



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

FACULDADE DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA IRRIGAÇÃO NO
LEITO SECO DO RIO LIMPOPO EM GUIJÁ**

Monografia científica submetida 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

Autor: Maria Alberto Cossa

Tutor: Eng^o. Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

Lionde, Outubro de 2019



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

FACULDADE DE AGRICULTURA

Monografia de investigação sobre avaliação da qualidade de água subterrânea no leito seco do rio Limpopo para irrigação agrícola no distrito de Guijá 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. Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

Lionde, Outubro de 2019

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMO	i
DECLARAÇÃO.....	ii
DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	v
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos:.....	2
1.1.1 Geral:	2
1.1.2. Específicos:	2
1.3. Problema e Justificativa	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Água subterrânea.....	3
2.2. Distribuição de água no planeta	3
2.3. Ocorrência de águas subterrâneas	3
2.3.1 Classificação dos aquíferos	4
2.3.4 Características geológicas dos aquíferos.....	4
2.4. Parâmetros para avaliar a qualidade de água para irrigação	5
2.4.1. Parâmetros físicos de qualidade de água para irrigação.....	5
2.4.2. Parâmetros químicos de qualidade de água para irrigação	6
2.5. Graus de restrição e limites máximos dos parâmetros segundo normas da FAO.....	7
2.6. Classificação da qualidade de água para irrigação.....	8
2.6.1. Classificação da água subterrânea para irrigação com base no RAS	8
2.6.2. Classificação da água subterrânea para irrigação levando em conta os perigos de salinização e sodificação	9
2.7. Classes de água,.....	10
2.7.1. Classes de salinização de água.	10

2.7.2. Classes de sodicidade	10
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1. Descrição da área de estudo	12
3.2. Caracterização hidro-climática.....	12
3.2.1 Clima e hidrografia.....	12
3.2.2. Precipitação	13
3.2.3. Relevo e solos.....	13
3.2.4. Situação económico-financeira	13
3.2.5. Geologia	13
3.3. Metodologia e procedimento do campo.....	14
3.3.1. Área de colecta de amostra para análises da qualidade da água subterrânea	14
3.3.2. Monitoramento da qualidade de água subterrânea	15
3.3.3. Colecta de amostras de água subterrânea e superficial	16
3.3.4. Frequência de colecta das amostras de água	17
3.4. Determinação da composição quantitativa e qualitativa de água subterrânea para irrigação	17
3.5. Identificação das classes de água para irrigação	17
3.6. Avaliação da qualidade de água subterrânea para irrigação.....	17
3.7. Análises laboratoriais para qualidade de água.	18
3.8. Análise de dados e interpretação.	18
IV.RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Identificação das classes de água para irrigação.	19
4.2. Classificação da água para irrigação baseada na salinização e sodificação.	20
4.3. Análises do pH	21
4.4. Composição quantitativa e qualitativa da água subterrânea para irrigação	23
V. CONCLUSÃO.....	27
VI. RECOMENDAÇÕES	28
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

ANEXOS	32
Tabela ilustrativo das coordenadas do local de estudo	33
Tabela dos resultados das análises do pH	33
Tabela dos resultados das análises do pH	34
Tabela dos resultados das análises da CE	34
Tabela dos resultados das análises da CE.	35
Tabelas de Resultados mensais de monitoria.....	35
Tabela de resultados das análises laboratoriais em $\mu\text{g/L}$	36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Grau de restrição para parâmetros de qualidade da água para fins de irrigação.....	7
Tabela 2. Valores máximos recomendáveis e valores máximos admissíveis de qualidade da água para fins de irrigação	8
Tabela 3. Classificação das classes de água com base na condutividade eléctrica.	19
Tabela 4. Classificação de qualidade de água para irrigação através da combinação RAS vs CE ..	21
Tabela 5. Valores médios de pH do rio e dos furos.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de água no planeta	3
Figura 2. Ilustração dos tipos de aquíferos. Fonte: Pinto (2011).....	4
Figura 3. Ilustração de diagrama da classificação de qualidade de água com base do RAS.....	9
Figura 4. Ilustração do mapa do distrito de Guijá e respectiva área de estudo.	12
Figura 5. Ilustração da geologia do distrito de Guijá.	14
Figura 6. Poço de monitoramento de água (A) Global Position System (GPS) (B).....	15
Figura 7. Pontos de colectas das amostras.....	15
Figura 8. Ilustração dos equipamentos usados para monitoramento e análise de água, pH – metro (C), Conductivímetro (D), Sonda TLC (E).....	16
Figura 9. Bailer usado para a colecta de amostras de água subterrânea nos piezómetros.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

CE – Condutividade eléctrica ;

GPS – Sistema Global de posição;

MAE - Ministério da Administração Estatal;

pH – Potencial hidrogenionico;

RAS – Razão de Adsorção de sódio;

NP – Normas Portuguesas;

NAS-Normas da África do Sul;

VMA – Valor máximo admissível;

VMR- Valor máximo recomendado;

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e da orientação 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, Outubro de 2019

(Maria Alberto Cossa)

DEDICATÓRIA

Dedicado o presente trabalho à memória do meu pai Alberto Ticuapa Cossa que Deus o tenha; A minha mãe Albertina Ernesto Manhengue; aos meus irmãos José, João e Gloria pelo apoio, força e incentivo que deram durante a minha árdua formação e a todos meus sobrinhos que este trabalho sirva de espiração para todos eles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela oportunidade que me foi concedida e por sempre guiar e iluminar o meu caminho.

Aos meus pais (Alberto Cossa e Albertina Manhengue) por me dar vida, amor e por acreditar em mim mesmo nos momentos mais défices da minha jornada académica.

Aos meus irmãos (José, João e Gloria) pela família que para nos e por nos foi construída, por confiarem em mim e por apoiarem moralmente e financeiramente, por estarem sempre presentes na minha vida.

Ao meu tutor, Eng.º Paulo Sérgio Lourenço Saveca pela paciência, dedicação, compreensão, confiança e pela disponibilidade para realização deste trabalho, pelo grande conhecimento e ensinamentos transmitido durante a realização deste trabalho obrigada.

Ao engenheiro Moisés José Buduio por toda ajuda, encorajamento com sábias palavras no momento da formação muito obrigada.

A todos docentes em particular ao de departamento da engenharia hidráulica, por terem sido os transmissores de conhecimento na minha área de formação.

Aos meus colegas de turma, a todos meus amigos que me ajudaram para que este trabalho fosse permissível, o meu infinito agradecimento a todos que directa ou indirectamente contribuíram na realização deste trabalho.

RESUMO

A variabilidade da distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos limita a prática de agricultura irrigada nas regiões semi-áridas e áridas. Devido a disponibilidade sazonal dos recursos hídricos superficiais nestas regiões, a irrigação agrícola não é feita durante todo o ano. Sendo a água subterrânea uma das fontes alternativas, com o presente trabalho pretendeu-se avaliar a qualidade da água subterrânea no leito seco do rio Limpopo. Para este estudo foram feitas análises em três poços com profundidades de 11,5 m; 11,34 e 12,86 m, e em três pontos de água superficial do rio Limpopo no distrito de Guijá. O período das análises foi de três meses (Março, Abril e Maio), com frequência de colecta de amostras quinzenal. Um total de 18 amostras tanto de água subterrânea e superficial foi analisado. No campo fez-se a medição de pH e CE e no laboratório os seguintes parâmetros químicos: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- . Para a análise e interpretação dos resultados usou-se os seguintes softwares ou aplicativos QGIS, WISH (Windows Interpretation System for Hydrogeologist) e MS Excel. Os resultados da pesquisa mostram que as análises a água subterrânea que ocorre no leito seco do rio Limpopo está dentro dos padrões requeridos para irrigação. Tanto a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), assim como a condutividade eléctrica (CE) ambos estão dentro da classe de água recomendável para o uso na irrigação (C2S1).

Palavras-chaves: Água subterrânea, qualidade de água, rio Limpopo, irrigação agrícola, leito seco.

ABSTRACT

The variability of spatial and temporal distribution of water resources limits the practice of irrigated agriculture. Due to the seasonal availability of surface water resources in these regions, agricultural irrigation is not done throughout the year. Since groundwater is one of the alternative sources, the present work aimed to evaluate the quality of groundwater in the Limpopo river dry bed. For this study the analyzes were made in three wells with depths of 11,5 m; 11,34 and 12,86 m, and at three points of surface water of the Limpopo River in Guijá district. Analyzes were performed over a period of three months (March, April and May), with biweekly sampling. A total of 18 samples of both ground and surface water were analyzed. In the field the pH and EC were measured and in the laboratory the following chemical parameters: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- . For the analysis and interpretation of the results we used the following softwares or

applications QGIS, WISH (Windows Interpretation System for Hydrogeologist) and MS Excel. The survey results show that the groundwater analyzes that occur in the Limpopo river dry bed are within the required irrigation standards. Both Sodium Adsorption Ratio (RAS) as well as electrical conductivity (EC) are both within the recommended water class for irrigation use (C2S1).

Keywords: Groundwater, water quality, Limpopo river, agricultural irrigation, dry bed.

I. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a vida e actua fundamentalmente nos processos físico-químicos e biológicos da Terra e apresenta importância fisiológica para os vegetais desempenhando várias funções na planta e considerada um factor imprescindível para o seu crescimento e desenvolvimento, em que é através da sua qualidade que poderá saber se qual cultura a irrigar (Almeida, 2010).

Os recursos hídricos subterrâneos constituem reserva estratégica de água para suprimento das demandas actuais e futuras, uma vez que representam uma quantidade maior que as águas superficiais no mundo (Salemi, 2012). A importância desta fonte ganha realce quando há predominância de escassez hídrica provocada por aquecimento global, que por sua vez provoca longas estiagens, com o ressecamento dos leitos de muitos rios e reduções drásticas nas lâminas de água de reservatórios (Salemi, 2012).

Segundo Mantovani et al. (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigação, no entanto, a avaliação da qualidade de água é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projectos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada.

A água possui afinidades com várias outras substâncias nesse contexto, por onde a mesma escoar ou percola vai absorvendo e/ou agregando traços dos compostos químicos orgânicos e inorgânicos, deixando de ser pura (PERES et al., 2009). Com isso informações sobre a qualidade da água é importante, devido a sua utilização para orientar as práticas de irrigação e a selecção de cultivos.

O presente trabalho de pesquisa surgiu no âmbito de proceder uma avaliação de qualidade de água subterrânea no leito seco do Distrito de Guijá, focalizando-se em poços instalados no leito seco do rio Limpopo.

