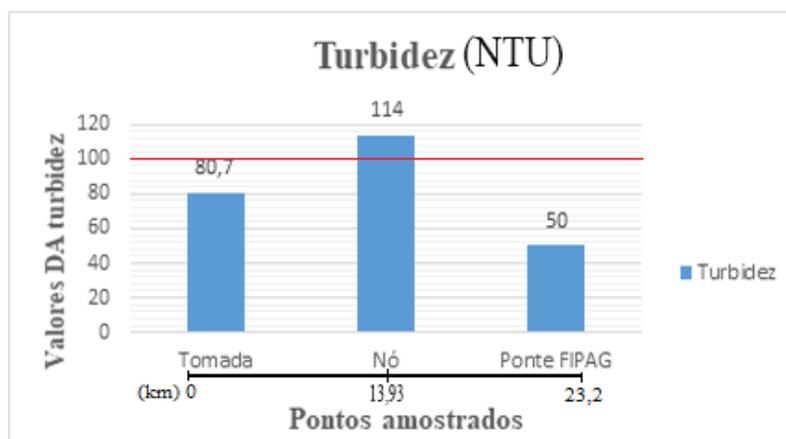


Figura 4: Valores obtidos de Turbidez da água de irrigação

4.1.2. Condutividade Eléctrica

A variabilidade da CEa e sua distribuição temporal na água colectada nos 3 pontos (Tomada, Nó e Ponte FIPAG) podem ser observadas na (tabela 8), o valor da condutividade eléctrica na água utilizada para irrigação, esta na faixa de 427 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para a Tomada, 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Nó e 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para a Ponte FIPAG. O ponto Nó teve maior valor de CEa como mostra a figura 5, as actividades de pesca podem estar associadas a índices elevados deste parametro, pois há um lançamento ou incorporação de carga organica. A condutividade foi alta devido a concentrações de sais dissolvidos serem maiores neste local.

Os valores normais da água utilizada em irrigação variam de 0 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ayers e Westcot, 1992). No entanto, estes mesmos autores estipulam restrições ao uso da água para irrigação dependendo do seu valor. Nesse estudo as águas dos três pontos ficaram na classe CE = 250 – 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aferindo que as mesmas apresentam ligeira restrição quanto a salinidade. Já para a classificação de (RICHARDS, 1954), as águas em estudo foram classificadas como C2, pois apresentaram (CE = 250 – 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$), água de salinidade média. Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação, caso não pode afectar tanto o crescimento das plantas como a produção e qualidade do produto, se manifestando principalmente na redução da população e desenvolvimento das culturas, com sintoma similar causado por stresse hídrico (RHOADES, 2000).

Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, em muitos casos, sem necessidade de práticas especiais de controlo da salinidade.

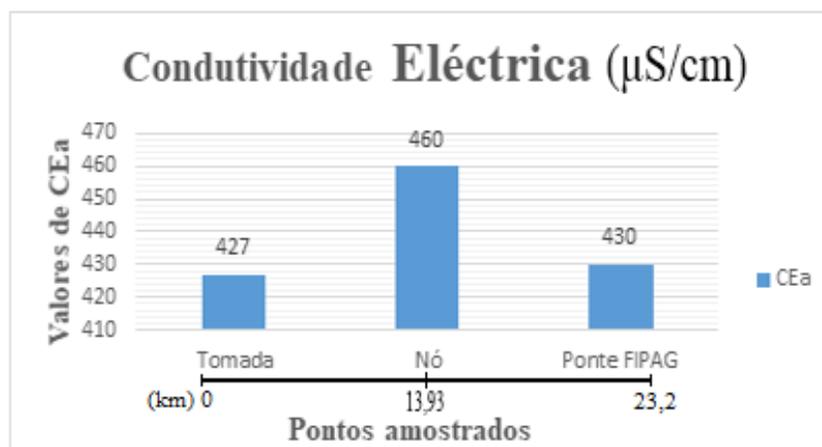


Figura 5: Valores obtidos de CE da água de irrigação

4.1.3. TSD

De acordo com Ayers & Westcot, (1987 e 1991) o TDS varia de 0-2000 mg/l. O TDS nos pontos de colecta não teve uma grande variação como mostra o gráfico, para o ponto tomada teve 214 mg/l, 217 mg/l para o Nó foi o maior valor de TDS como mostra a figura 6, isto pode estar relacionado com a condutividade eléctrica, pois quanto maior for a Cea maior será a quantidade de TDS e o ponto Ponte FIPAG teve 213 mg/l. De acordo com os autores mencionados acima o TDS está dentro dos padrões.

