



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Física**

**Mestrado em Gestão de Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas**

**3ª Edição: 2022-2023**



**Tema da Dissertação:**

**Vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo**

**Elaborado por:**

Nehemias Horácio Lasse

**Supervisor:**

Professor Doutor Agostinho Vilanculos

Maputo, Setembro de 2024



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Física**

**Mestrado em Gestão de Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas**

**3ª Edição: 2022-2023**

**Tema da Dissertação:**

**Vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina  
no Regadio do Baixo Limpopo**

**Elaborado por:**

Nehemias Horácio Lasse

**Supervisor:**

Professor Doutor Agostinho Vilanculos

Maputo, Setembro de 2024

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Nehemias Horácio Lasse, declaro por minha honra que esta dissertação é da minha autoria e nunca foi submetida nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau académico, e que constitui resultado de um esforço individual e de orientação do meu supervisor. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas e referenciadas na bibliografia. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em *Gestão de risco de desastres e adaptação às mudanças climáticas*, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane.

O Mestrando

---

(Nehemias Horácio Lasse)

A dissertação foi submetida à avaliação e aprovada pelo júri que teve como presidente o Prof Doutor Alberto Mavume; Arguente: Prof Doutor Emílio Magaia; e Supervisor Prof Doutor Agostinho Vilanculos.

O Presidente do Júri

---

(Prof. Doutor Alberto Mavume)

O Supervisor

---

(Prof. Doutor Agostinho Vilanculos)

O Arguente

---

(Prof. Doutor Emílio Magaia)

Maputo, Setembro de 2024

## AGRADECIMENTOS

A recolha de dados para a realização desta dissertação foi feita no âmbito do projecto de pesquisa da Linha do Ambiente, intitulado: *Adaptação de pequenos agricultores à intrusão salina na bacia hidrográfica do Limpopo*, financiado pelo Observatório do Meio Rural (OMR).

À minha família: meus pais Horácio Fabião Lasse e Rosália Alexandre Mbuwane, meus irmãos: Ester Macul, Caiton Macul, Natacha Macul e Tolipa Macul, pelo apoio incondicional;

Ao meu supervisor: Professor Agostinho Vilanculos, pela paciência durante a orientação, assim como à Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH) pela disponibilização de dados históricos dos parâmetros climáticos da área de estudo;

À Direcção Provincial de Agricultura e Pescas (DPAP) de Gaza, especificamente aos Eng<sup>os</sup> Timóteo e Anselmo, pela sua colaboração na organização do trabalho de campo. Este agradecimento, se estende para os Directores e Técnicos dos Serviços Distritais de Actividades Económicas (SDAEs) de Xai-Xai (Eng<sup>o</sup> Penicela e Técnico Jota), Limpopo (Eng<sup>o</sup> Cachave, Técnicos António, Duarte e Elias), Chongoene (Eng<sup>os</sup> Júlio e Bene), Chibuto (Sr<sup>a</sup> Crescência, e técnico Custódio Macucule);

Aos inquiridores Gonçalves Lucas, Elsa Matavel, Gerson Miranda, Rebeca Isidro, pelo apoio durante a realização de inquéritos, entrevistas e levantamento amostras de solo e água;

À minha coordenadora da Linha de pesquisa do Ambiente no OMR: Dr<sup>a</sup> Máriam Abbas, pelo apoio na concepção do projecto e elaboração de instrumentos de recolha de dados; e a Professora Margarida Martins pela revisão linguística da dissertação.

Aos meus colegas do OMR, especialmente às minhas madrinhas: Fátima Carimo e Nilza Cangela. À minha noiva (Humberta Cavele), pelo apoio incondicional e incentivo para a elaboração e finalização desta dissertação;

A todos os meus colegas, especialmente Hélio, Eunice, Horácio, Angelina, Rafael, Adalgisa, Inocência, Hélder, Wilson, Nádia, Sónia, Márcia, Jéssica e a todos que, directa ou indirectamente, contribuíram para a concretização desta dissertação;

E não menos importante, a Deus, pela vida e protecção...

...o meu muito obrigado!

# Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA .....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS .....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT .....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Problema de pesquisa.....	2
1.4. Justificativa .....	3
1.5. Objectivos .....	4
1.5.1.Objectivo geral: .....	4
1.5.2.Objectivos específicos:.....	4
1.6. Hipóteses:.....	4
1.7. Sumário do método da pesquisa .....	4
1.8. Resultados esperados .....	5
1.9. Estrutura da Dissertação.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1. Intrusão salina em contexto.....	7
2.1.1.Distribuição geográfica da salinidade do solo.....	7
2.1.2.Factores que influenciam a ocorrência de intrusão salina .....	8
2.1.3.Métodos de análise da salinidade.....	17
2.1.4.Impactos da salinidade nas culturas .....	20

2.1.5. Métodos de adaptação e mitigação da intrusão salina (salinidade).....	22
2.2. Vulnerabilidade no contexto.....	30
2.3. Vulnerabilidade agrícola à intrusão salina.....	31
2.3.1. Aspectos gerais.....	31
2.3.2. Análise qualitativa.....	32
2.3.3. Análise quantitativa.....	36
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
3.1. Localização geográfica.....	41
3.2. Descrição climática.....	42
3.3. Dinâmica costeira (marés).....	44
3.4. Características fisiográficas.....	44
3.5. Geologia e Solos.....	45
3.6. Demografia.....	47
3.7. Uso e Cobertura de Terra.....	47
3.8. Actividades socioeconómicas.....	48
3.8.1. Agricultura comercial.....	48
3.8.2. Agricultura familiar.....	49
3.8.3. Pecuária.....	50
3.8.4. Pesca.....	51
3.8.5. Turismo.....	51
3.8.6. Comércio.....	51
3.8.7. Actividade mineira.....	52
3.9. Hidrologia do Regadio do Baixo Limpopo.....	52
3.9.1. Recursos hídricos e infra-estruturas.....	52
3.9.2. Gestão dos recursos hídricos no Regadio do Baixo Limpopo.....	54
4. METODOLOGIA.....	57
4.1. Selecção do método de análise de vulnerabilidade à intrusão salina.....	57

4.2. Procedimentos de amostragem e Recolha de dados .....	58
4.2.1. Indicadores de exposição .....	59
4.2.2. Indicadores da sensibilidade.....	60
4.2.3. Indicadores de capacidade adaptativa .....	61
4.2.4. Recolha de amostras de solo .....	64
4.3. Análise de dados .....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
5.1. Características sociodemográficas dos inquiridos .....	66
5.2. Salinidade do solo no Regadio do Baixo Limpopo .....	67
5.3. Elementos da vulnerabilidade agrícola à intrusão salina .....	70
5.3.1. Exposição .....	70
5.3.2. Sensibilidade .....	74
5.3.3. Capacidade adaptativa.....	79
5.4. Vulnerabilidade agrícola à intrusão salina .....	85
5.5. Métodos locais de adaptação e mitigação da intrusão salina .....	88
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	91
6.1. Conclusões .....	91
6.2. Recomendações.....	91
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
8. ANEXOS .....	120

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.1. Sumário das actividades realizadas durante a pesquisa. ....	5
Figura 2.1. Ilustração da intrusão salina em cursos de água superficial e subterrânea. ....	7
Figura 2.2. Distribuição mundial da salinidade dos solos entre os períodos 1980-2018..	8
Figura 2.3. Urbanização e práticas agrícolas realizadas ao longo da zona costeira. ....	10

Figura 2.4. Tendência da mudança de temperatura superficial global em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa até ao final do século (2100). .....	12
Figura 2.5. Tendência das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários climáticos até ao final do século. ....	13
Figura 2.6. Tendência do aumento do nível médio global do mar (m) em diferentes cenários até 2100. ....	14
Figura 2.7. Matriz de vulnerabilidade e capacidade de resposta de Moçambique às mudanças climáticas. ....	15
Figura 2.8. Tendência temporal da ocorrência dos eventos climáticos extremos e epidemias entre o período 1980 – 2022 em Moçambique. ....	15
Figura 2.9. Ilustração da ocorrência de inundações em Maputo e do Ciclone Freddy na Zambézia. ....	16
Figura 2.10. Vulnerabilidade à insegurança alimentar em cenários de aquecimento global. ....	16
Figura 2.11. Variação da insegurança alimentar em diferentes cenários climáticos em Moçambique .....	17
Figura 2.12. Condutivímetro portátil (A) e de mesa (B) para análise da condutividade eléctrica. ....	19
Figura 2.13. Leitura da salinidade da água do rio Limpopo com o condutivímetro portátil da VIA. ....	19
Figura 2.14. Efeito da salinidade no crescimento e desenvolvimento das plantas. ....	21
Figura 2.15. Efeitos morfo-fisiológicos da salinidade nas plantas .....	22
Figura 2.16. Sumário de medidas de adaptação e mitigação da intrusão salina e salinidade na agricultura. ....	23
Figura 2.17. Dique de protecção à intrusão salina no canal de Angluzane, distrito de Xai-Xai.....	30
Figura 2.18. Análise de instituições com acção no distrito de Chókwè. ....	36
Figura 3.1. Localização geográfica do Regadio do Baixo Limpopo (RBL). ....	41
Figura 3.2. Descrição climática (precipitação e temperatura) no Regadio do Baixo Limpopo (1990 – 2020). ....	42

Figura 3.3. Representação espacial da temperatura e precipitação média anual no Regadio do Baixo Limpopo. ....	43
Figura 3.4. Variação da precipitação anual na estação de Xai-Xai entre o período 1990-2020. ....	43
Figura 3.5. Descrição da topografia Regadio do Baixo Limpopo. ....	45
Figura 3.6. Distribuição geográfica dos diferentes agrupamentos de solos existentes no RBL.....	46
Figura 3.7. Lavoura com tracção animal no distrito de Chongoene. ....	49
Figura 3.8. Barragem de Massingir no rio Elefantes no distrito de Massingir. ....	53
Figura 3.9. Quadro Institucional de alocação de água em Moçambique. ....	55
Figura 4.1. Procedimentos de análise de vulnerabilidade da agricultura à intrusão salina. ....	57
Figura 4.2. Realização do inquérito a um chefe de AF no Posto Administrativo de Chilaulene – Xai-Xai .....	58
Figura 4.3. Recolha de amostras de solo nas machambas dos pequenos agricultores do RBL.....	64
Figura 5.1. Distribuição espacial da salinidade do solo no Regadio do Baixo Limpopo. ....	68
Figura 5.2. Variação da salinidade (CE) desde a foz do rio Limpopo (ponto de referência – 0 km) até às machambas dos produtores do RBL.....	69
Figura 5.3. Classes de exposição à intrusão salina dos AFs que produzem no Regadio do Baixo Limpopo. ....	70
Figura 5.4. Distribuição espacial da exposição dos produtores à intrusão salina no RBL .....	71
Figura 5.5. Contribuição individual de componentes da exposição à intrusão salina dos AFs.....	72
Figura 5.6. Classes de sensibilidade à intrusão salina dos AFs que produzem no Regadio do Baixo Limpopo .....	75
Figura 5.7. Distribuição espacial do índice de sensibilidade à intrusão salina dos produtores no RBL .....	76

Figura 5.8. Efeito das diferentes componentes na sensibilidade dos agricultores à intrusão salina. ....	76
Figura 5.9. Classes de capacidade adaptativa à intrusão salina dos AFs que produzem no RBL.....	79
Figura 5.10. Distribuição espacial da capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina no RBL. ....	80
Figura 5.11. Contribuição individual de componentes da capacidade adaptativa à intrusão salina dos produtores que produzem no RBL.....	81
Figura 5.12. Classes de vulnerabilidade à intrusão salina dos pequenos produtores que produzem no RBL.....	85
Figura 5.13. Distribuição espacial do índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores no RBL.....	86
Figura 5.14. Elementos da vulnerabilidade e índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores no RBL.....	87
Figura 5.15. Estratégias de adaptação à intrusão salina utilizadas pelos produtores no Regadio do Baixo Limpopo.....	88
Figura 5.16. Estratégias de adaptação à intrusão salina utilizadas pelos agricultores. ...	89

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1. Classes de salinidade por textura do extracto do solo saturado na razão de 1:5. ....	20
Tabela 2.2. Classes de qualidade de água de irrigação e sua condutividade eléctrica ...	20
Tabela 2.3. Tolerância à salinidade das culturas principais produzidas no Vale do Limpopo.....	27
Tabela 2.4. Tolerância da cultura à salinidade do solo e água, e o respectivo rendimento esperado. ....	28
Tabela 2.5. Ilustração de perfil histórico de uma comunidade.....	33
Tabela 2.6. Ilustração de um calendário sazonal de actividades de subsistência e respectivas ameaças. ....	34

Tabela 2.7. Ilustração de realização de transectos numa comunidade. ....	35
Tabela 3.1. Descrição demográfica dos distritos em estudo no período 2017-2021.....	47
Tabela 3.2. Número de Associações de agricultores no Regadio do Baixo Limpopo....	50
Tabela 4.1. Indicadores dos sub-índices de exposição à intrusão salina. ....	59
Tabela 4.2. Indicadores do sub-índice de sensibilidade à intrusão salina. ....	61
Tabela 4.3. Indicadores do sub-índice de capacidade adaptativa à intrusão salina. ....	62
Tabela 5.1. Estatística descritiva dos AFs vs indicadores de exposição e sensibilidade dos agricultores. ....	66
Tabela 5.2. Estatística descritiva dos indicadores da capacidade adaptativa dos agricultores. ....	67
Tabela 5.3. Sub-Índice de exposição à intrusão salina dos AFs e respectiva classificação .....	71
Tabela 5.4. Análise de variância (ANOVA) e regressão dos indicadores da exposição à intrusão salina .....	73
Tabela 5.5. Médias dos indicadores com efeito significativo na exposição dos AFs à intrusão salina. ....	74
Tabela 5.6. Índice de sensibilidade (IS) à intrusão salina dos pequenos agricultores. ...	75
Tabela 5.7. Análise de variância dos indicadores da sensibilidade à intrusão salina dos produtores .....	78
Tabela 5.8. Médias dos indicadores com efeito significativo na sensibilidade dos AFs à intrusão salina .....	78
Tabela 5.9. Capacidade adaptativa à intrusão salina dos produtores do Regadio do Baixo Limpopo.....	80
Tabela 5.10. ANOVA dos indicadores de capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina. ....	83
Tabela 5.11. Índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores do RBL. ....	85
Tabela 5.12. Análise de variância dos elementos do índice de vulnerabilidade à intrusão salina. ....	87

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 8.1. Indicadores normalizados da exposição dos produtores à intrusão salina no RBL.....	120
Anexo 8.2. Indicadores normalizados da sensibilidade dos produtores à intrusão salina no RBL.....	121
Anexo 8.3. Indicadores normalizados da capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina no RBL. ....	122
Anexo 8.4. Questionário utilizado na recolha de informação ao nível do agregado familiar no Regadio do Baixo Limpopo.....	124

## RESUMO

Esta dissertação tem como objectivo avaliar a vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo (RBL) e analisar, especificamente, os determinantes da vulnerabilidade, determinar o índice de vulnerabilidade à intrusão salina (IVIS) e propor medidas de adaptação considerando os desafios e oportunidades locais. Para o efeito, foi adoptada uma metodologia mista: quantitativa (inquéritos a agregados familiares (AFs) e qualitativa (entrevistas a actores governamentais, não-governamentais, líderes locais e produtores). Os dados recolhidos foram normalizados e determinados os sub-índices de exposição (IE), sensibilidade (IS), capacidade adaptativa (ICA) e o IVIS. Posteriormente, fez-se a análise de variância e regressão multivariada para identificar os indicadores significativos para cada sub-índice. Por fim, apresentou-se a distribuição espacial dos resultados através de sistema de informação geográfica (SIG). Os resultados, apontam que a exposição e sensibilidade possuem efeito significativo ( $p < 0.05$ ) no IVIS observado, sendo Zongoene e Chongoene, os Postos Administrativos com maior IVIS, classificado como moderado (0.41 – 0.60). Esta vulnerabilidade foi associada aos eventos climáticos extremos e variabilidade climática, disponibilidade anual de água de rega, saúde, tamanho da área agrícola, número de machambas, diversificação de culturas e de épocas de produção. Como estratégias de adaptação, destacou-se a diversificação de áreas de produção, adopção de culturas tolerantes, uso de material vegetal e orgânico, entretanto, com alguma limitação no que concerne às medidas infra-estruturais (manutenção de comportas de contenção da intrusão salina, limpeza de valas de drenagem). Portanto, os resultados deste estudo podem ajudar a elaborar iniciativas de adaptação à intrusão salina baseadas nas estratégias de adaptação locais adoptadas pelos pequenos agricultores, tal como é o caso de promoção de culturas tolerantes à salinidade (batata-doce, arroz, cana-de-açúcar, feijão nhemba, etc.), garantia do funcionamento de infra-estruturas de gestão de recursos hídricos: abertura e limpeza de valas de drenagem, manutenção de comportas existentes nos canais de irrigação.

Palavras-chave: Intrusão salina; Vulnerabilidade; Adaptação; Tecnologia agrícola; Infra-estruturas; Agricultura familiar.

## **ABSTRACT**

This dissertation aims to assess the vulnerability of smallholder farmers to salinity intrusion in the Lower Limpopo Irrigation Scheme (RBL – acronym in Portuguese) and specifically analyze the vulnerability determinants, determine the vulnerability index to salinity intrusion (IVIS) and propose adaptation strategies considering the local challenges and opportunities. For this purpose, a mixed approach was adopted: quantitative (household surveys (FAs) and qualitative (interviews with governmental and non-governmental stakeholders, community leaders and farmers). The data collected was normalized, and exposure (IE), sensitivity (IS), adaptive capacity (ICA) sub-indices, and IVIS were determined. Subsequently, analysis of variance and multivariate regression were carried out to identify the significant indicators for each sub-index. Finally, the spatial distribution was presented of the results through a geographic information system (GIS). The results indicate that exposure and sensitivity have a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the observed IVIS, with Zongoene and Chongoene, the administrative post with the highest IVIS, classified as moderate (0.4 – 0.6). This vulnerability was associated with extreme weather events and climate variability, annual availability of irrigation water, health, size of the agricultural area, number of farms, diversification of crops and production seasons. As adaptation strategies, the diversification of farms, adoption of tolerant crops, use of plant and organic material stood out, however, with some limitations regarding infrastructural measures (maintenance of floodgates to contain salinity intrusion, cleaning drainage ditches). Therefore, the results of this study help to develop initiatives for adaptation to saline intrusion based on local adaptation strategies adopted by smallholder farmers, such as promoting salinity-tolerant crops (sweet potato, rice, sugar cane, cowpea, etc.), ensuring the functioning of water resources management infrastructures: opening and cleaning drainage ditches, maintenance of existing gates in the irrigation channels.

**Keywords:** Salinity intrusion; Vulnerability; Adaptation; Agricultural technology; Infrastructure, Smallholder farmers.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Abreviatura ou Sigla</b>	<b>Descrição</b>
ADPP	Ajuda de Desenvolvimento de Povo para Povo
AFOLU	Agricultura, Florestas e outros Usos de Terra
AFs	Agregados familiares
AIAS	Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento
ALVI	Índice de vulnerabilidade de agricultura de subsistência
ARAs	Administrações Regionais de Água
AURA	Autoridade de Regulação de Águas
BHL	Bacia Hidrográfica do Limpopo
CAFA	Companhia Agrícola de Fomento Algodoeiro
CEe	Condutividade eléctrica do extracto do solo
Cl	Ião cloreto
CNA	Conselho Nacional de Água
CVCA	Avaliação da vulnerabilidade e capacidades adaptativas
CVI	Índice de Vulnerabilidade climática
DAF	Departamento de Administração e Finanças
DES	Departamento de Saneamento
DNAAS	Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento
DNGRH	Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos
DOH	Departamento de Obras Hidráulicas
DP	Departamento de Planificação
DRI	Departamento de Rios Internacionais
E <sup>2</sup>	Erro amostral
ENAMMC	Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação às Mudanças Climáticas

Ep	Eficiência de projecto
ETC	Evapotranspiração da cultura
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIPAG	Fundo de Investimento e Património de Abastecimento de Água
GEE	Gases de Efeito Estufa
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDW	Distância inversa ponderada
Ig	Necessidades brutas de água de rega
In	Necessidades líquidas de rega
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
INE	Instituto Nacional de Estatística
IOF	Inquérito de Orçamento Familiar
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IVIS	Índice de vulnerabilidade à intrusão salina
LIMCOM	Comissão do Curso de Água do Limpopo
LR	Lavagem de sais
MAE	Ministério de Administração Estatal
MASA	Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar
MEA	Número de meses que o AF regista escassez de alimentos
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
MOPHRH	Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos
Na <sup>+</sup>	Ião de sódio
ODK	Kit de dados abertos
PLAs	Planos Locais de Adaptação às Mudança climáticas

PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PVA	Avaliação participativa da vulnerabilidade
RBL	Regadio do Baixo Limpopo
RC/SIREMO	Regadio de Chókwè/Regadio Eduardo Mondlane
RCP	Caminhos de Concentração Representativa
SIG	Sistema de informação geográfica
SNV	Organização Holandesa de Desenvolvimento
SSP	Caminhos Socioeconómicos Compartilhados
SWIO	Sudoeste do Oceano Índico
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
USAID	Agência dos Estados Unidos de Desenvolvimento Internacional
WAAD	Wanbao Agriculture Development Company
WFP	Programa Mundial de Alimentação

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

Moçambique é um país vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas devido às suas características socioeconómicas (elevado nível de pobreza, fontes de subsistência e de rendimento precárias – agricultura de sequeiro), associadas à sua localização geográfica (a jusante de nove (9) dos quinze (15) rios internacionais partilhados com os países da África Austral), à sua extensa linha costeira (2.700 km) e localização na costa oeste da zona de desenvolvimento de ciclones tropicais (sudoeste do oceano Índico – SWIO) (Conjo, 2021).

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2019), esta vulnerabilidade é acrescida pelo facto de a maior parte da população (~ 60 %) se concentrar na zona costeira e possuir a agricultura como a sua principal fonte de subsistência e de rendimento, ou seja, muito dependente das condições climáticas e praticada com baixo uso de tecnologias agrícolas melhoradas e sustentáveis. Segundo o Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar (MASA, 2014), estas condições propiciam a prevalência de baixa produtividade agrícola.

Os cenários climáticos apontam para o aumento da temperatura e variabilidade da precipitação em Moçambique (Mavume *et al.*, 2021), sendo o aumento da temperatura responsável pelo derretimento das calotas de gelo, aumento do nível das águas do mar, criando condições óptimas para a ocorrência de tempestades tropicais, inundações costeiras e, conseqüentemente, para a intrusão salina nas planícies costeiras, afectando, desta forma, os meios de subsistência dos pequenos produtores da zona costeira (Milner *et al.*, 2017).

Além do aumento da temperatura, a redução da precipitação e do escoamento, associada ao aumento da evapotranspiração, irão resultar no aumento da intrusão salina em várias regiões costeiras do país, colocando em risco a prática agrícola, a subsistência e segurança alimentar das comunidades costeiras (Asante & Vilankulos, 2009), despertando para a necessidade de adopção de medidas de adaptação agrícola à intrusão salina.

Neste contexto, surgiu a necessidade de analisar a vulnerabilidade dos agricultores à intrusão salina, com vista a contribuir para a elaboração de medidas, baseadas em evidências locais, para fazer face à intrusão salina e garantir o desenvolvimento de uma agricultura sustentável em tempos de mudanças climáticas.

## **1.2. Motivação**

Na última década, tanto ao nível global, quanto em Moçambique, tem se verificado o aumento de evidências das mudanças climáticas, reflectidas no aumento da frequência e magnitude de eventos climáticos extremos (seca, cheias e ciclones tropicais), altas temperaturas, aumento da variabilidade da precipitação, redução dos caudais dos rios, assim como a ocorrência da intrusão salina nas zonas costeiras, sendo este último facto, responsável pela degradação do solo e redução da produtividade da terra, tal como observado na região do Baixo Limpopo. A intrusão salina afecta desproporcionalmente as populações que dependem das condições climáticas para a prática agrícola. Entretanto, dados os efeitos negativos, os produtores desenvolvem estratégias de adaptação à intrusão salina. Portanto, este estudo, motivado pela existência de ferramentas de análise da vulnerabilidade a diversos riscos climáticos, utilizando métodos qualitativos e quantitativo, permite, assim, avaliar a vulnerabilidade dos pequenos agricultores à intrusão salina, identificar os seus determinantes, e propor medidas de adaptação agrícola sustentáveis em tempos de mudanças climáticas.

## **1.3. Problema de pesquisa**

A intrusão salina constitui uma ameaça a nível global em diferentes dimensões, desde a ambiental à socioeconómica, com maior destaque para a actividade agrícola, devido à sua importância na subsistência de maior parte das populações em países em desenvolvimento (Duan, 2016).

Vários países têm experimentado períodos prolongados de seca e cheias associados ao aumento de temperatura e evapotranspiração, fenómenos que são exacerbados pelas mudanças climáticas, intensificam a intrusão salina, resultando na perda de terras aráveis, biodiversidade e insegurança alimentar (Tran *et al.*, 2021).

De acordo com o Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA, 2012), face aos desafios das mudanças climáticas, Moçambique elaborou a Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas (ENAMMC 2013-2025), que serve como base para a elaboração de planos estratégicos de desenvolvimento do país, com vista a garantir a adaptação e resiliência climática. Um dos instrumentos elaborados, é o Plano Local de Adaptação às Mudanças climáticas (PLA), cujo objectivo é apresentar soluções de mitigação e adaptação às mudanças climáticas e integrá-las nos planos e orçamentos ao nível distrital (Governo Distrital de Limpopo, 2017).

Entretanto, apesar de estes instrumentos apresentarem algumas soluções para o sector agrário, estas não são direccionadas especificamente à intrusão salina, prevalecendo, portanto, a vulnerabilidade dos agricultores à intrusão salina e seus efeitos (Asante & Vilankulos, 2009).

#### **1.4. Justificativa**

No caso de Moçambique, os cenários climáticos apresentam uma tendência de aumento de temperatura, principalmente nas províncias de Tete, Niassa e Gaza, implicando uma variação da temperatura máxima entre 0,92 a 4,73°C e tendência inversa é apresentada para a precipitação nas mesmas províncias, com uma variação negativa em cerca de 60% (Mavume *et al.*, 2021).

Em relação à temperatura, os cenários optimista (RCP-2,6) e intermédios (RCP-4,5 e RCP-6) apontam para a subida do nível do mar em 0,5 m, e o cenário pessimista (RCP-8,5) indica uma subida em cerca de 0,7 a 1 m (Mucova *et al.*, 2021). Segundo a Agência dos Estados Unidos de Desenvolvimento Internacional (USAID, 2018), os impactos destes cenários resumem-se à erosão do solo, inundações, intensificação da intrusão salina e, conseqüentemente, redução da produtividade agrícola de várias culturas, resultando em perdas de produto interno bruto em cerca de 4,5 a 9,8% em 2050.

Estes impactos colocam a maior parte da população rural dependente da agricultura mais vulnerável aos eventos extremos e insegurança alimentar (Munns & Tester, 2008), principalmente os agricultores que produzem próximo aos estuários dos rios de grande importância socioeconómica no país, e que têm registado maior abrangência da intrusão salina, como é o caso do Zambeze, Pungué e Save (na região Centro do país), Incomáti e Limpopo (na região Sul do país), registando-se neste último rio, uma intrusão salina em cerca de 29 km ao longo do rio, cobrindo uma área de 83 km<sup>2</sup> de solo, e afectando negativamente a produtividade agrícola no Regadio do Baixo Limpopo (RBL) (Asante & Vilankulos, 2009).

O RBL é considerado um dos maiores regadios do país, contribuindo para a geração de emprego de cerca de 94% da população local (maioritariamente feminina) (LIMCOM *et al.*, 2017). Entretanto, tem sido sub-explorado devido a vários factores, com destaque para a elevada demanda hídrica devido ao crescimento populacional, ocorrência da intrusão salina, e variabilidade climática (LIMCOM *et al.*, 2017). Neste contexto, as estratégias de gestão da intrusão salina são indispensáveis e a sua definição passa pelo mapeamento da vulnerabilidade dos agricultores à intrusão salina e dos factores determinantes.

## **1.5. Objectivos**

### **1.5.1. Objectivo geral:**

- Avaliar a vulnerabilidade dos pequenos agricultores à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo.

### **1.5.2. Objectivos específicos:**

- Analisar os determinantes da vulnerabilidade dos pequenos agricultores à intrusão salina no Regadio do Baixo do Limpopo;
- Determinar o índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos pequenos agricultores no Regadio do Baixo do Limpopo;
- Recomendar medidas de adaptação da agricultura familiar à intrusão salina no Regadio do Baixo do Limpopo.

## **1.6. Hipóteses:**

- H0: Todos os pequenos agricultores que produzem no Regadio do Baixo Limpopo são vulneráveis à intrusão salina;
- H1: Nem todos os pequenos agricultores que produzem no Regadio do Baixo Limpopo são vulneráveis à intrusão salina.

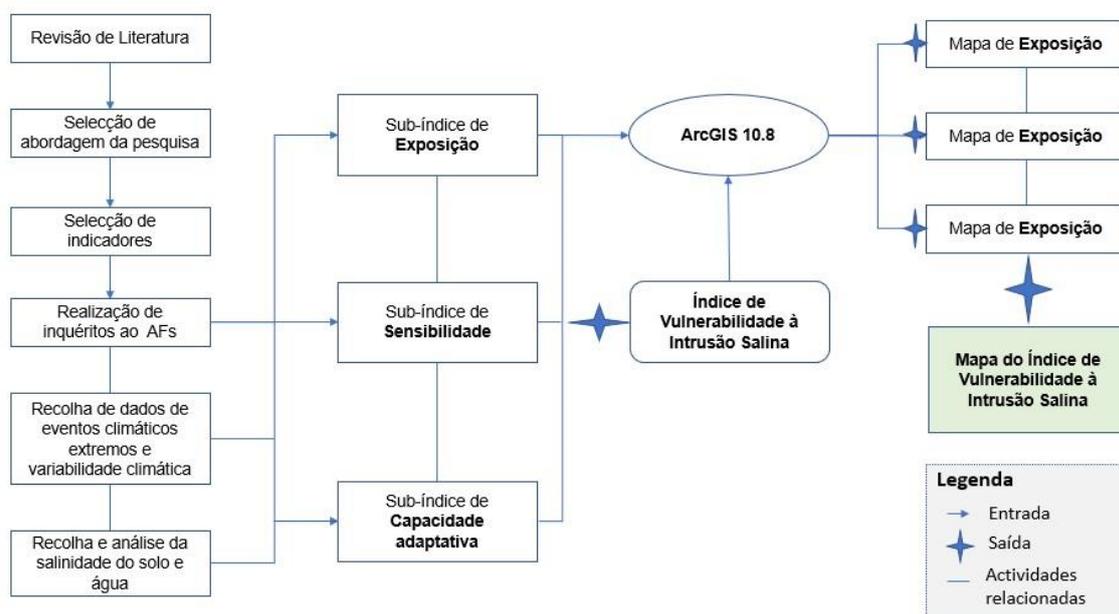
## **1.7. Sumário do método da pesquisa**

A presente pesquisa tem como objectivo principal avaliar a vulnerabilidade dos pequenos agricultores à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo. Na primeira etapa, foi feita a revisão de literatura para identificar o tipo de abordagem a adoptar para a pesquisa, assim como para a selecção de indicadores para a constituição do índice de vulnerabilidade à intrusão salina (IVIS), o qual considera três elementos: a exposição (IE), sensibilidade (IS) e capacidade adaptativa (ICA) (Hahn *et al.*, 2009).