1.1. Objectivos:

1.1.1 Geral:

- ❖ Avaliar a Qualidade de Água Subterrânea no Leito Seco do rio Limpopo para Irrigação no Distrito de Guijá em Caniçado.

1.1.2. Específicos:

- ❖ Determinar a composição qualitativa e quantitativa da água subterrânea para irrigação;
- ❖ Identificar as classes de água subterrânea para irrigação;
- ❖ Classificar a qualidade de água subterrânea para irrigação;
- ❖ Comparar os parâmetros químicos de água subterrânea colectada com os padrões de qualidade de água para irrigação.

1.3. Problema e Justificativa

O distrito de Guijá é uma região caracterizada pela ocorrência de clima semi-árido. A ocorrência da água para irrigação não é em todo o ano. Na busca de alternativas, em regime experimental, no distrito de Guijá, o projecto A4labs avaliou-se a disponibilidade da água subterrânea no leito seco do rio Limpopo e a sua respectiva fonte de recarga para garantir o suprimento das necessidades hídricas das culturas em períodos de escassez. Os resultados preliminares revelaram a existência de água subterrânea e que o lençol freático varia entre 3 a 5 metros de profundidade. Sendo que a qualidade de água varia no tempo e no espaço e isso pode afectar a produção agrícola. E, com essa variação pretendeu-se saber se a mesma poderá ser usada para irrigação.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Água subterrânea

A água subterrânea é toda aquela que encontra-se no subsolo. E, essa água chega ao subsolo através da infiltração profunda e é armazenada nos aquíferos (Salemi,2012).

2.2. Distribuição de água no planeta

De toda água existente no planeta terra 97.5% é salgada e existe nos oceanos e nos mares. Os restantes 2.5% representam a água doce que esta presente nos glaciares e calotes polares, lagos, rios, ribeiros e lenções de água subterrâneas. O gráfico seguinte mostra a distribuição da água no planeta terra.



Figura 1. Distribuição da água no planeta

2.3. Ocorrência de águas subterrâneas

As águas subterrâneas ocorrem em aquíferos que são formações geológicas ou camadas que contêm a água no seu interior (zona saturada) em quantidade suficiente para permitir o seu aproveitamento económico. Assim, uma unidade geológica é considerada aquífero quando possui poros cheios de água suficientemente grandes para permitir que esta se escoe através deles para os poços ou fontes, com uma vazão de saída nestes pontos para, suprir o abastecimento de água de uma comunidade.

Os aquíferos possuem duas características fundamentais: capacidade de armazenamento e capacidade de escoamento da água subterrânea (Foster et al, 2003).

2.3.1 Classificação dos aquíferos

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com as características hidrodinâmicas ou de acordo com as características geológicas. Quanto à primeira classificação os aquíferos são considerados livres (não-confinados ou freáticos), suspenso, confinados e semi confinados (confinados drenantes) (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

- (a) **Aquífero livre** – É um tipo de aquífero que está submetido à pressão atmosférica. Seu limite superior é a superfície freática, na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica. Geralmente nos aquíferos livres a área de recarga é toda a área dos aquíferos. Aquíferos suspensos é um caso particular de aquíferos livre formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada.
- (b) **Aquífero confinado**- É um tipo de aquífero que se situa entre camadas impermeáveis e, em consequência, tem a água submetida a pressão superior à atmosférica. Nestes, a água provém geralmente de infiltrações distantes, de regiões de cotas mais elevadas (lagos, rios, chuva ou neve nas serras). Pinto (2011).

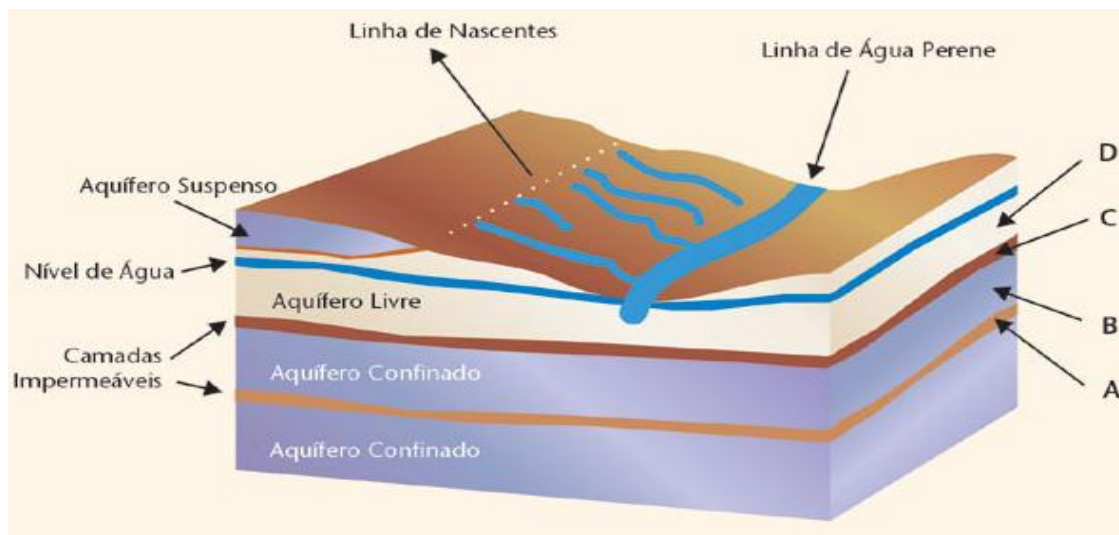


Figura 2. Ilustração dos tipos de aquíferos. Fonte: Pinto (2011).

2.3.4 Características geológicas dos aquíferos

Quanto as características geológicas, os aquíferos podem ocorrer em camadas sedimentares ou em rochas ígneas ou metamórficas. A seguir são descritas os tipos mais comuns:

- (a) **Aluvião.** No caso de sedimentos não-consolidados destacam-se os aluviões e as dunas. Os depósitos de aluvião formados pelos sedimentos erodidos e transportados nas chuvas torrenciais localizam-se em locais favoráveis a recarga nos leitos de rios, riachos e lagoas.
- (b) **Dunas.** As dunas são formadas por sedimentos como areia fina e silte que são transportados e depositados pelos ventos. É o caso das formações arenosas nas regiões costeiras, Os aquíferos formados por sedimentos não-consolidados são fáceis de serem perfurados ou escavados, são pouco profundos, possuem alta capacidade de infiltração potencial e conseqüentemente são altamente vulneráveis.
- (c) **Rocha sedimentar – arenito** As rochas sedimentares formadas pela compactação e cimentação de areias, os chamados arenitos, formam aquíferos regionais que armazenam grandes quantidades de água potável (Abrantes, 2013).

2.4. Parâmetros para avaliar a qualidade de 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) postulam que o uso de indicadores de qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas, sejam de origens antrópicas ou naturais.

Cada parâmetro 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 citado por Toledo e Nicolella, 2002).

2.4.1. Parâmetros físicos de qualidade de água para irrigação

❖ Temperatura

A temperatura é um parâmetro que mede a intensidade de calor, é um parâmetro importante pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigénio dissolvidos), com reflexos sobre a vida aquática Lima (2005).

❖ Sólidos

Os sólidos estão relacionados aos diversos tipos de materiais presentes na água; podem ser divididos em duas categorias, em suspensão ou dissolvidos

2.4.2. Parâmetros químicos de qualidade de água para irrigação

❖ pH

O parâmetro pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e os íons OH^- ; varia de 0 a 14, indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7), o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos, pH baixo torna a água corrosiva, águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações (Esteves, 1998).

❖ Condutividade eléctrica

Este parâmetro mede a capacidade que a água possui de conduzir a corrente eléctrica. Apresenta relação directa com as espécies iónicas dissolvidas. Quanto maior for à quantidade de íons dissolvidos maior a CE, é o parâmetro que determina o seu potencial de salinizar um solo considerando o total de sais presentes na água, (Almeida, 2010).

❖ Fósforo

Como o nitrogénio, o fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos; é um nutriente limitante para o processo de eutrofização. Elevadas concentrações de fósforo em sistemas (Almeida, 2010).

❖ Cloretos

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas Self (2010).

❖ Nitrogénio

Este parâmetro é essencial para os organismos vivos, pois é um importante constituinte da proteína, incluindo o material genético, Em excesso ocasiona o processo de eutrofização, resultando no crescimento exagerado das algas Self (2010).

❖ Alcalinidade

Alcalinidade é o parâmetro que mede a capacidade da água neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento de água (Esteves, 1998).

2.5. Graus de restrição e limites máximos dos parâmetros segundo normas da FAO.

A avaliação dos parâmetros para o uso adequado de água para fins de irrigação é associada aos valores máximos recomendáveis ou admissíveis, que determinam o intervalo ou valor que deve ser usado para que não haja riscos de estresse ou morte das culturas.

As tabelas 1 e 2 apresentam os graus de restrição para alguns parâmetros de qualidade da água para fins de irrigação estabelecidos pela FAO e os valores máximos recomendáveis e admissíveis para fins de irrigação.

Tabela 1. Grau de restrição para parâmetros de qualidade de água para fins de irrigação

Parâmetros de qualidade da água	Unidade	Tipos de irrigação	Grau de restrição de uso		
			Nenhum	Moderado	Grave
CE	μS/cm	---	<700	700-3000	> 3000
Na ⁺	meq/L	IA	<3	> 3	---
Cl ⁻	meq/L	IA	<3	> 3	---
NO ₃ ⁻	mg/L	---	<5	5 – 30	> 30
pH	---		Intervalo normal 6.5 – 8.4		

IA – Irrigação por aspersão.

Fonte: Ayers e Westcot (1985).

Moçambique não dispõe de normas para águas subterrâneas e do rio destinadas à irrigação, daí que, para qualificar a água do leito seco rio Limpopo seguiram-se normas da FAO, ilustradas na tabela 2

Tabela 2. Valores máximos recomendáveis e valores máximos admissíveis de qualidade de água para fins de irrigação.

Parâmetro	Irrigação - FAO		Irrigação – NP	
	VMR	VMA	VMR	VMA
pH	---	---	6.4-8.4	4.5-9.0
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3000	---	1000	---
Ca (meq/L)	20.0	---	---	---
Mg (meq/L)	5.0	---	---	---
SO ₄ ²⁻ (meq/L)	20.0	---	575.0	---
Cl ⁻ (mg/L)	---	---	70.0	---
NO ₃ ⁻ (mg/L)	5.0	---	50.0	---
K (mg/L)	2.0	---	---	---
Na (mg/L)	40.0	---	---	---

Fontes: Ayers e Westcot (1985).