Para Medina San Juan (1997) águas de irrigação que têm um conteúdo total de sais muito baixo, causam problemas de permeabilidade devido à dispersão dos minerais do solo e da matéria orgânica e pela grande capacidade que têm tais águas para dissolver e eliminar o cálcio no solo. Este parâmetro fora dos padrões recomendados pode afectar o solo de forma negativa, aumentando a salinidade.

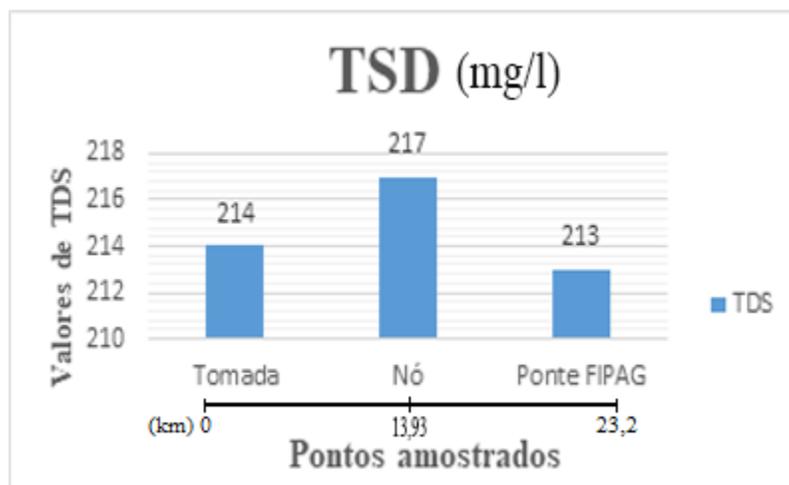


Figura 6: Valores obtidos de TDS da água de irrigação

4.1.4. Nitrogénio

De acordo com Ayers & Westcot, (1987 e 1991) os valores do nitrogénio na água para irrigação variam de 0 a 10 mg/l. Contudo, o valor do nitrogénio encontrado durante o estudo foi de 0,57 mg/l nos três pontos de colecta, o valor do nitrogénio não teve uma variação (figura 7). O valor está dentro dos parâmetros recomendados por Ayers & Westcot (1987 e 1991). Valores de nitrogénio são superiores caso ocorra o processo de lixiviação do solo. Não houve uma variação do nitrogénio nos três pontos.

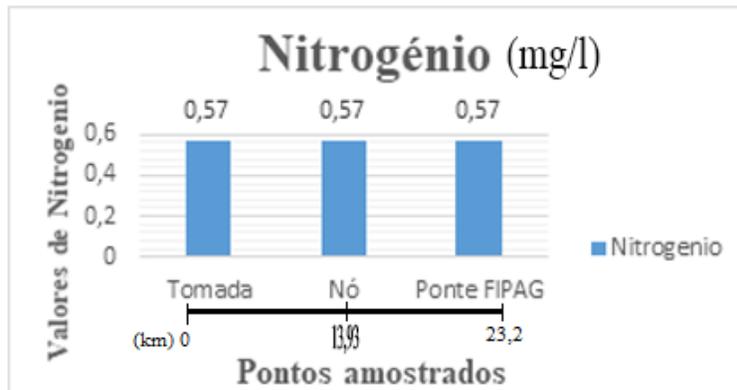


Figura 7: Valores obtidos de Nitrogénio na água de irrigação

4.1.5. Cloretos

De acordo com Ayers & Westcot, (1987 e 1991) os valores do Cloreto na água para irrigação devem variar de 0 a 140 miligramas por litro. Os 3 pontos apresentaram um valor de 70,9 mg/l (figura 8).

Sendo o cloro um dos elementos que influencia na toxicidade pode se afirmar que quanto a este critério a água esta em boas condições. O ião cloreto está presente em vários tipos de rochas em concentrações baixas em relação a qualquer constituinte maior da água natural. Este facto deve-se a volatilidade e solubilidade dos seus compostos (BERNADO, 2006).

Este ião em grandes quantidades pode provocar à nível do solo a perda da fertilidade do solo. Por ser um anion nao é retido pelo complexo de troca do solo, desloca-se facilmente com a água do solo e é absorvido pelas raízes.