Os dados utilizados foram obtidos de inquérito realizado a pequenos agricultores (dados sobre exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa) na área de estudo, e na Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (eventos climáticos extremos e variabilidade climática). Com base no modelo de meios de subsistência, foi determinado o IVIS, envolvendo os sub-índices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

A exposição foi determinada pelos indicadores relacionados a factores externos à agricultura familiar (os eventos climáticos extemos, variabilidade climática, ambiente e aspectos sociais); na sensibilidade, considerou-se factores internos (acesso à água, saúde e segurança alimentar); e, por fim, na capacidade adaptativa, considerou-se o capital humano, social, financeiro, ambiental, tecnológico, físico ou infra-estrutural e institucional. O IVIS foi georreferenciado utilizando o software ArcGis versão 10.8.

Por fim, foi feita a interpretação de resultados e identificadas opções de adaptação da agricultura familiar a intrusão salina, ajustadas a cada realidade ao nível local. O sumário das actividades realizadas é apresentado na Figura 1.1.



**Figura 1.1.** Sumário das actividades realizadas durante a pesquisa.

## 1.8. Resultados esperados

O principal resultado desta pesquisa é o índice de vulnerabilidade dos pequenos agricultores à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo. Com base neste índice, determinado ao nível do agregado familiar e do Posto Administrativo, foram identificados os determinantes da vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina, assim como as medidas de adaptação adoptadas pelos produtores para fazer face à salinidade, com vista a propor medidas de adaptação orientadas para o contexto local em tempos de crise climática.

Com a implementação de medidas e/ou opções de adaptação e mitigação da intrusão salina, reduzir-se-á a vulnerabilidade agrícola à intrusão salina, assim como, será melhorada a

produção e produtividade agrícola, contribuindo, desta forma, para a garantia da segurança alimentar local, assim como, regional. Cientificamente, a presente pesquisa contribui para o mapeamento da salinidade do solo, assim como para a constituição de um índice de vulnerabilidade à intrusão salina ao nível mais detalhado (Agregado familiar) e dos respectivos determinantes.

### **1.9. Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação possui nove (9) capítulos, onde no presente capítulo, se faz uma contextualização do problema e sua justificativa, objectivos e hipóteses de estudo, o método utilizado e os potenciais resultados esperados. No capítulo 2, faz-se a revisão de literatura, apresenta os conceitos importantes sobre a vulnerabilidade climática e intrusão salina, os métodos de análise, suas vantagens e desvantagens e os resultados obtidos em estudos similares globais, regionais e locais. No capítulo 3, apresenta-se a descrição da área de estudo: a localização geográfica, características climáticas, biofísicas (recursos hídricos, declividade, solo, uso e cobertura do solo) e socioeconómicas. No capítulo 4 apresenta-se a metodologia da pesquisa, onde se descreve o método de determinação do índice de vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina, os procedimentos de amostragem e recolha de dados, assim como o método e pacote estatístico de análise de dados. No capítulo 5, apresenta-se os resultados sobre os determinantes da vulnerabilidade, o índice de vulnerabilidade, e discutem-se os resultados. No capítulo 6, apresenta-se as conclusões do estudo e recomendações. No capítulo 7, apresenta-se as referências bibliográficas. Por fim, no capítulo 8 a lista dos anexos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Intrusão salina em contexto

A intrusão salina consiste na entrada da água salgada nos cursos de água superficial ou subterrânea devido a diferenças de cota entre estes corpos de água e o mar, aumentando a salinidade da água e do solo (Figura 2.1) (Klassen & Allen, 2016).



**Figura 2.1.** Ilustração da intrusão salina em cursos de água superficial e subterrânea.

Fonte: (Cao *et al.*, 2021).

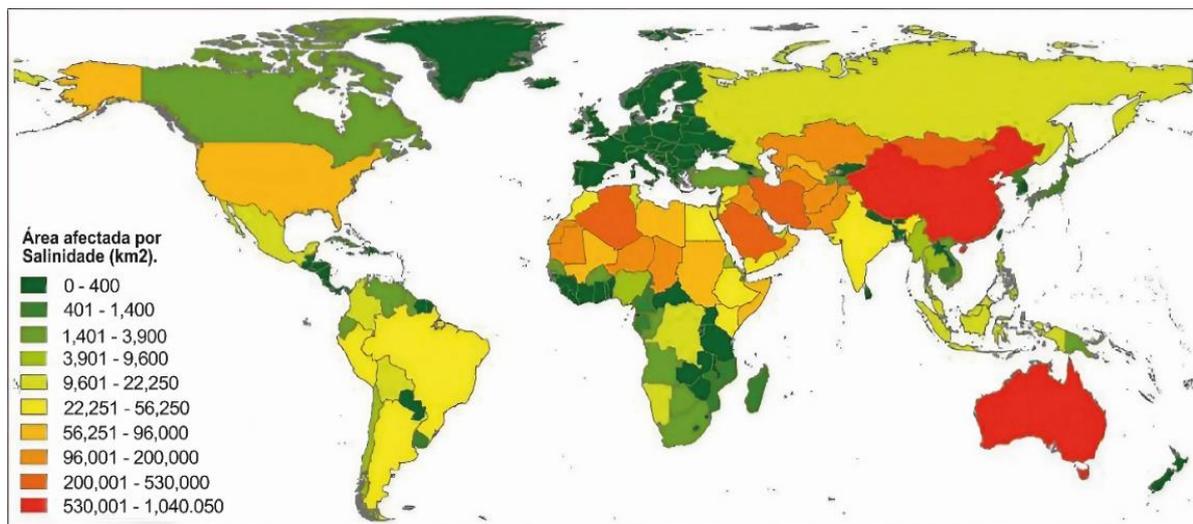
Neste estudo, será considerado como intrusão salina a entrada da água salgada em cursos de água superficial assim como em áreas aráveis utilizadas para a prática agrícola. Nesta secção, serão explorados os seguintes aspectos: a distribuição global da salinidade do solo, os factores de influência na ocorrência da intrusão salina, os principais métodos de análise da salinidade, os impactos da salinidade na agricultura, e as estratégias de adaptação e/ou mitigação à intrusão salina e seus efeitos, com ênfase para a salinidade.

#### 2.1.1. Distribuição geográfica da salinidade do solo

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021), ao nível mundial, cerca de 300 milhões de hectares são afectados pela salinidade de

origem natural, acumulação de sais por um longo período nas zonas áridas e semiáridas devido a elevadas taxas de evapotranspiração, assim como pela decomposição das rochas parentais (que resultam nos iões de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$ ), cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), irrigação intensiva associada à aplicação de agro-tóxicos sem observância de boas práticas de gestão de solos e água (Munns & Tester, 2008).

Cerca de 20 % (~ 45 milhões de hectares) de terras aráveis ao nível mundial registou perda de produtividade devido à salinização, sendo 33% desta área localizada em áreas irrigadas, principalmente na Ásia, África e Austrália (Figura 2.2) (Fuge, 2020).



**Figura 2.2.** Distribuição mundial da salinidade dos solos entre os períodos 1980-2018.

Fonte: (Fuge, 2020).

Dada a tendência actual da salinização, até o final do século, espera-se que cerca de 50% de terra degradada, sendo a maior parte dos solos salinos, se localize em regiões costeiras e semiáridas; e, no caso de Moçambique, sua área afectada pela salinidade varia entre 1.400 e 3.900 km<sup>2</sup> (Fuge, 2020).

### **2.1.2. Factores que influenciam a ocorrência de intrusão salina**

A ocorrência da intrusão salina é, geralmente, causada por factores naturais, mudanças climáticas, actividades antropogénicas (destruição de barreiras costeiras naturais, assoreamento dos cursos de água, dragagem, gestão deficiente dos recursos hídricos, contaminação (difusa) dos recursos hídricos) (Akter *et al.*, 2019).

### 2.1.2.1. Factores naturais

Historicamente, a intrusão salina é um processo que ocorre naturalmente, sendo influenciado pela interacção entre as ondas do mar, ciclones e tempestades, marés e diferentes componentes da zona costeira, sendo, por isso, denominado de salinidade primária (Paul & Rashid, 2017). Os factores naturais da ocorrência de intrusão salina incluem a localização geográfica, sedimentação e erosão, aumento do nível do mar, escoamento dos rios, evapotranspiração e eventos climáticos extremos (ciclones e secas) (Paul & Rashid, 2017).

**Localização geográfica:** as zonas costeiras e com relevo de planície são altamente vulneráveis à intrusão salina, principalmente devido à sua proximidade do mar, assim como com diferentes corpos de água contaminados por diversas substâncias oriundas de actividades antropogénicas (agro-tóxicos, descarga de efluentes não tratados, etc.) (Binh, 2015).

**Sedimentação e Erosão:** várias actividades realizadas ao longo dos cursos de água são responsáveis pelo seu assoreamento e redução do fluxo normal da água doce, e consequente redução da descarga do curso de água doce sobre no mar, fazendo com que este avance para o interior do continente (terra, leito dos rios, aquíferos, etc.) (Hughes *et al.*, 2017). De acordo com Zuccolotto & Kahler (2023), a erosão ao longo do leito do rio aumenta o risco da subsidência da terra, reduzindo, assim, a capacidade de bloqueio natural à intrusão salina.

**Nível do mar:** a intrusão salina na zona costeira é, maioritariamente, causada pela subida do nível das águas do mar, o que aumenta a intrusão da água salgada sobre a água doce (Paul & Rashid, 2017). A subida do nível do mar é intensificada pelo aumento do aquecimento global, o que contribui para o degelo das zonas polares, associado ao aumento da expansão térmica do oceano (Frederikse *et al.*, 2020).

**Escoamento do rio:** o caudal do rio desempenha um papel muito importante no controlo da intrusão salina, pois empurra o estuário “isohalino” para o mar, enquanto a redução do caudal do rio faz com que a água salina exerça maior pressão sobre o rio, causando o recuo da água doce para o interior (Xu *et al.*, 2018). A redução dos escoamentos dos rios, geralmente, é causada pelas mudanças climáticas, actividades humanas (redução da cobertura florestal que, consequentemente, altera o padrão e quantidade da precipitação), assim como pelo manejo de barragens de retenção da água (Kuang *et al.*, 2017).

Várias pesquisas avaliando a influência do escoamento do rio sobre a intrusão salina foram realizadas ao nível global, sendo que Zhang *et al.* (2010) constataram uma relação muito forte ( $R^2=0,8007$ ) entre a intrusão salina e o escoamento do rio. Este resultado é secundado por Xu

*et al.* (2018) e *Cai et al.* (2016) que apontam para a redução do escoamento dos rios como o principal factor para o aumento da distância da intrusão salina nos cursos de água doce.

**Evapotranspiração:** os cursos de água, além da existência da água, são constituídos pela flora, seja aquática, seja terrestre (nas margens). Portanto, sendo a evapotranspiração liderada por variáveis climáticas (principalmente a temperatura), o aumento desta variável associado à taxa de consumo da água pela planta, aumenta a taxa de evapotranspiração, o que, dependendo da recarga no curso da água, poderá provocar o aumento da concentração de sais no solo (*Mollema et al.*, 2010).

Resultados de um estudo de *Yu et al.* (2021) apontam, como causa do aumento da salinidade do solo, a elevada taxa de evaporação associada à inundação costeira causada pela subida do nível das águas do mar, principalmente na zona de planície. Por outro lado, *Cao & Gao* (2013) constataram a influência negativa da intrusão salina sobre o uso de terra que, por sua vez, influenciou a taxa de evapotranspiração local.

#### 2.1.2.2. Actividades antropogénicas

Além da influência dos factores naturais, a intrusão salina é exacerbada pelas actividades antropogénicas, principalmente na zona costeira, onde se tem registado crescimento demográfico acelerado ao nível global (*Bhattachan et al.*, 2019). A procura pela subsistência nestas regiões, aumenta a pressão sobre o ecossistema costeiro, colocando em risco a sua sustentabilidade (*Mahmuduzzaman et al.*, 2014). Destaca-se, entre as actividades antropogénicas, a agricultura, pesca, piscicultura, urbanização, dragagem, desenvolvimento industrial (*Savoy*, 2020) (Figura 2.3).



**Figura 2.3.** Urbanização e práticas agrícolas realizadas ao longo da zona costeira.

Fonte: (*Cossa*, 2022; *Roy*, 2019).

Estas actividades são responsáveis pela degradação do ecossistema costeiro e poluição dos recursos hídricos, reduzindo a capacidade adaptativa deste ecossistema à diversas ameaças, com destaque para os ciclones, inundações costeiras, intrusão salina, entre outras (de la Reguera & Tully, 2021).

Vários factores concorrem para o fracasso de iniciativas de redução do impacto da salinidade, como é o caso da inexistência e/ou fraca manutenção das infra-estruturas de protecção costeira, fraca gestão dos recursos hídricos (ex.: construção e gestão de barragens, gestão de conflitos de acesso de água, monitoria da qualidade de água, etc.), associado à ocorrência de eventos climáticos extremos causados pelas mudanças climáticas (Auvi, 2019).

### **2.1.2.3. Mudanças climáticas**

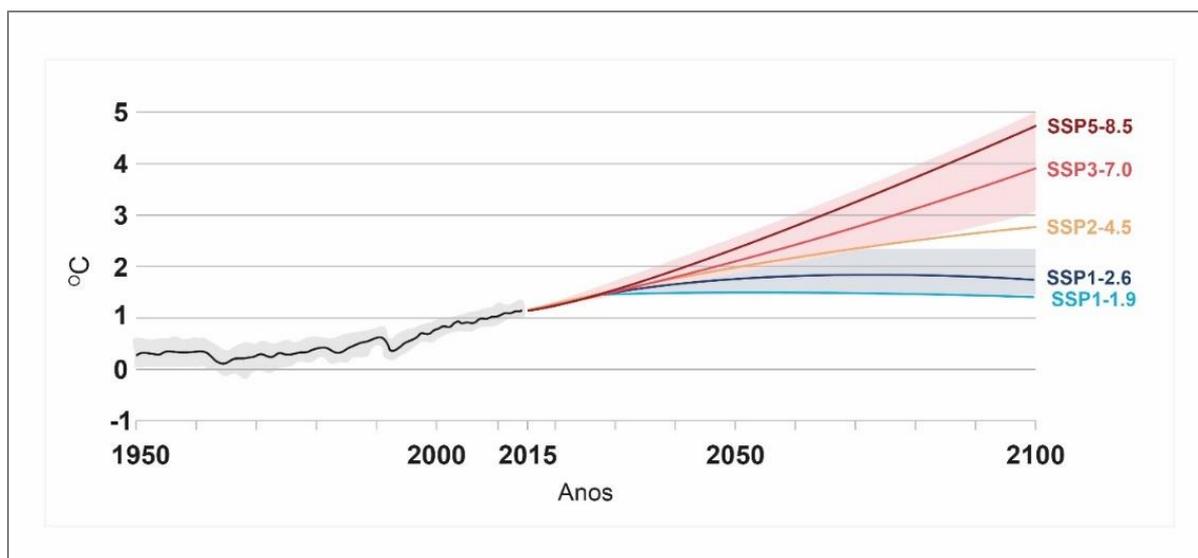
De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), denomina-se mudança climática a alteração estatística da média ou variabilidade do clima e/ou das suas propriedades durante um longo período (de, pelo menos, trinta anos, segundo a Organização Mundial da Meteorologia) por efeito de factores naturais ou de actividades antropogénicas.

Por outro lado, de acordo com a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC), a mudança climática é “uma mudança do clima atribuída, directa ou indirectamente, à actividade humana que altera a composição da atmosfera global, e à variabilidade climática natural observada em períodos de tempo comparáveis” (IPCC, 2022).

Evidências científicas sobre as mudanças climáticas ao nível global, geralmente, são identificadas no aumento da temperatura, aumento da concentração de gases de efeito estufa, subida do nível das águas do mar, ocorrência com maior frequência e magnitude de eventos climáticos extremos (IPCC, 2021).

**Aquecimento global:** refere-se ao aumento da temperatura da superfície global em relação à temperatura do período pré-industrial (1850-1900), tido como período de referência para a avaliação da mudança climática (IPCC, 2022). Nas últimas décadas (2001-2020), a temperatura global aumentou em 0,99°C, com tendência de aceleração, pois, na última década (2010-2020), a temperatura aumentou em 1,3°C (IPCC, 2021).

De acordo com projecções climáticas, espera-se o contínuo aumento da temperatura superficial, podendo atingir um aumento de 1,8°C até o final do século (2100) no cenário de emissões muito baixas de GEE (SSP1-1,9); 3,5°C no cenário intermediário (SSP2-4,5), e 5,7°C no cenário de emissões muito elevadas (SSP5-8,5) (Figura 2.4) (IPCC, 2021).



**Figura 2.4.** Tendência da mudança de temperatura superficial global em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa até ao final do século (2100).

Fonte: (IPCC, 2021).

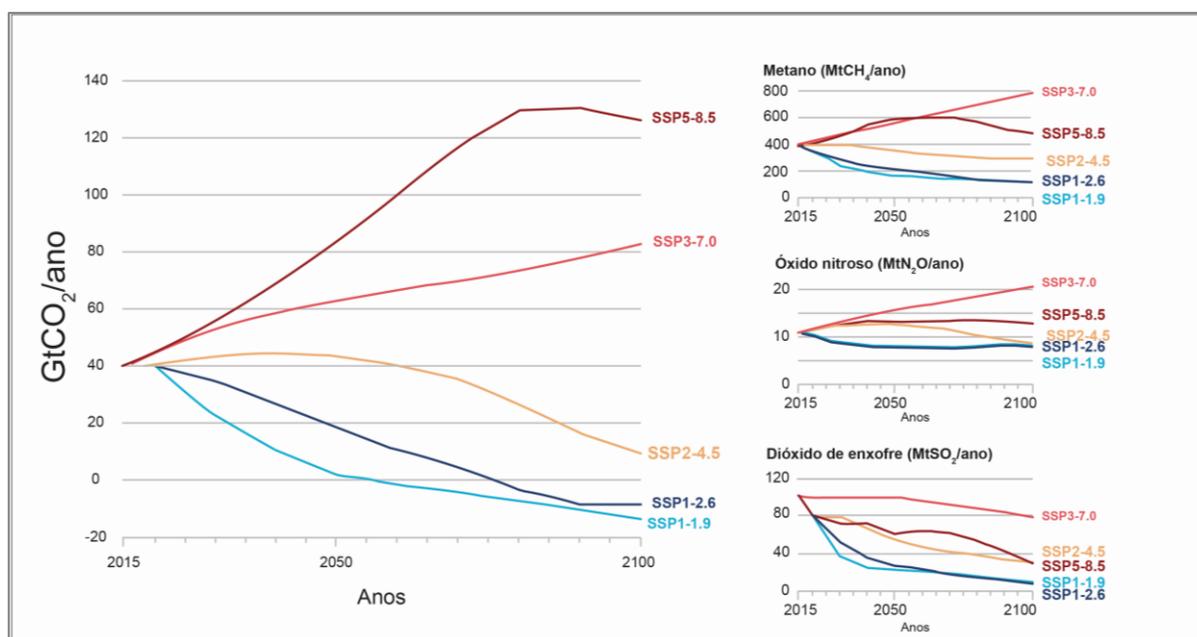
**Concentração de gases de efeito estufa:** a emissão destes gases é responsável pelo aquecimento global que, por sua vez, é responsável pela ocorrência de eventos climáticos extremos responsáveis pela intrusão salina (IPCC, 2022). Os principais gases de efeito estufa (GEE) são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs) e ozono ( $\text{O}_3$ ), sendo o  $\text{CO}_2$  o mais abundante na atmosfera (Mavume & Queface, 2018).

A nível global, observa-se um aumento das emissões anuais de GEE e, em termos absolutos, em 2021, a China apresentou a maior emissão de GEE (11,47 mil milhões de ton), seguida pelos Estados Unidos da América (5,01 mil milhões de ton), Índia (2,71 mil milhões de ton). Moçambique registou cerca de 7,16 milhões de ton (Ritchie & Roser, 2020). Entretanto, quanto às emissões per capita, os Estados Unidos da América apresentaram cerca de 14,86 ton, seguidos por Canadá (14,30 ton), China (8,05 ton) e África do Sul (7,34 ton), porém, com uma tendência decrescente na última década (Ritchie & Roser, 2020).

Apesar do decréscimo das emissões per capita na última década, as emissões absolutas tendem a aumentar, associadas directamente à queima de combustíveis fósseis (Mahumane & Mulder, 2019), sendo, ao nível global, o sector da Energia (73,2 %), o líder na emissão de GEE, seguido pelo sector da Agricultura, Florestas e outros Usos de Terra – AFOLU (18,4 %), Indústria (5,2 %) e Resíduos (3,2 %) (Ritchie & Roser, 2020).

No caso de Moçambique, em particular, o país realiza emissões médias anuais de cerca de 90,5 milhões de toneladas de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e-), correspondentes a 0,23% das emissões médias anuais globais, incluindo o sector AFOLU (40.180,5 Mton CO<sub>2</sub>e-), considerado o sector maior emissor de GEE no país e no continente africano (WRI & Climate Watch, 2022).

Na África Subsaariana (ASS), Moçambique ocupa a nona posição em termos de emissões anuais de GEE, contribuindo com cerca de 6,6 % para as emissões totais da ASS (1.386,6 Mton CO<sub>2</sub>e-), região liderada pela República Democrática do Congo (36,4 %), seguida pela África do Sul (33%), Nigéria (22,1%), Etiópia (9,2%), Camarões (9%), Tanzânia (8,6%), Sudão (7,6%) e Angola (7%). A Zâmbia (3,6%) ocupa a décima posição, seguindo-se a Moçambique (Lasse & Paco, 2022). Os cenários climáticos apontam para o aumento contínuo da emissão de GEE, e consequente aumento do aquecimento global (Figura 2.5) (IPCC, 2021).



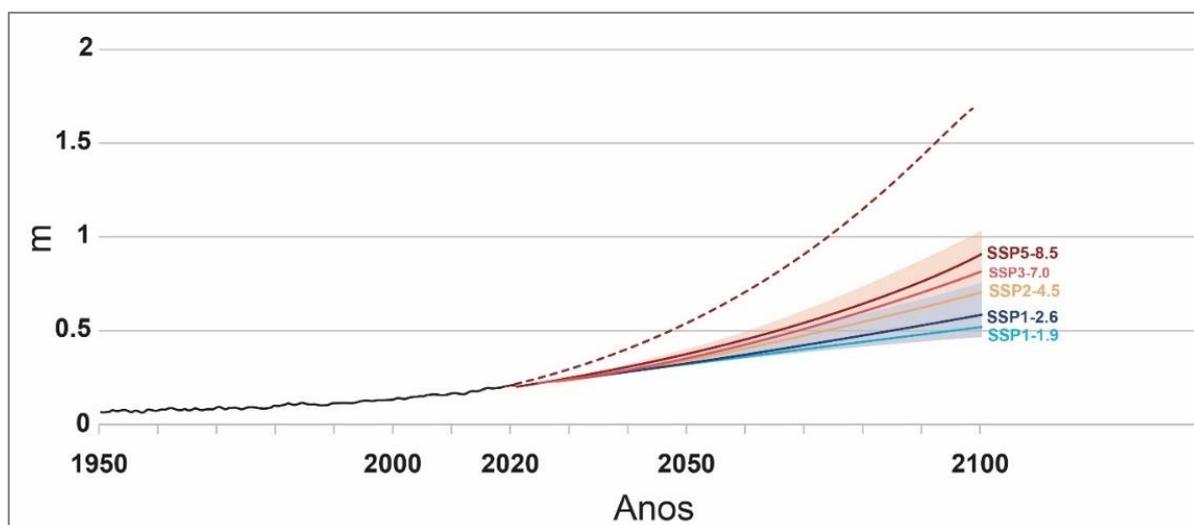
**Figura 2.5.** Tendência das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários climáticos até ao final do século.

Fonte: (IPCC, 2021).

**Aumento do nível do mar:** o aquecimento global e a concentração dos GEE na atmosfera contribuem, em conjunto, para a alteração do padrão da precipitação, degelo dos glaciares, salinidade dos oceanos e aumento do nível das águas do mar, tendo-se registado um aumento do nível do mar de 0,2 m no período 1901 a 2018, tendo tido, na última década (2006-2018), uma taxa de aumento de 3,7 mm por ano (IPCC, 2021).

O sexto relatório de avaliação climática (AR6) do IPCC apresenta uma projecção de aumento do nível do mar em cerca de 2 m (até ao final de 2100) e 5 m (em 2150), resultante do

aquecimento global entre 3,3 e 5,7°C no cenário pessimista (SSP5-8,5 - *Business as Usual*). Com a implementação de políticas de mitigação climática (cenário intermédio - SSP2-4,5), espera-se o aumento do nível do mar entre 0,44 e 0,77 m, resultante do aumento de temperatura entre 2,5 e 3,5°C, tal como ilustra a Figura 2.6 (IPCC, 2021).



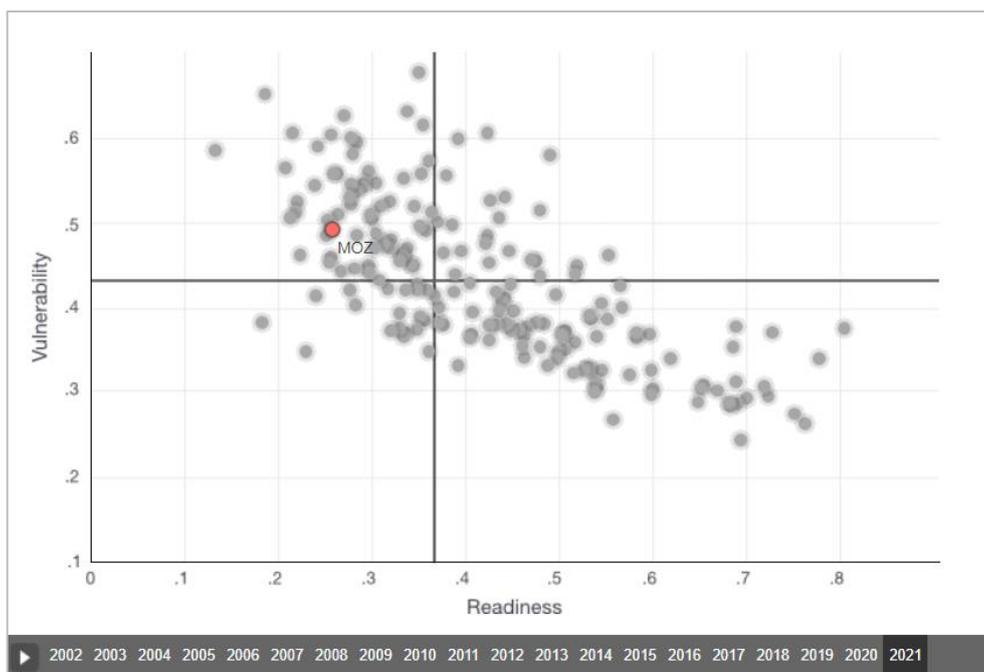
**Figura 2.6.** Tendência do aumento do nível médio global do mar (m) em diferentes cenários até 2100.

Fonte: (IPCC, 2021).

**Eventos climáticos extremos:** ao longo do tempo, verificaram-se períodos de aquecimento (interglaciais) e arrefecimento (glaciais), mas, actualmente, observa-se o aumento da concentração de GEE a níveis muito elevados, o que contribui para a ocorrência, cada vez mais frequente, de eventos climáticos extremos, como são os casos das ondas de calor, precipitações intensas, cheias e inundações, ciclones e tempestades, secas (IPCC, 2021), gerando grandes perdas e danos, principalmente nos países em desenvolvimento, como Moçambique, caracterizados pela elevada vulnerabilidade (Mavume *et al.*, 2021).

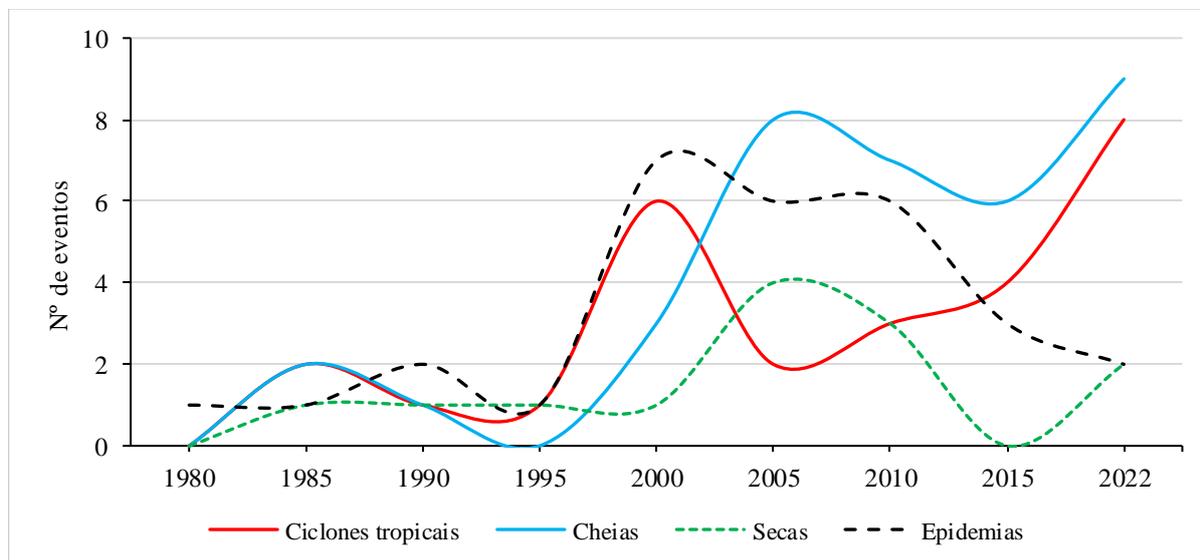
Devido às condições socioeconómicas, associadas à sua localização geográfica, Moçambique encontra-se no quadrante superior esquerdo da matriz de vulnerabilidade “ND-GAIN”<sup>1</sup>, com elevada vulnerabilidade (0,517) e baixo nível de preparação (0,269) para fazer face aos eventos climáticos extremos (Figura 2.7) (Chen *et al.*, 2015), facto que propicia a ocorrência de elevadas perdas e danos ocasionados por cada ocorrência de eventos extremos

<sup>1</sup> ND-GAIN – Notre Dae-Global Adaptation Index (ND-GAIN) Country Index é um índice que mostra a vulnerabilidade actual de um país às perturbações climáticas (Chen *et al.*, 2015).



**Figura 2.7.** Matriz de vulnerabilidade e capacidade de resposta de Moçambique às mudanças climáticas.

Nos últimos 40 anos, registaram-se, no país, cerca de 27 ciclones tropicais, 36 cheias, 13 secas e 29 epidemias associadas a estes eventos climáticos (EM-DAT, 2023), com uma tendência de aumento da sua frequência e magnitude na última década (Figura 2.8) (EM-DAT, 2023).



**Figura 2.8.** Tendência temporal da ocorrência dos eventos climáticos extremos e epidemias entre o período 1980 – 2022 em Moçambique.

Fonte de dados: EM-DAT (2023).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INAM, 2023), apenas em 2022, formaram-se cerca de 13 sistemas tropicais na bacia do Sudoeste do Oceano Índico (SWIO), dos quais 4 atingiram o país. E, na época ciclónica de 2023, o país registou inundações resultantes do

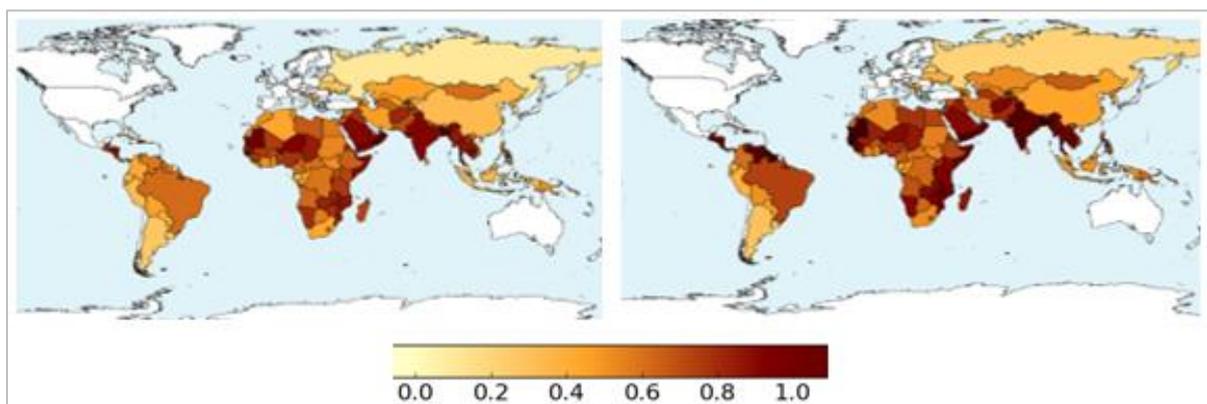
sistema tropical mais longo (mais de 36 dias activo) registado no planeta, o “Ciclone Freddy”, seguido pelo sistema tropical “John” (31 dias activo) (Artur, 2023; Lasse, 2023b). Estes eventos tiveram um impacto negativo acrescido à vulnerabilidade das infra-estruturas de gestão de recursos hídricos (Mosca & Lasse, 2023), tal como ilustra a Figura 2.9 extraída da Rádio Moçambique (RM, 2023; Zuniga, 2023).