2.6. Classificação da qualidade de água para irrigação

A definição favorável da utilização de uma água para fins de irrigação requer não somente que se conheça as condições químicas no momento em que é analisada, como também as características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como a susceptibilidade e resistência/tolerância aos níveis de salinidade e toxicidade dos cultivos que vão ser irrigados.

2.6.1. Classificação da água subterrânea para irrigação com base no RAS

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos baseia-se no diagrama como na figura abaixo. Para usar o diagrama é necessário conhecer a condutividade elétrica e as concentrações de sódio e (cálcio + magnésio), necessário para a determinação da RAS da água. A determinação da condutividade elétrica faz-se utilizando um Condutivímetro, o sódio utilizando-se um fotómetro de chama e a concentração de ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) por meio de titulação, Richards (1954).

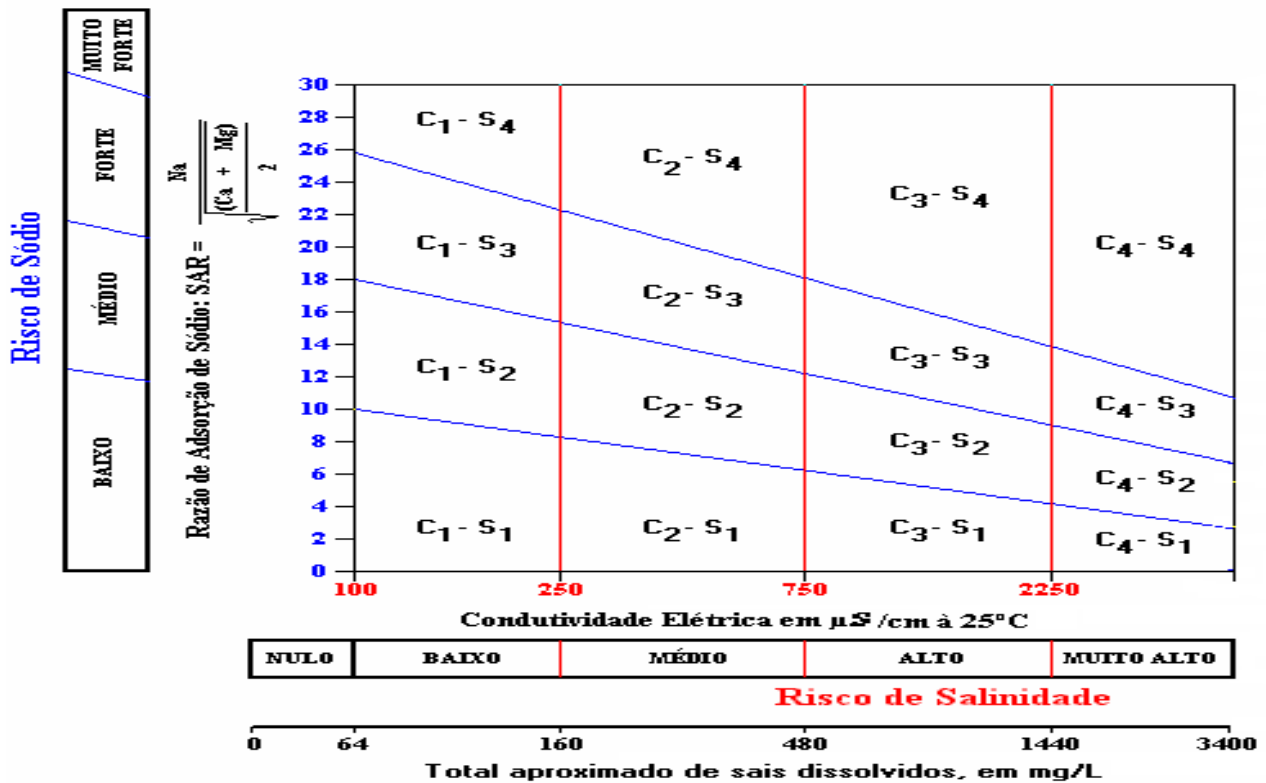


Figura 3. Ilustração de diagrama da classificação de qualidade da água com base no RAS.

2.6.2. Classificação da água subterrânea para irrigação levando em conta os perigos de salinização e sodificação

A classificação proposta por Ayers e Westcot (1987) diz que classificação quanto aos perigos de salinização e sodificação, deve-se fazer uma combinação entre as duas classificações. Algumas vezes, a água de irrigação pode dissolver suficiente quantidade de cálcio de solos calcários, diminuindo assim apreciavelmente, o perigo de solidificação, o que deve ser levado em conta no uso de águas C1-S3 e C1-S4. Para solos calcários com pH alto ou para solos não calcários, o nível de sódio nas águas das classes C1-S3 e C1-S4 pode ser melhorado com a adição de gesso. Também poderá ser benéfico quando se usarem águas das classes C2-S3 e C3-S2, adicionando, periodicamente, gesso ao solo. Para facilitar a classificação das águas para irrigação, quanto aos perigos de salinização e de sodificação do solo, os técnicos do Laboratório de Salinidade dos E.U.A. elaboraram diagramas que devem servir de apoio.

2.7. Classes de água,

As águas se dividem em quatro classes (C1 a C4), com respeito a sua condutividade eléctrica (CE), em função de sua concentração total de sais solúveis, e outras quatro classes (S1 a S4), segundo sua sodicidade, baseada principalmente no efeito que tem o sódio trocável sobre a condição física do solo. A combinação destes dois índices, CE e RAS, permitem estabelecer diferentes classes de águas, ficando identificada cada uma delas pela inicial de cada um dos índices e subíndices numéricos. À medida que aumentam o valor dos subíndices, diminui a qualidade da água de irrigação.

2.7.1. Classes de salinização de água.

As águas são divididas em quatro classes, com probabilidade de ocasionar salinidade.

C1. Água de baixa salinidade (CE entre 0 e 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Pode ser usada para irrigação de maior parte dos cultivos, em quase todos os tipos de solos com muita pouca probabilidade de se desenvolver salinidade. Necessita de alguma lixiviação, porém esta se consegue em condições normais de irrigação, excepto em solos de muito baixa permeabilidade.

C2. Água de salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem necessidade de práticas especiais de controlo de salinidade.

C3. Água de salinidade alta (CE entre 750 e 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Não pode ser usada em solos cuja drenagem seja deficiente. Mesmo com drenagem adequada pode necessitar de práticas especiais de controlo da salinidade, devendo, portanto, seleccionar unicamente aquelas espécies vegetais muito tolerantes a sais.

C4. Água de salinidade muito alta (CE entre 2250 e 5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C).

Não é apropriada para irrigação sob condiciones ordinárias, porém pode ser usada ocasionalmente em circunstâncias muito especiais. Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo aplicar um excesso de água para alcançar uma boa lixiviação; devem ser seleccionados cultivos altamente tolerantes a sais.

2.7.2. Classes de sodicidade

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua razão de adsorção de sódio (RAS), ou seja, em virtude do efeito do sódio trocável.

S1. Água com baixo conteúdo em sódio ($RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$). Pode ser usada para a irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável. Não obstante, os cultivos sensíveis, como algumas fruteiras e abacate, podem acumular quantidades prejudiciais de sódio.

S2. Água com conteúdo médio em sódio ($18,87 - 4,44 \log CE < RAS \leq 31,31 - 6,66 \log CE$). Em solos de textura fina o sódio representa um perigo considerável, mais ainda se ditos solos possuem uma alta capacidade de intercâmbio de cátions, especialmente em condições de lixiviação deficiente, a menos que o solo contenha gesso. Estas águas só podem ser usadas em solos com textura grossa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.

S3. Água com alto conteúdo de sódio ($31,31 - 6,66 \log CE < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE$). Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maioria dos solos, pelo que estes necessitarão práticas especiais de manejo, boa drenagem, fácil lixiviação e aporte de matéria orgânica. Os solos com alto conteúdo de gesso podem não desenvolver níveis prejudiciais de sódio trocável quando se irrigam com este tipo de águas. Pode ser requerido o uso de melhoradores químicos para substituir o sódio trocável; entretanto, tais melhoradores não serão economicamente viáveis quando são usadas águas de muito baixa salinidade.

S4. Água com conteúdo muito alto de sódio ($RAS > 43,75 - 8,87 \log CE$). É inadequada para irrigação, excepto quando sua salinidade é baixa ou média e quando a dissolução de cálcio do solo e a aplicação de gesso ou outros melhoradores não faz antieconómico o emprego desta classe de água.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

Localização

O trabalho foi realizado no Distrito de Guijá concretamente no Posto administrativo da Vila de Caniçado. O Distrito de Guijá localiza-se a sudoeste da província de Gaza entre 23° 50' e 24° 50' de latitude sul, e entre 32° 25' e 33° 40' de longitude Este. Esta limitada a Norte pelo distrito de Chigubo, a Nordeste pelo distrito de Mabalane, a sul pelo distrito de Chókwè e a Este pelo distrito de Chibuto. Afigura 1 a presenta o mapa do distrito de Guijá (MAE, 2005).