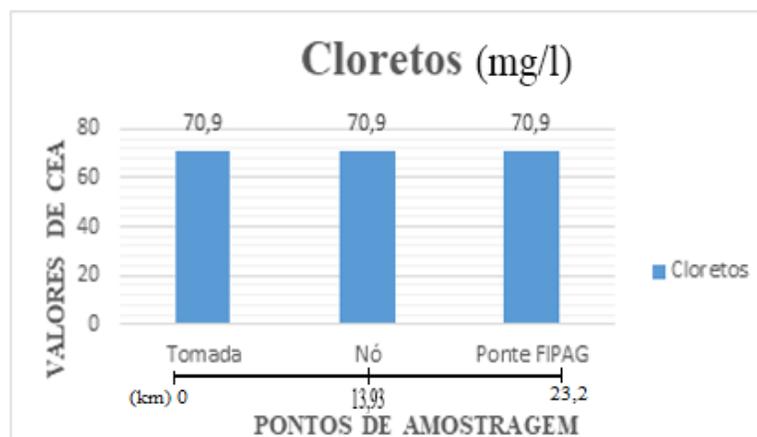


Figura 8: Valores obtidos de cloretos na água de irrigação

4.1.6. Cálcio

No sector montante os valores de cálcio não variam para os pontos Nó e Ponte FIPAG tendo apresentado um valor de 24,04 mg/l. O ponto Tomada teve um valor baixo comparado com os outros pontos (figura 9), tendo um valor de 16,032 mg/l. Verificou-se que a água não oferece riscos ao solo, a concentração do cálcio encontra-se dentro dos padrões recomendados por (Ayers & Westcot, 1987 e 1991), que varia de 0 à 400 mg/l.

De acordo com os autores mencionados afirmam que, excesso do cálcio pode causar a precipitação de alguns fertilizantes. Também, há que ter em consideração que, o cálcio e o magnésio tem uma influência positiva sobre a estabilidade de agregados e na estrutura do solo, isto é, valores dentro do padrao evitam a degradação do solo.

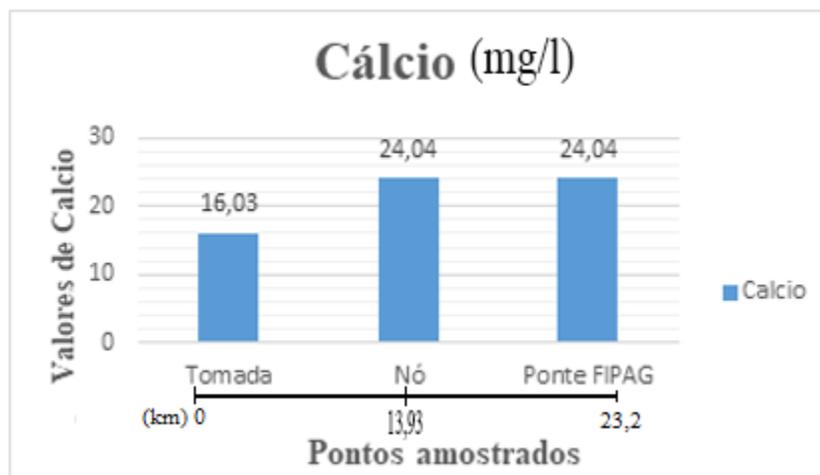


Figura 9: Valores obtidos de Cálcio na água de irrigação

4.1.7. Magnésio

O valor de magnésio variou no ponto Tomada que teve um valor de 17,08 mg/l os pontos Nó e Ponte FIPAG tiveram mesmo valor de 9,76 mg/l como mostra a figura 10. Todos os pontos apresentaram valores normais, abaixo de 60 mg/l estabelecido por Moura *et al.* (2011), e as amostras ficaram na classificação normal. E assim sendo, os valor encontrados estão dentro dos padrões recomendados para irrigação por (Ayers & Westcot, 1987 e 1991), que varia de 0 a 60 mil gramas por litro. Valores de cálcio e magnésio dentro do padrão recomendando diminuem a predominancia do sódio no solo.

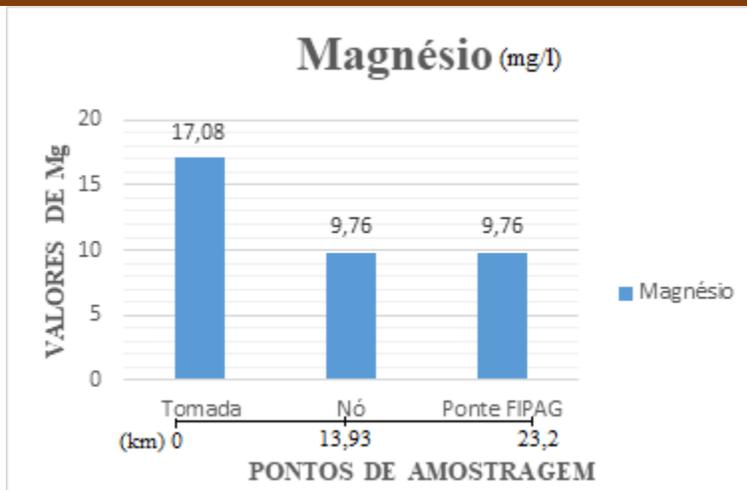


Figura 10: Valores obtidos de Magnésio na água de irrigação

4.1.8. Fósforo total

Os valores do fósforo não variaram tanto nos pontos de colecta como mostra a figura 11 e se encontram dentro dos padrões recomendados por (Ayers & Westcot, 1987 e 1991), que varia de 0 a 2 mil gramas por litro.