**Figura 2.9.** Ilustração da ocorrência de inundações em Maputo e do Ciclone Freddy na Zambézia.

Fontes: (RM, 2023; Zuniga, 2023).

De acordo com o Inquérito de Orçamento Familiar (IOF, 2015, 2021) e Asante & Vilankulos (2009), os eventos climáticos extremos em Moçambique têm sido responsáveis pela redução da produtividade agrícola das culturas alimentares básicas, agravando a pobreza e insegurança alimentar. No contexto de mudanças climáticas, espera-se a redução da produtividade agrícola per capita, a curto e a longo prazos, aumentando a vulnerabilidade da população à insegurança alimentar, tal como ilustra a Figura 2.10 (Krishnamurthy *et al.*, 2014).

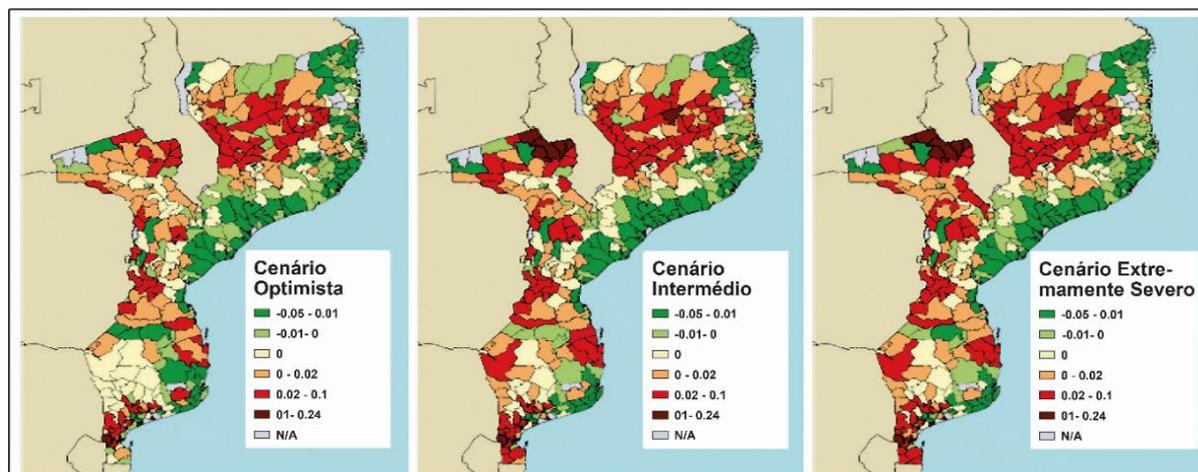


**Figura 2.10.** Vulnerabilidade à insegurança alimentar em cenários de aquecimento global.

Fonte: (Krishnamurthy *et al.*, 2014).

Em Moçambique, os cenários de mudanças mostram uma intensificação da insegurança alimentar nas regiões interiores do país (Figura 2.11), mas uma menor escassez de alimentos

devido a mudanças nos sistemas de produção, resultante dos impactos das mudanças climáticas (Abbas, 2021).



**Figura 2.11.** Variação da insegurança alimentar em diferentes cenários climáticos em Moçambique

Fonte: (Abbas, 2021). Onde: Cenário optimista (SSP1-2.6); Cenário intermédio (SSP3-7.0); e Cenário severo (SSP5-8.5).

Além dos impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar, os eventos climáticos extremos geram movimentos migratórios das populações, assim como aumentam a demanda pela terra e recursos naturais para fazer face a estes desafios, resultando em elevadas desigualdades de grupos sociais (LIMCOM *et al.*, 2017; Migdley *et al.*, 2013).

Vários estudos confirmam que as mudanças climáticas possuem um impacto negativo sobre as actividades socioeconómicas das comunidades locais (Cullis *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2010), sobre o ambiente (fauna e flora) e recursos hídricos (Migdley *et al.*, 2013; Rankoana, 2020; Singh *et al.*, 2014; Zhu & Ringler, 2012) e, sobretudo, intensificam a intrusão salina e salinização dos solos das regiões subtropicais (Mahmuduzzaman *et al.*, 2014; Setiawan *et al.*, 2023; White & Kaplan, 2017).

### 2.1.3. Métodos de análise da salinidade

A análise da salinidade<sup>2</sup> corresponde à quantificação de sais totais existentes numa solução do solo e água através de métodos directos (determinação da concentração de sais) e indirectos (através de seus impactos e sinais, no solo e nas culturas), e esta pode ser feita no campo, assim como no laboratório (Corwin, 2003).

---

<sup>2</sup> Salinidade refere-se à presença de sais solúveis no solo assim como na água cujas concentrações que afectam o crescimento das plantas a partir de certo nível (Hardie & Doyle, 2018).

No campo, é geralmente feita através de observação directa de sinais ou impactos da salinidade ou pela determinação da concentração e toxicidade dos sais existentes no solo, sem entretanto esta amostra perder a humidade do solo existente antes da análise (Spies & Woodgate, 2005). Adicionalmente, pode ser feita através de imagens de satélite a uma larga escala, assim como através da indução electromagnética (Corwin, 2003).

Historicamente, cinco métodos têm sido utilizados para análise da salinidade no solo ao nível do campo, nomeadamente a observação visual de culturas, a condutância eléctrica dos extractos da solução do solo, medição *in-situ* da resistividade eléctrica, medição não invasiva de condutância eléctrica com indução electromagnética (EM), medição *in-situ* da condutância eléctrica com reflectometria no domínio de tempo (TDR) (Corwin, 2003), assim como dos sólidos totais dissolvidos (STD) (Dallas & Day, 2004).

Neste estudo, a salinidade do solo foi determinada através do método laboratorial, utilizando um extracto de solo 1:2.5, método que, devido à sua praticidade relativamente aos demais, é amplamente utilizado em vários estudos, tal como nos casos de Herrmann (2019); Shirokova *et al.* (2000); Visconti & de Paz (2016).

#### **a) Condutividade eléctrica de um extracto saturado (ECe)**

A medição da condutividade eléctrica do solo utilizando o extracto do solo é influenciada pela proporção entre o solo e água, havendo necessidade de padronização da proporção, com vista a garantir a comparabilidade e interpretação global dos resultados da salinidade. Para o efeito, ao nível global, são utilizada a proporção de solo:água 1:1; 1:2; e 1:5 (Corwin, 2003; Corwin & Yemoto, 2017), obtida através da preparação de uma pasta saturada de solo com água destilada e depois extraíndo o líquido do solo com uma centrífuga ou dispositivo de sucção após verificar-se o equilíbrio do solo durante 4 horas (Hardie & Doyle, 2018).

Após a extracção da solução, coloca-se os extractos à uma temperatura de 4 °C e procede-se à análise da condutividade eléctrica utilizando um condutivímetro, seja portátil, para análises no campo, ou de mesa, para análises laboratoriais (Figura 2.12).



**Figura 2.12.** Condutivímetro portátil (A) e de mesa (B) para análise da condutividade eléctrica.

Fonte: (IDEAL, 2023).

Recentemente, foi desenvolvida uma tecnologia pela Academia Virtual de Irrigação (VIA) que visa promover o uso sustentável dos recursos hídricos através de instrumentos de gestão de água e solutos no solo para pequenos e grandes agricultores (VIA, 2023). De acordo com o projecto Farmer-led Smallholder Irrigation in Mozambique (FASIMO, 2021), de entre estes instrumentos, consta o condutivímetro portátil que, através de interpretação de números (quantitativa) e de cores (qualitativa), determina o nível de salinidade, onde, a partir da zona de transição do laranja para vermelho, constitui a zona de salinidade elevada, tal como ilustra a Figura 2.13.



**Figura 2.13.** Leitura da salinidade da água do rio Limpopo com o condutivímetro portátil da VIA.

Foto do autor.

O método de análise de salinidade no solo ( $CE_{e,1:5}$ ), apesar de ser rápido, apresentar um resultado directo da salinidade e ser de baixo custo e viável, a sua utilização, tanto no campo, quanto no laboratório, exige uma maior proporção de água na preparação da suspensão 1:5

(solo e água), o que o torna pouco representativo para a salinidade da água e do solo experimentada pelas plantas (Hardie & Doyle, 2018).

Portanto, sendo o impacto da salinidade associado ao potencial hídrico, Hossain *et al.* (2020) aponta os rácios de solo e água (1:2,5 e 1:1) como os adequados para a análise do impacto da salinidade nas culturas, pois, com base nos resultados por si obtidos, o aumento da salinidade foi directamente associado com a redução humidade do solo, tendo classificado a salinidade em seis classes por textura do solo (Tabela 2.1) (Rodriguez & Dufour, 2020).

**Tabela 2.1.** Classes de salinidade por textura do extracto do solo saturado na razão de 1:5.

Condutividade eléctrica (dS m <sup>-1</sup> ) (CE <sub>e, 1:5</sub> ) por textura do solo				
Classe de salinidade	Todos solos	Arenosos	Limosos	Argilosos
Não salinos	0 – 2	0 – 0,14	0 – 0,18	0 – 0,25
Baixa	2 – 4	0,15 – 0,28	0,19 – 0,36	0,26 – 0,50
Moderada	4 – 8	0,29 – 0,57	0,37 – 0,72	0,51 – 1,00
Alta	8 – 16	0,58 – 1,14	0,73 – 1,45	1,01 – 2,00
Severa	16 – 32	1,15 – 2,28	1,46 – 2,90	2,01 – 4,00
Extrema	> 32	> 2,28	> 2,90	> 4,00

Fontes: adaptado de Hardie & Doyle (2018) e Rodriguez & Dufour (2020).

Para a água de rega, a salinidade pode ser classificada em quatro classes, dependendo da sua condutividade, tal como ilustra a Tabela 2.2 (Rodriguez & Dufour, 2020).

**Tabela 2.2.** Classes de qualidade de água de irrigação e sua condutividade eléctrica

Qualidade de água para a irrigação	Condutividade eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )
Excelente	0,00 – 0,80
Boa	0,80 – 2,50
Salina	2,50 – 5,00
Extremamente salina	> 5,00

Fonte: (Rodriguez & Dufour, 2020).

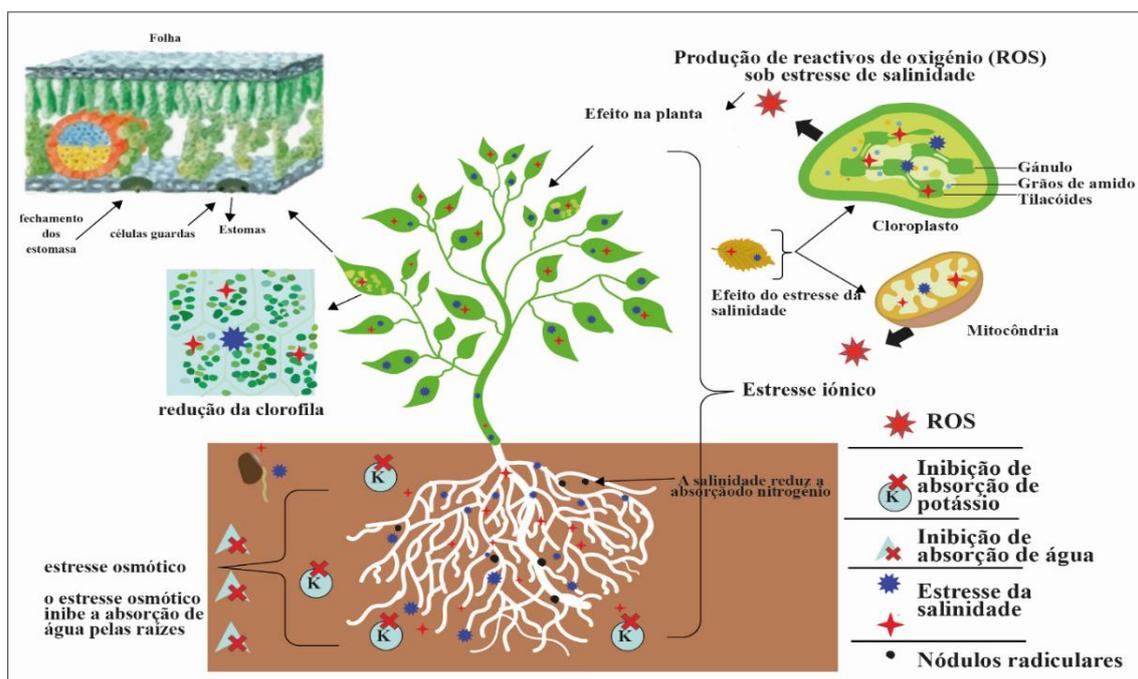
Neste estudo, como forma de avaliar a sensibilidade de diferentes culturas agrícolas à salinidade, será utilizado o método de saturação do extracto do solo num rácio de solo e água de 1:2,5, e no caso da água, será feita a medição directa da condutividade eléctrica.

#### 2.1.4. Impactos da salinidade nas culturas

A salinidade possui efeitos fisiológicos e morfológicos sobre as plantas (Herrmann, 2019). Nos efeitos fisiológicos, destaca-se a redução do potencial osmótico da planta perante a solução do solo, toxicidade para as plantas e redução do balanço de nutrientes disponíveis (Evelin *et al.*,

2009; FAO, 2021). Os efeitos morfológicos incluem a redução do crescimento vegetativo, a redução da área foliar, germinação irregular ou inexistente de sementes, queimadura de folhas, redução do vigor das plantas, crescimento natural de plantas holófitas, entre outros (Stavi *et al.*, 2021).

Numa perspectiva mais micro, altos níveis de salinidade no solo afectam todos os processos principais das plantas, que incluem fotossíntese, síntese proteica e metabolismo energético e lipídico (Abdul Qados, 2011), com impactos que se reflectem na redução do crescimento vegetativo e reprodutivo e, consequentemente, redução da produtividade da cultura, tal como ilustra a Figura 2.14 (Rao *et al.*, 2019).



**Figura 2.14.** Efeito da salinidade no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Fonte: (Rao *et al.*, 2019).

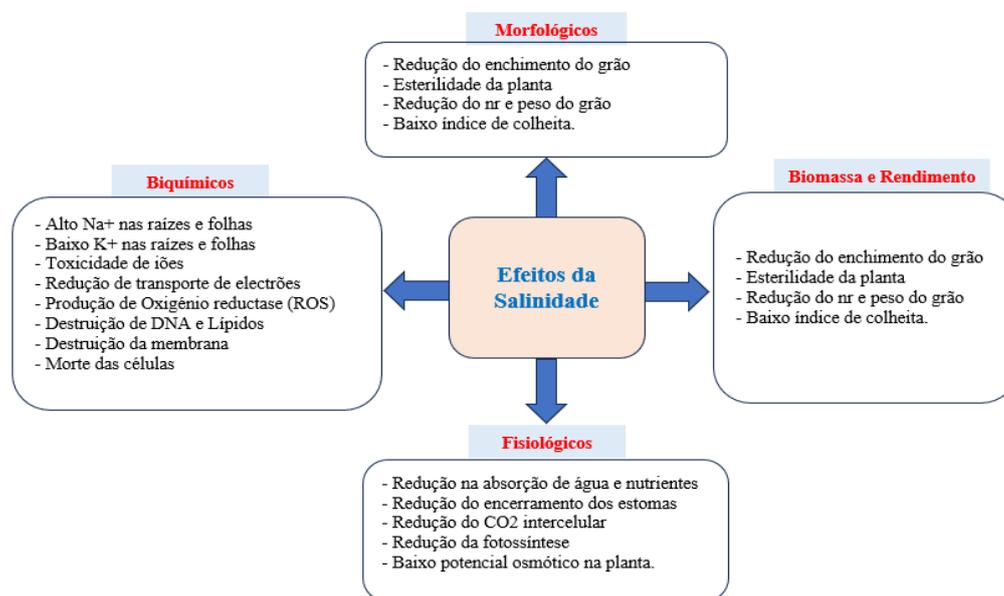
Numa primeira etapa de presença da salinidade, ocorre o efeito osmótico, ou seja, alta concentração de sal na solução do solo faz com que a pressão osmótica do solo aumente, exercendo, portanto, pressão sobre a planta e reduzindo a capacidade de absorção hídrica da planta (Evelin *et al.*, 2009; Herrmann, 2019), fazendo com que a planta perca água e apresente mudanças fisiológicas semelhantes àsquelas do estresse hídrico, dado o fecho dos estomas e aumento da temperatura foliar (Munns & Tester, 2008).

Após o efeito osmótico, a segunda etapa é caracterizada pela acumulação de iões tóxicos (sódio e cloreto) em altas concentrações na parte aérea da planta, facto que está associado à proporção

de outros iões nestas regiões da planta, causando a redução do crescimento e consequente senescência precoce das folhas (Munns & Tester, 2008).

De modo geral, a salinidade resulta num desequilíbrio de nutrientes no solo, na absorção competitiva dos nutrientes pelas plantas, transporte e partição de elementos nutrientes específicos e, consequentemente, na redução do crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas (Munns & Tester, 2008).

Estes efeitos da salinidade, traduzem-se em consequências fisiológicas (que afectam os processos fisiológicos), morfológicas (afectam o crescimento e desenvolvimento), bioquímicas e redução na biomassa e rendimento das culturas (Figura 2.15) (Alkharabsheh *et al.*, 2021).



**Figura 2.15.** Efeitos morfo-fisiológicos da salinidade nas plantas

Fonte: Figura adaptada de Alkharabsheh *et al.* (2021).

### 2.1.5. Métodos de adaptação e mitigação da intrusão salina (salinidade)

A definição de adaptação depende do contexto, isto é, em sistemas humanos, corresponde ao processo de ajustamento do sistema ao clima actual ou esperado e seus efeitos, de modo a reduzir os danos e a beneficiar das oportunidades. Por outro lado, nos sistemas naturais, o ajustamento a essas condições, depende da intervenção humana (IPCC, 2022).

As opções de adaptação consistem num conjunto de medidas existentes num sistema e que são apropriadas para fazer face aos impactos de um fenómeno externo, sejam elas opções estruturais, institucionais, ecológicas e/ou comportamentais (IPCC, 2022).

Face à salinidade, várias estratégias locais, assim como globais, têm sido aplicadas com vista a reduzir o seu impacto na actividade agrícola, incluindo a adopção de boas práticas agrícolas que reduzam a acumulação de sais na zona radicular das culturas em produção. Estas são agrupadas em medidas físicas ou infra-estruturais, hidrológicas, biológicas e químicas (Figura 2.16) (Shahid, 2013).



**Figura 2.16.** Sumário de medidas de adaptação e mitigação da intrusão salina e salinidade na agricultura.

Adaptado de Shahid (2013).

Em vários países, têm sido utilizadas diferentes medidas face à salinidade, tal como é o caso da lixiviação dos sais, tipo de rega, melhoramento da estrutura do solo, fitoremediação, cultivo de culturas tolerantes à salinidade (Machado & Serralheiro, 2017).

### 2.1.5.1. Lixiviação dos sais em excesso no solo

Na agricultura, a lixiviação é um movimento vertical de iões solúveis na água, da zona radicular das plantas para zonas além da zona radicular. Este processo é proporcional à concentração dos iões e à quantidade de água existentes na solução do solo (Rashmi *et al.*, 2017). Este processo é amplamente utilizado, sendo os sistemas de drenagem os mais utilizados (Shahid *et al.*, 2018).

No entanto, esta lixiviação deve ser feita por excesso de irrigação utilizando água com baixo nível de sais, associada à elevada profundidade do sistema de drenagem, com vista a reduzir a

probabilidade de ascensão capilar destes sais (Cuevas *et al.*, 2019). O volume de água necessário para a lixiviação do excesso de sais na zona radicular é função da necessidade de lixiviação (LR), que é estimada através da Equação 2.1 baseada na condutividade eléctrica da água de rega ( $EC_w$ ) e condutividade eléctrica do solo tolerada pela cultura produzida, medida através do método de pasta saturada ( $EC_e$ ) (Rai *et al.*, 2017).

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \quad (2.1)$$

Com base na LR e necessidades líquidas da cultura ( $ET_c$  ou  $I_n$ ), determina-se a necessidade bruta de irrigação (considerando a necessidade de lavagem de sais - LR) e eficiência do sistema de irrigação ( $E_p$ ), tal como ilustra a Equação 2.2 (Allen *et al.*, 2006).

$$I_{g(mm)} = \frac{I_{n(mm)}}{(1 - LR) * E_p} \quad (2.2)$$

Onde  $I_g$  – necessidades brutas de rega;  $I_n$  – necessidades líquidas de rega;  $E_p$  – eficiência de projecto de rega.

Além de irrigação em excesso para garantir a lixiviação dos sais, no solos hidromórficos (tipo *machongos*), onde se utiliza água do lençol freático para a produção agrícola, é indispensável a drenagem, que visa a garantir tanto a lavagem de sais como reduzir a humidade na zona radicular (Mahmoud *et al.*, 2021).

O estudo realizado por Qin *et al.* (2021) constatou um efeito positivo da lixiviação do solo na redução da toxicidade do Zinco no solo. Resultados similares da lixiviação no controlo da salinidade do solo foram reportados por Jalali (2011) e Rhoades (2016)).

Entretanto, apesar da sua eficácia na redução da salinidade no solo, quando aplicada excessivamente, a lixiviação pode resultar na degradação do solo reflectida na intensificação da salinidade do solo devido à baixa humidade na superfície associada à elevada evapotranspiração (Nachshon & Levy, 2022), acidificação dos solos, contaminação da água subterrânea, redução da fertilidade do solo, aceleração da erosão devido à redução do crescimento de plantas causada pela baixa fertilidade do solo (Jalali & Merrikhpour, 2008), sendo a sua efectividade, também dependente do tipo de rega (Siebert *et al.*, 2005).

A zona de acumulação dos sais no solo, principalmente na agricultura irrigada, é altamente influenciada pelo tipo de rega utilizado pelo produtor. Dos tipos de rega mais comuns, destaca-se a rega por aspersão, superficial, gota-a-gota, inundação, e a escolha do tipo de rega, pode alterar o balanço dos sais no solo, acelerando a sua acumulação na zona superficial (Shahid, 2013), sendo dentre estes, a rega gota-a-gota, a que possui eficiência de rega de até 90%,

seguida pela rega por aspersão (60%), superficial (sulcos) com 40 a 50% e bacias de inundação (40%) (Oliveira *et al.*, 2015).

A rega por aspersão é eficaz na gestão dos sais, pois garante a aplicação de água em volumes abaixo da capacidade de infiltração do solo, facto que permite o fluxo dos sais solúveis para além da zona radicular (Chu *et al.*, 2020). Na rega superficial por sua vez, a acumulação de sais varia amplamente desde a base até ao topo das cristas e, com base nos padrões da distribuição da salinidade ao longo dos sulcos, define-se o local exacto para a sementeira da cultura (Shahid, 2013), entretanto, é um método desvantajoso devido à falta de selectividade dos nutrientes essenciais para as culturas (Herrmann, 2019).

Na rega por inundação, dada a aplicação uniforme de uma lâmina de água, os sais são lixiviados para camadas profundas, sendo também por esta razão que a cultura de arroz é menos vulnerável à salinidade quando produzida em condições de inundação (Shahid, 2013).

No que se refere à rega gota-a-gota, os sais não são lixiviados para elevadas profundidades, o que pode, com o tempo, causar a ascensão capilar destes, assim como pode constituir um risco para a planta se a sementeira não for feita próximo ao gotejador (Hanson & May, 2011). Adicionalmente, durante uma precipitação de baixa intensidade, a rega não pode ser interrompida, para evitar que os sais se movimentem por osmose das linhas de gotejadores em direcção à zona radicular das plantas (Zaman *et al.*, 2018).

#### **2.1.5.2. Melhoramento da estrutura do solo**

Vários métodos têm sido aplicados para reduzir o impacto da salinidade sobre as culturas e, um deles, é o melhoramento da estrutura do solo, através da aplicação de material orgânico (animal ou vegetal), o cultivo mínimo, sistemas de plantio directo, *mulching* baseado em resíduos de culturas (Stavi, 2020).

A aplicação de material orgânico no solo, associada à lavoura convencional, melhora a aeração do solo, assim como a sua permeabilidade e condutividade hidráulica, aumentando a capacidade de lixiviação dos sais existentes na zona radicular (Diacono & Montemurro, 2015). Além disso, acelera a actividade microbiana e enzimática no solo, garantindo a disponibilidade de nutrientes e melhorando a estrutura do solo e a actividade de hormonas que regulam a germinação e crescimento das culturas (Diacono & Montemurro, 2015).

Adicionalmente, a cobertura vegetal do solo reduz a evaporação do solo que garante a manutenção da humidade e da temperatura na zona radicular, facto que reduz a acumulação de

sais na zona radicular (Bezborodov *et al.*, 2010). Além disso, pesquisas em vários países, têm recomendado a correção dos solos como uma estratégia de melhoria da estrutura do solo. Esta medida utiliza maioritariamente produtos orgânicos (compostagem, biofertilizantes, pesticidas botânicos, biochar, rizobactérias, etc.) (Hoque *et al.*, 2022).

Estes métodos são amplamente reconhecidos e utilizados devido à sua capacidade de redução do efeito da salinidade nas plantas, mas também, de melhoramento das propriedades físicas e químicas do solo, e aumento da produtividade agrícola das culturas (Bhowmik *et al.*, 2021).

Um estudo realizado por Alamer *et al.* (2022), avaliando o efeito da compostagem e extractos de sorgo na mitigação dos efeitos da salinidade na cultura de milho, constatou aumento de tolerância à salinidade sob aplicação da compostagem e a melhoria das características morfológicas da cultura, conteúdo de clorofila, actividades das enzimas antioxidantes, rácio  $K^+Na^+$  nas folhas e raízes, e o conteúdo do  $K^+$ .

No mesmo âmbito, vários estudos, tal como o de Bello *et al.* (2021); Imran *et al.* (2022); e Khalilzadeh *et al.* (2018), observaram efeito positivo da aplicação de biofertilizantes e biochar na redução dos efeitos da salinidade sobre as culturas, resultados explicados pelo melhoramento das actividades enzimáticas de antioxidantes, redução de danos oxidativos.

Além dos compostos orgânicos, a inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento (PGPR), por sua vez, acelera a actividade microbiana no solo e contribui para o aumento da produção da biomassa (Hoque *et al.*, 2022). Adicionalmente, estes métodos garantem maior tolerância à salinidade, através da regulação da homeostase iónica, processo através do qual, a planta garante o equilíbrio entre os nutrientes essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento (Guo *et al.*, 2020; Gupta & Huang, 2014).

### **2.1.5.3. Fitoremediação**

A fitoremediação é uma medida biológica baseada no uso de plantas para melhorar solos degradados, no caso específico, salinos, isto é, uso de plantas tolerantes à salinidade e/ou que podem contribuir para a redução dos níveis de sais no solo (Imadi *et al.*, 2016).

A fitoremediação é uma prática biológica que, além da recuperação do solo sem incremento de químicos, garante a captura e armazenamento do dióxido de carbono através da prática de reflorestamento, fornecimento de pasto e forragem através de sistemas silvo-pastorais, entre outros serviços ecossistémicos para as populações (Herrmann, 2019; Stavi *et al.*, 2021).

São utilizadas espécies florestais, fruteiras, forrageiras, culturas agrícolas tolerantes à salinidade, com efeitos distintos na remediação da salinidade no solo, que podem ser agrupadas nas seguintes estratégias: fitoestabilização, fitoextração, fitovolatilização e fitofiltração (Yan *et al.*, 2020).

#### 2.1.5.4. Cultivo de culturas tolerantes à salinidade

A salinidade reduz a produtividade da maior parte de culturas agrícolas, principalmente as que possuem tolerância até 2,5 dS m<sup>-1</sup> por extracto de solo saturado (Machado & Serralheiro, 2017). Esta tolerância é determinada por factores, como o tipo de cultura, variedade da cultura, concentração e tipo do sal (Vos *et al.*, 2016), factores climáticos, práticas agrícolas, gestão do solo, manejo de rega, composição do sal (Atkinson & Urwin, 2012).

Face à salinidade, as culturas ajustam a pressão osmótica ao meio salino em que se encontram, excluem iões de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas folhas e acumulam solutos orgânicos, e, por outro lado, acumulam solutos suficientes (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) para criar equilíbrio entre o meio interno da planta e o solo (tolerância tecidual) (Munns & Gilliam, 2015). Na Tabela 2.3 apresenta-se a lista de culturas, seus limites de salinidade, percentagem de perda e sensibilidade à salinidade.

**Tabela 2.3.** Tolerância à salinidade das culturas principais produzidas no Vale do Limpopo.

Cultura	Limite da CE <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	P.Rend* (%)	Sensibilidade
Milho ( <i>Zea mays</i> )	1,7	12	MS
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )	3	12	MS
Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	1,7	5,9	MS
Couve ( <i>Brassica oleracea</i> )	1,0 – 1,8	9,8 – 14	MS
Repolho ( <i>Brassica oleracea capitata</i> )	1,0 – 1,8	9,7	MS
Cenoura ( <i>Daucus carota</i> )	1,0	14	S
Alface ( <i>Latuca sativa</i> )	1,3 – 1,7	12	MS
Cebola ( <i>Allium cepa</i> )	1,2	16	S
Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	0,9 – 2,5	9	MS
Batata-rena ( <i>Solanum tuberosum</i> )	1,7	12	MS
Batata-doce ( <i>Ipomea batatas</i> )	1,5 – 2,5	10	MS
Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> )	4	9	MT
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )	1,1 – 2,5	7 – 13	MS
Abóbora ( <i>Cucurbita spp</i> )	1,2	13	MS
Abobrinha ( <i>Cucurbita pepo melopepo</i> )	4,7	10	MT
Feijão vulgar ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	1,0	19	S
Feijão nhemba ( <i>Vigna unguiculata</i> )	4,9	12	MT

Fontes: (Allen *et al.*, 1998; Grieve *et al.*, 2012).

Nota: (\*) – Percentagem de redução de rendimento por acréscimo de uma unidade da CEE; MS – moderadamente sensível; S – sensível; e MT – moderadamente tolerante; T – tolerante; CEE – condutividade eléctrica do extracto solo em decisiemens por metro (dS m<sup>-1</sup>).

De modo geral, as espécies tolerantes à salinidade possuem elevada concentração de iões de sódio e cloro nas folhas relativamente ao meio externo (Shabala, 2013), enquanto que as espécies sensíveis possuem baixa concentração de sódio quando comparadas com o meio externo, tornando-se, portanto, altamente dependentes da exclusão de iões como seu mecanismo de adaptação à salinidade (Munns & Gilliam, 2015).

Além dos limites da salinidade do solo, Nhung *et al.* (2019) apresenta os limites da salinidade de água e o respectivo rendimento esperado para cada cultura (Tabela 2.8). Entretanto, estes limites de salinidade não consideram as variedades de cada espécie, aspecto que ainda constitui uma lacuna neste âmbito (Grieve *et al.*, 2012).