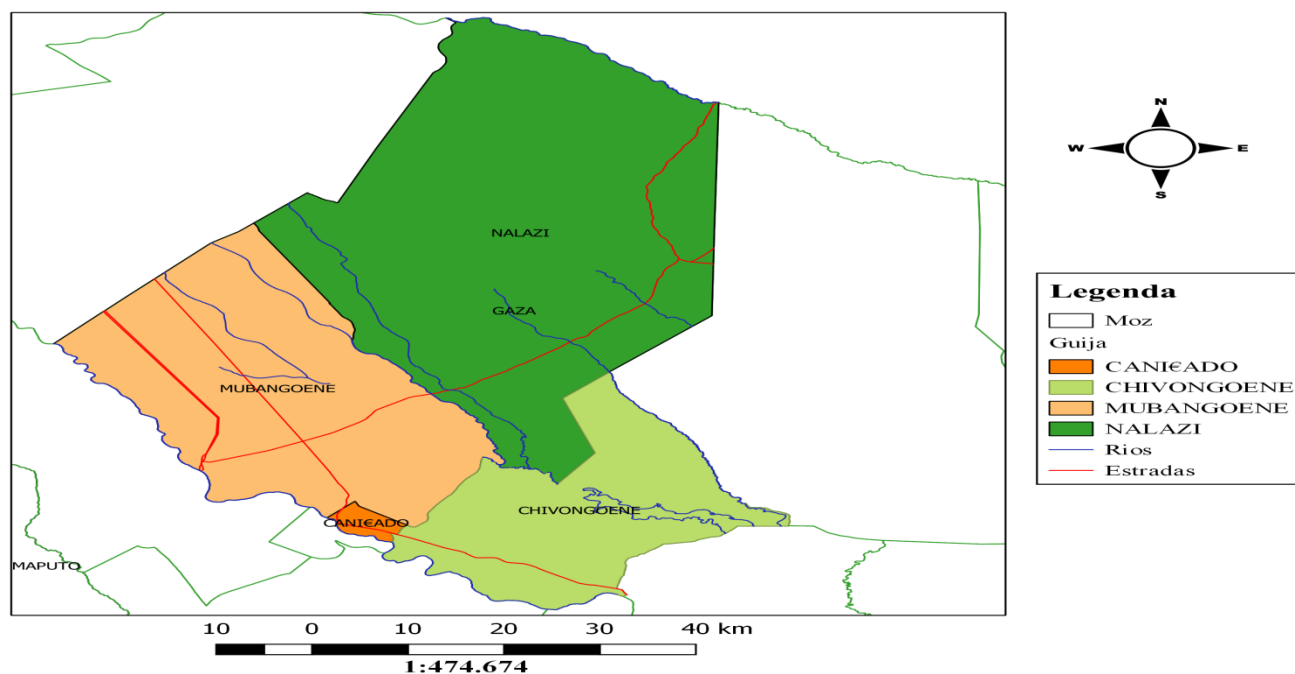


Figura 4. Ilustração do mapa do distrito de Guijá e respectiva área de estudo.

3.2. Caracterização hidro-climática

3.2.1 Clima e hidrografia

O distrito é dominado por climas do tipo semi-árido seco, com temperaturas medias 24-26°C, caracterizado por precipitação baixa e irregular, tomando a agricultura em sequeiro numa actividade de risco (MAE, 2005).

3.2.2. Precipitação

A precipitação anual situa-se entre 400-600 mm, mostrando um aumento relativos de pluviosidade de Nordeste (Posto administrativo de Nalazi) e para sudoeste (Posto administrativo de Chivongoene).

3.2.3. Relevo e solos

O distrito situa-se numa planície com altitude inferior a 100 metros, a norte da vila de Caniçado e ocorrência de solos arenosos e na parte sudoeste (Chivongoene) argilas vermelhas e plásticas (MAE, 2005).

3.2.4. Situação económico-financeira

A actividade económica básica e predominante no bairro é a agricultura, também em menor escala a avicultura e a pecuária.

3.2.5. Geologia

A geologia na maior parte da Bacia do Limpopo consiste fundamentalmente de choras sedimentares consolidadas e não consolidadas, incluindo argilitos, arenitos fluviais e rochas sedimentares de textura fina estes sedimentos formam uma região de planícies com baixa inclinação ocasionalmente interrompidas pela ocorrência de intrusões graníticas e os sedimentos desta região são geralmente de origem aluvial, incluindo dunas consolidadas e dunas costeiras. (Chinoda et al. 2009)

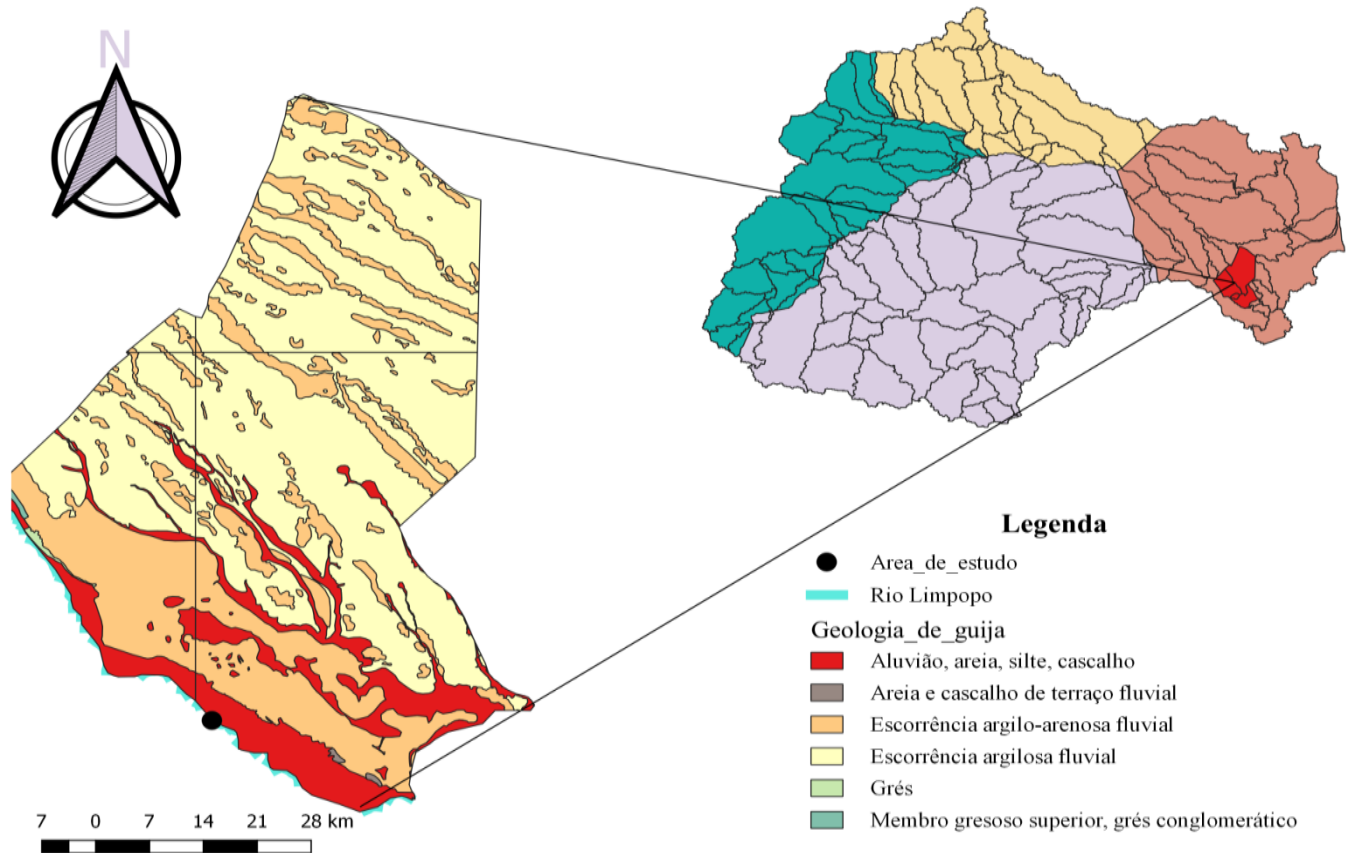


Figura 5. Ilustração da geologia do distrito de Guijá.

3.3. Metodologia e procedimento do campo

3.3.1. Área de colecta de amostra para análises da qualidade da água subterrânea

As análises de água subterrânea foram realizadas quinzenalmente em três (3) poços que distam se a 50 m. Durante a realização das análises nos poços foram extraídas as coordenadas de localização dos mesmos (Latitude e Longitude). Para a obtenção das coordenadas de localização dos poços foi usado Global Position System (GPS) com referência Garmin Montana 680 como ilustra a figura 6.

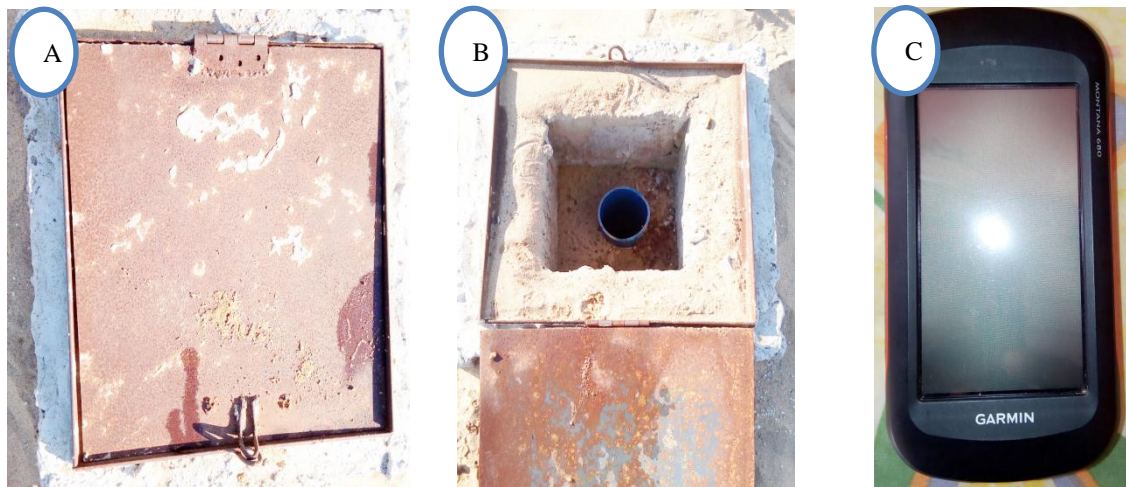


Figura 6. Poço de monitoramento de água (A e B) Global Position System (GPS) (C)