O ponto Tomada teve 0,061 mg/l, 0,062 mg/l no Nó e 0,064 mg/l no Ponte FIPAG, maior concentração de fósforo na Ponte FIPAG pode estar relacionada a menor concentração de TSD nesse ponto.

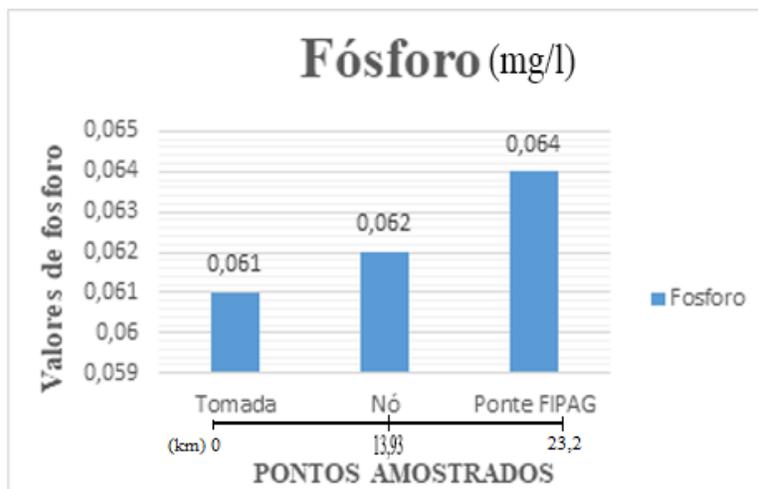


Figura 11: Valores obtidos de Fósforo na água de irrigação

4.2. Atributos físico-químicos do solo

A seguir são apresentados os resultados das amostras de solo numa profundidade de 0-20 cm, dos três pontos amostrados (Tomada, Nó e Ponte FIPAG) do seguinte estudo (Tabela 9).

Tabela 9: Resultados dos atributos físico-químicos do solo numa profundidade de 20 cm

Pontos de colecta	cmol/dm ³									mS/cm	pH	Classe Textura	%		
	Ca	Mg	K	Na	H	Al	CTC	P	N	CE			Areia	Limo	Argila
Tomada	20.62	7.26	0.80	0.01	0.00	0.00	28.68	32.60	0.15	0.19	6.15	G	20.5	37.4	42.1
Nó	15.58	6.36	0.38	0.02	0.00	0.00	22.35	35.40	0.13	0.19	6.00	G	24.6	25.9	49.5
Ponte FIPAG	10.64	5.60	0.88	0.03	1.06	0.00	18.20	20.30	0.11	0.28	6.3	FGA	58.1	11.9	30.0

Legenda

F- Franca

G- Argilosa

A- Arenosa

Ca- Cálcio

Mg- Magnésio

K- Potássio

Al- Alumínio

P- Fósforo

N- Nitrogénio

CE- Condutividade Eléctrica

pH- Potencial de hidrogénio

H- Hidrogénio

Na- Sódio

CTC- Capacidade de troca de cations

4.2.1. Textura do Solo

A textura do solo foi um atributo que auxiliou na análise de alguns atributos químicos. Verificou-se um alto teor de argila para os pontos Tomada e Nó, tendo se encontrado os seguintes valores 42% para a Tomada e 49% para o Nó, a sua classe textural é argilosa. Lembrando que solos com alto teor de argila são mais produtivos. O ponto Ponte FIPAG teve maior teor de área comparando com as demais classes texturais, encontrou-se um teor de 58% de areia e 30% de argila e a sua classe textural foi franco argilosa arenosa.

Segundo Klein (2008) solos de textura argilosa são solos com teores de argila superior a 35%, possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água.

4.2.2. Condutividade Eléctrica do solo

Para os pontos amostrados foram obtidos os seguintes resultados de condutividade eléctrica, 0.19 mS/cm para os pontos Tomada e Nó, o ponto Ponte FIPAG teve o valor de 0.28 mS/cm. Na classificação de Richard (1969), ver tabela 2. Os valores obtidos encontram-se numa classificação normal pois estão abaixo do valor de 4 mS/cm estabelecido pelo autor.