**Tabela 2.4.** Tolerância da cultura à salinidade do solo e água, e o respectivo rendimento esperado.

Nome da Cultura	Rendimento									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw
Milho ( <i>Zea mays</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,6
Feijão vulgar ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Feijão nhemba ( <i>Vigna unguiculata</i> )	4,9	3,3	5,7	3,8	7,0	4,7	9,1	6,0	13	8,8
Amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> )	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3	6,6	4,4
Repolho ( <i>Brassica oleracea capitata</i> )	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12	8,1
Cenoura ( <i>Daucus carota</i> )	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,0	8,1	5,4
Alface ( <i>Lactuca sativa</i> )	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9,0	6,0
Cebola ( <i>Allium cepa</i> )	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5,0
Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> )	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13	8,4
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Batata ( <i>Solanum tuberosum</i> )	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Batata-doce ( <i>Ipomea batatas</i> )	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	11	7,1
Abobrinha ( <i>Cucurbita pepo melopepo</i> )	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10	6,7	15	10
Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> )	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	2,4	6,4	15	10
Laranja ( <i>Citrus sinensis</i> )	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4,0	10	6,8	19	12

Fonte: (Nhung *et al.*, 2019).

### 2.1.5.5. Infra-estruturas de gestão da intrusão salina

Sendo a intrusão salina nos estuários influenciada, em grande parte, pela redução da descarga do rio, amplitude da maré, aumento do nível do mar e características da foz (largura e

profundidade), a gestão da descarga do rio constitui uma das principais estratégias para a redução do avanço da intrusão salina (Savenije, 2012).

Neste contexto, têm sido amplamente recomendadas em vários países estratégias centradas na gestão das descargas dos rios, tais como a construção de reservatórios de água (barragens), construção de açudes, diques de protecção. Entretanto, o alto custo destas infra-estruturas tem a sua concretização, principalmente nos países em desenvolvimento (Cotta & Jesus, 2021).

Experiências do Brasil, especificamente na bacia hidrográfica do Rio São Mateus (RSM), mediante o avanço da intrusão salina no período de reduzido escoamento do rio, foi proposto, por Cotta & Jesus (2021), a construção de reservatórios (barragens) a montante da foz, de modo a garantir o armazenamento da água durante a época chuvosa e manter o escoamento ecológico necessário para empurrar a água salgada.

No mesmo âmbito, Da Silva & Haie (2000), num estudo realizado em Portugal, recomendaram a construção de captações de água doce a descarregar no mar, de modo a reduzir a sobre-exploração dos recursos hídricos, na época de reduzido escoamento fluvial.

Estes reservatórios, além de garantir o controlo da intrusão salina, poderiam oferecer abastecimento de água para o consumo doméstico, para a irrigação, pecuária, melhorando, assim, as condições socioeconómicas das comunidades, tal como é o caso das barragem de Massingir, construída na província de Gaza (Abrams *et al.*, 2007).

Entretanto, de acordo com a Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH, 2007), no caso de Moçambique, várias infra-estruturas de gestão de recursos hídricos (caso das barragens) são vulneráveis a diferentes eventos climáticos extremos, dada a localização geográfica do país, acrescida pelo défice das infra-estruturas e fraca capacidade de manutenção das existentes (DNGRH, 2023).

Este cenário é observado em algumas infra-estruturas de gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Limpopo, especificamente nos postos de Zongoene e Chilaulene, onde os diques de protecção das áreas agrícolas localizadas ao longo do canal de irrigação Angluzane (afluente do rio Limpopo) e rio Lumane, encontram-se danificados, possibilitando, por isso, a intrusão salina nos canais de irrigação (Figura 2.17) (Lasse, 2023a).



**Figura 2.17.** Dique de protecção à intrusão salina no canal de Angluzane, distrito de Xai-Xai.

Foto do autor.

Devido a esta vulnerabilidade, para garantir a protecção da zona costeira da intrusão salina, assim como das actividades de subsistências das famílias que têm os recursos costeiros como sua principal fonte de subsistência, são indispensáveis infra-estruturas de contenção da intrusão salina, porém, devem ser estabelecidas com o envolvimento da população local, de modo a garantir o funcionamento efectivo e reduzir potenciais impactos negativos sobre a sua subsistência (Lasse, 2023a).

## **2.2. Vulnerabilidade no contexto**

Vulnerabilidade é descrita como sendo o estado de um sistema caracterizado pela fraca capacidade de antecipar, reagir, lidar, assim como recuperar após sofrer um impacto oriundo de perigos naturais, processos ou elementos externos (Wisner *et al.*, 2014). Adicionalmente, este autor afirma que a vulnerabilidade envolve a combinação de factores que determinam o grau de exposição do sistema a um risco na natureza ou sociedade.

Segundo Proag (2014), a vulnerabilidade é o grau em que um sistema ou uma parte dele não consegue reagir de várias formas durante a ocorrência de um perigo, ou seja, corresponde a uma medida de risco associado aos aspectos físicos e socioeconómicos, assim como às implicações resultantes da capacidade adaptativa do sistema.

No contexto de gestão de risco de desastres, a vulnerabilidade é a incapacidade de um sistema responder à ocorrência de um certo perigo, relacionada com as características sociais do

elemento exposto ao risco numa área geográfica definida (Davis-Reddy & Vincent, 2017). Por outro lado, o Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC, 2012), além de considerar as componentes de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, formula o conceito da vulnerabilidade às mudanças climáticas, considerado como sendo o grau em que um sistema é susceptível e incapaz de lidar com efeitos das mudanças climáticas, incluindo variabilidade climática e eventos climáticos extremos.

Reconhecendo o impacto global das mudanças climáticas, vários estudos têm sido conduzidos em vários sectores para a avaliação da vulnerabilidade, como é o caso de estudos no sector da saúde (Ebi *et al.*, 2006; Hansen & Hoffman, 2011; Kovats *et al.*, 2003), agrícola (Eddoughri *et al.*, 2022; Fischer *et al.*, 2002; Harvey *et al.*, 2014; Ho *et al.*, 2022; Hoque *et al.*, 2019; Parker *et al.*, 2019); que, por sua vez, possuem várias formas de definir, medir e avaliar a vulnerabilidade, de acordo com o objectivo da sua pesquisa (Paul, 2014; Wisner, 2016).

No contexto das mudanças climáticas, a vulnerabilidade é definida como o impacto causado pela ocorrência de eventos climáticos num sistema (Brooks, 2003), enquanto, no contexto social, envolve a componente de susceptibilidade e resiliência dos elementos expostos aos perigos, distinguindo, desta forma, a vulnerabilidade biofísica e social (Turner *et al.*, 2003).

A vulnerabilidade é centrada no impacto dos perigos naturais, sendo apresentada em termos de perdas quantitativas, desde monetárias, perdas humanas, custos de produção, ecossistema, etc., e, por outro lado, factores sociais, tais como a pobreza, desigualdades, saúde, acesso a recursos, bem-estar social, como elementos considerados determinantes da vulnerabilidade a vários perigos, incluindo os climáticos (Bohle, 2007; Brooks, 2003).

### **2.3. Vulnerabilidade agrícola à intrusão salina**

#### **2.3.1. Aspectos gerais**

A vulnerabilidade da agricultura à intrusão salina é descrita como sendo a incapacidade dos sistemas agrícolas para prever, reagir e fazer face à ocorrência da salinidade oriunda do avanço da intrusão salina (Binh, 2015).

Dada a ocorrência frequente de eventos climáticos extremos de alta magnitude, induzidos pelas mudanças climáticas, são indispensáveis medidas de adaptação e, para a sua efectividade, recorre-se à análise de vulnerabilidade, através da qual são identificados aspectos relacionados ao grupo-alvo: a exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa aos diferentes perigos ambientais, sociais, económicos, políticos, etc. (Harvey *et al.*, 2014; Hoque *et al.*, 2019).

Nas últimas décadas, vários métodos têm sido aplicados na análise de vulnerabilidade de um determinado sistema a um específico ou múltiplos perigos, com destaque para a vulnerabilidade aos perigos naturais, insegurança alimentar, pobreza, meios de subsistência, etc. (Paul, 2014), e estes métodos são agrupados em qualitativos e quantitativos (Binh, 2015; Birkmann, 2013).

### **2.3.2. Análise qualitativa**

O método qualitativo capta a vulnerabilidade específica das pessoas, as percepções locais sobre os riscos e a respectiva capacidade de resposta dos diferentes grupos sociais. Este método, apesar da sua potencialidade na análise da vulnerabilidade até o nível micro, tem limitações pelo facto de os seus resultados serem de difícil comparação entre diferentes regiões em diferentes períodos, assim como, pelo facto de as pessoas se limitarem a falar dos seus assuntos pessoais e das fragilidades de governança em que se encontram inseridas (Birkmann, 2006).

Portanto, no contexto das mudanças climáticas, na gestão de risco de desastres, como o caso da intrusão salina, é indispensável o uso de um método integrado, combinando métodos quantitativos, semi-quantitativos e qualitativos, com vista a garantir a triangulação de informação (Birkmann, 2006).

Assim, para uma maior efectividade, o método qualitativo tem que ser complementado com informação obtida das comunidades e outros actores envolvidos, assim como da profundidade de preparação, atitude e habilidades dos facilitadores (Binh, 2015), sendo, por isso, designado de método participativo de análise de vulnerabilidade (PVA), identificação das causas, magnitude e dos grupos altamente vulneráveis (Chiwaka & Yates, 2005).

O método PVA utiliza ferramentas, como o perfil histórico, calendário sazonal, mapa de vulnerabilidade, análise dos meios de subsistência, plano de acção e cenários comunitários (Binh, 2015), e é similar à ferramenta qualitativa desenvolvida pela Care (2019) para a análise da vulnerabilidade e capacidades adaptativas, utilizada em Moçambique para a elaboração dos planos locais de adaptação às mudanças climáticas.

Com base nesta avaliação, elabora-se um quadro de teoria de mudança e plano de acção para fazer face aos principais desafios mapeados. O quadro de mudança apresenta a visão de um desenvolvimento sustentável face às mudanças climáticas e seus efeitos, define estratégias, assim como actividades e indicadores, para o alcance da visão (MICOA, 2014). A seguir, apresentam-se as ferramentas utilizadas para a avaliação da vulnerabilidade e capacidades adaptativas (CVCA) (MICOA, 2014).

### 2.3.2.1. Matriz de vulnerabilidade e Capacidade Adaptativa (CVCA)

A CVCA é uma ferramenta aplicada ao grupo-alvo, em grupos focais estratificados (dependendo da informação a recolher), e visa a identificar as principais actividades de subsistência praticadas localmente, assim como as principais ameaças ou eventos que colocam em risco cada actividade de subsistência. Para cada ameaça, descreve-se o seu impacto, medindo numa escala de 0 a 3, sendo 0 – Sem impacto; 1 – Baixo; 2 – Moderado e 3 – Alto; e, por fim, faz-se o somatório da pontuação de cada ameaça (MICOA, 2014).

Para a identificação das capacidades adaptativas, discute-se ainda, em grupo, as medidas adoptadas para cada ameaça, suas limitações, assim como as acções necessárias para fortalecer a resposta considerando a sua viabilidade técnica, ambiental e financeira (MICOA, 2014).

### 2.3.2.2. Perfil histórico

O perfil histórico é uma ferramenta complementar à CVCA e permite a obtenção de informação sobre os eventos históricos ocorridos na comunidade, seus impactos, assim como a frequência e intensidade ao longo do tempo (MICOA, 2014). É uma ferramenta com o objectivo de aprender com as comunidades sobre os eventos passados considerados importantes, desafios actuais no contexto de educação, saúde, segurança alimentar, relações de género, condições socioeconómicas (Sontakki *et al.*, 2019). A sua representação pode ser em forma de diagrama ou tabela, adoptando um ano de referência, tal como descreve o exemplo na Tabela 2.5 (MICOA, 2014).

**Tabela 2.5.** Ilustração de perfil histórico de uma comunidade.

Ano de referência	Acontecimento	Impacto
1992	Acordo Geral de Paz	Fim da guerra civil
1994	Primeiras eleições gerais	Escolha de um governo democraticamente eleito
2000 e 2001	Cheias e ciclone Hudah	Morte de pessoas, destruição das infra-estruturas e serviços sociais básicos, perda de culturas agrícolas

Fonte: (MICOA, 2014).

### 2.3.2.3. Calendário sazonal

O calendário sazonal, também designado por diagrama sazonal ou de actividades sazonais, consiste num método clássico da análise participativa, utilizado para análises temporárias versus ciclos anuais de um evento ou actividade. Reflecte a percepção das comunidades sobre a sazonalidade das suas actividades vs. eventos (Sontakki *et al.*, 2019).

A sua utilização permite aos tomadores de decisão elaborar planos de acção sazonais, mediante as actividades realizadas localmente tendo em conta os potenciais eventos e o seu período de ocorrência durante o ano (Sontakki *et al.*, 2019).

O calendário é elaborado com base em informação recolhida sobre a ocorrência inter-anual dos eventos, identificando os meses de ocorrência, incluindo os meses de maior severidade. A sua representação é feita em forma de tabela, onde se colocam, na vertical, todas as actividades de subsistências realizadas na comunidade, e, na horizontal, colocam-se os meses do ano. De seguida, durante a conversa, preenche-se o mês em que cada actividade é realizada, assim como o mês de ocorrência do evento e o respectivo peso ou impacto (Tabela 2.6) (MICOA, 2014).

**Tabela 2.6.** Ilustração de um calendário sazonal de actividades de subsistência e respectivas ameaças.

Meses	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Actividades												
Agricultura		Colheita da 1ª época					Colheita de mandioca		Preparação do campo	Sementeira		
Pesca			Pesca									
Pecuária					Procura de pasto							
Comércio												
Exploração florestal												
Ameaças/Eventos												
Seca												
Cheias												
Ciclones												
Pragas e doenças agrícolas												

Fonte: (Nhachungue *et al.*, 2022).

#### 2.3.2.4. Transectos e Mapa de recursos e riscos

Os transectos ao longo da área de estudo, explorando diferentes dimensões espaciais e a realidade local, através de uma representação transversal das zonas agrárias, incluindo a topografia, tipo de solo e sua fertilidade, vegetação, culturas produzidas, áreas residenciais, lagos, poços, florestas, terra arável, etc., assim como identificando os principais desafios e oportunidades existentes (Sontakki *et al.*, 2019).

Esta ferramenta, além de apresentar uma vista transversal de diferentes zonas agro-ecológicas, fornece uma avaliação comparativa entre as zonas utilizando diferentes parâmetros e,

geralmente, é elaborada após o mapeamento de recursos, pois este auxilia na triangulação e validação do resultado (Tabela 2.7) (Sontakki *et al.*, 2019).

**Tabela 2.7.** Ilustração de realização de transectos numa comunidade.

	Terras altas	Terras médias	Estrada	Vilas	Terras baixas	Curso de água	Tanque piscícola
Tipo de solo	Cova Cascalho	Limoso Cascalho Argiloso			Argiloso	Argiloso Arenoso	
Água	Chuva	Chuva			Chuva		Fluxo de água
Culturas	Mandioca Milho	Mandioca Milho Inhame		Plantações Banana Pimento Beringela Quiabo	Mandioca Milho Inhame		
Hortícolas		Tomate					
Árvores	Leucaena			Mangueira Citrinos			
Animais				Ovelhas Cabritos Galinhas			

Fonte: Adaptado de Sontakki *et al.* (2019).

Por outro lado, o mapa de recursos permite mapear os recursos importantes existentes na comunidade, desde os recursos naturais, infra-estruturas, monumentos, incluindo a sua localização e exposição aos diversos riscos identificados na comunidade (MICOA, 2014).

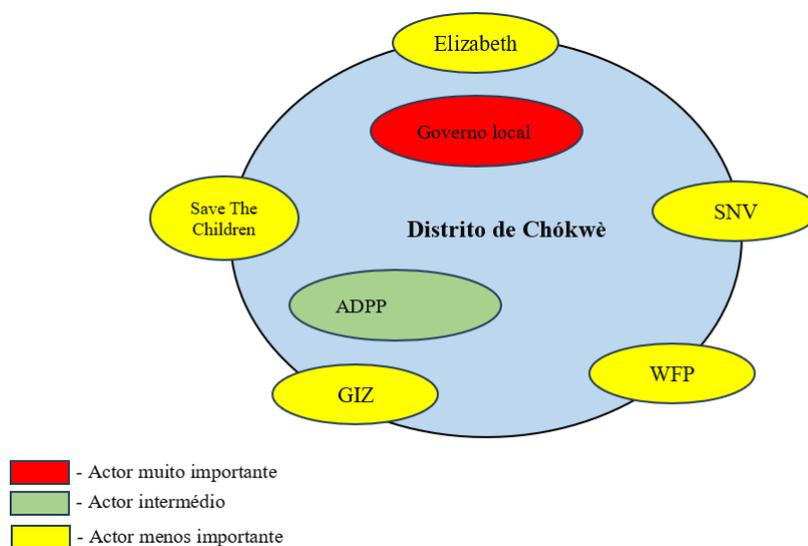
### 2.3.2.5. Análise institucional ou Diagrama de Venn

A análise institucional realiza-se com base em informação sobre os diferentes actores que operam na comunidade, a respectiva área de actuação e sua abrangência (MICOA, 2014). É uma das ferramentas importantes da avaliação participativa rural (PRA) para o estudo das relações institucionais nas comunidades (Sontakki *et al.*, 2019).

Neste método, são utilizados círculos para representar instituições ou indivíduos, onde o círculo maior representa a instituição ou indivíduo mais importante, a distância entre os círculos, representa o grau de influência e/ou a relação entre as instituições, e os círculos sobrepostos representam a interação entre as instituições e o respectivo nível (Sontakki *et al.*, 2019).

Para a recolha de dados para esta análise, primeiro, desenha-se um círculo grande, que representa a área de estudo, e, de seguida, representa-se dentro do círculo todos actores importantes dentro da área de estudo e arredores em três tamanhos ou cores de círculos, o maior – actor mais relevante; médio – pouco relevante; e, menor – menos relevante. Além

destes, representam-se, fora do círculo da área de estudo, os actores importantes que trabalham nas áreas vizinhas, tal como ilustra a Figura 2.18 (MICOA, 2014).



**Figura 2.18.** Análise de instituições com acção no distrito de Chókwè.

Fonte: O Autor.

### 2.3.3. Análise quantitativa

Este método utiliza indicadores quantitativos para a análise da vulnerabilidade (Binh, 2015), constituindo um método sólido e fiável para avaliar a vulnerabilidade e resiliência numa primeira aproximação, pois os seus resultados podem ser usados para a identificação de sectores vulneráveis de um sistema num determinado período, e garante a priorização de medidas de adaptação orientadas ao reforço da resiliência (Moss *et al.*, 2001).

Existem várias ferramentas e técnicas para a avaliação da vulnerabilidade através deste método, como é o caso do modelo protótipo de indicador de resiliência-vulnerabilidade (VRIP). Este calcula o índice de vulnerabilidade de um sistema às mudanças climáticas a partir de indicadores de sensibilidade (assentamentos, segurança alimentar, saúde humana, etc.) e capacidade adaptativa (capacidade económica, recursos humanos e capacidade ambiental) num processo transparente de três níveis (Moss *et al.*, 2001).

Este método tem sido amplamente utilizado para a análise da vulnerabilidade desde o nível global ao local, envolvendo vários sectores. Cardona & Carreño (2011) apresenta um índice de quatro indicadores compostos, nomeadamente: défice de desastre, de desastre local, da vulnerabilidade prevalente e o de gestão do risco. Este índice composto reflecte a capacidade

organizacional e institucional de desenvolvimento de acções de redução da vulnerabilidade e preparação efectiva de gestão de desastres (Cardona & Carreño, 2011).

Por outro lado, Fleischhauer *et al.* (2005) apresenta um modelo de avaliação integrada de riscos múltiplos, dividido em quatro componentes, que incluem a vulnerabilidade, e esta é analisada através de uma abordagem quantitativa. Além deste modelo, Cutter *et al.* (2003) e Cutter & Finch (2008) apresentam o índice de vulnerabilidade social, uma medida quantitativa multidimensional da sensibilidade de uma população aos perigos naturais associados à sua capacidade de responder e recuperar dos impactos dos perigos.

No estudo conduzido por Hoque *et al.* (2019), onde se desenvolve um quadro de avaliação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas, utilizou-se a tipologia do IPCC (que descreve a vulnerabilidade climática como função da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa do sistema. No mesmo âmbito, Harvey *et al.* (2014) quantificou os agricultores afectados pelos riscos climáticos e não-climáticos e a respectiva capacidade adaptativa.

A mesma abordagem foi utilizada em Moçambique, no estuário do Limpopo por Matavel (2012), na análise da vulnerabilidade costeira do distrito de Zongoene às mudanças climáticas. E em várias pesquisas, tal como em Coulibaly *et al.* (2015) e Lavell *et al.* (2012); Mekonen & Berlie (2021); Ebi *et al.* (2006); Eddoughri *et al.* (2022), a vulnerabilidade é constituída por três elementos, a exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

### **2.3.3.1. Exposição**

A exposição correspondente à probabilidade de um sistema natural experimentar ou sofrer algum estresse ambiental, político ou social com uma dada frequência, magnitude e duração (Turner *et al.*, 2003), sendo maioritariamente relacionada aos eventos climáticos extremos e variabilidade climática (IPCC, 2022).

De acordo com Birkmann (2013), a exposição, geralmente, corresponde à extensão em que uma parte ou a totalidade do sistema em avaliação se encontra no alcance geográfico de um evento com capacidade de causar dano ou perda total. Refere-se à localização de pessoas, fontes de subsistência, serviços ecossistémicos, recursos ou infra-estruturas de valor local que podem ser afectados por riscos climáticos (IPCC, 2012). A inexistência destes elementos (pessoas, infra-estruturas socioeconómicas e culturais) num dado local de ocorrência de um perigo, a avaliação da susceptibilidade a este perigo é desnecessária (Birkmann, 2013).

Avaliando a vulnerabilidade dos agricultores à variabilidade climática e eventos extremos no Quênia, Ndung *et al.* (2021) utilizou, como indicadores de exposição, os eventos climáticos extremos (cheias, ciclones tropicais/ventos fortes), zoonoses, incêndios florestais, conflitos comunitários inter-fronteiriços e conflitos homem-vida selvagem.

No mesmo âmbito, Hoque *et al.* (2019), avaliando a vulnerabilidade climática da agricultura, considerou para a exposição, indicadores de variabilidade climática (temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação média), e de eventos climáticos extremos (cheias, ciclones, secas, erosão e intrusão salina).

No caso da intrusão salina, a exposição agrícola corresponde à localização das áreas agrícolas numa região com características salinas e/ou com potencial de ocorrência da salinidade, isto é, na proximidade de corpos de água salinos, regiões com descargas de água contaminada, etc. (Binh, 2015; Consultec, 2022).

### **2.3.3.2. Sensibilidade**

A sensibilidade corresponde ao grau em que um sistema pode ser afectado por um determinado perigo (Füssel, 2007), ou seja, é descrita pelas características que tornam um sistema vulnerável a uma ameaça (Binh, 2015).

A sensibilidade é geralmente medida através de indicadores do funcionamento do sistema e, no caso de agricultores, utilizam-se indicadores de subsistência, saúde, recursos naturais, pobreza e segurança alimentar (Adu *et al.*, 2018). Num estudo sobre a vulnerabilidade climática, Hahn *et al.* (2009) e Hoque *et al.* (2019) utilizaram, para a determinação do índice da sensibilidade, indicadores sociodemográficos, saúde, acesso a recursos de terra, acesso a serviços e tecnologia agrícolas e segurança alimentar.

### **2.3.3.3. Capacidade adaptativa**

É um indicador principal da resiliência por apresentar a habilidade de um sistema manter o seu funcionamento básico e/ou retornar ao funcionamento normal após ser afectado por uma determinada ameaça (Parker *et al.*, 2019). Depende, principalmente, da disponibilidade de recursos naturais, financeiros, institucionais, humanos e ligações sociais (Ndung *et al.*, 2021).

Para a avaliação da capacidade adaptativa de um determinado sistema, são utilizados indicadores sobre os factores que garantem ao sistema fazer face aos perigos, com destaque para aspectos sociodemográficos, estratégias de subsistência, ligações sociais, acesso aos serviços agrícolas, rendimento, tecnologias agrícolas, etc. (Parker *et al.*, 2019). No mesmo

âmbito, Mekonnen *et al.* (2022), para a determinação do índice da capacidade adaptativa, utilizou indicadores de estratégias de subsistência e posse de bens, nomeadamente: o capital humano, social, físico, financeiro e natural.

Para a análise da exposição, consideram-se indicadores de variabilidade climática e eventos climáticos extremos; para a da sensibilidade, consideram-se indicadores biofísicos, assentamento, água, saúde e segurança alimentar; e, para a análise da capacidade adaptativa, consideram-se indicadores sociodemográficos, estratégias de subsistência, capital humano, social, financeiro, natural e físico.

#### 2.3.3.4. Índice de vulnerabilidade à intrusão salina

O índice da vulnerabilidade à intrusão salina (IVIS) calcula-se através da combinação de componentes que determinam o índice de exposição – IE (variabilidade climática, eventos climáticos extremos); sensibilidade – ISE (acesso a terra, acesso a alimentos, qualidade da água de rega e do solo); e capacidade adaptativa – ICA (tecnologia agrícola, características socioeconómicas, estratégias de sobrevivência) (Binh, 2015; Hahn *et al.*, 2009).

O índice utilizado por Binh (2015), considera que todos elementos constituintes e as respectivas componentes e indicadores possuem a mesma contribuição (peso) para a vulnerabilidade à intrusão salina. Entretanto, Hoque *et al.* (2019), na determinação do índice de vulnerabilidade da agricultura de subsistência na zona costeira de Bangladesh, considerou que cada indicador contribui isoladamente para a vulnerabilidade, sendo indispensável a atribuição dos pesos para as componentes e indicadores.

Neste contexto, Hahn *et al.* (2009), avaliando a vulnerabilidade às mudanças climáticas nos distritos de Mabote e Moma, em Moçambique, determinou o índice de vulnerabilidade dos meios de subsistência (LVI), utilizando duas abordagens, onde em cada uma delas, assumiu que cada componente (perfil sociodemográfico (SDP), ligações sociais (SN), saúde (H), acesso aos alimentos (F), acesso à água (W), e variabilidade climática e desastres naturais (NDCV)) contribuem de formas diferentes para a vulnerabilidade, tal como descreve a Equação 2.6.

$$LVI_d = \frac{W_{SDP}SDP_d + W_{SN}SN_d + W_HH_d + W_WW_d + W_FF_d + W_{NDCV}NDCV_d}{W_{SDP} + W_{SN} + W_H + W_W + W_F + W_{NDCV}} \quad (2.3)$$

Onde: LVI<sub>d</sub> – índice de vulnerabilidade dos meios de subsistência do distrito *d*, variando de 0 (menos vulnerável) a 0.5 (altamente vulnerável); *W* – corresponde ao peso de cada componente, determinado pelo número de sub-componentes que constituem cada elemento principal do índice (Sullivan, 2002).

Por outro lado, o mesmo autor determinou o índice de vulnerabilidade utilizando a abordagem do IPCC (LVI-IPCC), que combina as seis componentes em três elementos: exposição (E), sensibilidade (S) e capacidade adaptativa (CA), e determina a média ponderada das suas componentes com o respectivo peso, tal como descreve a Equação 2.7 (Hahn *et al.*, 2009).

$$CF_d = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^n W_{Mi}} \quad (2.4)$$

Onde:  $CF_d$  – elemento do IPCC (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa) do distrito d;  $M_{di}$  – componentes de cada elemento;  $W_{Mi}$  – é o peso de cada componente – número de indicadores em cada componente definido no IPCC.

Após a determinação de cada elemento, os três elementos são combinados e determinado o índice de vulnerabilidade de acordo com a Equação 2.8 (Hahn *et al.*, 2009).

$$LVI - IPCC = (E_d - CA_d) * S_d \quad (2.5)$$

Onde:  $E_d$  – exposição do distrito d;  $CA_d$  – capacidade adaptativa;  $S_d$  – sensibilidade; LVI-IPCC<sub>d</sub> – índice de vulnerabilidade do distrito d, variando entre -1 (menos vulnerável) a +1 (altamente vulnerável).

Os métodos utilizados por Hahn *et al.* (2009) são amplamente utilizados na análise da vulnerabilidade a diferentes riscos ambientais, com destaque para Adu *et al.* (2018); Mekonen & Berlie (2021); Pandey & Jha (2012); Tran *et al.* (2021); Etwire *et al.* (2013). Nos estudos de Hoque *et al.* (2019) e Mekonen & Berlie (2021), classifica-se a vulnerabilidade em cinco classes: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta.

Vincent (2004, 2007), ao determinar a vulnerabilidade climática social às mudanças climáticas em África, utilizou um índice composto constituído por cinco sub-índices com os seus respectivos pesos e/ou contribuição no índice, nomeadamente: bem-estar e estabilidade económica (20%), estrutura demográfica (20%), estabilidade institucional e infra-estruturas públicas (40%), interconectividade global (10%) e dependência pelos recursos naturais (10%).

No mesmo âmbito, Vincent & Cull (2010), avaliando a vulnerabilidade social às mudanças climáticas ao nível do agregado familiar (AF), determinou o índice tendo em conta cinco componentes de igual contribuição para a vulnerabilidade, nomeadamente: o capital financeiro, humano, social, natural e físico.

### 3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1. Localização geográfica

O estudo foi realizado no Regadio do Baixo Limpopo, localizado na parte moçambicana da Bacia hidrográfica do Limpopo (Baixo Limpopo), entre as coordenadas geográficas: latitude - 23°50"S e 25°10"S e longitude 33°20"E e 33°50"E, a cerca de 200 km da cidade de Maputo, perto da foz do rio Limpopo, e sua área se estende ao longo dos distritos de Limpopo, Xai-Xai, Chongoene e Chibuto (Figura 3.1).