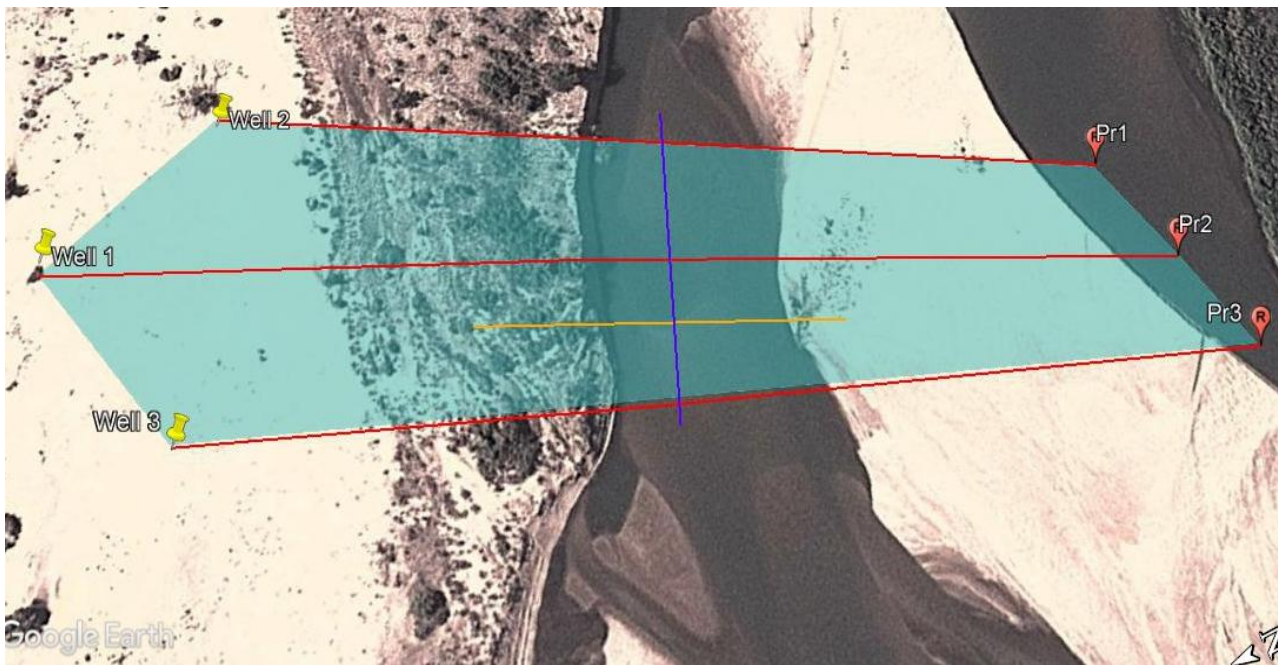


Figura 7. Pontos de colectas das amostras.

3.3.2. Monitoramento da qualidade de água subterrânea

O monitoramento da qualidade de água subterrânea foi feito de forma manual. O monitoramento manual consistiu no uso de instrumentos/kits como pH – metro, Nitrate-tester e Condutivímetro, para medir os parâmetros químicos da água no local. O grau de mineralização da água subterrânea no campo foi medido usando-se Condutivímetro (EC).

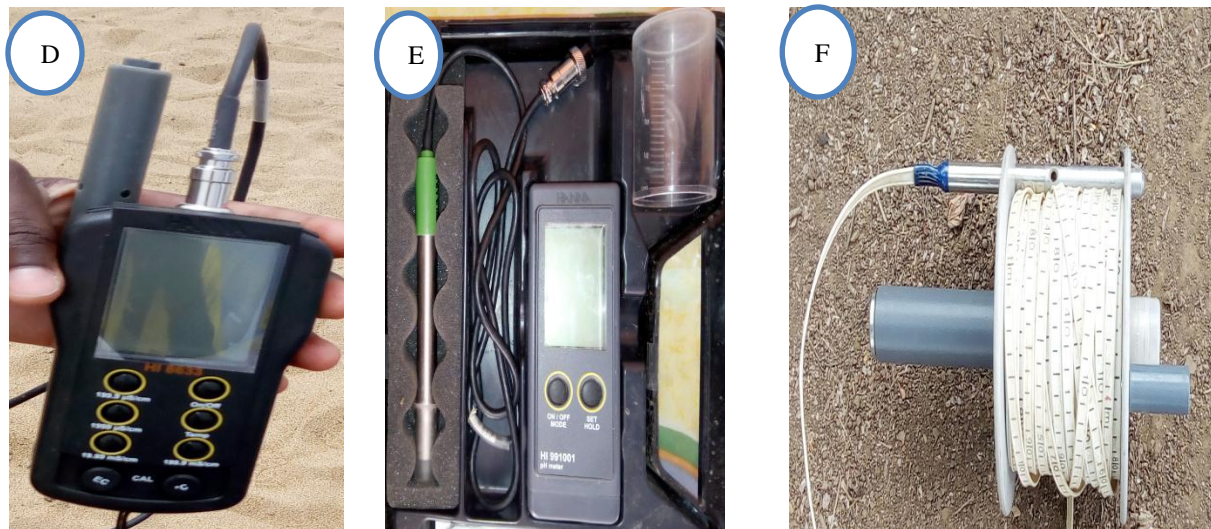


Figura 8. Ilustração dos equipamentos usados para monitoramento e análise de água, Condutivímetro (D), pH – metro (E) e Sonda TLC (F).

3.3.3. Colecta de amostras de água subterrânea e superficial

A colecta das amostras de água subterrânea foi feita em três furos, todos instalados no leito seco do rio Limpopo. A colecta de água subterrânea nos furos foi feita usando bailer como ilustra a figura 9 abaixo. Durante a realização do trabalho colectou se um total de 18 amostras de água subterrânea (3x2x3). A colecta de amostras de água subterrânea nos poços foi feita em duas profundidades (4 e 5 metros) enquanto para a água superficial foi em três locais previamente identificados ao longo do rio Limpopo na área de estudo.

Depois da colecta das amostras de água, elas foram imediatamente conservadas em um colmam após serem transferidas para frascos plásticos de 500 ml previamente identificados com a seguinte informação: local, nome do furo, profundidade de amostragem e hora de amostragem. A rápida transferência e conservação das amostras de água foi para evitar que as mesmas não fossem contaminadas devido a longo tempo de exposição com o ambiente.



Figura 9. Bailer usado para a colecta de amostras de água subterrânea nos piezómetros.

3.3.4. Frequência de colecta das amostras de água

A frequência de colecta das amostras de água superficial e subterrânea, foi quinzenal durante um período de 3 meses. A colecta de água superficial foi feita em três pontos ao longo do rio Limpopo na área de estudo. Foram colhidos no total 36 amostras de água dos quais 18 foram de água subterrânea e 18 água superficial.

3.4. Determinação da composição quantitativa e qualitativa de água subterrânea para irrigação

Este processo foi feito com base nas análises laboratoriais das amostras de água (subterrânea e superficial). A determinação da composição qualitativa foi através da identificação do tipo de iões (catiões e aniões) presentes em água e a quantitativa teve como enfoque a concentração que cada ião presente no equilíbrio químico com o meio natural. As unidades usadas para a determinação quantitativa foram mg/L e meq/L.

3.5. Identificação das classes de água para irrigação

Para a identificação das classes de água para irrigação usou – se o diagrama RAS vs CE.

RAS = Razão de Adsorção de Sódio; CE = Condutividade Eléctrica.

O parâmetro RAS foi calculado usando a seguinte fórmula

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

Equação da razão de adsorção de sódio.

Onde, a concentração de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e sódio (Na^+) são expressos milliequivalentes por litro (meq/L).

3.6. Avaliação da qualidade de água subterrânea para irrigação

Foram usadas as seguintes formas ou metodologias de classificação:

- ✓ Grau de mineralização da água subterrânea
- ✓ RAS

✓ Classes de água para irrigação

Para efeitos de avaliação foram feitas comparações dos valores obtidos de RAS e CE, com os respectivos padrões de qualidade de água para irrigação.

3.7. Análises laboratoriais para qualidade de água.

Para avaliação de qualidade de água subterrânea foram feitas análises cationicas e anionicas de água, incluindo o grau de mineralização (CE). As análises cationicas e anionicas foram feitas no laboratório da Holanda.

Para análise cationica foi usado método Inductively Couple Plasma (ICP) e anionica Ion Chromatography (IC). (Eaton *et al.*, 2005)

3.8. Análise de dados e interpretação.

Antes da análise de dados e sua respectiva interpretação, foi feita a avaliação da qualidade dos resultados laboratórios, para verificar se os mesmos reflectem a química do local de estudo. Entretanto, fez-se o cálculo do balanço iónico (BI), como mostra a equação do balaço iónico para validar a qualidade química das análises laboratoriais.

$$BI (\%) = \frac{\sum Catins[meq/L] - \sum Anions[meq/L]}{\sum Catins[meq/L] + \sum Anions[meq/L]} \times 100\%$$

Equação do balaço iónico

Onde:

BI – balanço iónico;

$\sum Anions[meq/L]$ – Somatório dos aniões;

$\sum Cations[meq/L]$ – Somatório dos catiões.

Para a interpretação dos dados foram usados os métodos gráficos e de barras. Foi feita uma estatística descritiva para o cálculo da média, mínimo, máximo. Os softwear Quantum GIS 2.0.1 e WISH 3.01.188 foram usados para representação/interpretação espacial.

IV.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Identificação das classes de água para irrigação.

Antes da identificação das classes de água para irrigação agrícola, calculou-se o balanço iónico (BI) da água nas amostras de água superficial e subterrânea. Com os resultados obtidos de BI, observou-se que ambas têm um valor <5 . Como o valor obtido é <5 , as amostras analisadas estão em equilíbrio e que as interpretações advindas do estudo seriam confiáveis.

A identificação das classes da qualidade de água foi com base na determinação da CE e RAS das amostras colectados na área de estudo. Com os resultados das análises constatou-se que o valor de CE varia entre 160.5 $\mu\text{S/cm}$ a 372.3 $\mu\text{S/cm}$ na água subterrânea e de 359.3 $\mu\text{S/cm}$ a 379.6 $\mu\text{S/cm}$ na água superficial (tabela 3). Segundo a classificação proposta por Ayers e Westcot (1987), é possível verificar que há ocorrência de qualidade de água subterrânea de classe 1 (C1) e classe 2 (C2). Em comparação com a água subterrânea, no rio todas as amostras de água pertencem a classe C2. De uma forma geral, os valores de condutividade eléctrica (CE) indicam que a água subterrânea pode ser usada para a irrigação da maioria das culturas, sendo que toda, a qualidade de água enquadra-se na classe C2 (água com salinidade média). A água analisada pode ser usada para irrigação de cultura de tomate, milho, feijão repouso e outras culturas sem risco de salinização dos solos, segundo FAO a água analisada esta dentro dos padrões recomendada para irrigação dessas culturas.

Tabela 3. Classificação das classes de água com base na condutividade eléctrica.