Os solos afectados por sais, normalmente, ocorrem nas regiões áridas e semi-áridas e constituem um factor limitante da produção agrícola. Em condições naturais, a acumulação de sais no solo é o resultado de altas taxas de evaporação, baixa precipitação pluviométrica, de características do solo, da rocha subjacente e das condições geomorfológicas e hidrogeológicas locais (WHITMORE, 1975). Desta forma pode se afirmar que o solo não apresenta problemas quanto a condutividade, ou que não é um solo salino, pois o seu pH esteve dentro dos padrões recomendados.

4.2.3. Capacidade de Troca de Cations (CTC)

Geralmente os minerais de argila apresentam valores de CTC variando entre 10 a 150 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ (MALAVOLTA, 1968).

Na classificação de ALVAREZ V. *et al.* (1999) a CTC do solo é considerada muito bom se tiver um valor superior a 9 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$. Para os pontos amostrados foram obtidos os seguintes resultados 28.68 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ para a Tomada, 22.35 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ para o ponto Nó e 18.20 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$ para Ponte FIPAG. Os valores de CTC estiveram dentro dos padrões recomendados. O ponto Ponte FIPAG teve menor valor comparando com os outros pontos.

4.2.4. Acidez Potencial ($H^+ + Al^{3+}$)

A acidez potencial esteve muito baixo segundo a classificação de ALVAREZ V. *et al.* (1999) para os pontos Tomada e Nó que tiveram os valor de 0.00 cmol/dm^3 , baixo para o ponto Ponte FIPAG que teve o valor de 1.06 cmol/dm^3 . A solubilidade da acidez potencial se for muito elevada pode causar danos às raízes das plantas, pois contem o alumínio que é muito tóxico para a maioria das culturas.

A solubilidade da acidez potencial foi baixa devido ao pH que encontra-se nos padrões recomendados. Geralmente os valores de $H^+ + Al^{3+}$ são maiores em solos ricos em matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem baixos valores de pH.

4.2.5. pH do solo

O pH da maioria dos solos produtivos varia entre os valores de 6,0 a 6,5. Porém, esta faixa pode ser estendida de 5,5 a 6,8 (ANDA, 1988).

Os valores obtidos nos pontos amostrados estiveram dentro dos padrões (tabela 3). Para o ponto Tomada o pH foi de 6.15, para o ponto Nó foi de 6 e 6.3 para o ponto Ponte FIPAG. pH de 5,5 a 6,5 Ausência de Al^{3+} (tóxico), boa disponibilidade de B, disponibilidade intermediária dos demais micronutrientes, pH ideal para a maioria das culturas. A redução do pH do solo diminui a disponibilidade dos micronutrientes Cl, Mo e B e dos macronutrientes e aumenta a solubilidade de Al^{3+} , forma tóxica do alumínio. Em solos com pH superior a 6,5 há redução acentuada na disponibilidade dos micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn. Por essas razões, o pH do solo considerado adequado para o crescimento e desenvolvimento das plantas situa-se entre 6,0 e 6,5. Nessa faixa de pH não há presença de Al^{3+} (forma tóxica) e há boa disponibilidade de nutrientes. Em pH acima de 6,5, a solubilidade do Fe decresce aproximadamente mil vezes para cada unidade de aumento do pH do solo.

O pH encontrado nos três pontos esta classificado como acido. E o ponto Ponte FIPAG teve maior valor de pH mas não fugindo do valor recomendando. Isso pode estar relacionado a actividade biologica produzindo acidos e praticas agricolas, como por exemplo a aplicacao de fertilizantes acidificantes (Nitrato e sufato de amonio) resultam na acidificacao.

No que concerne a classificação agronómica a concentração do pH do ponto Nó esteve bom e da Tomada e da Ponte FIPAG esteve alto (ver tabela 3).

4.2.6. Nitrogénio (N)

Dos três nutrientes primários, o nitrogénio foi o parâmetro que se encontrou em poucas concentrações. Para a tomada tivemos o valor de $0.15 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$, para o Nó foi $0.13 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e para o pnto FIPAG foi $0.11 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$.

Segundo ALVAREZ V. *et al.* (1999) a concentração de nitrogénio deve ser no máximo $0.5 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e para o seguinte estudo o nitrogénio esteve dentro do recomendando.

4.2.7. Fósforo (P)

A eficiência de extracção do fósforo disponível pelo método Mehlich-1 sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo. Por isso, na interpretação da disponibilidade de fósforo, são usadas características que estão relacionadas com a capacidade tampão, como o teor de argila. ALVAREZ V. *et al.* (1999).

O teor de argila dos pontos Tomada e Nó esteve no intervalo de 35-60%. O ponto tomada teve 42% de teor de argila e o ponto Nó teve um valor de 49% de teor de argila e o valor do fósforo para a Tomada foi de $32.60 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e no Nó foi de $35.40 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$, tendo-se encontrado na classificação muito bom pois apresentou um valor superior a $18 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$.