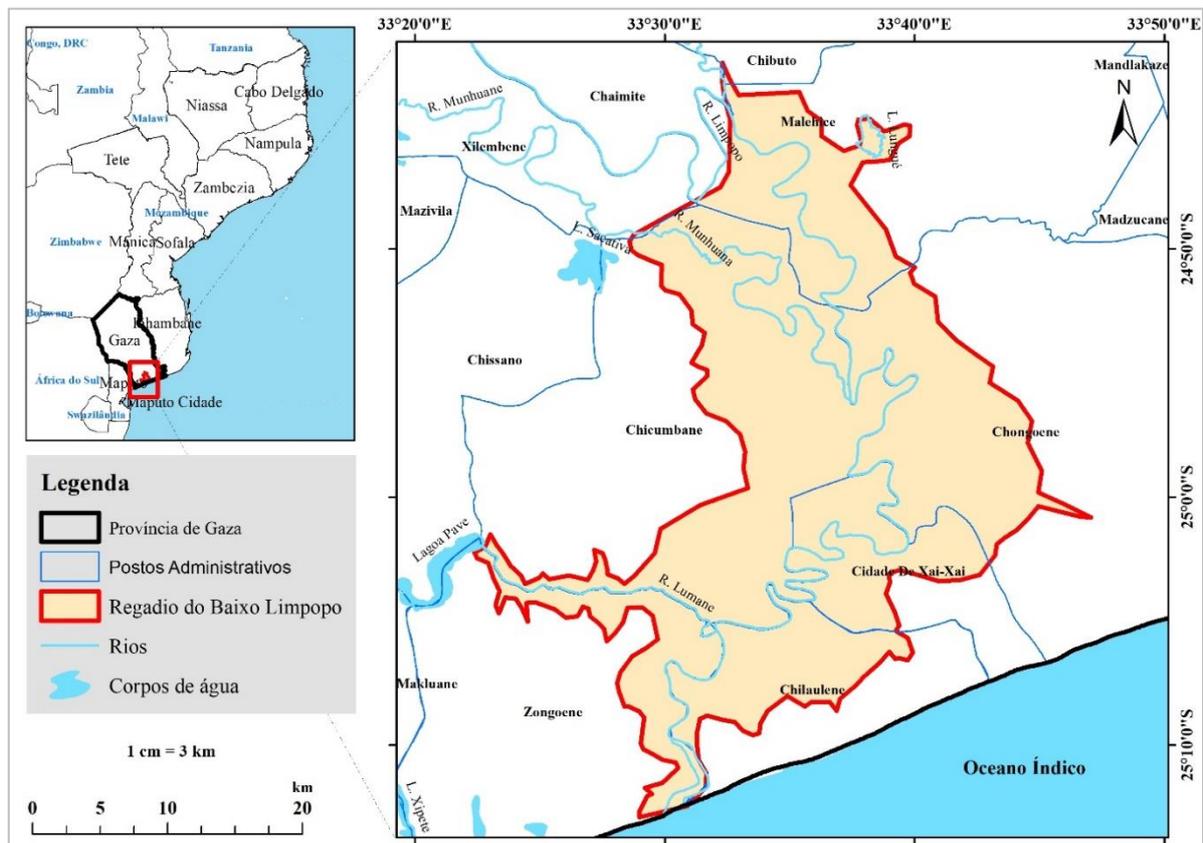
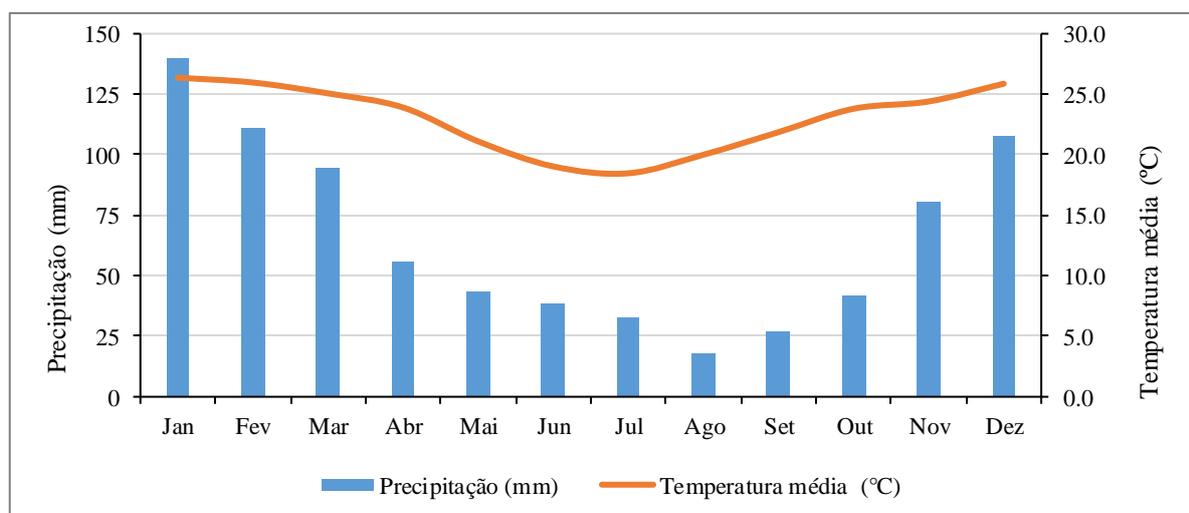


Figura 3.1. Localização geográfica do Regadio do Baixo Limpopo (RBL).

A montante deste regadio, existem grandes infra-estruturas socioeconómicas, que têm impacto na qualidade de água do rio Limpopo, nomeadamente, o Regadio de Chókwè (RC), ou simplesmente, o Regadio Eduardo Mondlane (SIREMO) (Amilai, 2008). A irrigação no RC é feita através de um canal principal a partir do rio Limpopo, que é desviado especificamente pelo açude de Macarretane (construído no rio Limpopo, para garantir a irrigação no RC) (Chilundo *et al.*, 2007).

### 3.2. Descrição climática

Dada a sua localização maioritariamente na zona costeira, o RBL é caracterizado por um clima tropical húmido com uma precipitação média anual de cerca de 782 mm, que reduz em direcção ao continente até o distrito de Chibuto. O período chuvoso é compreendido entre os meses de Novembro e Março, sendo Janeiro o mês mais chuvoso com 133 mm, e o período seco é compreendido entre os meses de Abril e Outubro, sendo o mês de Agosto o mais seco com uma precipitação de cerca de 20 mm. A temperatura média anual é de cerca de 23°C, sendo Janeiro o mês mais quente (26,4°C) e Junho o mais fresco (18,5°C) (Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Descrição climática (precipitação e temperatura) no Regadio do Baixo Limpopo (1990 – 2020).

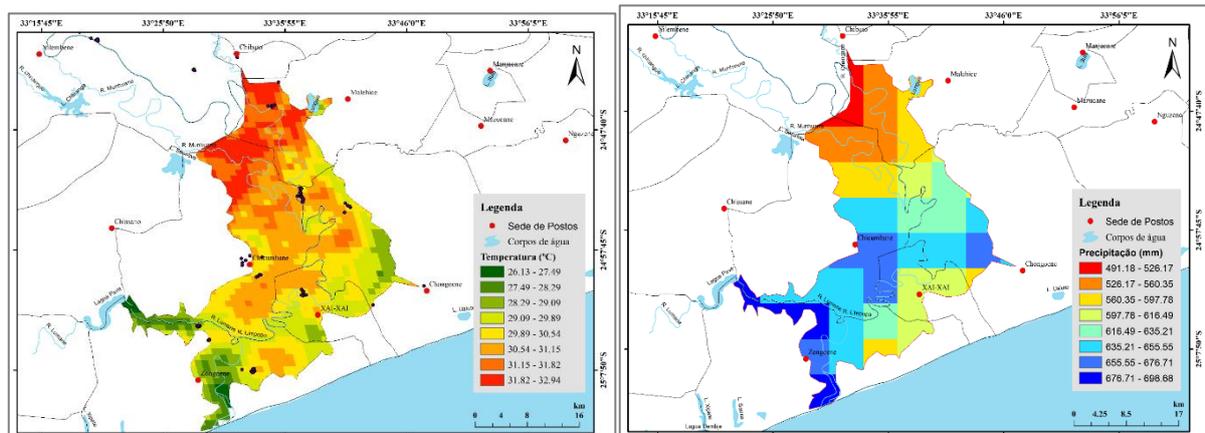
Fonte de Dados: Estação Meteorológica de Xai-Xai (INAM, 2020).

A temperatura nesta região varia de 11,4 °C a 31,3 °C, com humidade relativa de cerca de 77%, e velocidade do vento que varia de 104 a 199 km dia<sup>-1</sup>. A evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) varia de 1,99 a 5,12 mm dia<sup>-1</sup>, correspondentes aos meses de Julho e Dezembro, respectivamente (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Segundo o Ministério de Administração Estatal (MAE, 2014), tal como a temperatura, a evapotranspiração tende a aumentar em direcção à região interior do regadio, variando entre 1200 a 1500 mm por ano, segundo o relatório da empresa Regadio do Baixo Limpopo (RBL-EP, 2020), valor considerado muito elevado, com tendência de aumento devido à projecção de aumento da temperatura no período 2046 a 2065 (Dickens *et al.*, 2020).

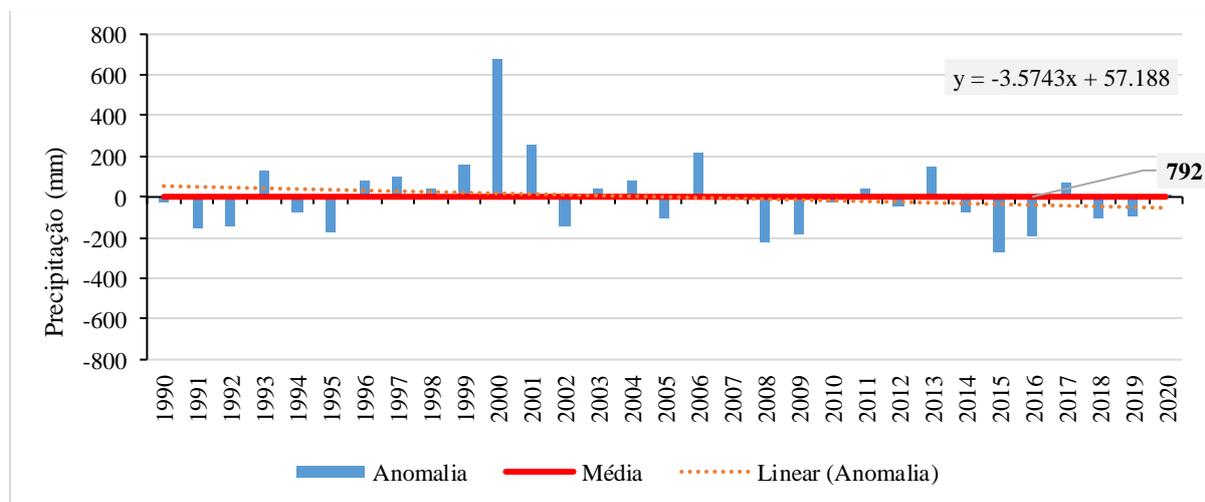
Em termos espaciais, a temperatura apresenta um padrão de aumento da zona costeira para o continente, sendo o posto administrativo de Zongoene caracterizado por baixa temperatura e média anual de 28 °C, enquanto o distrito de Chibuto, em ambos postos de estudo (Malehice e Tchaimite), apresenta uma temperatura média anual que varia de 30 a 33 °C. E cenário inverso

se observa na precipitação, isto é, uma redução da zona costeira para o interior, sendo o distrito e Limpopo o mais chuvoso (Figura 3.3).



**Figura 3.3.** Representação espacial da temperatura e precipitação média anual no Regadio do Baixo Limpopo.

De acordo com dados de precipitação registada na Estação Meteorológica de Xai-Xai, entre 1990 e 2020, a precipitação apresenta uma tendência negativa ao longo do tempo, isto é, durante este período, foi registada maioritariamente uma precipitação abaixo da precipitação média anual (792 mm), registando-se anualmente uma redução de 3,5 mm (Figura 3.4).



**Figura 3.4.** Variação da precipitação anual na estação de Xai-Xai entre o período 1990-2020.

Fonte de Dados: (INAM, 2020).

Nos últimos trinta anos (1990-2022), foram registados na província de Gaza cerca de nove anos de cheias, sete anos de seca e seis sistemas tropicais (ciclones, depressões tropicais). Estes eventos afectaram especificamente o Regadio do Baixo Limpopo, nos distritos de Limpopo, Xai-Xai, Chibuto e Chongoene (EM-DAT, 2022).

Destes eventos, as cheias e secas têm sido apontadas como os eventos climáticos frequentes nesta região, sendo o ano de 2000, 2001, 2006 e 2013, os que registaram ocorrência e impactos em diversas fontes de subsistência das comunidades ao longo do rio Limpopo. No caso da seca, nos anos de 2008, 2009, 2015, 2016 e 2018, registou-se redução da precipitação, redução de escoamentos do rio, perda da criação pecuária e da produtividade agrícola.

Devido à localização geográfica e sua dependência do rio Limpopo, a produção agrícola no RBL é altamente vulnerável à seca, cheias, ciclones tropicais e intrusão salina, fenómenos exacerbados pela partilha da bacia hidrográfica do Limpopo com países vizinhos (Asante & Vilankulos, 2009; Impacto, 2012).

### **3.3. Dinâmica costeira (marés)**

A zona costeira do regadio é caracterizada por uma batimetria superficial, com profundidade menos de 50 m. A faixa costeira, desde o distrito de Limpopo até Xai-Xai, é de cerca de 65 km, e, até 2012, não possuía mangais (Impacto, 2012). Quanto às marés, a costa de Xai-Xai, tal como a de Inhambane, possui uma distribuição média de marés altas aproximadamente de 2,3 m, no período de marés mortas, e de até 3,7 m durante a maré viva. A sua ondulação provém de Este a Sudeste com altura de até 2 m, e de Nordeste a Este com a mesma altura máxima. As ondas mais altas (raras) provêm do Sudeste e atingem cerca de 6,5 m (Impacto, 2012).

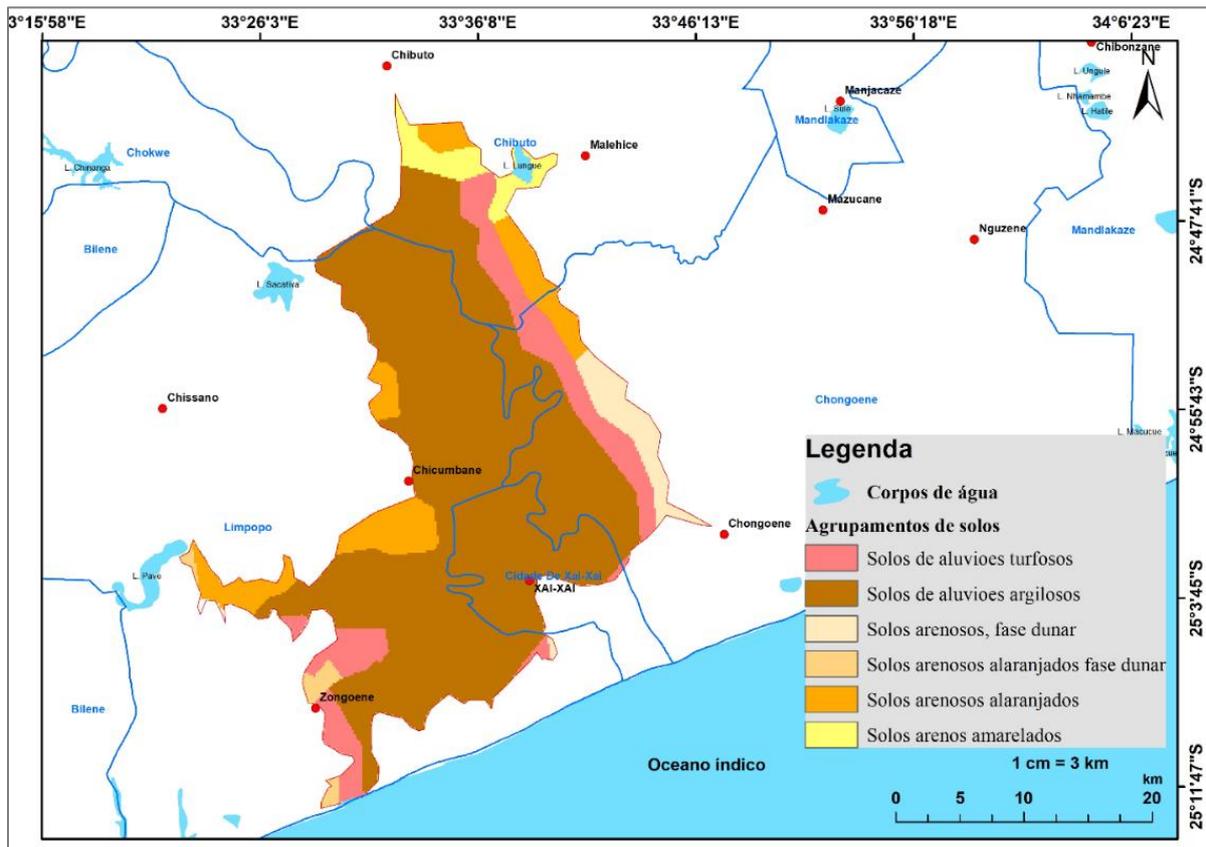
### **3.4. Características fisiográficas**

A topografia do RBL é maioritariamente de planície, com altitude máxima de cerca de 98 m maioritariamente nas zonas de dunas. É predominante uma topografia abaixo de 10 m de altitude, e, ao longo do vale do rio Limpopo, principalmente na confluência entre os rios Lumane e Limpopo, predominam áreas a menos de 5 m de altitude (Figura 3.6).

Tanto no distrito de Limpopo, quanto no de Xai-Xai, a topografia é geralmente de planície, com altitude máxima de 15 m. No distrito de Chongoene, o RBL possui áreas de altitude entre 0 e 50 m de altitude, sendo as altitudes máximas verificadas nas dunas costeiras. Em contrapartida, na parte do RBL no distrito de Chibuto, a altitude aumenta até 98 m, maioritariamente áreas de altitude acima de 10 m de altitude (Figura 3.5).



de 71 % da área total do regadio (830 km<sup>2</sup>), seguidos pelos solos arenosos de fase dunar alaranjados e amarelados (17 %) e pelos solos de aluviões turfosos (11 %) (Figura 3.6).



**Figura 3.6.** Distribuição geográfica dos diferentes agrupamentos de solos existentes no RBL.

A distribuição dos solos no RBL obedece às características fisiográficas locais, sendo toda a zona sul do regadio caracterizada por solos arenosos, excepto ao longo dos rios Limpopo, Changane, Elefantes, Lumane e outros riachos, onde predominam solos ricos em depósitos aluviais, com argila estratificada e profundos, com maior potencial de desenvolvimento de irrigação, embora limitado devido à baixa capacidade de drenagem e salinidade (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Num estudo realizado a montante do RBL, especificamente no Regadio de Chókwè, Locheremua (2004), fazendo o diagnóstico da salinidade do solo, constatou que cerca de 10 a 30% da área em estudo apresenta solos salinos, que tende a aumentar com a profundidade.

Na mesma área de estudo, em 2009, com o objectivo de avaliar a tendência da salinização do solo através da água da rega e práticas agrícolas, Wilson (2009) constatou que os intervalos de rega e a prática de pousio têm influência na salinização dos solos.

No mesmo âmbito, Capaina (2022), avaliando as dinâmicas agrícolas no Vale do Limpopo-especificamente na produção do arroz, constatou que a salinidade do solo tem sido indicada pelos produtores como uma das principais razões de abandono da produção da cultura de arroz. Esta salinidade é associada à fraca capacidade de drenagem dos solos, assim como à falta de manutenção das comportas (caso do Posto Administrativo de Chilaulene), colocando, desta forma, em risco a produção agrícola, principalmente no período de maré alta.

### 3.6. Demografia

O RBL, além da prática da agricultura comercial, tanto no regime irrigado quanto no sequeiro, beneficia pequenos produtores nos quatro distritos em que se localiza (Limpopo, Xai-Xai, Chongoene e Chibuto) (RBL-EP, 2020).

Nos distritos em estudo, Chibuto é o que tem maior número de habitantes (hab), seguido pelos distritos de Limpopo, Xai-Xai e Chongoene. Entretanto, em termos de densidade populacional, Xai-Xai lidera a lista, seguido pelos distritos de Limpopo, Chongoene e, por fim, o distrito de Chibuto, respectivamente (Tabela 3.1) (INE, 2023a).

Em todos os distritos em estudo, a actividade principal comum da população é a agricultura, mas as restantes actividades principais variam entre os distritos (Tabela 3.1) (INE, 2023a).

**Tabela 3.1.** Descrição demográfica dos distritos em estudo no período 2017-2021.

Distrito	População	Densidade populacional (hab km <sup>-2</sup> )	Actividades principais
Chibuto	228.401	40	Agricultura, Pecuária e Mineração
Chongoene	124.687	79	Agricultura e Mineração
Xai-Xai	157.188	565	Serviços (turismo e comércio) e Agricultura
Limpopo	157.702	135	Agricultura e Pecuária

Fonte:(INE, 2023c, 2023d, 2023b, 2023a).

### 3.7. Uso e Cobertura de Terra

Esta região é caracterizada por um ecossistema de savana aluvial subtropical, com áreas de infiltração, florestas ribeirinhas e pradarias inundadas ao longo das linhas de drenagem. É um ecossistema que se estende desde a África do Sul e Eswatini até Moçambique, ocorrendo em altitudes que variam entre 2 m e 196 m de altitude, em solos com textura de 51% de areia e 29% de argila, e com pH de 6,5 (SIBMOZ, 2021, 2022).

A cobertura vegetal ao longo do RBL varia de acordo com as características edafoclimáticas, sendo predominante a vegetação herbácea a arbustiva, principalmente onde é praticada a agricultura, tanto em regime de sequeiro quanto de irrigação. Além desta vegetação, no regadio, encontram-se florestas de baixa altitude abertas e fechadas, para além do matagal e florestas de mangais já na fase de replantio na faixa costeira e margens do rio Limpopo (MAE, 2014).

Adicionalmente, no regadio, existem espécies de frutos, tal como a massala, canhú, laranja e caju. Estas são, na sua maioria, utilizadas para a produção de bebida alcoólica, que é comercializada localmente (MAE, 2014).

### **3.8. Actividades socioeconómicas**

#### **3.8.1. Agricultura comercial**

Em 2012, este regadio contava com mais de 12 mil agricultores de pequena e média escala que se dedicavam à produção de culturas alimentares: milho, arroz, hortícolas e leguminosas. Entretanto, devido à degradação causada pelas inundações, associado à salinização dos solos causada pela má drenagem e ao baixo fornecimento da água de rega, tem-se verificado baixa produtividade de culturas (Ganho & Woodhouse, 2014).

Com a expansão de 12 mil para 70 mil hectares, a subdivisão do RBL manteve-se em dois grandes blocos, nomeadamente: o bloco de irrigação (destinado à agricultura comercial, com predominância de produção da cultura de arroz) e o bloco de drenagem (destinado à agricultura de pequena escala, destinada à culturas alimentares (Ganho, 2014).

Durante a reabilitação do regadio (70 mil hectares), estimava-se que cerca de 8.000 AFs iriam explorar o bloco de drenagem, com uma área correspondente a 4.500 hectares; entretanto, a maior parte da área permanecia sub-explorada. Por outro lado, as novas áreas foram reservadas à agricultura comercial (Ganho, 2014).

Até 2014, a quando da realização de uma pesquisa por Ganho (2014), o RBL possuía parceiros privados (Tabela 3.2) que implementavam diferentes projectos centrados na produção comercial, tendo lhes sido cedido áreas adicionais com vista à promoção do envolvimento dos pequenos produtores na cadeia de produção de diferentes culturas, principalmente do arroz, nomeadamente: Companhia Agrícola de Fomento Algodoeiro (CAFA), Companhia Agro-Social IGO Sammartini, WANBAO African Agriculture Development Company (WAAD), Projecto ARPONE, e Hubei State Farm Agribusiness Corporation (Hubei)

Em 2019, de acordo com o Relatório de Balanço da Campanha Agrária 2019/19 da RBL-EP (RBL-EP, 2020), a empresa gestora do regadio (RBL-EP) o RBL contava com cerca de cinco empresas privadas, nomeadamente: Wanbao, Moz India, Lianfeng, IGO Sammartini e XinLong Ocean Aquaculture, explorando diferentes áreas no regadio.

### 3.8.2. Agricultura familiar

Além da área infra-estruturada, a área do RBL é explorada por pequenos agricultores independentes, que além da agricultura, praticam, de forma integrada, a pesca e pecuária, como suas principais actividades de subsistência (Ganho, 2014; Rosário, 2021), tal como ilustra a Figura 3.7.



**Figura 3.7.** Lavoura com tracção animal no distrito de Chongoene.

Foto do autor.

Além destas, são também realizadas actividades, em pequena escala, como a exploração de recursos florestais (madeira, estacas, caniço, capim, carvão e lenha), artesanato (que consiste no fabrico e venda de cestos, esteiras, esculturas, artigos de carpintaria, olaria), e bebidas tradicionais (Governo da Província de Gaza, 2018).

A actividade agrícola é, maioritariamente, desempenhada pelo sector familiar ao longo do baixo Limpopo que possui terras muito férteis, produzindo, principalmente, milho, arroz, batata-doce, mandioca, feijão nhemba, feijão manteiga, hortícolas e amendoim nas duas épocas (fresca e quente) (Balidy & Mahumane, 2008).

Além destes privados (Tabela 3.3), vários produtores exploram o RBL, alguns dos quais, organizados em associações (Tabela 3.4) (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

**Tabela 3.2.** Número de Associações de agricultores no Regadio do Baixo Limpopo.

Distrito	Posto administrativo	Número de Associações
Chibuto	Malehice	17
	Chibuto-Sede	6
	Tchaimite	2
Limpopo	Chicumbane	5
	Zongoene	4
Xai-Xai	Município	2
Chongoene	Chongoene-Sede	9

Fonte: (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Para a rega, A maioria destas associações utiliza água do rio Limpopo e de algumas nascentes locais, apesar de a qualidade da água de rega tender a enfraquecer de Chibuto em direcção à foz do rio Limpopo (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Em regime irrigado, por distrito no RBL, produz-se as seguintes culturas: milho e diversas hortícolas, castanha de cajú, no distrito de Chibuto; arroz, milho, mandioca, castanha de cajú, cana-de-açúcar e hortícolas em Chongoene; milho, arroz, hortícolas, raízes e tubérculos em Limpopo; e, arroz, milho e hortícolas em Xai-Xai (INE, 2023c, 2023d).

Em contrapartida, em regime de sequeiro, prevalece a produção, na 1ª época nas zonas altas e baixas, de milho, feijão (*tingolocotso*), feijão nhemba, abóbora e castanha de cajú, e, na época fresca, exploram-se as zonas baixas para a produção de diversas hortícolas (INE, 2023b).

### **3.8.3. Pecuária**

A pecuária é uma das actividades muito importantes para os AFs nos distritos em estudo, e quase todos os AFs existentes possuem algum tipo de espécie animal, desde os animais de pequeno porte (galinhas) até aos de grande porte (bovinos). Em termos de importância, destaca-se o gado bovino, seguido pelo caprino, ovino e suíno (Balidy & Mahumane, 2008; INE, 2023d; Jacinta, 2011).

A criação de animais é, maioritariamente, destinada à venda para suprir outras necessidades domésticas e, uma parte, para o consumo alimentar, principalmente os animais de pequeno porte (galinhas e patos) (Balidy & Mahumane, 2008).

#### **3.8.4. Pesca**

Devido à extensa linha costeira, o país possui uma elevada diversidade de pescado, especificamente o marinho, responsável por cerca de 90% da produção pesqueira nacional, contribuindo em cerca de 3 a 4% no PIB (Benkenstein, 2013).

A pesca desempenha um papel muito importante na segurança alimentar, assim como na economia das comunidades rurais. A actividade pesqueira divide-se em sector industrial, semi-industrial, artesanal, incluindo a aquacultura, porém em menor escala. De entre estes sectores, o sector artesanal (pesca de pequena escala) é o predominante, e nos últimos anos tem registado crescimento em todo território nacional (Benkenstein, 2013).

Ao longo do rio Limpopo, prevalece a pesca artesanal, geralmente praticada por homens no rio e seus afluentes, nos canais de irrigação, utilizando pequenas embarcações motorizadas e a remo (maioritariamente) (Balidy & Mahumane, 2008).

Em geral, em termos brutos, o peixe representa o principal produto pesqueiro (67%), seguido pelo camarão (23%) e caranguejo (10%). A sua comercialização é, geralmente, feita pelas mulheres que compram aos pescadores para vender na cidade de Xai-Xai, nas vilas de Chongoene, Chibuto, e nas estâncias turísticas (Balidy & Mahumane, 2008).

#### **3.8.5. Turismo**

O turismo em Moçambique é um dos sectores marginalizados em termos de investimentos, apesar de possuir um grande potencial para o crescimento económico nacional e das comunidades locais, dada a sua contribuição em cerca de 3% no PIB (Jones, 2007). Segundo o Ministério de Turismo (MITUR, 2013), este potencial é associado à localização do país na zona costeira, de cerca de 2700 km de comprimento, um mosaico cultural, áreas de conservação da natureza, proximidade do centro de transporte aéreo na África Austral (Joanesburgo).

#### **3.8.6. Comércio**

De acordo com o Programa das Nações Unidas de Desenvolvimento (UNDP, 2012), nos centros urbanos circundantes ao regadio, pratica-se o turismo como uma fonte de renda, assim como o comércio de diferentes produtos agrícolas e não-agrícolas, sector este dominado pelo sector informal. O comércio é suportado por pequenas lojas e barracas, que constituem um mercado precário de venda de produtos alimentares e de limpeza (Balidy & Mahumane, 2008).

Além das actividades socioeconómicas, devido às diversas potencialidades paisagísticas existentes, tem se verificado um crescimento demográfico, que transforma zonas rurais em semi-urbanas (Langa, 2007).

O crescimento demográfico tem sido apontado como um dos contribuintes para a aceleração da erosão do solo na zona costeira, resultando num recuo significativo da zona costeira, perda da vegetação e de dunas costeiras, aumentando, desta forma, o risco da intrusão salina e perda da produtividade dos solos costeiros (Langa, 2007; Rodrigues & Maia, 2003)

### **3.8.7. Actividade mineira**

Em termos de recursos naturais, na zona costeira deste regadio, especificamente no distrito de Xai-Xai, existe uma prospecção de hidrocarbonetos, em cinco blocos, nomeadamente 5, 6, 7, 8 e 9, ainda não concessionados para exploração. Adicionalmente, existe extracção de recursos de areias para construção (sílica, xisto), areias pesadas e argila ao longo da faixa costeira e no interior, no Vale do Limpopo, no distrito de Chibuto, estendendo-se até algumas regiões fronteiriças com o distrito de Mandlakaze (Impacto, 2012).

## **3.9. Hidrologia do Regadio do Baixo Limpopo**

### **3.9.1. Recursos hídricos e infra-estruturas**

O RBL é atravessado pelo rio Limpopo e respectivos afluentes, os rios Changanine, Chongoene, Chegua e Munhuana no distrito de Chibuto e Chongoene, e pelo rio Lumane no distrito de Limpopo. Além destes rios, possui as nascentes de Chihozório no distrito de Chibuto; Machaduíne em Chongoene; Lagos e lagoas de Bambene, Lungué, Quene, Linguaze e Nhangule em Chibuto; Ualute e Kue em Chongoene; e, Pave, Mainguelene e Zengue no distrito de Limpopo (INE, 2022).

O rio Limpopo, além de irrigação nos Regadios de Chókwè e do Baixo Limpopo, é utilizado para a pesca e abeberamento de animais. O caudal que chega ao RBL é altamente influenciado pela barragem de Massingir, construída no rio Elefantes, antes da confluência com o rio Limpopo, rio Nuanedzi, que nasce no Zimbabwe e se junta ao Limpopo 60 km após sua entrada no território nacional; e rio Changane, que flui até à confluência com o Limpopo perto da Cidade de Xai-Xai (Brito *et al.*, 2009; Chilundo *et al.*, 2007). Na parte do Baixo Limpopo, o rio tem uma descarga anual de cerca de 4,8 km<sup>3</sup>, influenciada, principalmente, pela barragem de Massingir (no rio Elefantes) (Figura 3.8) (Dickens *et al.*, 2020).



**Figura 3.8.** Barragem de Massingir no rio Elefantes no distrito de Massingir.

Fonte: (Mboane, 2023).

De acordo com a Administração Regional de Águas do Sul (ARASUL, 2023b), a barragem de Massingir foi construída entre os anos de 1972 e 1977 no rio Elefantes, no Parque Nacional de Limpopo; é uma barragem de terra, projectada com uma capacidade de cerca de 2.800 Mm<sup>3</sup>, com potencial de irrigar cerca de 30.000 hectares no Regadio de Chókwè e 9.000 hectares no Regadio do Baixo Limpopo. Ela também foi projectada para controlar a intrusão salina no Baixo Limpopo, e amortizar cheias.

Além da barragem, foi construído o açude de Macarretane, entre 1953 e 1955, com o objectivo de elevar o nível hidrométrico ( $\pm 5$  m) e desviar água para o canal de irrigação por gravidade no perímetro do Regadio de Chókwè, a montante do RBL (ARASUL, 2023a).

Adicionalmente, foi proposta a construção da barragem de terra em Mapai, no distrito de Chicualacuala, com o objectivo de reforçar a protecção da parte jusante do rio Limpopo contra cheias, assim como fornecer energia eléctrica (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Dos 70.000 hectares com regadio implantado, 54.000 foram alocados ao desenvolvimento da agricultura irrigada e 16.000 para áreas de pastagem. Na época agrícola 2011/12, dos 54.000 ha destinados à agricultura irrigada, a RBL-EP começou a exploração de 4.000 ha e, na época seguinte, expandiu para 12 ha que, posteriormente, passaram para os 17.000 ha actuais (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Esta área total, está subdividida em dois blocos, sendo o bloco de irrigação (Ponela, Chimbonhanine e partes de Magula) ocupado pela agricultura comercial de média e grande

escala, e o segundo bloco, de drenagem (que se estende do Sul a Este do regadio), ocupado pelos pequenos produtores (Ganho, 2014).