Pontos	Médias dos valores de CE $\mu\text{S/cm}$	Classes de água segundo Ayers e Westcot (1987)
Furo 1	372.3	C2 (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S/cm}$)
Furo 2	279.2	C2 (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S/cm}$)
Furo 3	160.5	C1 (CE entre 0 e 250 $\mu\text{S/cm}$)
Rio1	379.6	C2 (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S/cm}$)
Rio2	373.6	C2 (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S/cm}$)
Rio3	359.8	C2 (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S/cm}$)

A figura 10 apresenta os valores médios de CE das amostras de água subterrânea e superficial colectada no leito seco do rio Limpopo no distrito de Guijá. O máximo valor observado de CE no rio foi de 379.6 $\mu\text{S/cm}$ e na água subterrânea de 372.3 $\mu\text{S/cm}$. Como se pode observar, o valor de CE na água superficial é

ligeiramente alto comparativamente ao da água subterrânea. O aumento de CE depende da concentração das substâncias iônicas dissolvidas na água. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade de água aumenta. Segundo a classificação da FAO observa-se que o grau de mineralização da água subterrânea no leito seco do rio assim como superficial, ambas apresentam valores que estão dentro dos limites recomendados e admissíveis para irrigação ($<700 \mu\text{S}/\text{cm}$).

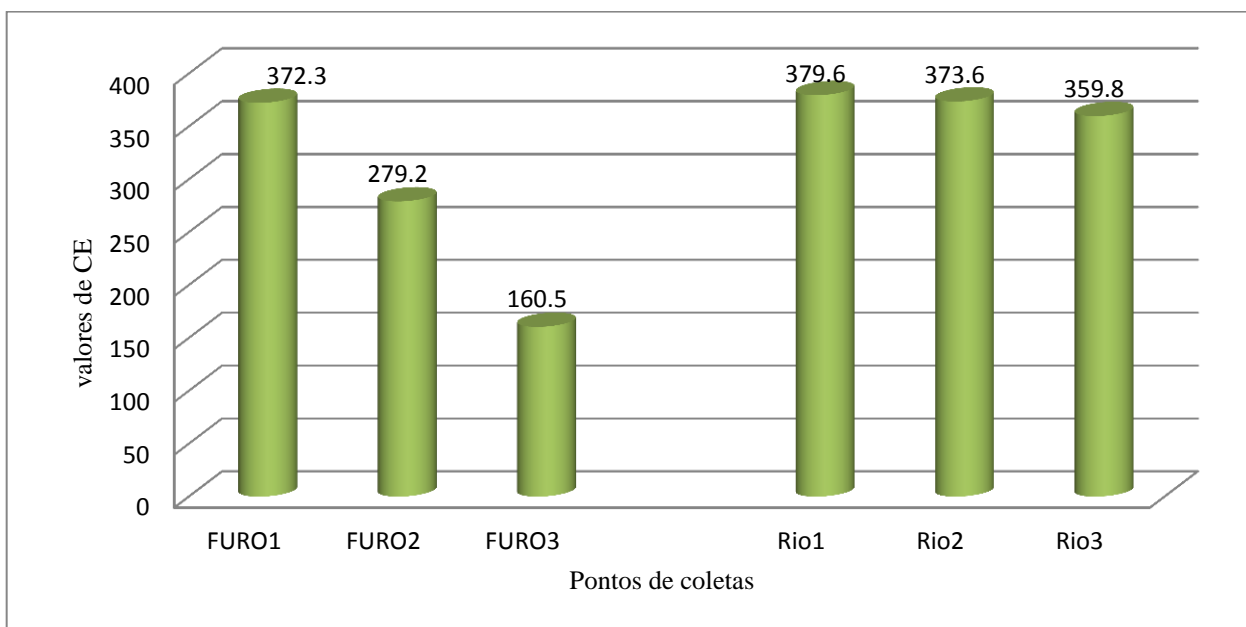


Figura 10: Comparação dos valores médios de CE no rio e nos furos.

Quanto ao perigo de sodificação, os resultados provenientes das análises laboratoriais mostram que o valor de RAS para a água subterrânea e rio é de $4.4 \text{ meq}/\text{L}$ e $0.48 \text{ meq}/\text{L}$, respectivamente. Segundo Ayers e Westcot (1987), a água com RAS $<18.87 \text{ meq}/\text{L}$ pertencente a classe S1 e tem baixo conteúdo em sódio. Assim, tanto a água subterrânea do leito seco do rio Limpopo como a do rio são ambas adequadas para a irrigação, já que todas tem RAS $<18.87 \text{ meq}/\text{L}$, devido a baixa concentração de sódio trocável.

4.2. Classificação da água para irrigação baseada na salinização e sodificação.

A combinação RAS vs CE é muito usada para avaliar o padrão da qualidade de água para a irrigação agrícola. Na classificação das amostras de água para irrigação verificou-se que todas elas pertencem à categoria C2S1. Assim a qualidade de água que ocorre no leito seco do rio Limpopo é de boa qualidade, de acordo com classificação de Richards (1954), como mostra a tabela 4 e figura 11. A água subterrânea pode ser utilizada na maioria dos solos com baixo perigo de salinização e sodificação não apresentando problemas de infiltração no solo, decorrente da qualidade de água.

Tabela 4. Classificação de qualidade de água para irrigação através da combinação RAS vs CE

Qualidade de água para irrigação			
Classes	Salinidade	Sodificação	Água
C2S1	Médio	Baixo	Boa

Fonte: Richards (1954).

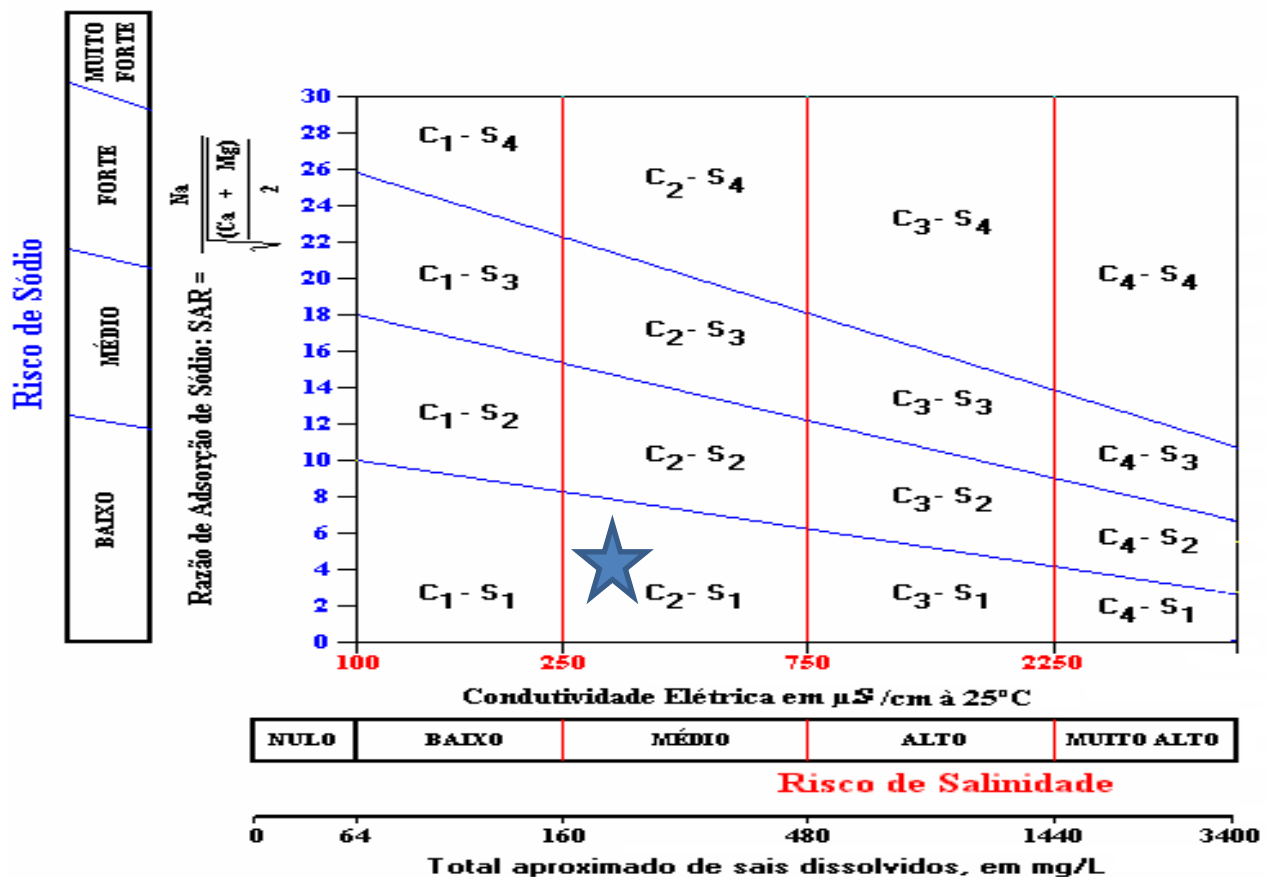


Figura 11. Diagrama de classificação da classe de qualidade de água.

4.3. Análises do pH

Com os resultados das análises das amostras de água fez-se também a avaliação do parâmetro pH, para o uso da água para fins de irrigação. A figura 12, representa valores médios de pH das amostras colectadas e analisadas nos furos e no rio. Com os resultados observou-se que os valores médios de pH situam-se entre 6.8 a 7.7. O pH da água do rio apresenta valores com pequena variação numérica em comparação com a dos furos. De acordo com os padrões de pH proposto por Ayers & Westcot, 1984 constatou-se que tanto

os valores da água subterrânea do leito seco e superficial ambos situam-se entre 6,50 e 8,40 e que a qualidade de água está dentro dos limites para ser usada na irrigação agrícola. Como se pode verificar na tabela 5 e na figura 12, todos os pontos analisados encontram-se com valores de pH admissíveis para a irrigação, descartando-se assim a possibilidade desta fonte criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos para as plantas.

Tabela 5. Valores médios de pH do rio e dos furos.