E para o ponto FIPAG o teor de argila esteve no intervalo de 15-35%, tendo se encontrando um teor de 30% e o valor de fósforo foi de $20.30 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$. No intervalo de 15-35% para o valor do fósforo encontrado esta na classificação bom pois o valor esteve no intervalo 20,1 - $30,0 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$. Os solos da Tomada e do Nó fixaram mais fósforo em relação ao ponto Ponte FIPAG pois apresentaram alto teor de argila.

Solos com alto teor de argila fixam mais fósforo do que aqueles com baixo teor de argila, RAIJ *et al.* (1981).

4.2.8. Potássio (K)

Valores de concentração do potássio no ponto Tomada e Ponte FIPAG foram superiores em relação ao ponto Nó. Para o ponto Tomada o valor foi de $0.80 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$, para Ponte FIPAG foi $0.88 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e para o Nó foi de $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$. Na classificação de ALVAREZ V. *et al.* (1999) o potássio esteve no intervalo de $0,71 - 1,20 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ para os pontos Tomada e Ponte FIPAG, nesse intervalo o atributo e classificado como bom. E o ponto Nó esteve no intervalo de $0,31-0,70 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e foi tido como média a sua concentração.

4.2.9. Cálcio (Ca)

O cálcio ocupou mais de 30% no complexo de troca de cations dos solos. Para a Tomada o resultado foi de 20.62 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, para o Nó 15.58 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e para o Ponte FIPAG 10.64 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Na tomada verificou-se mais abundancia do calcino, isso foi devido ao solo que é fortemente argiloso, pois segundo RUTLAND *et al.* (1988) os solos argilosos contem mais cálcio. E na classificação de ALVAREZ V. *et al.* (1999) este atributo encontra-se muito bom para os três pontos amostrados pois apresentaram um valor superior a 4.00 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

4.2.10. Magnésio (Mg)

Do complexo de troca de cations o Magnésio foi o segundo atributo mais abundante nos três pontos amostrados. Encontrou-se 7.26 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ na Tomada, 6.36 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no Nó e 5.60 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no ponto Ponte FIPAG, o ponto Tomada teve maior teor de Magnésio.

Na classificação de ALVAREZ V. *et al.* (1999) o teor de magnésio esta na classificação muito bom se tiver um valor superior a 1.50 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e os três pontos apresentaram valores superiores a 1.50 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Os solos geralmente contém menos magnésio do que cálcio, porque o magnésio não é absorvido tão fortemente pelas argilas, e é mais sujeito a lixiviação. Além disso, a maioria do material de origem contem menos magnésio do que cálcio. RUTLAND *et al.* (1988)

4.2.11. Sódio (Na)

Para este atributo foi encontrado o valor de 0.01 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ na Tomada, 0.02 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no Nó e 0.03 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ no ponto Ponte FIPAG. Um solo é considerado sódico quando apresenta o teor de Na máximo de 0,71 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (RICHARDS, 1970).

O teor de sódio encontrado esteve muito baixo para os três pontos amostrados, não causando nenhum efeito ao solo, pois esta em alta concentração no solo pode causar efeito depressivo sobre a produtividade das culturas por dificultar a absorção de água e nutrientes pela planta ou pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando a desestruturação do solo e reduzindo a infiltração de água, trocas gasosas e dificultando a penetração de raízes.

V. CONCLUSÃO

5.1. Conclusão

A qualidade da água utilizada para o sector montante do regadio de Chókwè, encontra-se dentro dos padrões recomendados para todos os parâmetros analisados.

Para os três pontos avaliados as águas utilizadas apresentam ligeira restrição quanto a salinidade, a sua classe foi C2, isto é, significa que a água em estudo foi classificada como água de salinidade media. Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação.

O ponto nó apresentou valores altos de CE e TDS. E com isso pode se inferir que, a qualidade da água daquele ponto está sendo comprometida.

Após as análises do solo pode-se concluir que: Os atributos analisados encontram-se dentro dos padrões recomendados.

Para os três pontos avaliados pode-se aferir que o solo em estudo não sofre de salinidade nem sofre de sodicidade uma vez que a qualidade da água de irrigação foi satisfatória.