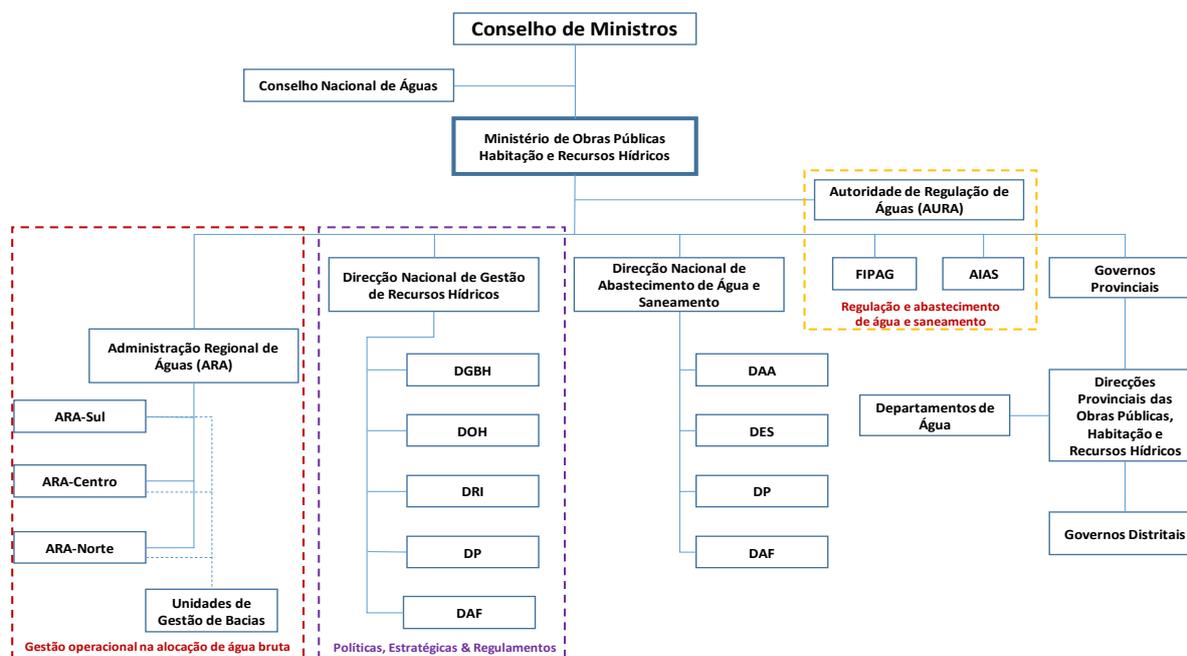
No RBL, existem canais de irrigação e drenagem que cobrem uma extensão de cerca de 735 km. Além disso, existem estradas (cerca de 202 km) que dão acesso aos campos agrícolas e às 10 estações de bombagem. Adicionalmente, 1.050 ha do bloco irrigado de Magula foram infra-estruturados com 47 km de canais de irrigação e valas de drenagem; 1.350 ha reabilitados no bloco de Lumane e 200 ha em Muzingane. A maior parte destas infra-estruturas pertence a empresas privadas (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

Além da parte de irrigação, existem os blocos de drenagem, que são ocupados pelo sector familiar, organizado em “Casas Agrárias”, que envolvem várias associações de produtores (Ganho, 2014). Além do sector familiar, a RBL-EP, sendo detentor do DUAT, , até 2020, cedeu áreas a cinco parceiros privados, 20.000 ha à Wanbao, Moz India (262.000 ha) no bloco de Zongoene; Lianfeng (110 ha) no bloco Ponela Norte; XinLong Ocean Aquaculture (800 hectares), no Posto Administrativo de Zongoene (RBL-EP, 2020).

### **3.9.2. Gestão dos recursos hídricos no Regadio do Baixo Limpopo**

A Lei de Águas (Lei n.º 16/91, de 3 de Agosto) , define a gestão, o acesso e a alocação dos recursos hídricos em Moçambique, como um bem de domínio público . A implementação desta lei (gestão e monitoria do uso racional) está sob a responsabilidade do Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos (MOPHRH), representado pelas Administrações Regionais de Água (ARAs) e, no local deste estudo, representado pela Administração Regional de Águas do Sul, Instituto Público (ARA Sul, IP) (Consultec, 2022). A ARA-Sul, IP é constituída por Divisões de Gestão por cada Bacia Hidrográfica: Umbelúzi (DGBU), Incomáti (DGBI), Limpopo (DGBL) e Save (DGBS), as quais representam a ARA-Sul (Consultec, 2022).

A ARA-Sul, através das suas divisões, é responsável pela alocação e distribuição da água (superficial e subterrânea) aos diferentes usuários ao nível local. Além desta entidade, existem, ao nível nacional, outras entidades, como a Direcção Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (DNGRH), a Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento (DNAAS), a Autoridade de Regulação de Águas (AURA), assim como os Governos provinciais (Figura 3.9) (Consultec, 2022).



**Figura 3.9.** Quadro Institucional de alocação de água em Moçambique.

Fonte: (Consultec, 2022).

Onde: FIPAG = Fundo de Investimento e Património de Abastecimento de Água; AIAS = Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento; ARA = Administração Regional de Água; DGBH = Departamento de Gestão de Bacias Hidrográficas; DOH = Departamento de Obras Hidráulicas; DRI = Departamento de Rios Internacionais; DP = Departamento de Planificação; DAF = Departamento de Administração e Finanças; DAA = Departamento de Abastecimento de Água; DES = Departamento de Saneamento.

De acordo com o relatório elaborado pela Consultec (2022), apresenta-se abaixo a descrição das responsabilidades de cada elemento constituinte no quadro legal de gestão dos recursos hídricos em Moçambique:

**a) Conselho Nacional de Água (CNA):** é um conselho composto por ministros de áreas relevantes que coordena a tomada de decisões estratégicas em diferentes sectores assim como emite parecer sobre os aspectos relacionados com a política de gestão de recursos hídricos;

**b) Ministério de Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos (MOPHRH):** é uma instituição governamental que lida com aspectos relacionados com infra-estruturas de gestão de recursos hídricos a nível nacional. A ele se subordinam as demais direcções de gestão dos recursos hídricos a nível nacional e local.

**c) Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH):** órgão do MOPHRH que superintende a gestão dos recursos hídricos através de políticas de desenvolvimento, conservação e utilização de recursos hídricos nas bacias hidrográficas nacionais e partilhadas, assegurando a sua disponibilidade quantitativa e qualitativa para diversos fins, através da elaboração de planos de acção nas bacias

hidrográficas, planeamento integrado da gestão dos recursos hídricos, monitoria da construção de infra-estruturas de recursos hídricos, etc.

**d) Administrações Regionais de Águas (ARAs):** instituições regionais públicas, com autonomia administrativa e financeira, supervisionadas pelo MOPHRH através da DNGRH. As ARAs administram os recursos hídricos das bacias hidrográficas nacionais e internacionais ao nível local, sendo responsáveis pela: (i) participação na preparação e implementação do plano de ocupação da bacia; (ii) administração, controlo de recursos hídricos de domínio público, criação e manutenção do cadastro de utentes de água; (iii) licenciamento de uso e aproveitamento da água de domínio público, autorização de descargas de águas residuais, inspecção e fiscalização de instrumentos legais; (iv) recolha e actualização de dados hidrológicos nas respectivas bacias hidrográficas.

Sendo o sector agrícola um dos maiores usuários dos recursos hídricos, foi criada, em representação do Instituto Nacional de Irrigação ao nível do baixo Limpopo, a empresa pública Regadio do Baixo Limpopo, EP (RBL-EP), com o objectivo de revitalizar a capacidade produtiva do baixo Limpopo através de intervenções centradas na gestão de terra e água (Ganho & Woodhouse, 2014).

O RBL foi estabelecido no período colonial (década 1950) pelos portugueses, onde construíram infra-estruturas em cerca de 12.000 hectares, que incluem canais de irrigação e drenagem, estação de bombagem e diques com comportas para a gestão do nível hidrométrico e controlo da intrusão salina (caso do dique de Angluzane) (Lasse, 2023a). Este sistema de irrigação, após a independência nacional, ficou subutilizado, situação agravada pela guerra civil e cheias de 2000 (Ganho, 2014). Dada a necessidade de aumento da capacidade produtiva, associada ao potencial existente neste regadio, em 2004, foi reabilitado o regadio com o empréstimo do Banco Africano de Desenvolvimento (BAD) (Ganho, 2014).

Para assegurar a manutenção e gestão das infra-estruturas, em 2010, o Governo de Moçambique criou a empresa pública RBL, EP que, por sua vez, priorizou a expansão de áreas agrícolas comerciais, de 12.000 para 70.000 hectares, como estratégia de aumento de rendimento e produtividade do regadio (Ganho, 2014). A gestão do regadio é exclusivamente da responsabilidade da RBL-EP, que lida, além da gestão de terra, recursos hídricos e respectivas infra-estruturas, com a assistência administrativa e técnica às associações agrícolas, manutenção dos canais principais de irrigação com maquinaria. A limpeza dos canais secundários e terciários é da responsabilidade dos usuários (WAPCOS & ANDRON CONSULTANTS, 2018).

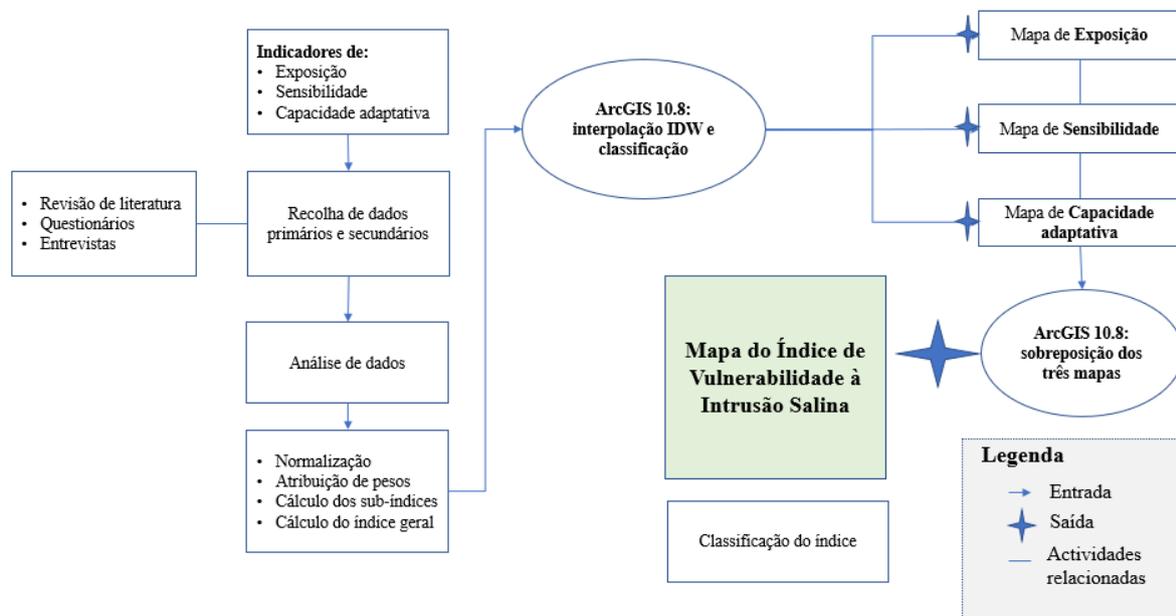
## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Selecção do método de análise de vulnerabilidade à intrusão salina

O índice de vulnerabilidade agrícola à intrusão salina no RBL foi determinado através da combinação de dois métodos, o qualitativo (entrevistas semi-estruturadas a informantes-chave e de informação secundária) e o quantitativo (questionário e dados primários quantitativos), adoptando o indicador composto multidimensional e a abordagem do IPCC, tal como utilizado por Mekonen & Berlie (2021); Parker *et al.* (2019); Hahn *et al.* (2009); Sattar *et al.* (2017) e Zacarias (2019).

Estes métodos permitem a determinação de um índice composto de vulnerabilidade que, neste estudo, é considerado como índice de vulnerabilidade à intrusão salina (IVIS) (Hahn *et al.*, 2009), determinado através da integração de três sub-índices, nomeadamente: Exposição (IE), Sensibilidade (IS) e Capacidade adaptativa (ICA) (Binh, 2015; Füssel, 2007).

Os sub-índices foram determinados por indicadores climáticos, variabilidade climática, eventos climáticos extremos, salinidade de solo e água de rega (exposição); acesso a água e segurança alimentar (sensibilidade), e a capital humano, institucional, financeiro, ambiental e tecnológico, e infra-estrutural (capacidade adaptativa). O processo de recolha da informação até à análise é descrito no esquema apresentado na Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Procedimentos de análise de vulnerabilidade da agricultura à intrusão salina.

## 4.2. Procedimentos de amostragem e Recolha de dados

Neste estudo, a recolha de dados foi realizada em três etapas, a primeira etapa, consistiu na triangulação e análise de informação já existente (dados de eventos climáticos extremos e variabilidade climática) obtidos na Direcção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH).

A segunda etapa, consistiu na recolha de dados através de um inquérito envolvendo 150 chefes de agregados familiares (ou cônjuges) nos distritos de Xai-Xai (Posto Administrativo de Chilaulene), Limpopo (Zongoene e Chicumbane), Chongoene (Chongoene-Sede) e Chibuto (Malehice e Tchaimite) (Figura 4.2).



**Figura 4.2.** Realização do inquérito a um chefe de AF no Posto Administrativo de Chilaulene – Xai-Xai  
Foto do autor.

Para a realização destes inquéritos, foi feita uma amostragem probabilística estratificada ao nível do Posto Administrativo, onde foi identificado o grupo-alvo, composto por pequenos produtores e com pelo menos, 5 anos de experiência de produção na zona do RBL. O cálculo da amostra considerou os seguintes pressupostos: população finita dos Postos Administrativos, 8% de erro amostral, 5% de nível de significância, estimativa da população de 0,5 tal como ilustra a seguinte Equação 4.1.

$$n = \frac{\frac{Z^2 * \hat{p}(1 - \hat{p})}{\varepsilon^2}}{1 + \frac{Z^2 * \hat{p}(1 - \hat{p})}{\varepsilon^2 * N}} \quad (4.1)$$

Onde:  $n$  – Amostra;  $Z^2$  – corresponde a Z-crítico (1.96) a 5 % de significância;  $\hat{p}$  – estimativa da população (0.5);  $\varepsilon^2$  - Erro amostral;  $N$  – População em estudo.

A amostra determinada na Equação 4.1 foi distribuída proporcionalmente à população de cada Posto Administrativo, isto é, Zongoene (19), Chicumbane (38), Chongoene (44), Chilaulene (16), Malehice (19) e Tchaimite (14). Além da realização de inquéritos aos agregados familiares, foram entrevistados líderes comunitários, representantes de organizações públicas e não-governamentais, com vista a obter a percepção sobre a intrusão salina, seus impactos e estratégias utilizadas para lhe fazer face.

O questionário (Anexo 8.4) foi elaborado de modo a recolher informação determinada pelos indicadores para o cálculo do índice de vulnerabilidade à intrusão salina. Para as treze componentes, determinaram-se 58 indicadores, subdivididos nos três elementos da vulnerabilidade, nomeadamente a exposição (13), sensibilidade (13) e capacidade adaptativa (32).

#### 4.2.1. Indicadores de exposição

Na Tabela 4.1 apresentam-se os 13 indicadores utilizados para a determinação da exposição: eventos climáticos extremos e variabilidade climática (8), ambiente (4) e qualidade do solo (1).

**Tabela 4.1.** Indicadores dos sub-índices de exposição à intrusão salina.

Elemento	Componente	Indicador	Relação com exposição
Exposição	Eventos climáticos extremos e variabilidade climática (8)	Ocorrência de ciclones tropicais nos últimos 10 anos	+
		Ocorrência de cheias nos últimos 10 anos	-
		Ocorrência de secas nos últimos 10 anos	+
		Ocorrência de altas temperaturas	+
		Alteração do padrão da precipitação	+
		Choques ambientais totais	+
		Temperatura média anual	+
		Precipitação média anual	-
	Ambiente (4)	Intensidade de pragas e doenças nas plantas	+
		Ocorrência da intrusão salina	+
		Altitude	-
		Distância da machamba até a foz do rio Limpopo	-
	Salinidade do solo (1)	Condutividade eléctrica do solo	+

No questionário, foi explorada a ocorrência (Sim ou Não) de cada evento nos últimos 10 anos, nomeadamente: ciclones tropicais, cheias, secas, altas temperaturas, e alteração do padrão da precipitação. Destes eventos, a ocorrência dos ciclones, seca, altas temperaturas e alteração do

padrão das chuvas significam aumento da exposição à intrusão salina, enquanto as cheias significam redução de ocorrência da intrusão salina.

Choques ambientais: corresponde ao somatório da ocorrência dos choques ambientais e biológicos, nomeadamente as cheias, ciclones tropicais, seca, altas temperaturas, intrusão salina, intensificação de pragas e doenças agrícolas, e alteração do padrão de chuvas. No total, são cerca de sete choques, onde o maior número de choques ambientais, significa maior exposição à intrusão salina.

Temperatura e Precipitação (média anual): estes parâmetros foram determinados com base em dados históricos do INAM (1980 – 2020), tendo-se elaborado um mapa de distribuição espacial por interpolação – Distância inversa ponderada (IDW), e, de seguida, extraídos os valores de precipitação e temperatura em cada ponto (localização das machambas dos AFs). Maior temperatura significa aumento da exposição, e, o contrário, para a precipitação.

A intensidade de pragas e doenças nas plantas, assim como percepção da ocorrência da intrusão salina nas machambas, foram avaliados através de respostas de Sim ou Não, onde o Sim, significa maior exposição à intrusão salina.

A altitude foi determinada através de GPS acoplado ao ODK *collect*, sendo que a existência de zonas de baixa altitude significa maior exposição à intrusão salina. No caso da distância entre as machambas dos AFs e o mar, considera-se que maiores valores significam menor exposição.

A salinidade do solo foi determinada através da condutividade eléctrica de extracto (1:2.5) do solo recolhido nas machambas dos AFs inquiridos, sendo que a maior condutividade eléctrica significa maior exposição.

#### **4.2.2. Indicadores da sensibilidade**

Na Tabela 4.2 apresentam-se os 13 indicadores utilizados para a determinação da sensibilidade, correspondentes às componentes de água (7), segurança alimentar (3) e saúde (3).

Nos indicadores de acesso à água, o número de fontes de água de consumo doméstico: variável numérica, onde um valor mais elevado significa menor sensibilidade à IS. Distância até à fonte de água de consumo doméstico e Distância até à fonte de água para rega mais próxima: variáveis numéricas, onde maior valor significa maior sensibilidade à intrusão salina.

Posse de reservatório de água de consumo doméstico, Posse de reservatório de água de rega e Disponibilidade anual da água de rega: variáveis que admitem respostas de Sim ou Não, onde o “Sim” significa menor sensibilidade à intrusão salina.

**Tabela 4.2.** Indicadores do sub-índice de sensibilidade à intrusão salina.

Elemento	Componente	Indicador	Relação com a sensibilidade
Sensibilidade	Água (7)	Número de fontes de água de consumo doméstico	-
		Distância até à fonte de água de consumo doméstico	+
		Disponibilidade anual da água de consumo doméstico	-
		Posse de reservatório de água de consumo doméstico	-
		Distância até à fonte de água de rega mais próxima	+
		Disponibilidade anual da água de rega	-
		Posse de reservatório de água de rega	-
	Acesso a alimentos (3)	Número de meses com escassez de alimentos	+
		Número de estratégias face à escassez de alimentos	-
		Abandono de produção de culturas devido à salinidade	+
	Saúde (3)	Membro do AF com necessidade especial	+
		Membro do AF com doença crónica	+
		Índice de dependência	+

O número de meses com escassez de alimentos; Existência de um membro do AF com necessidade especial; Existência de um membro do AF com doença crónica: variáveis com resposta de Sim ou Não, onde, “Sim”, significa maior sensibilidade à intrusão salina.

Número de estratégias face à escassez de alimentos: variável numérica, onde maior número de estratégias significa menor sensibilidade do AF à intrusão salina. O nível de contribuição foi avaliado numa escala de 1 a 5 nos seguintes factores na ocorrência da intrusão salina: cheias, ciclones, secas, altas temperaturas, marés, escoamento do rio, tipo de solo, gestão de solo, abandono de produção de culturas devido à salinidade e destruição de culturas pelos animais, onde maior valor da pontuação significa maior sensibilidade à intrusão salina.

#### **4.2.3. Indicadores de capacidade adaptativa**

Na Tabela 4.3 apresentam-se 32 indicadores de capacidade adaptativa (CA) dos pequenos produtores à intrusão salina, correspondentes às cinco componentes: capital humano; Social e institucional; Financeiro; Tecnológico e Físico e infra-estrutural.

**Tabela 4.3.** Indicadores do sub-índice de capacidade adaptativa à intrusão salina.

Elemento	Componente	Indicador	Relação com a CA
Capacidade adaptativa	Capital humano (6)	Tamanho do AF	+
		Idade do chefe do AF	-
		AF liderado por uma mulher	-
		Nível de escolaridade do chefe do AF	+
		Índice de escolaridade do AF	+
		Percepção da salinidade nas machambas	+
	Capital social e institucional (7)	Membro do AF líder na comunidade	+
		Acesso a crédito agrícola	+
		Acesso a apoio em espécie ou dinheiro	+
		Prática de poupança	+
		Membro do AF que possui seguro agrícola	+
		Nº de membros do AF em associações agrícolas	+
		Acesso à informação climática	+
	Capital financeiro (6)	Nº de fontes de subsistência	+
		Membro do AF com trabalho assalariado	+
		Membro do AF que trabalha fora da aldeia	+
		Efectivo bovino	+
		Efectivo caprino+suíno+ovino	+
		Efectivo de aves	+
	Capital tecnológico (8)	Prática de agricultura irrigada	+
		Uso de insumos orgânicos	+
		Uso de insumos inorgânicos	-
		Uso de semente certificada	+
		Número de culturas produzidas pelo AF	+
		Produção de culturas tolerantes à salinidade	+
		Produção em sistema consociado	+
		Diversificação de época de épocas de produção por ano	+
	Capital físico e infra-estrutural (5)	Número de machambas	+
		Rácio de machambas na zona alta e baixa	+
		Área total das machambas	+
Existência de infra-estruturas de gestão de recursos hídricos		+	
Desempenho das infra-estruturas de gestão de recursos hídricos		+	

Tamanho do agregado familiar: é uma variável numérica, onde os AFs com maior número de membros têm maior capacidade adaptativa, devido à existência de mão-de-obra para a diversificação de actividades de subsistência dentro do AF.

Idade do chefe do AF: esta variável é numérica e considera-se que o aumento da idade possui relação inversa com a capacidade adaptativa, principalmente por causa da tendência ao aumento da dependência no AF. Por sua vez, o índice de dependência foi determinado através da razão entre o número de membros dependentes do AF (membros com menos de 14 e acima de 55 anos de idade) e o número total de membros do AF.

Liderança do AF: nesta variável, o inquirido assumiu respostas do tipo Sim ou Não, onde “Sim”, corresponde a AFs liderados por uma mulher, considerada, neste caso, como sendo opção que coloca o AF em situação de baixa capacidade adaptativa.

Nível de escolaridade do chefe do AF: nesta variável considera-se que o chefe do AF possui, pelo menos, nível primário de escolaridade, assumindo respostas de Sim ou Não, sendo “Sim”, correspondente à maior capacidade adaptativa.

Índice de escolaridade do AF: esta variável foi determinada através da razão entre o número de membros do AF com pelo menos nível de escolaridade primário (até 5ª classe) e o número total de membros do AF. Assim, quanto maior for o índice de escolaridade, maior será a capacidade adaptativa. Percepção da salinidade nas machambas: variável que admite respostas de Sim ou Não, sendo que “Sim” corresponde a maior capacidade adaptativa do AF à IS.

Membro do AF líder na comunidade, acesso a crédito agrícola, acesso a apoio, em espécie ou dinheiro, prática de poupança, posse de seguro agrícola, participação em associações agrícolas e acesso a informação climática, são variáveis da componente de relações sociais e institucionais, e admitiram respostas de Sim ou Não, onde o “Sim”, significa maior capacidade adaptativa do AF à intrusão salina.

Na componente de capital financeiro, o número de fontes de subsistência, existência de membros no AF com trabalho assalariado e existência de membros do AF que trabalham fora da aldeia, constituem variáveis que admitem respostas de Sim e Não, onde o “Sim” significa maior capacidade adaptativa. Na mesma componente, o efectivo bovino, caprino+suíno+ovino, e de aves constituem variáveis numéricas, onde maior número corresponde a maior capacidade adaptativa do AF à intrusão salina.

No capital tecnológico, a prática de agricultura irrigada, uso de insumos orgânicos, uso de semente certificada, produção de culturas tolerantes à salinidade, produção em sistema consociado, diversificação de época de épocas de produção por ano, são variáveis com respostas de Sim ou Não, onde o “Sim” significa maior capacidade adaptativa. No caso de uso de insumos inorgânicos, o “Sim” significa efeito negativo na capacidade adaptativa. Adicionalmente, o número de culturas produzidas pelo AF é uma variável numérica, onde maior número de culturas corresponde a maior capacidade adaptativa.

Por fim, para o capital infra-estrutural e físico, o número de machambas, rácio de machambas da zona alta e baixa, área total das machambas, são variáveis numéricas, em que maior valor corresponde a maior capacidade adaptativa. Adicionalmente, sobre a existência de infra-

estruturas de gestão de recursos hídricos, a resposta “Sim“ significa maior capacidade adaptativa. E, finalmente, o desempenho das infra-estruturas de gestão de recursos hídricos foi pontuado numa escala de 1 a 5, sendo 1 – Muito mau e 5 – Muito bom.

#### 4.2.4. Recolha de amostras de solo

Na terceira etapa, realizada em Junho de 2023, foi feita a recolha de amostras de solo nas parcelas dos Agregados Familiares inquiridos que produzem no regadio do Limpopo, totalizando 150 amostras. Em cada parcela do agricultor, foi feita uma amostra composta, seguindo dois transectos perpendiculares, recolhendo o solo nos primeiros 30 centímetros superficiais, excluindo os primeiros 5 centímetros superficiais (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Recolha de amostras de solo nas machambas dos pequenos agricultores do RBL.

Foto do autor.

As amostras de solo recolhidas foram etiquetadas e submetidas à análise laboratorial na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, onde foi determinada a condutividade eléctrica do solo (CEe 1:2.5) e o potencial de hidrogénio (pH).

### 4.3. Análise de dados

Após a recolha, os dados foram transferidos da base de dados ODK Collect para o programa Microsoft Excel, onde foram organizados por agregado familiar em cada Posto Administrativo. De seguida, foi feita a normalização de cada indicador utilizando as Equações 4.2 e 4.3.

$$X_i = \frac{S_v - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (4.2)$$

$$X_i = \frac{S_{\max} - S_v}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (4.3)$$

Onde:  $X_i$  – representa o índice normalizado do indicador;  $S_v$  representa o valor observado do indicador;  $S_{\min}$  e  $S_{\max}$  – representam os valores mínimos e máximos do indicador, respectivamente. A equação 4.2 foi utilizada no caso em que o indicador possuía uma relação positiva (directa) com o elemento da vulnerabilidade, enquanto a equação 4.3 foi utilizada no caso inverso (Mekonen & Berlie, 2021).

Após a normalização, determinaram-se os sub-índices de vulnerabilidade à intrusão salina (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa) para cada posto administrativo, através da equação 4.4.

$$CF_i = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^n W_{Mi}} \quad (4.4)$$

Onde:  $CF_d$  – elemento de vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa);  $M_{di}$  – componentes de cada elemento;  $W_{Mi}$  – é o peso de cada componente – nº de indicadores de cada componente.

Após a determinação de cada elemento, foram combinados os três elementos e determinado o índice de vulnerabilidade de acordo com a equação 4.5, utilizada para a determinação do índice de vulnerabilidade à intrusão salina por Binh (2015).

$$IVIS = (IE + IS) - ICA \quad (4.5)$$

Onde: IE – exposição; ICA – capacidade adaptativa; IS – sensibilidade; IVIS – índice de vulnerabilidade à intrusão salina.

Após a determinação dos sub-índices e do índice de vulnerabilidade à intrusão salina, foi utilizado o STATA para a análise de variância (ANOVA), a 5 % de significância, para testar a influência dos diferentes indicadores no índice de vulnerabilidade ao nível do Posto Administrativo. No caso de significância (p-value <0,05), foi aplicado o teste de Tukey (0,05), com vista a analisar a diferença dos níveis de vulnerabilidade em cada Posto Administrativo.

Determinado o IVIS e seus sub-índices, foi utilizado o ArcMap 10.8, para a representação espacial da exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa e do IVIS, e finalmente classificados em cinco classes: muito baixa (0 – 0.20), baixa (0.21 – 0.40), média (0.41 – 0.60), alta (0.61 – 0.80), e muito alta (0.81 – 1.00).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Características sociodemográficas dos inquiridos

Do total de 150 AFs inquiridos, 57 pertencem ao distrito de Limpopo (19 no Posto Administrativo de Zongoene, 38 em Chicumbane); 44 de Chongoene (Chongoene); 33 AFs de Chibuto (14 em Tchaimite e 19 em Malehice); e 16 de Xai-Xai (Chilaulene).

Na Tabela 5.1 apresenta-se a estatística descritiva das variáveis relacionadas com a exposição e sensibilidade dos agricultores antes da sua normalização e a respectiva relação com a vulnerabilidade à intrusão salina, numa escala de cores na horizontal, onde a transição de verde para vermelho ilustra uma tendência de aumento de vulnerabilidade.

**Tabela 5.1.** Estatística descritiva dos AFs vs indicadores de exposição e sensibilidade dos agricultores.

Indicador (N= 150)	Posto Administrativo*					
	Chic	Chil	Chong	Male	Tchai	Zong
Ocorrência de Cheias (%)	0.87	0.81	1.00	0.63	0.79	0.95
Ocorrência de Ciclones (%)	0.34	0.38	0.32	0.47	0.29	0.32
Ocorrência de Secas (%)	0.68	0.63	0.68	0.95	0.64	0.53
Ocorrência de Altas temperaturas (%)	0.76	0.56	0.68	0.68	0.93	0.63
Precipitação (mm)	619	639	612	560	493	697
Distância até o mar (km)	31.46	9.45	37.28	50.12	61.90	15.05
Conductividade eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	0.25	0.58	0.73	0.15	0.16	1.12
Prática de agricultura irrigada (%)	0.26	0.29	0.36	0.51	0.37	0.48
Distância até a fonte de água de rega (km)	0.31	0.33	1.39	0.35	0.45	0.35
Disponibilidade anual de água de rega (%)	0.16	0.38	0.30	0.47	0.29	0.16
Nº de meses de escassez de alimentos (valor)	2.37	3.06	2.11	2.32	1.79	3.32
Nº de estratégias face a escassez de alimentos (valor)	2.61	1.69	1.80	2.32	2.07	2.84
Abandono de culturas devido a salinidade (%)	0.05	0.50	0.09	0.05	0.00	0.47
Existência de membros com necessidades especiais (%)	0.18	0.38	0.18	0.21	0.07	0.11
Existência de membros com doenças crónicas (%)	0.29	0.63	0.30	0.26	0.29	0.16
Índice de dependência (valor)	0.40	0.44	0.42	0.45	0.52	0.50

Onde: (\*) - Postos Administrativos: Chic – Chicumbane; Chil – Chilaulene; Chong – Chongoene; Male – Malehice; Tchai – Tchaimite; e Zong – Zongoene.