Parâmetro	Médias			Intervalo de pH segundo Ayers & Westcot, 1984
	pH			
Pontos	Primeiro ponto	Segundo ponto	Terceiro ponto	6.50 – 8.40
Furo	6.896667	7.071667	7.116667	
Rio	7.484	7.634	7.766	

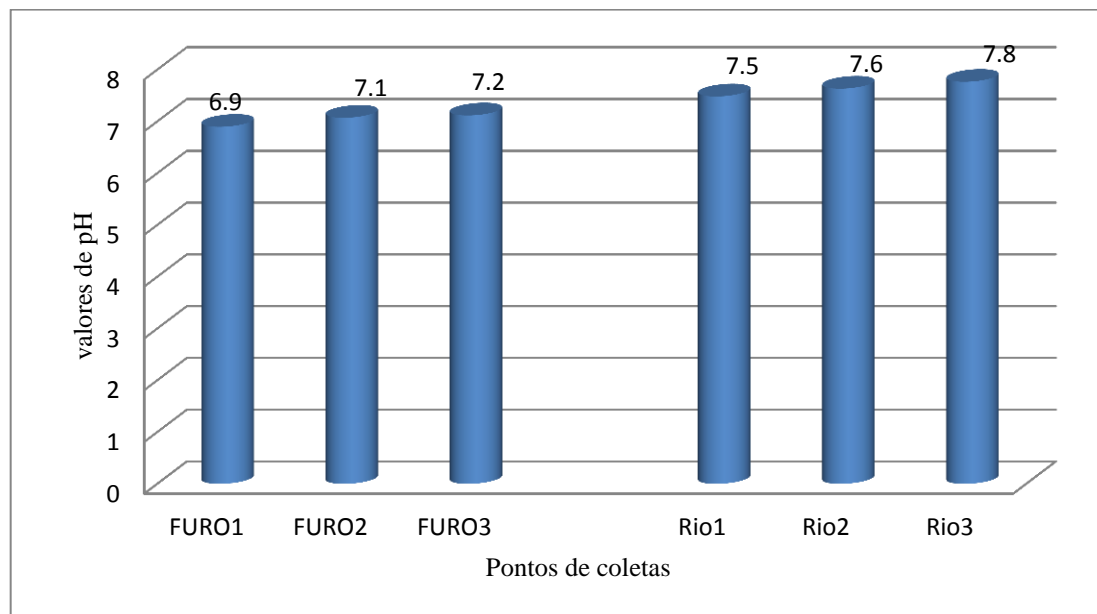


Figura 12. Comparação dos valores médios de pH do rio e dos furos.

4.4. Composição quantitativa e qualitativa da água subterrânea para irrigação

Os resultados dos parâmetros químicos da área de estudo estão representados na tabela 6. Parâmetros químicos como Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , foram determinados com base nas análises laboratoriais das amostras de água subterrânea e superficial. A determinação da composição qualitativa foi através da identificação do tipo de concentração de iões (catiões e aniões) presentes em água em comparação com as normas recomendado pela FAO e Ayers e Westcot (1985).

❖ Cloro

Observando os teores de Cl^- , as águas do rio e dos furos de Guijá pode-se verificar que a água é apropriada para irrigação das culturas, pois, os teores de Cl^- estão dentro do limite máximo recomendado pela FAO em todos os pontos de colheita das amostras. Alto teor de Cl^- na água de irrigação tem como consequências a queimadura ou secagem do tecido foliar das folhas das plantas e normalmente ocorre das pontas das folhas progredindo ao longo das bordas.

❖ Nitrato

As concentrações dos iões NO_3^- na água estão dentro dos limites máximos recomendados segundo as normas da FAO, o que confere à água analisada a qualidade do seu uso na irrigação. O excesso de compostos nitrogenados na água para irrigação causa um crescimento vegetativo rápido, levando a uma floração e frutificação prematuras. Este facto pode causar maturação tardia da frutose e consequentemente diminuição dos rendimentos das culturas.

❖ Sulfato

A determinação de SO_4^{2-} foi efectuada através das análises laboratoriais e os teores de SO_4^{2-} estão abaixo dos valores limites recomendados pelas normas da FAO bem como para as NP para fins de irrigação. Sendo assim, considera-se que a água colectada e analisada, em relação ao teor de SO_4^{2-} , é adequada para o uso na irrigação.

❖ Cálcio

O cálcio foi determinado no laboratório o resultado variou de 2.09 meq/L a 3.02 meq/L em comparação com as normas da FAO estes valores estão dentro do limite recomendado, sendo assim, a água analisada, pode ser usada para fins de irrigação.

❖ Magnésio

A água analisada segundo o teor de Mg é apta para uso na irrigação pois os teores de Mg estão abaixo do valor limite recomendado pelas normas da FAO. As baixas concentrações de Ca e Mg podem ser explicadas pela própria constituição do solo, pois, as principais fontes são a existência de rochas nas margens ou no fundo do rio e a libertação através de processos de intemperismo (por acção de agentes atmosféricos, mudanças climáticas, temperatura e outros).

O cálcio e o magnésio em concentrações excessivas na água de irrigação podem provocar a precipitação de fertilizantes fosfatados, que podem obstruir tubulações e orifícios de passagem da água, nos sistemas de irrigação.

❖ Sódio

O teor de Na⁺, obtido encontra-se acima do valor máximo recomendado pelas normas da FAO para fins de irrigação nas amostras do rio portanto, a água do rio, segundo o teor de Na⁺, não é apta para o uso na irrigação, sendo que a alta concentração de Na⁺, na água para fins de irrigação pode causar queima das folhas das plantas.

❖ Potássio

O teor de K está acima do valor limite recomendado pelas normas da FAO, portanto, a água analisada segundo o teor de K, não é boa para o uso na irrigação. O parâmetro K é um elemento nutricional muito essencial e não manifesta efeitos tóxicos, mas pode elevar o teor de nutrientes no solo, levando ao crescimento excessivo e prematuro das plantas.

Tabela 6. Composição da qualidade de água para irrigação agrícola e respectiva classificação dos parâmetros qualitativos

Pontos	Parâmetros	Quantidade/ concentrações (mg/L)	Quantidade/ concentrações (meq/L)	Classificação da qualidade da água (FAO, Ayers e Westcot (1985).
Furo	Cl ⁻	18	0.50	(70) Boa
	NO ₃ ⁻	<0.3	-	(50) Boa

	SO ₄ ²⁻	7.2	0.15	(20) Boa
	Na ⁺	19.73	0.578	(40) Boa
	Mg ²⁺	31.1	2.56	(5)Boa
	K	3.1	0.07	(2)Boa
	Ca ²⁺	60.5	3.02	(20) Boa
Rio	Cl ⁻	69	1.94	(70) Boa
	NO ₃ ⁻	<0.3	-	(50) Boa
	SO ₄ ²⁻	33	0.68	(20) Boa
	Na ⁺	51.3	4.46	(40)
	Mg ²⁺	23.5	1.93	(5) Boa
	K	3.69	0.09	(2)
	Ca ²⁺	41.8	2.09	(20)Boa

A figura 14 mostra o comportamento dos teores de sodio (Na), potssio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), no rio e furo. Analisando as figuras dos catiões nota-se que os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sodio (Na) são maiores no rio comparativamente ao furo, devido aos iões dissolvidos na água, as baixas precipitações e as altas taxas de evaporação e para os teores de potssio (K) não há grande variação numérica no furo assim como no rio.

A figura 15 abaixo, mostra os resultados laboratoriais de água superficial e subterrânea concernente aos parâmetros Cloro (Cl), Sulfato (SO₄²⁻ e Nitrato (NO₃⁻). Constatou-se que as concentrações da água do rio são mais elevados para todos os parâmetros comparando com as concentrações da água do furo.