VI. RECOMENDAÇÃO

6.1.Recomendações

Ao longo da realização do presente trabalho, surge a necessidade de deixar as seguintes recomendações para os futuros investigadores:

- Recomenda-se a inclusão de alguns indicadores físicos de qualidade de água para irrigação, visto que, não foi possível incluí-los devido a limitações no laboratório. E também a inclusão de alguns indicadores químicos que não foi possível analisar devido ao défice do Laboratório Nacional de Higiene de Água e Alimento;
- Análise completa do sector montante visto que nesse estudo só foi possível analisar apenas três pontos ou um percurso de 23,2 km;
- Torna-se necessário a realização duma análise estatística para a melhor interpretação dos dados visto que não foi possível fazer nesse estudo;
- Torna-se necessário a realização do acompanhamento dos parâmetros/indicadores da qualidade da água de irrigação durante o período seco e chuvoso, a fim de se obter um diagnostico mais preciso;
- Acompanhamento dos parâmetros/atributos do solo durante o período seco e chuvoso, a fim de se obter um diagnostico mais preciso;

VII. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P., De; Duraes, F. O. M. , 2008. *Uso e manejo da irrigacao*. Brasilia, DF: Embrapa Informacao Tecnologica, pp.528.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F., CANTARUTTI, R. B., LOPES, A. S., 1999. *Interpretação dos resultados das análises de solos*. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. ALVAREZ V., V. H., 1999. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais*, pp.2532.
- ALMEIDA, O. Á. D., 2010. *Qualidade da Água de Irrigação*.
- ANDA- 1988. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. *Acidez do Solo e Calagem*. São Paulo, pp.16p.
- AQUIMO, R. E., JOSE M. J., MILTON C. C., CAMPOS, IVANILDO A. O., DIEGO S. S., 2014. *Distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de pastagem e floresta*. ISSN: Goinia, pp32-42.
- ARSHAD, M.A., LOWER, B., GROSSMAN, B., 1996. *Physical tests for monitoring soil quality*. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, pp.123- 141.
- ARAGUÉS, R., ALBERTO, F., CUCHÍ, J.A., MACHÍN, J., 1979. *Calidad de agua para riego*. I: Criterios generales. Zaragoza: ITEA, pp.3-17.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W., 1991. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, pp.218.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D.W., 1991. *A qualidade de água na agricultura*. Tradução de H.R. Gheyi; J.F. de Medeiros; F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.).
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., 1976. *Calidad del agua para la agricultura*. Roma: FAO (Estudios FAO: Riegos y Drenajes, 29), pp.174.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W., 1999. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29), pp.153.
- Ben-dor, E., Goldshleger, N., Eshel M. V., 2008. *Combined Active and Passive Remote Sensing Methods for Assessing Soil Salinity: A Case Study from Jezre'el Valley, Northern Israel*. In: *Remote Sensing of Soil Salinization: Impact on Land*.

BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C., 2006. *Manual de irrigação*. Viçosa: UFV, pp.625.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., 1986. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. Madison, America Society of Agronomy, pp.363-375.

BRASIL, Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. *Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional*. Publicado no D.O.U.

BRONICK, C.J.; LAL, R., 2005. *Soil structure and management: a review*. Geoderma, 1, pp.3-22.

BROOKES, P.C., 1995. *The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals*. Biol. Fert. Soils, pp.269-279.

CARNEIRO, M.A.C., SOUZA, E.D., REIS, E.F., PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R., 2009. *Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo*, pp.147-157.

CANTARUTTI, R. B.; ALVARES VENEGAS, V. H.; RIBEIRO, A. C., 1999. *Amostragem de solo*. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.

CETESB., 2011. *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra*. Brasília, Brazil: Agência Nacional das Águas.

CORDEIRO, E. de A., G. H. S. VIEIRA, e E. C MANTOVANI., 2003. *Principais causas de obstrução de gotejadores e possíveis soluções*. (Engenharia Agrícola. Boletim Técnico;). Viçosa – MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais/UFV, DEA, 6, pp.41.

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y., 1985. *Analysis of water quality indices*. Journal of Environmental Management, pp.161-179.

DORAN, J.W. & PARKIN, T. B., 1994. *Defining and assessing soil quality*.

FAEF. 2001. *Diagnóstico da Fileira Agrícola, Programa Competir*, Região Agrícola do Chókwe.

FELLER, C.; BEARE, M.H., 1997. *Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics*. Geoderma, 1, pp.69-116.

FERREIRA, D.F., 2009. *Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)*. Lavras, Universidade Federal de Lavras.

HICEP, 2003. *DESCRIÇÃO TÉCNICA DO REGADIO DO CHÓKWÈ*. Hidráulica de Chókwe, EP.

INIA (1995) *Manual de Metodos de analise quimica e fisica de solos parte I*. Comunicacao No 92, Maputo, Mocambique.

KASHEM et al, M.A,SULTANA, N, IKEDA, T,HORI, H, LOBODA, T,MITSUI, T., 2000. *Alteration of starchsucrose transition in germinating wheat seed under sodium chloride salinity*. Journal of Plant Biology, pp.121-127.

KLEIN, V. A., 2008. *Fisica do Solo- Passo Fundo*: Ed. Universidade de Passo Fundo, pp.212.