Na Tabela 5.2 apresenta-se a estatística descritiva das variáveis relacionadas com a capacidade adaptativa dos agricultores antes da sua normalização e a respectiva relação com a vulnerabilidade à intrusão salina apresentada numa escala de cores na horizontal, onde a transição de verde para vermelho ilustra tendência de aumento de vulnerabilidade.

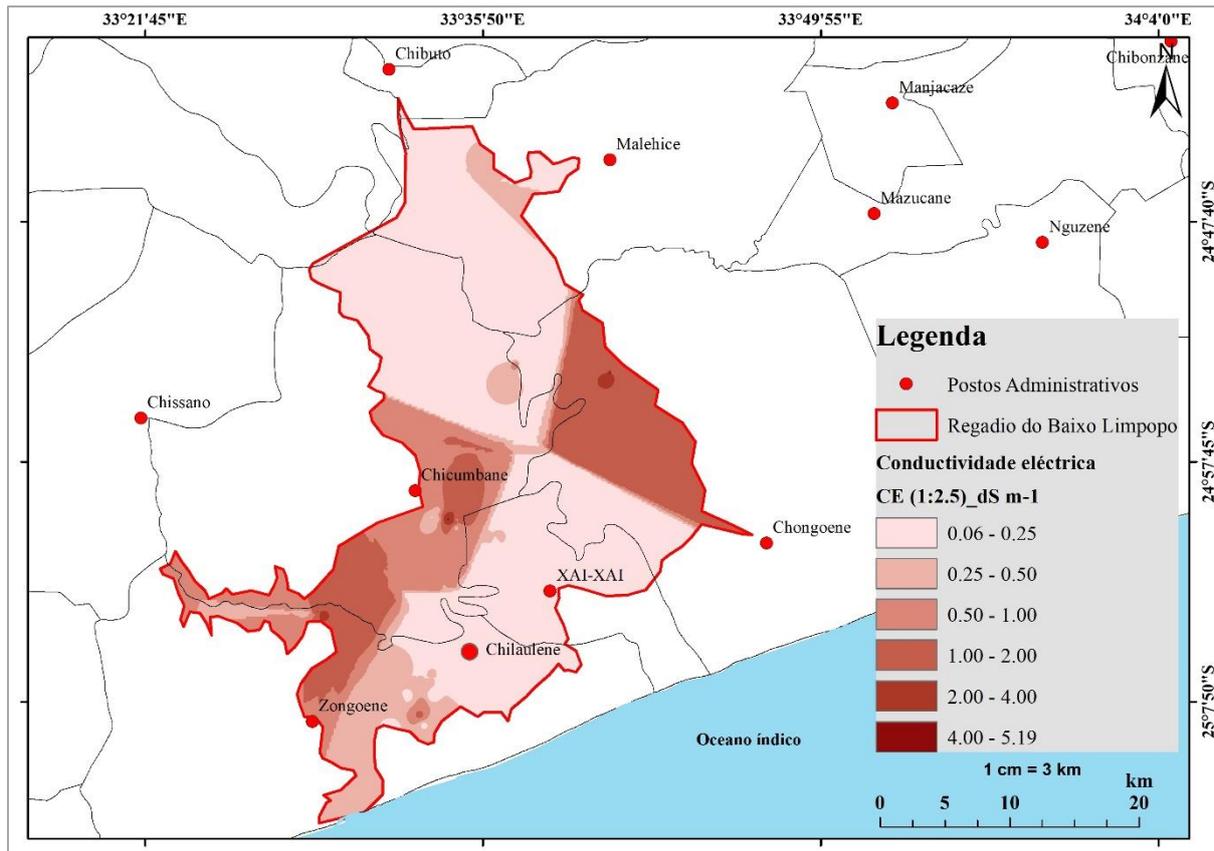
**Tabela 5.2.** Estatística descritiva dos indicadores da capacidade adaptativa dos agricultores.

Indicador (N= 150)	Posto Administrativo					
	Chic	Chil	Chong	Male	Tchai	Zong
Tamanho do AF (valor)	7.05	10.56	6.43	5.84	7.00	7.37
Idade do chefe do AF (valor)	55.71	61.38	50.84	48.11	48.43	56.05
AF liderado por mulher (%)	0.42	0.46	0.47	0.42	0.21	0.61
Índice de escolaridade (valor)	0.34	0.47	0.24	0.18	0.14	0.36
Nível de escolaridade do chefe do AF (%)	0.77	0.83	0.67	0.63	0.72	0.87
Membro do AF líder na comunidade (%)	0.30	0.21	0.32	0.20	0.23	0.13
Acesso a apoio em espécie ou dinheiro (%)	0.19	0.06	0.12	0.04	0.21	0.00
Prática de poupança (%)	0.29	0.65	0.42	0.42	0.65	0.36
Membro do AF pertencente a uma associação agríc (%)	0.20	0.29	0.12	0.35	0.14	0.15
Acesso à informação climática (%)	0.95	1.00	0.86	0.69	0.92	0.96
Número de fontes de subsistência do AF (valor)	2.08	2.38	2.02	2.16	2.43	2.11
Nº de membros do AF com trabalho assalariado (valor)	0.47	1.00	0.52	0.37	0.93	0.79
Acesso à crédito agrícola (%)	0.02	0.01	0.03	0.11	0.21	0.04
Membros do AF que possuem seguro agrícola (%)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
Efectivo bovino (valor)	0.55	1.69	2.68	1.89	6.50	0.26
Efectivo caprino valor	0.32	0.81	1.43	6.11	5.29	1.11
Efectivo suíno (valor)	0.26	0.31	0.70	2.16	1.14	0.00
Efectivo de aves (valor)	15.68	13.25	19.55	16.74	24.21	21.79
Uso de insumos inorgânicos (%)	0.23	0.13	0.41	0.26	0.73	0.35
Uso de insumos orgânicos (%)	0.11	0.34	0.29	0.59	0.59	0.45
Nº de culturas produzidas pelo AF (valor)	4.89	7.69	6.57	6.37	5.57	5.89
Nº de culturas tolerantes à salinidade (valor)	1.42	1.88	1.75	1.37	1.43	1.53
Produção de culturas nas duas épocas do ano (%)	0.37	0.52	0.34	0.33	0.23	0.47
Área total das machambas (ha)	4.80	10.86	7.11	2.99	3.64	3.89
Nº de machambas do AF (valor)	3.11	4.44	3.25	3.42	2.43	2.74
Existência de infra-estruturas de gestão de água (%)	1.00	0.99	0.93	0.89	0.85	0.95
Gestão dos recursos hídricos (valor)**	3.00	4.00	3.00	3.00	2.00	2.00

Onde: (\*) - Postos Administrativos: Chic – Chicumbane; Chil – Chilaulene; Chong – Chongoene; Male – Malehice; Tchai – Tchaimite; e Zong – Zongoene; (\*\*) – Gestão de recursos hídricos (1 – muito má; 2 – má; 3 – médio; 4 – bom e 5 – muito bom).

## 5.2. Salinidade do solo no Regadio do Baixo Limpopo

A análise da salinidade no RBL mostra que maior parte da superfície utilizada pelos pequenos produtores possui salinidade abaixo de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , à excepção da maior parte da superfície nos Postos Administrativos de Zongoene, Chicumbane, Chilaulene e Chongoene, com salinidade acima de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 5.1).



**Figura 5.1.** Distribuição espacial da salinidade do solo no Regadio do Baixo Limpopo.

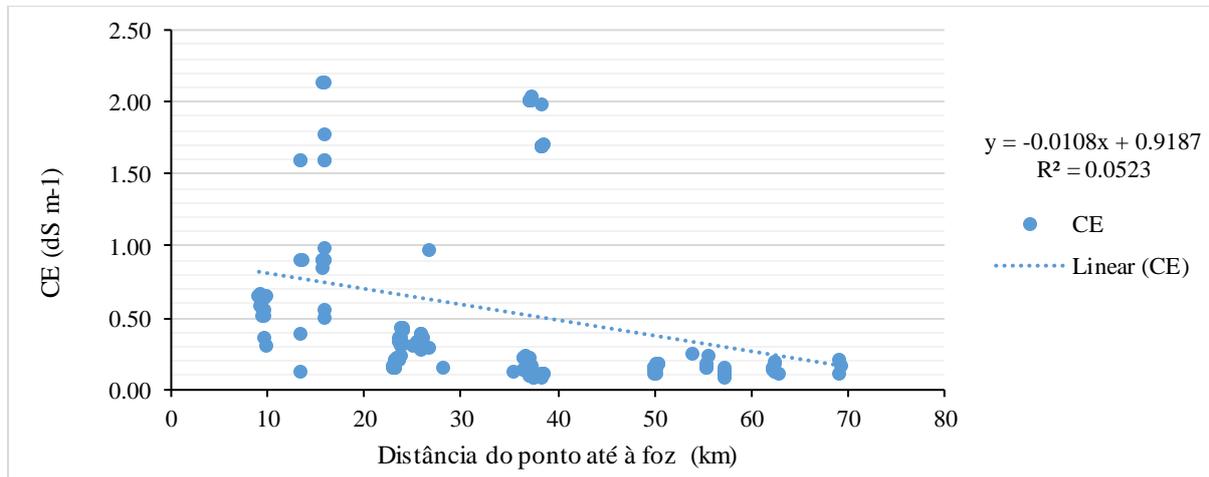
Nota: Levantamento de amostras de solo no mês de Junho de 2023.

Este resultado é consentâneo com os resultados obtidos durante as entrevistas semi-estruturadas aos líderes locais e aos produtores que, no caso dos postos de Zongoene e de Chilaulene, apontaram a subida das marés como sendo o factor principal da intrusão salina, exacerbada pelo não funcionamento dos diques e respectivas comportas de contenção da água salgada proveniente do mar. Este resultado pode estar associado à localização geográfica (próximo à costa) e pela topografia prevalecente (plana), que facilitam a ocorrência da intrusão salina, exacerbada pela ocorrência de ciclones tropicais (Cao *et al.*, 2021; Shammi *et al.*, 2019).

No caso de Chongoene e de Chicumbane, os produtores apontam as águas residuais oriundas dos campos de arroz existentes a montante (campos de produção de arroz de RBL), associadas à fraca capacidade de drenagem do excesso da água, resultando na acumulação de sais e, conseqüentemente, na salinização dos solos, que é apontado como um dos factores importantes na gestão da salinidade na zona radicular das culturas (Jalali, 2011; Mahmoud *et al.*, 2021; Shahid *et al.*, 2018).

Chilundo *et al.* (2007), analisando a qualidade da água do rio Limpopo, constatou, a jusante da cidade de Xai-Xai, haver uma tendência de redução da qualidade da água quando comparado à

água a montante, facto o autor associou à influência das águas residuais depositadas pela cidade no rio e à ocorrência da intrusão salina durante a maré alta. A salinidade ao longo do RBL, apesar do baixo coeficiente de determinação ( $R^2=0,05$ ), possui uma tendência de aumento em direcção à zona costeira, ou seja, a cada km em direcção à zona costeira, a salinidade aumenta em  $0,011 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 5.2).



**Figura 5.2.** Variação da salinidade (CE) desde a foz do rio Limpopo (ponto de referência – 0 km) até às machambas dos produtores do RBL

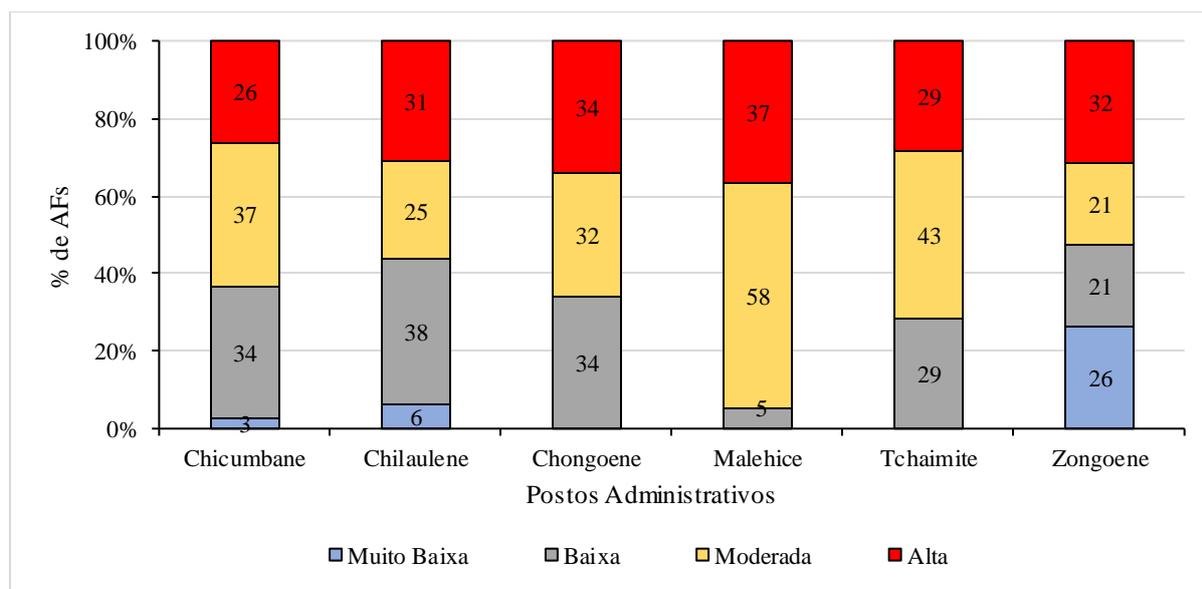
Este aumento da salinidade por aproximação à zona costeira pode ser explicada por vários factores, (i) pelo efeito da intrusão salina aquando da subida de marés e ascensão capilar; (ii) pelo facto de a zona próxima da costa, localizar-se a jusante de uma zona urbana (cidade de Xai-Xai) e de várias explorações comerciais de produção agrícola intensiva e com uso de agrotóxicos, que, por difusão, drenam vários produtos químicos para a parte jusante (Chilundo *et al.*, 2007; Consultec, 2022). Adicionalmente, esta tendência da salinidade pode estar associada à redução do escoamento e de precipitação na época fresca (época de estudo), facto que reduz a capacidade de dissolução dos sais na zona superficial e, conseqüentemente, o depósito de sais na zona radicular das culturas (Cai *et al.*, 2016).

Resultado similar ao deste estudo, foi obtido por Gallego-Ayala & Juárez (2014); Juárez & Liden, (2008); Lee *et al.* (2016), onde a redução do escoamento do rio contribuiu significativamente para o avanço da intrusão salina. No caso do rio Limpopo, Asante & Vilankulos (2009) apontam para um avanço da intrusão salina, principalmente na época fresca, resultado secundado por Chilundo *et al.* (2007), que aponta para a redução da precipitação e escoamento do rio como factor de redução da qualidade da água, podendo resultar no aumento da salinidade do solo, dado que esta água é utilizada em alguns postos administrativos para irrigação.

### 5.3. Elementos da vulnerabilidade agrícola à intrusão salina

#### 5.3.1. Exposição

Dos 150 AFs inquiridos, 31% de AFs possuem exposição alta à intrusão salina, 37% com moderada, 27% baixa e 6% muito baixa. Ao nível dos Postos Administrativos<sup>3</sup>, cerca de 37% de AFs em Malehice, Chongoene (34%), Zongoene (32%) e Chilaulene (31%) possuem exposição alta (Figura 5.3).

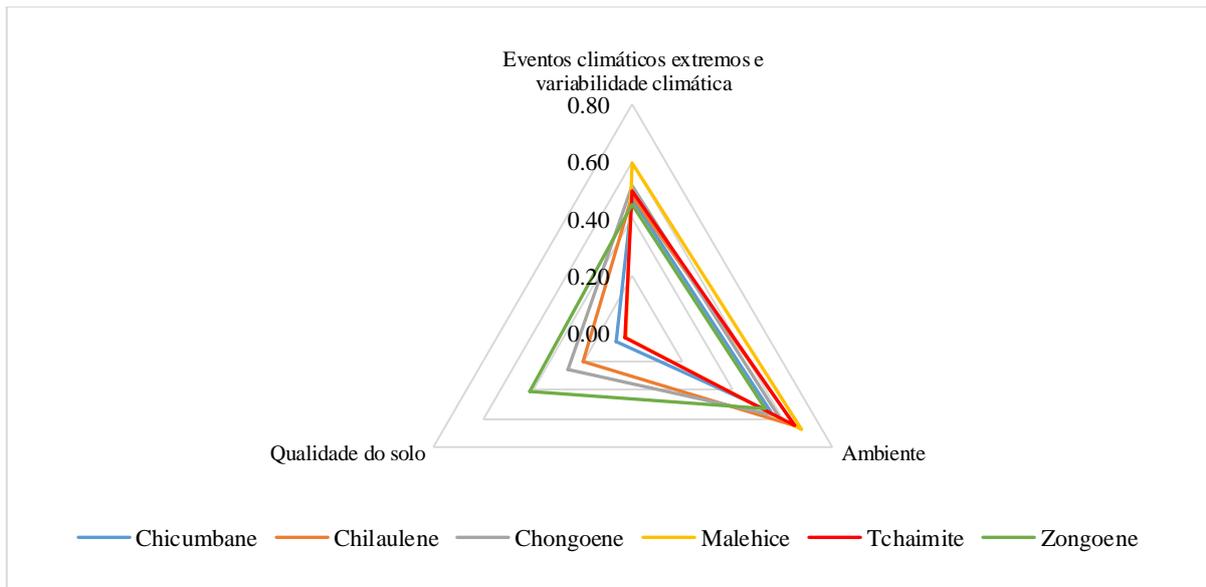


**Figura 5.3.** Classes de exposição à intrusão salina dos AFs que produzem no Regadio do Baixo Limpopo.

O mapa abaixo mostra a distribuição espacial da exposição dos AFs à IS, estando maior superfície na área do RBL ocupada pelos produtores nos postos em estudo, com exposição que varia de moderada (0,2 – 0,4) a alta (0,6 – 0,8) (Figura 5.4).

<sup>3</sup> A percentagem dos AFs está calculada em relação ao número de inquiridos em cada Posto Administrativo, isto é, Chicumbane (38); Chilaulene (6); Chongoene (44), Malehice (19); Tchaimite (16), e Zongoene (19).





**Figura 5.5.** Contribuição individual de componentes da exposição à intrusão salina dos AFs.

Onde: Qualidade do solo representa apenas a salinidade do solo (Cee<sub>1:2,5</sub>); Eventos climáticos extremos e variabilidade climática (ocorrência de cheias, ciclones, secas, altas temperaturas, alteração do padrão de chuvas, choques ambientais totais, precipitação média anual e temperatura média anual); e Ambiente (Intensidade de pragas e doenças, ocorrência de intrusão salina, altitude, distância da machamba à foz).

Estes resultados evidenciam o impacto dos eventos climáticos extremos e da variabilidade climática na ocorrência e/ou intensificação da salinidade do solo, sendo apontados, em vários estudos, como responsáveis pela exposição da maior parte dos agricultores (Ndung *et al.*, 2021; Neubauer *et al.*, 2013; Parrotta & Agnoletti, 2012).

Por outro lado, a localização geográfica destes Postos com elevada exposição também constitui um elemento muito importante na exposição à intrusão salina, sendo que, a distância da machamba à foz apresentou uma relação negativa com exposição, isto é, à medida que aumenta a distância da foz à machamba, a exposição tende a diminuir. Resultado similar foi obtido por Geethalakshmi *et al.* (2016) e Nguyen *et al.* (2019).

A análise de variância (ANOVA) aponta que, cerca de 76% ( $R^2 = 0,76$ ) da exposição é explicada pelos 13 indicadores da exposição à intrusão salina analisados, sendo a ocorrência de cheias, ciclones tropicais, seca, altas temperaturas, choques ambientais totais, alteração do padrão de chuvas, intensidade de pragas, percepção da ocorrência da salinidade, distância entre as machambas e a foz do rio Limpopo, e a salinidade do solo, os indicadores significativos na exposição à intrusão salina, tal como ilustra a Tabela 5.4.

**Tabela 5.4.** Análise de variância (ANOVA) e regressão dos indicadores da exposição à intrusão salina

Indicador	Abreviatura	Coefficiente	p-value (0.05)
Ocorrência de cheias	Occheia	- 0,246	0,000*
Ocorrência de ciclones	Occicl	0,218	0,000*
Ocorrência de secas	Ocsec	0,507	0,000*
Ocorrência de altas temperaturas	ocaltemp	0,259	0,000*
Alteração de padrão de chuvas	Altchuv	0,165	0,000*
Choques ambientais totais	choqtotais	0,249	0,003*
Precipitação média anual (mm)	Prec	- 0,478	0,000*
Temperatura média anual (°C)	Temp	0,020	0,697
Intensidade de pragas e doenças	Intprag	0,314	0,000*
Percepção da ocorrência da intrusão salina	Ocsalin	0,176	0,0005*
Altitude (m)	Altitude	0,047	0,6026
Distância até a foz	Distfoz	- 0,405	0,0082*
Salinidade do solo	Soilsalt	0,208	0,0018*

Nota: (\*) Indicadores com (p-value <0,05) apresentam efeito significativo na exposição dos agricultores à intrusão salina no RBL.

A análise de regressão dos indicadores da exposição mostra uma relação negativa da ocorrência de cheias, precipitação média anual e da distância do mar até às machambas dos AFs e a IS o que ilustra que, à medida que estas variáveis aumentam, reduz-se a probabilidade de exposição à intrusão salina.

Binh (2015) e Consultec (2022) afirmam que a exposição agrícola à salinidade é resultado da localização das áreas agrícolas numa região com características salinas e/ou com potencial de ocorrência da salinidade, seja próximo de corpos de água salina e/ou regiões com descarga de água contaminada.

No caso da ocorrência de cheias e de elevada precipitação anual, existe uma relação inversa com a intrusão salina, pois estes factores relacionam-se directamente com a evapotranspiração, escoamento dos rios e fluxo da água no solo, isto é, o aumento da precipitação anual possibilita a lavagem de sais para além da zona radicular das culturas. Entretanto, de acordo com Mojid & Acharjee (2013), num estudo realizado no Bangladesh, observou que a lavagem de sais para além de 20 cm superficiais não depende apenas do volume da precipitação, sendo necessário que esta precipitação tenha uma distribuição uniforme na época de produção.

No mesmo âmbito, Li *et al.* (2018) e Sheng & Xiuling (2004) referem que, para além da importância da precipitação na lavagem dos sais, é indispensável uma boa capacidade de

drenagem do excesso de água para uma efectiva gestão da salinidade do solo. Resultados do presente estudo corroboram as conclusões destes estudos, pois os Postos Administrativos com maior exposição à intrusão salina, são os que estão localizados na zona costeira, onde, apesar da elevada precipitação, quando comparada com a nos Postos no interior, possuem baixa capacidade de drenagem.

Este cenário observa-se também em Chongoene, nas baixas de Nhancutsi, caracterizadas pelos solos tipo *machongo*, com elevada salinidade, associada principalmente à localização, a jusante dos campos de produção de arroz, e à baixa capacidade de drenagem das águas residuais (ricas em agro-tóxicos) oriundas desses campos (Lasse, 2023<sup>a</sup>).

Na Tabela 5.5 apresenta-se a comparação das médias (Teste de Tukey) dos indicadores com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na exposição à intrusão salina por Posto Administrativo, revelando que, no caso de ocorrência de cheias, os Postos de Malehice, Chicumbane, Chilaulene e Tchaimite não apresentam diferenças significativas entre si, sendo estes os considerados mais expostos às cheias.

**Tabela 5.5.** Médias dos indicadores com efeito significativo na exposição dos AFs à intrusão salina.

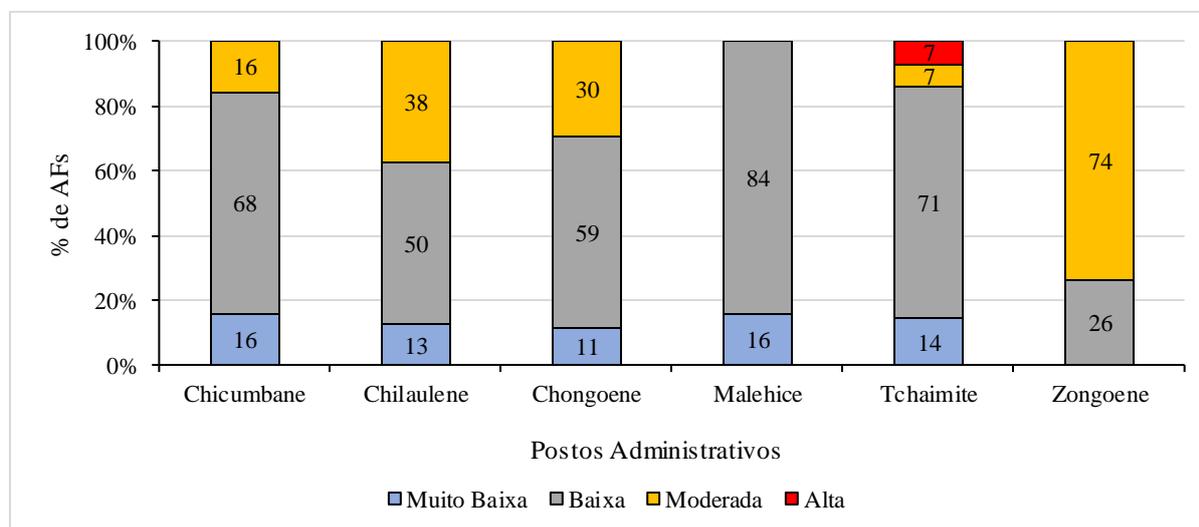
Indicador	Posto Administrativo					
	Chicumbane	Chilaulene	Chongoene	Malehice	Tchaimite	Zongoene
Ocorrência de cheias	0,13 ab	0,19 ab	0,00 a	0,37 b	0,21 ab	0,05 a
Ocorrência de ciclones	0,34 a	0,38 ab	0,32 ab	0,47 b	0,29 a	0,32 ab
Ocorrência de secas	0,68 ab	0,63 ab	0,68 ab	0,95 b	0,64 ab	0,53 a
Ocorrência de altas temperaturas	0,76 ab	0,56 a	0,68 ab	0,68 ab	0,93 b	0,63 ab
Alteração de padrão de chuvas	0,47 ab	0,44 ab	0,73 b	0,63 ab	0,57 ab	0,37 a
Choques ambientais totais	0,13 a	0,50 b	0,41 b	0,11 a	0,14 a	0,63 b
Intensidade de pragas e doenças	0,35 b	0,26 b	0,38 b	0,60 bc	0,89 c	0,01 a
Ocorrência da intrusão salina	0,59 a	0,41 abc	0,52 bc	0,92 ab	0,79 ab	0,28 c
Distância até à foz	0,63 b	0,99 b	0,53 b	0,32 a	0,12 a	0,90 b
Salinidade do solo	0,03 a	0,10 a	0,15 b	0,01 a	0,02 a	0,20 b

Nota: A comparação entre os Postos Administrativos é feita por linha; os valores com mesma letra significam que não existe diferença significativa entre os Postos Administrativos para cada indicador.

### 5.3.2. Sensibilidade

A maior parte dos produtores inquiridos apresenta índice de sensibilidade (S) à intrusão salina baixo, sendo o Posto de Malehice o que tem maior número de AF com sensibilidade baixa (84%), seguido por Tchaimite (71%) e Chicumbane (68%).

O Posto Administrativo de Zongoene apresenta maior número de AFs com sensibilidade moderada (74%), seguido por Chilaulene (38%), Chongoene (30%), Chicumbane (16%) e Tchaimite (7%), sendo este último, o único Posto que apresenta sensibilidade à IS alta, porém afectando uma menor proporção dos AFs inquiridos (7%) (Figura 5.6).



**Figura 5.6.** Classes de sensibilidade à intrusão salina dos AFs que produzem no Regadio do Baixo Limpopo

Quanto à sensibilidade dos AFs à intrusão salina por Posto Administrativo, constatou-se variação do índice de sensibilidade (IS) dos pequenos produtores, entre 0,26 e 0,45, sendo o Posto Administrativo de Zongoene, o que apresenta maior IS (0,45) classificada como sensibilidade moderada, e os demais postos, com sensibilidade considerada baixa (Tabela 5.6).

**Tabela 5.6.** Índice de sensibilidade (IS) à intrusão salina dos pequenos agricultores.

Posto Administrativo	Índice de Sensibilidade (IS)	Classe de Sensibilidade
Chicumbane	0,29 ( $\pm$ 0,11) a	Baixa
Chilaulene	0,35 ( $\pm$ 0,11) ab	Baixa
Chongoene	0,31 ( $\pm$ 0,10) ab	Baixa
Malehice	0,26 ( $\pm$ 0,06) a	Baixa
Tchaimite	0,29 ( $\pm$ 0,11) a	Baixa
Zongoene	0,45 ( $\pm$ 0,10) b	Moderada

Nota: A mesma letra no IS significa que não existem diferenças significativas do IS nos Postos Administrativos a 5% de significância.

A seguir, apresenta-se, na Figura 5.7, a distribuição espacial da sensibilidade dos produtores à intrusão salina ao longo do RBL, onde produtores de Zongoene, especificamente os que produzem nas margens do rio Lumane, possuem sensibilidade que varia de alta à muito alta, e Chilaulene e Chicumbane, apresentam uma sensibilidade alta.



A componente da saúde tem sido reportada em várias pesquisas, tais como Hahn *et al.* (2009) e Hoque *et al.* (2019), que observaram efeito significativo da saúde na vulnerabilidade climática dos agricultores, dada a limitação de mão-de-obra para o trabalho agrícola devido à ocorrência de doenças nos membros do agregado familiar.

Resultado similar a este foi obtido por Can (2019), onde a saúde teve um efeito significativo, principalmente devido à prevalência de doença nos membros dos AFs inquiridos. Este autor, como estratégia para fazer face à vulnerabilidade à intrusão salina, recomenda intervenções orientadas à melhoria do bem-estar das comunidades, em termos de serviços de saúde, capacitação na gestão do solo e água, assim como à diversificação de estratégias de sobrevivência no seio do AF e comunitário.

A seguir à componente da saúde, o acesso a alimentos apresentou maior influência na sensibilidade à intrusão salina, sendo este factor considerado por (Abbas & Bruna (2022); Garrity *et al.* (2012); Hahn *et al.* (2009)), indispensável para a garantia da resiliência dos agregados familiares aos diferentes choques ambientais.

Adicionalmente, num estudo realizado no Gana, por Adu *et al.* (2018), constatou-se que os produtores de milho na área de estudo são mais resilientes aos choques ambientais, devido ao acesso a água e alimentos, resultado relacionado ao reduzido rácio de dependência nos AF, o que reduz o esforço na busca de estratégias face aos choques e seus impactos.

No presente estudo, os Postos Administrativos de Zongoene e Tchaimite apresentaram maior sensibilidade, relacionada, principalmente, com a componente da saúde, com índice de 0.87, 0.82, respectivamente. Nestes postos administrativos, observou-se maior prevalência de membros com necessidades especiais, associadas a doenças crónicas. Este resultado é secundado por Ebi *et al.* (2006) e Huang *et al.* (2023) que referem que as pessoas com prevalência de doenças crónicas são mais sensíveis a choques ambientais.

Da análise de variância dos indicadores da sensibilidade, constatou-se que cerca de 96% da sensibilidade ( $R^2 = 0,96$ ) é explicada pelos indicadores testados. Do total dos 13 indicadores explicativos da sensibilidade, a escassez de alimentos ( $p = 0,0212$ ), e a disponibilidade anual de água de rega (DAAR) apresentaram efeito significativo ( $p = 0,0112$ ) na sensibilidade dos produtores à intrusão salina (Tabela 5.7).