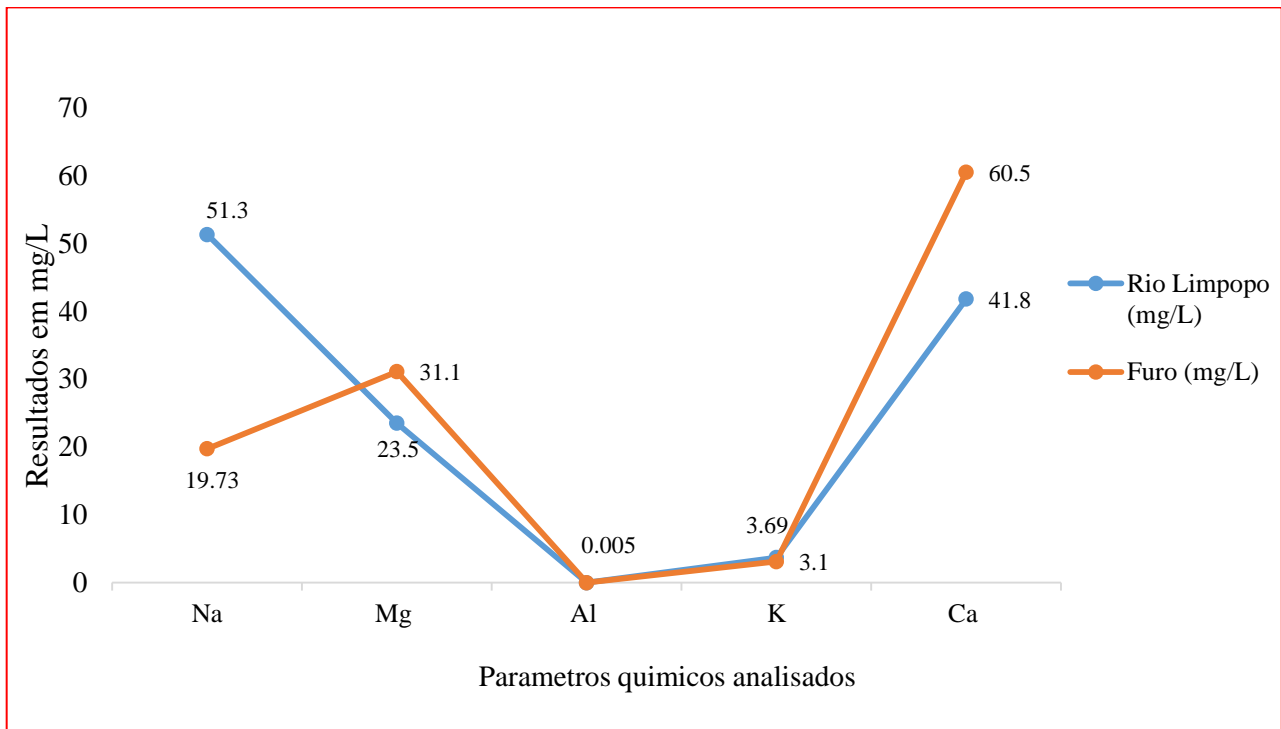


Figura 14: Variação da concentração dos catiões na água do rio e dos furos

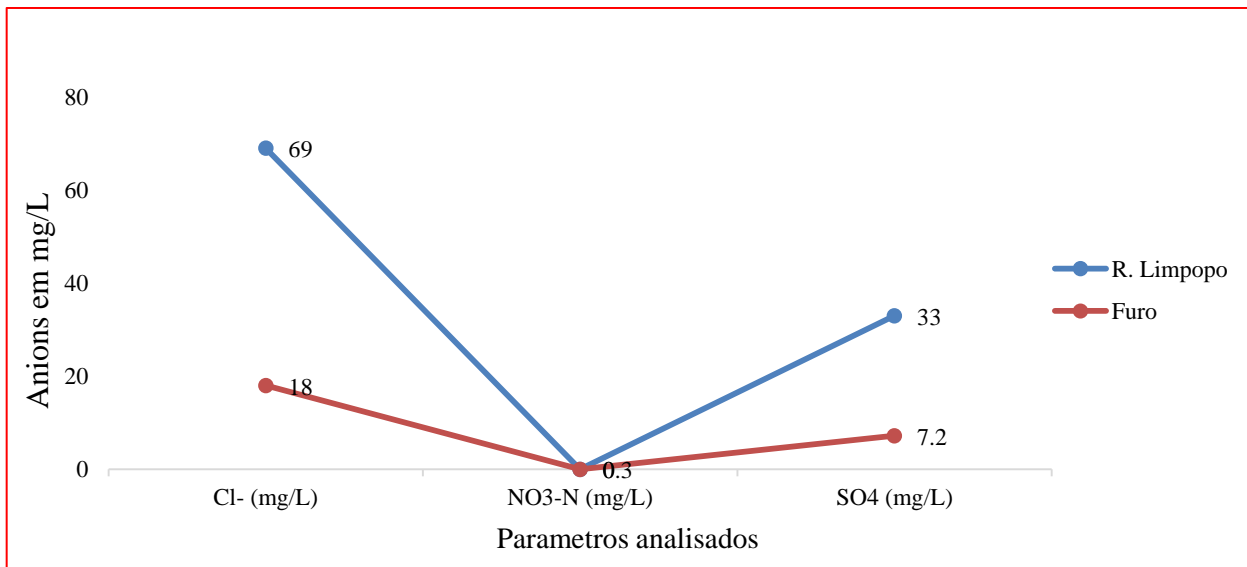


Figura 15: Variação da concentração dos aniões na água do rio e dos furos

V. CONCLUSÃO

Com a presente pesquisa sobre a qualidade de água, os resultados mostram que a água subterrânea que ocorre no leito seco do rio Limpopo no Distrito de Guijá em Caniçado é adequada para a irrigação agrícola. Através da combinação RAS vs EC e CE concluiu-se que a Classificação de qualidade de água subterrânea pertence a categoria C2S1 e isto mostra que esta fonte está dentro dos limites admissíveis e padronizados para a irrigação agrícola incluindo os valores de pH. Através dos valores da condutividade eléctrica (CE) a água pertencente a classe de C2 tem salinidade média e para sodicidade S1 a água tem baixo conteúdo em sódio. Esta classe de água mostra que tanto o solo assim como a planta ambos não serão afectados pelo uso da água subterrânea. Quanto a composição qualitativa e quantitativa dos outros parâmetros químicos da água subterrânea e superficial (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-), estão dentro dos limites aceitáveis e recomendados para fins de irrigação.

VI. RECOMENDAÇÕES

- 1) Realização de um estudo de variabilidade espacial e temporal para validar a utilização da água subterrânea do leito seco do rio Limpopo como fonte alternativa na região de Guijá nos períodos de escassez hídrica.
- 2) Recomenda-se também que a análise de água dos furos e do rio se estenda para análise com fins de consumo humano, pois, muitas comunidades que vivem à beira daquele rio usam a mesma água para o consumo doméstico e outras finalidades básicas.
- 3) Recomenda-se que as análises das amostras de água sejam feitas no laboratório perto para que não se leve muito tempo a espera dos resultados.
- 4) Testar o efeito de qualidade de água para irrigação das fontes subterrâneas provenientes do leito seco do rio Limpopo.
- 5) Estudo do efeito combinado de condutividade eléctrica do solo e da água na produção agrícola usando água subterrânea do leito seco do rio Limpopo

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, H. F. 2013. *Avaliação da Variação das Condições Hidrodinâmicas em Solos Residuais*. Covilhã.

ALMEIDA, O. A de. *Qualidade da Água de Irrigação*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.(Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

AYARS, J.E.; HUTMACHER, R.B.; SCHONEMAN, R.A.; VAIL, S.S. *Trickle irrigation of sugar beets with saline drainage water*. USDA:ARS. 1986a. p. 5-6.

AYERS, R.S; Westcot, D.W. **Calidad Del agua para la agricultura**. Estudio FAO: Riego y Drenaje. Roma, 1984.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.**Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BOANA, F. M. 2011. *Estudo da Qualidade da Água dos rios Umbelúzi e Incomáti para fins de Consumo Doméstico e de Irrigação*, Trabalho de Licenciatura, Departamento de química, UEM, Maputo. pp 11-44.

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. **Analysis of water quality indices**. Journal of Environmental Management, v.21, p. 161-179, 1985.

COSTA, M. 1987. *Métodos de Análise de Água*. Editor Ministério da Saúde, LNHA. p A01, A02, C09, C10, C17 e C20.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 575p.r

Eaton,A,d..Clesceri,L,L,S.,Rice,EE.W.and Greengerg,AE.2005 Standards methods for the examination of woter ond wastewater 21 edition.baltimore.Maryland:portcitypress.

FOSTER, S.; HIRATA, R. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. CEPIS, 81 p. 1991.

GOMEZ LUCAS, N.; PEDRENO, M.B. Aguas de riego: Analisis interpreteacion. Alicante:Universidad de Alicante.1992.63p.

Irrigationwater quality effect on infiltration rate based on Sodium Adsorption Ratio and Electrical Conductivity.

LIMA, M. A. da S. 2005. *Águas Acumuladas em Açudes e Barragens na Região de Santa Maria e Flutuações em seus Atributos Físico Químicos*, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, Santa Maria, RS, Brasil. p. 26, 27,28, 29, 31e 32.

MAE,2005. Perfil do distrito de Guijá província de Gaza, Maputo.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

Mendonça, J. C. 2010. *Ciclo hidrológico*.

NP - Norma Portuguesa. 2000. *Qualidade da Água*, EN ISSO 9963, Lisboa. p. 6,8,9,10,11.

PERES, V. N.; COELHO, L. M.; FERREIRA, I. M. *Avaliação da qualidade da água* da microbacia do Córrego Fundo - Catalão (Go). **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.3, n.2, p. 67 a 85, 2009.

Pinto, R. M. 2011. *crise nas águas*.

RICHARDS, L. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **USDA. Agriculture handbook, 60**). Washington: U. S. Salinity Laboratory, 1954.

Salemi, L. F. 2012. *Movimento das aguas subterraneas*.

SELF, J. R. 2010. *Domestic Water Quality Criteria*, Colorado State University, disponível em <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00513.html> acessado em 08/2011.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2002.

ANEXOS

Tabela ilustrativo das coordenadas do local de estudo

Nome	Coordenadas	
	S °	E °
Furo1	0502393	7289160
Furo2	0502374	7289128
Furo3	0502336	7289153
Rio1	0502261	7288825
Rio2	0502224	7288817
Rio1	0502185	7288812

Tabela dos resultados das análises do pH

Parâmetro			
pH			
Pontos	Furo1	Furo2	Furo3
	7.46	7.84	7.91
	6.97	7.16	7.3
	7.08	7.05	7.3
	6.8	6.8	6.86
	6.48	6.79	6.68
	6.59	6.79	6.65
Media	6.896667	7.071667	7.116667
Mediana	6.885	6.925	7.08
Minino	6.48	6.79	6.65
Moda		6.79	7.3
Maximo	7.46	7.84	7.91

Tabela dos resultados das análises do pH

Parametros			
pH			
Pontos	RIO1	RIO 2	RIO 3
	8.19	8.26	8.33
	8.26	8.19	8.5
	7.17	7.49	7.72
	6.99	7.3	7.29
	6.81	6.93	6.99
Media	7.484	7.634	7.766
Mediana	7.1	7.49	7.72
Minino	6.81	6.93	6.99
Maximo	8.26	8.26	8.5

Tabela dos resultados das análises da CE

Parametros			
CE uS/cm			
Pontos	Furo1	Furo2	Furo3
	4	17	14
	660	201	166
	364	349	183
	291	188	119
	519	750	195
	396	170	286
Media	372.3333	279.1667	160.5
Mediana	380	194.5	174.5
Minino	4	17	14
Maximo	660	750	286

Tabela dos resultados das análises da CE.

Parametros			
CE uS/cm			
Pontos	RIO1	RIO 2	RIO 3
	4	4	2
	4	4	2
	683	679	582
	653	613	648
	554	568	565
Media	379.6	373.6	359.8
Mediana	554	568	565
Minino	4	4	2
Maximo	683	679	648
Moda	4	4	2

Tabelas de Resultados mensais de monitoria.

Nome	Mês	Nível estático da coluna de água	Altura da coluna de água	Unidades
Furo 1	Marco	5.90	5.60	m
Furo 2		4.0	7.34	m
Furo 3		4.40	8.49	m
Média		4.76	7.14	m

Nome	Mês	Nível estático da coluna de água	Altura da coluna de água	Unidades
Furo 1	Abril	5.96	5.40	m
Furo 2		4.0	7.34	m
Furo 3		4.45	8.49	m
Média		4.80	7.08	m

Nome	Mês	Nível estático da coluna de água	Altura da coluna de água	Unidades
Furo 1	Maio	6.0	5.5	m
Furo 2		4.04	7.30	m
Furo 3		4.40	8.49	m
Média		4.81	7.09	m

Nível mínimo	Nível máximo	Nível Médio
4.0	6	4.40

Tabela de resultados das análises laboratoriais em $\mu\text{g/L}$.

Parâmetros químicos	Rio Limpopo ($\mu\text{g/L}$)	Rio Limpopo (mg/L)	Furo ($\mu\text{g/L}$)	Furo (mg/L)
Na	51300	51.3	19730	19.73
Mg	23500	23.5	31100	31.1
K	3690	3.69	3100	3.1
Ca	41800	41.8	60500	60.5

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

$$RAS = \frac{4.40}{\sqrt{\left(\frac{2.09+1.93}{2}\right)}} = \frac{4.40}{1.00} = 4.4\text{meq/L Rio}$$

$$RAS = \frac{0.578}{\sqrt{\left(\frac{3.02+2.56}{2}\right)}} = \frac{0.578}{1.181} = 0.48\text{ meq/L Furo}$$