LAL, R., 2000. *Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century*. Soil Science, pp.191-207.

LIMA, J. E. F. W., R. S. A. FERREIRA, e D. CHRISTOFIDIS., 1999. *O uso da irrigação no Brasil.*, Brazil: In: FREITAS, M. A. V. (org). O Estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL, MME, MMA/SRH, OMM, PNUD, 1, pp.73-82.

MALAVOLTA, E., 1968. *Manual de Quimica Agricola; Nutricao de plantas e fertilidades do solo*. Sao Paulo: Editora Agronomica Ceres, pp.640.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARTTI, Luiz Fabiano., 2006. *Irrigação: princípios e métodos*. Viçosa: UFV, pp.328.

MEDINA SAN JUAN, J. A., 1997. *Riego por gotejo*. Teoria y practica. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, pp.320.

MOURA, M. S. B., GALVINCIO, J. D., BRITO, L. T. L., SOUZA, L. S. B., SÁ, I. I. S., SILVA, T. G. F., 2011. Clima e água de chuva no Semiárido. In: *Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro*. EMBRAPA Semiárido, pp.181.

PIVELI, R. P., KATO, M. T., 2005. *Qualidade das aguas e poluição*; Aspectosa físicos químicos. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp.285.

RAIJ, B. VAN., 1981. *Avaliacao da fertilidade do solo*. Piracicaba: Associacao Brasileira Para Pesquisa do Potassio e do Fosfato, pp.142.

REICHARD T, K., 1990. *Água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, pp.188.

REYNOLDS, W.D. et al. 2002. *Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters*. Geoderma, pp.131-146.

RHOADES. 2000. *Uso de agua salina para a producao agricola.*, FAO irrigacao e drenagem, pp.48p.

RIBEIRO, G. M., Maia, C. E., Medeiros, J. F., 2005. *Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, pp.15-22.

RICHARDS, L.A., 1954. *Diagnostico y recuperacion de suelos salinos y sodicos*. LIMUSA, pp.176.

RICHARDS, L.A., 1969. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: Washington: USDA, pp.160.

RICHARDS, I. A., 1970. *Diagnóstico y rehabilitación de Suelos salinos y sodicos*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, Manual de Agricultura, pp.172.

ROBBINS, D., 1994. *Analysis of water quality indices*. Journal of Environmental Management, pp.161-179.

RUTLAND, D.W., SCHULTZ, J.J., 1988. *Fertilizer Quality Control*. Alabama: International Fertilizer Development Center (IFDC), pp.10.

SANTOS, R. D., 2012. *Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos*, pp.18-23.

SANTOS, R. D., 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Brazil: revista ampliada, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

SCHNEIDER, P., KLAMT, E., GIASSON, E., 2007. *Morfologia do solo: Subsídios para caracterização e interpretação de solos no campo*. Guaíba: Agrolivros, pp.72.

SILVA, LEMA FILHO, ZANINI., 2010. *Importancia da aqualidade de água*. Revista Científica e Prática. São paulo: GTACC, 2, pp.32.

SILVA, I. N., FONTES, L. O., TAVELLA, L. B., OLIVEIRA, J. B., OLIVEIRA, A. C., 2011. *Qualidade de água na irrigação*. ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, pp.01 – 15.

SPERLING, M. V., 2005. *Introdução à Qualidade das Águas*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia de Ambiental. 3ª edição.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C., 2003. *Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos*, pp.18-23.

TOLEDO, L. G., NICOLELLA, G., 2002. *Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano*. Scientia Agrícola, pp.181-186.

WESTCOT E AYERS., 1987. *La calidade del agua para agricultura*. Roma: FAO (estudo FAO; Reigos y Drenajes), pp.174.

Avaliação da qualidade da água usada para irrigação no sector montante (na Tomada, no Nó e Ponte FIPAG) do regadio de Chókwè e o seu efeito no solo

WHITMORE, W., 1975. *Interpretação da análise de solo*. Campo & Negócios, Uberlândia, pp.12-14.

VIII. ANEXOS

Tabela 10: Coordenadas geográficas dos pontos de amostras de água.

Local de colecta (Pontos)	Latitude	Longitude	Elevação m
Tomada	24° 24.202'	032° 52.118'	33
Nó	24° 28.384'	032° 56.621'	31
Ponte FIPAG	24° 31.440'	033° 00.257'	27

Tabela 11: Coordenadas geográficas dos pontos de colecta do solo numa área de 1ha.

Local de colecta (Pontos)	Latitude	Longitude	Elevação m
Tomada	24° 24.349'	032° 51.780'	36
Nó	24° 28.773'	032° 56.916'	29
Ponte FIPAG	24° 32.705'	033° 00.889'	29