**Tabela 5.7.** Análise de variância dos indicadores da sensibilidade à intrusão salina dos produtores

Indicador	Abreviatura	Coefficiente	p-value (0,05)
Número de fontes de água de consumo doméstico	facd	-0,565	0,5371
Distância até à fonte de água de consumo doméstico	dfacd	0,245	0,4529
Disponibilidade anual da água de consumo doméstico	daacd	0,063	0,8131
Posse de reservatório de água de consumo doméstico	racd	-0,253	0,4314
Distância até à fonte de água de rega	dfar	-0,274	0,6088
<b>Disponibilidade anual da água de rega</b>	<b>daar</b>	<b>0,997</b>	<b>0,0112*</b>
Posse de reservatório de água de rega	rar	0,205	0,6893
<b>Número de meses de escassez de alimentos</b>	<b>mea</b>	<b>0,243</b>	<b>0,022*</b>
Número de estratégias face à escassez de alimentos	strat	0,448	0,5091
Membro do AF com necessidade especial	nesp	-0,065	0,8088
Membro do AF com doença crónica	dcro	-0,073	0,7208
Índice de dependência	idep	0,171	0,3399
Abandono de produção de culturas devido à intrusão salina	nonsalcrop	0,121	0,5803

Nota: (\*) Indicadores com (p-value <0,05), apresentam efeito significativo na sensibilidade dos produtores à intrusão salina no RBL.

Dos indicadores analisados, apenas a disponibilidade anual de água de rega teve efeito significativo na sensibilidade à intrusão salina. No entanto, comparando esta variável nos diferentes postos administrativos, constatou-se que Zongoene apresenta maior sensibilidade que os demais postos, seguido por Tchaimite, este último, porém, sem diferença significativa com Malehice e Chicumbane. Chilaulene e Chongoene, que são os postos com menor sensibilidade tendo em conta a disponibilidade de água para a rega (Tabela 5.8).

**Tabela 5.8.** Médias dos indicadores com efeito significativo na sensibilidade dos AFs à intrusão salina

Posto Administrativo	Disponibilidade anual de água de rega
Chicumbane	0,25 b
Chilaulene	0,00 a
Chongoene	0,07 a
Malehice	0,10 ab
Tchaimite	0,20 b
Zongoene	0,70 c

Nota: Postos Administrativos com mesma letra na disponibilidade anual de água de rega, não possuem diferença significativa a 5% de significância.

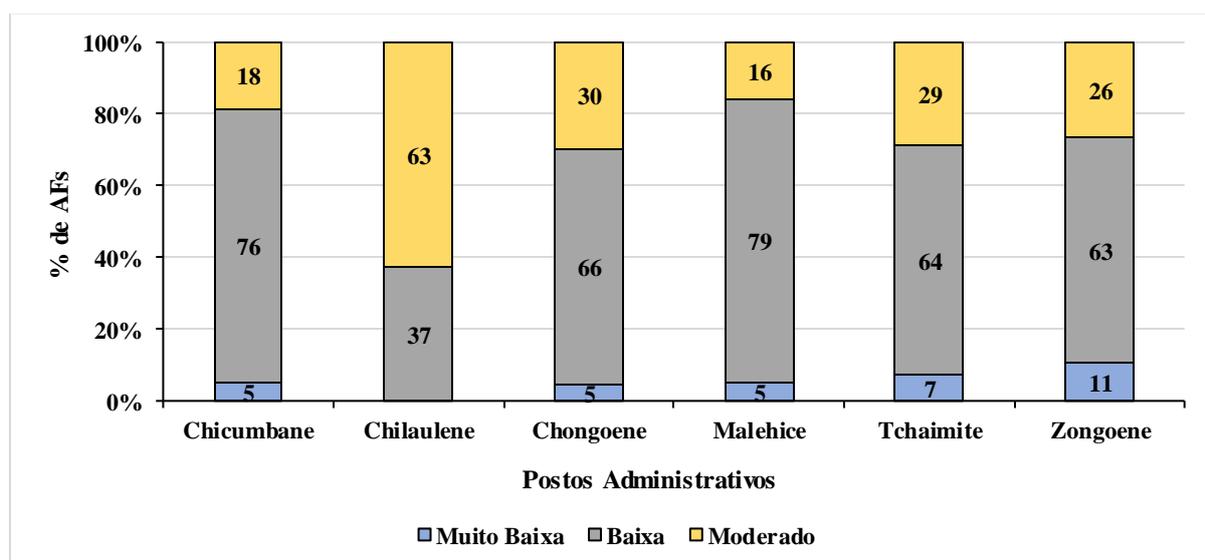
Neste estudo, a irrigação mostrou-se como indicador com efeito significativo na salinidade no solo, porque a disponibilidade anual de água de rega foi, estatisticamente, o factor com maior influência. Este resultado é explicado pelo facto de a irrigação, quando feita tendo em conta a necessidade de lavagem de sais no solo, garante a lavagem de sais para além da zona radicular das culturas (Cuevas *et al.*, 2019; Shahid *et al.*, 2018).

Num estudo realizado por Devkota *et al.* (2015), na região de Khorezm, na Ásia, avaliando o efeito da rega por sulcos em diferentes dinâmicas de salinidade no solo, constatou-se uma redução de salinidade nos sulcos sob irrigação permanente, facto que ilustra a importância da irrigação na redução da salinidade no solo.

Resultados similares foram obtidos por Chu *et al.* (2016, 2020), em locais utilizando rega por aspersão, Li & Kang (2020) na rega por sulcos; Bakker *et al.* (2010) na rega por inundação, e Wang *et al.* (2023) e Wang *et al.* (2018) na rega gota-a-gota.

### 5.3.3. Capacidade adaptativa

Dos 150 AFs inquiridos, numa escala de muito baixa a muito alta, 5% dos AFs possui capacidade adaptativa (CA) muito baixa, 64% baixa, 30% moderada, e nenhum AF possui alta CA. Todos os Postos em estudo, à excepção de Chilaulene, pelo menos 60% dos AFs inquiridos possuem baixa CA à intrusão salina. No Posto Administrativo de Chilaulene, 38% de AFs possuem baixa CA e cerca de 63% possuem CA moderada (Figura 5.9).



**Figura 5.9.** Classes de capacidade adaptativa à intrusão salina dos AFs que produzem no RBL

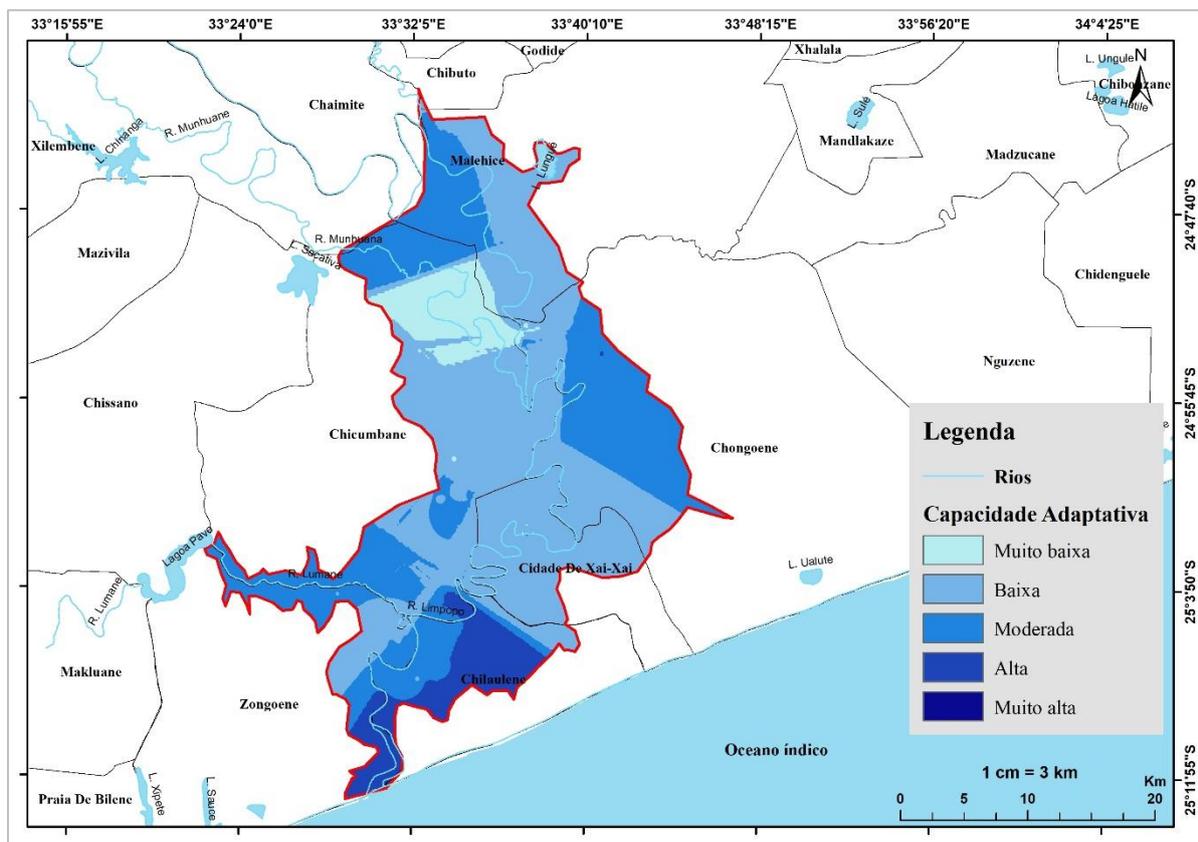
Em média, a capacidade adaptativa dos produtores na área de estudo varia entre 0,34 e 0,44, sendo a máxima CA nos produtores no Posto de Chilaulene, e a menor, nos Postos de Chongoene e Chicumbane, ambos com CA de 0,34 (Tabela 5.9).

**Tabela 5.9.** Capacidade adaptativa à intrusão salina dos produtores do Regadio do Baixo Limpopo

Posto Administrativo	Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)	Classificação
Chicumbane	0,34 ( $\pm$ 0,08) a	Baixa
Chilaulene	0,44 ( $\pm$ 0,08) a	Moderada
Chongoene	0,34 ( $\pm$ 0,09) a	Baixa
Malehice	0,36 ( $\pm$ 0,07) a	Baixa
Tchaimite	0,35 ( $\pm$ 0,09) a	Baixa
Zongoene	0,35 ( $\pm$ 0,08) a	Baixa

Nota: Postos administrativos com mesmas letras no ICA, não apresentam diferença significativa à 5% de significância.

No mapa a seguir, apresenta-se a distribuição espacial da capacidade adaptativa (CA) à intrusão salina dos produtores do RBL, onde alguns produtores no Postos Administrativo de Chilaulene possuem maior CA quando comparado aos nos demais Postos, seguidos por uma parte dos produtores em Zongoene, Chicumbane, Chongoene e Malehice (Figura 5.10).

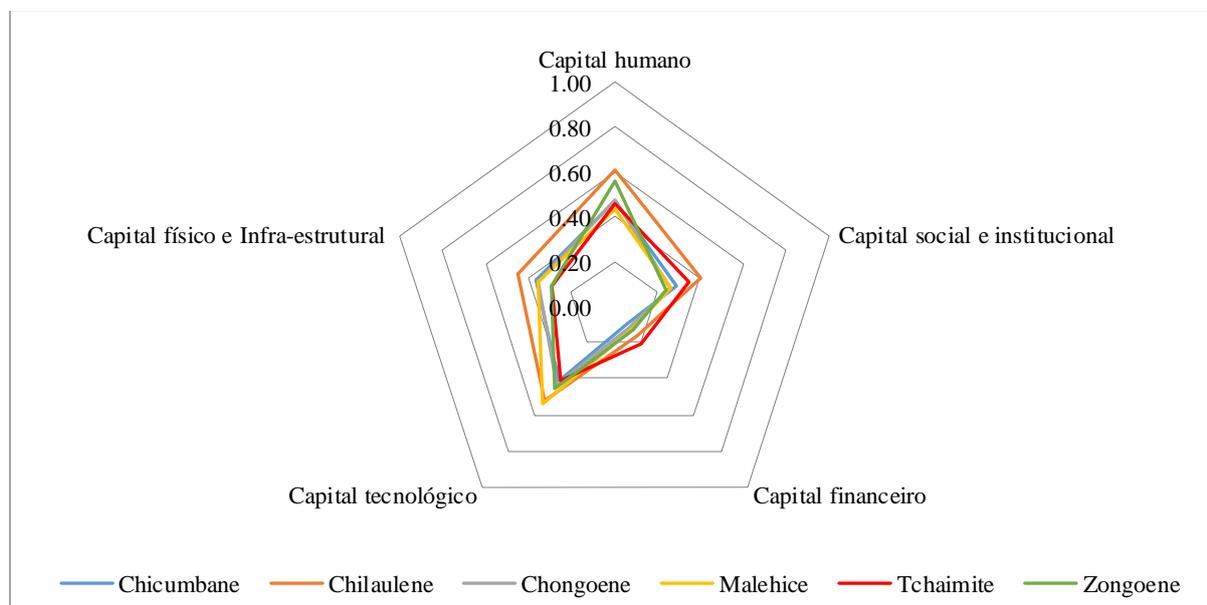


**Figura 5.10.** Distribuição espacial da capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina no RBL.

Nos postos administrativos com maior capacidade adaptativa (Chilaulene e Zongoene), a maior parte dos AFs é liderada por mulheres, sendo cerca 89% e 88% com pelo menos nível primário de escolaridade. Para além do nível de escolaridade, observou-se maior percepção dos produtores sobre a intrusão salina.

Estes dois factores (nível de escolaridade do chefe de agregado familiar e a percepção do risco) são considerados, em várias pesquisas, como importantes na tomada de decisão sobre as estratégias a adoptar para fazer face a um choque ambiental potencial ou iminente (Hoan *et al.*, 2019; Lasse & Abbas, 2023; Xu *et al.*, 2018).

Esta capacidade adaptativa é explicada por vários factores relacionados com os AFs, principalmente o capital humano (0,50); seguido pelo capital tecnológico (0,46) e capital físico e infra-estrutural (0,36), capital social (0,30) e capital financeiro (0,14) (Figura 5.11).



**Figura 5.11.** Contribuição individual de componentes da capacidade adaptativa à intrusão salina dos produtores que produzem no RBL.

O capital humano e o capital tecnológico são apontados, em várias pesquisas, como sendo factores importantes para a garantia da adaptação das comunidades aos diversos choques ambientais (Hahn *et al.*, 2009; Hoque *et al.*, 2021; Hoque *et al.*, 2019).

No estudo realizado por Abdul-Razak & Kruse (2017), avaliando a capacidade adaptativa de pequenos agricultores às mudanças climáticas no Gana, constatou-se que o capital humano, especificamente o género e nível de escolaridade, possuem influência na capacidade adaptativa, dado o ilimitado acesso a recursos económicos, tecnológicos e de conhecimento e participação em capacitação por parte das mulheres.

Associado ao capital humano, a experiência agrícola é apontada como sendo um factor importante na adaptação climática, pois permite aos agricultores melhor compreensão dos riscos climáticos, gerar conhecimento ao nível local que lhes permita adoptar novas tecnologias (Bryan *et al.*, 2009; Maiti *et al.*, 2017). Resultados similares foram obtidos por Diep *et al.* (2022), onde o capital humano (acesso à informação) foi responsável pela maior capacidade adaptativa à intrusão salina.

Com base na ANOVA, constatou-se que 48% da capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina é explicada pelos 32 indicadores testados ( $R^2 = 0,48$ ), com cerca de cinco indicadores com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina, nomeadamente (Tabela 5.10).

**Tabela 5.10.** ANOVA dos indicadores de capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina.

Indicador	Abreviatura	Coefficiente	p-value
Tamanho do AF	taf	0,049	0,2534
Idade do chefe do AF	agecaf	0,002	0,9487
AF liderado por uma mulher	cafM	0,015	0,6410
Índice de dependência do AF	idep	0,041	0,2128
Índice de escolaridade	iescol	-0,049	0,1655
Nível de escolaridade do chefe do AF	cafprim	0,019	0,5606
Membro do AF líder na comunidade	lead	0,025	0,4668
Número de fontes de subsistência do AF	fontes	-0,049	0,1439
Rácio de machambas na zona alta e baixa	machZAZB	-0,023	0,6944
Área total das machambas	Área_total	0,298	<b>0,0010*</b>
Número de machambas	mach	0,192	<b>0,0000*</b>
Membros do AF com trabalho assalariado	tr_assal	-0,027	0,6221
Membro do AF que trabalha fora da comunidade	trfora	-0,008	0,8771
Prática de agricultura irrigada	irrig	0,049	0,1900
Uso de insumos inorgânicos	ins_inorg	0,032	0,4117
Uso de insumos orgânicos	ins_org	0,047	0,1847
Uso de semente certificada	seed_certf	-0,043	0,2622
Número de culturas produzidas pelo AF	crops	0,422	<b>0,0022*</b>
Produção de culturas tolerantes à salinidade	mt_crops	0,019	0,6434
Produção em regime consociado	consoc	-0,004	0,9255
Diversificação de épocas de produção agrícola por ano	epocas	0,067	<b>0,0464*</b>
Efectivo bovino	efbov	-0,108	0,1340
Efectivo caprino+suíno+ovino	efcso	-0,081	0,7196
Efectivo de aves	efaves	-0,102	0,5730
Acesso a crédito agrícola	accredit	0,081	0,2461
Acesso a apoio em espécie ou dinheiro	acapoio	0,105	<b>0,0283*</b>
Prática de poupança	poup	-0,021	0,5620
Membro do AF pertencente a uma associação agrícola	assoc	0,058	0,1516
Membro do AF que possui seguro agrícola	seguro	0,009	0,9377
Acesso a informação climática	clima info	0,046	0,3613
Existência de infra-estruturas de gestão de recursos hídricos	irriinfra	-0,059	0,3689
Desempenho da gestão dos recursos hídricos	infgest	0,112	0,3357

Nota: (\*) Indicadores com (p-value <0,05), apresentam efeito significativo na capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina no RBL.

Dos 32 indicadores analisados, foram significativos a 5%: Área total das machambas do AF (p = 0,001), Número de machambas (p= 0,000), Número de culturas produzidas pelo AF (p =

0,0022), Diversificação de épocas de produção agrícola por ano ( $p = 0,0464$ ), e Acesso a apoio em espécie ou dinheiro de amigos ou familiares ( $p = 0,0283$ ) (Tabela 5.9).

A área total das machambas e o número de machambas têm sido reportados em vários estudos como importantes na adaptação a choques ambientais e, no caso da intrusão salina, fornece a possibilidades ao AF de diversificação de áreas de produção, aumentando assim a possibilidade de diversificação de culturas e conseqüentemente aumentar a quantidade de produção agrícola no agregado familiar (Sattar *et al.*, 2017).

Resultados similares foram obtidos por Maldonado-Méndez *et al.* (2022), que, avaliando os determinantes da capacidade adaptativa dos pequenos agricultores às mudanças climáticas no México, constatou efeito significativo do capital infra-estrutural na produção agrícola (número de machambas e a respectiva área) e na comercialização dos produtos agrícolas.

Adicionalmente, a diversificação de culturas e as épocas de produção tiveram efeito positivo na capacidade adaptativa à intrusão salina, resultado que pode ser explicado pelo facto de a diversificação aumentar a capacidade de fazer face a diversos choques ambientais (Asfaw *et al.*, 2017; Gosling *et al.*, 2020).

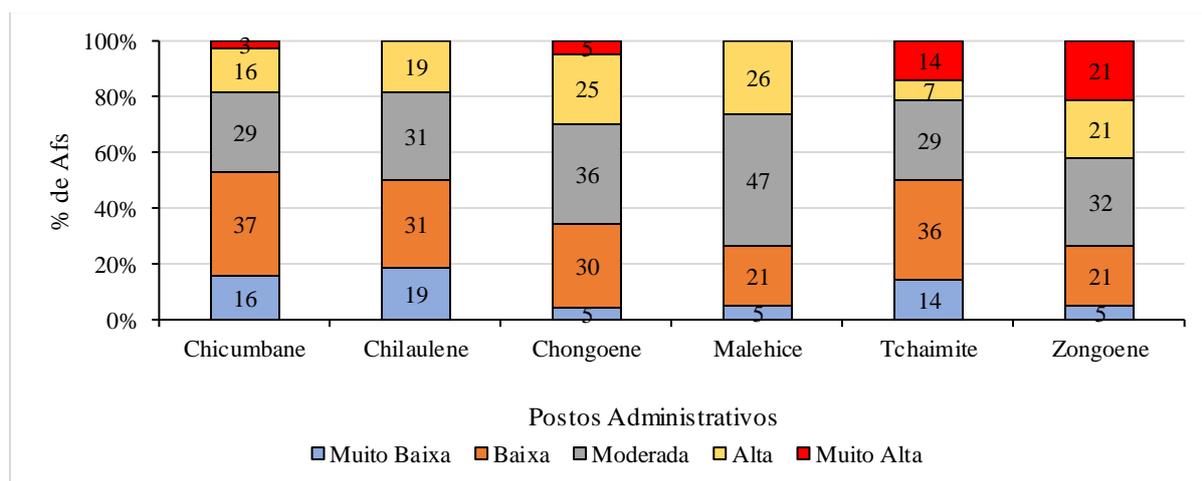
Num estudo realizado por Renwick *et al.* (2020), avaliando o desempenho de um sistema consociado de culturas em regime de sequeiro, constatou-se maior tolerância da consociação, principalmente pela maximização do uso da área e dos recursos. No mesmo âmbito, Lasse (2019), avaliando o desempenho da consociação em diferentes níveis de água num clima semiárido, constatou maior produtividade de água no sistema consociado e do índice de terra equivalente, evidenciando a capacidade adaptativa deste sistema às diversas condições edafoclimáticas.

E ainda, Labeyrie *et al.* (2021); Makate *et al.* (2016) e Vernooy (2022), avaliando a capacidade da diversificação de culturas face aos choques climáticos, obtiveram resultados positivos, que incluíam, para além do aumento da produtividade de culturas, garantiam o aumento da renda familiar, melhoramento da segurança alimentar e nutricional dos agregados familiares.

No caso do acesso a apoio, seja em espécie ou em dinheiro, este indicador está directamente relacionado ao capital social, que corresponde às ligações sociais que o AF possui com outros membros da sociedade, sendo, portanto, considerado um factor importante para a garantia da capacidade adaptativa, pois permite o acesso à informação e a recursos críticos (materiais e não-materiais) para fazer face a diversos choques ambientais (Dapilah *et al.*, 2020).

#### 5.4. Vulnerabilidade agrícola à intrusão salina

Neste estudo, tendo em conta a média de AF inquiridos nos Postos Administrativos, cerca de 34% dos AFs inquiridos apresentam vulnerabilidade moderada à intrusão salina, 29% baixa, 19% alta e 7% muito alta e apenas 11% dos AFs com vulnerabilidade muito baixa. Ao nível do Posto Administrativo, Zongoene e Tchaimite apresentam maior número de AFs com vulnerabilidade muito alta à intrusão salina, sendo 21% e 14%, respectivamente (Figura 5.12).



**Figura 5.12.** Classes de vulnerabilidade à intrusão salina dos pequenos produtores que produzem no RBL.

Em média, a vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores varia de 0,45 a 0,58, sendo o Posto de Zongoene o que apresenta maior vulnerabilidade (0,58), seguido por Malehice (0,53) e Chongoene (0,51). Chicumbane e Chilaulene apresentam a menor vulnerabilidade (0,45), considerada moderada (Tabela 5.11).

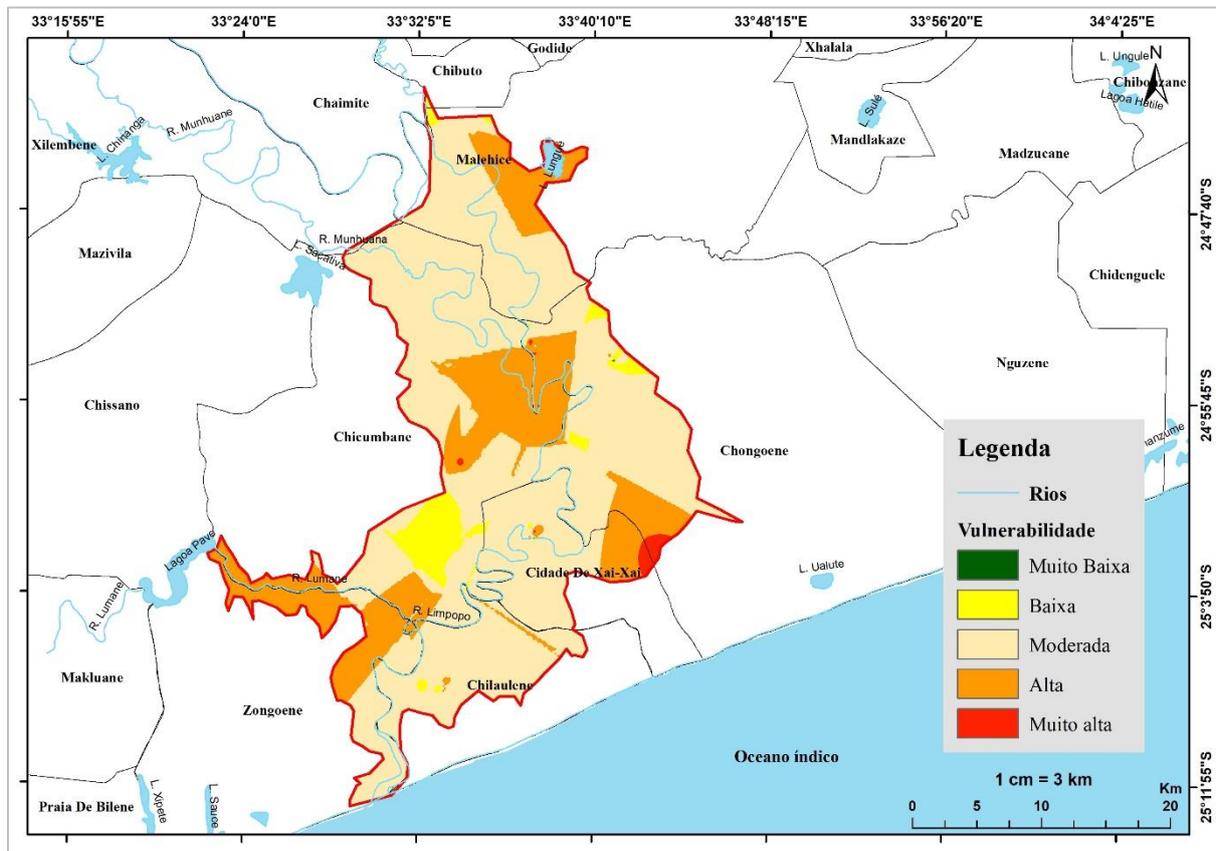
**Tabela 5.11.** Índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores do RBL.

Postos Administrativos	IVIS – CVI	Classes de Vulnerabilidade
Chicumbane	0,45 a	Moderada
Chilaulene	0,45 a	Moderada
Chongoene	0,51 ab	Moderada
Malehice	0,53 ab	Moderada
Tchaimite	0,49 ab	Moderada
Zongoene	0,58 b	Moderada

Onde: IVIS – CVI: corresponde ao índice de vulnerabilidade à intrusão salina, determinado com base na equação 18:  $IVIS = (IE+IS) - ICA$ . A sua classificação varia de muito baixa a muito alta, nomeadamente: (0 – 0,2) – muito baixa, (0,2 – 0,4) – Baixa, (0,4 – 0,6) – moderada, (0,6 – 0,8) – alta, e (0,8 – 1,0) – muito alta.

Na Figura 5.13 apresenta-se a distribuição espacial do índice de vulnerabilidade dos pequenos produtores à intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo, estando a maioria em situação de vulnerabilidade moderada, sendo os produtores nos Postos Administrativos de Chongoene,

Zongoene, Chicumbane e uma parte nos de Malehice os que apresentam maior vulnerabilidade que os demais.



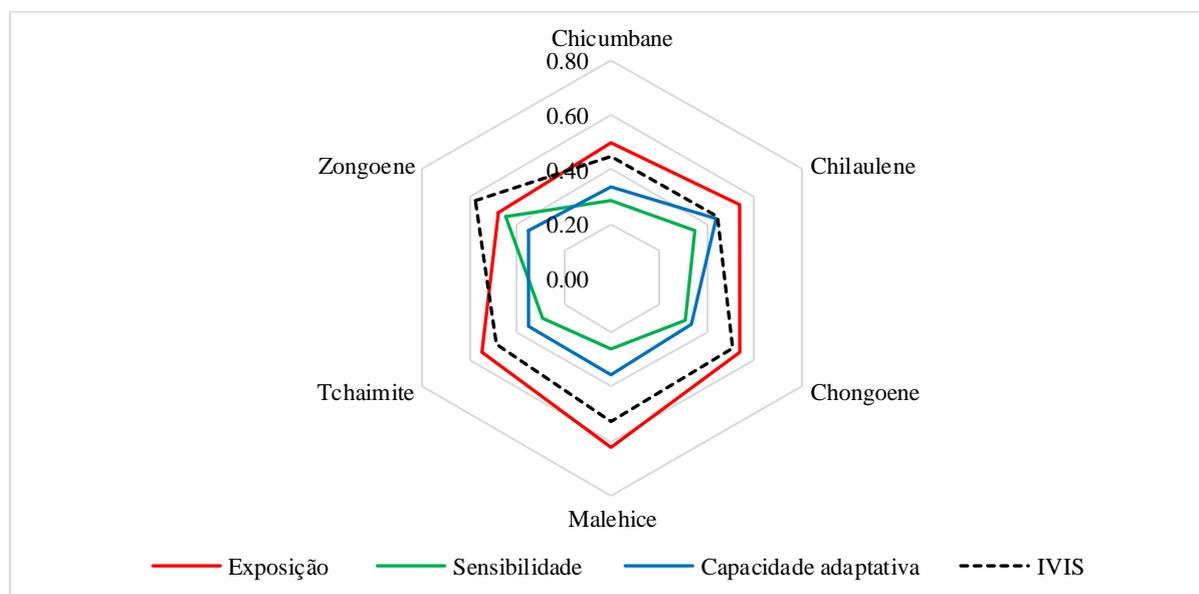
**Figura 5.13.** Distribuição espacial do índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores no RBL

Esta vulnerabilidade à intrusão salina no posto administrativo da zona costeira pode ser explicada pela proximidade ao mar, facto que confere maior exposição aos vários choques ambientais responsáveis pela ocorrência e ou intensificação da intrusão salina, tais como a subida da altura das marés, tempestades, ciclones tropicais (Cazenave & Cozannet, 2014; Shammi *et al.*, 2019).

Adicionalmente, de acordo com Associação de Desenvolvimento Comunitário e Rural-ADCR (ADCR, 2023; Balidy & Mahumane, 2008; Matavel, 2012), na zona costeira, as actividades antropogénicas possuem um impacto significativo no aumento da vulnerabilidade à intrusão salina e outros choques, principalmente devido o corte do mangal.

Analisando a contribuição dos três elementos de vulnerabilidade (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa), constatou-se que a exposição é o elemento com maior influência no índice de vulnerabilidade à intrusão salina (IVIS) dos produtores em todos os Postos Administrativos, com um índice de 0,54, seguido pela capacidade adaptativa (0,36) e sensibilidade (0,32). O Posto de Zongoene apresenta maior sensibilidade à intrusão salina

(0,45) e menor capacidade adaptativa(0,35), facto que lhe confere maior vulnerabilidade (0,58) quando comparado aos demais Postos Administrativos (Figura 5.14).



**Figura 5.14.** Elementos da vulnerabilidade e índice de vulnerabilidade à intrusão salina dos produtores no RBL.

Estatisticamente, cerca de 62% da vulnerabilidade é explicada pela exposição (E), 32% pela sensibilidade, e 9% pela capacidade adaptativa. A exposição ( $p = 0,000$ ) e sensibilidade ( $p = 0,0038$ ), são os elementos que tiveram efeito significativo na vulnerabilidade dos agricultores à intrusão salina tal como ilustra a Tabela 5.12.

**Tabela 5.12.** Análise de variância dos elementos do índice de vulnerabilidade à intrusão salina.

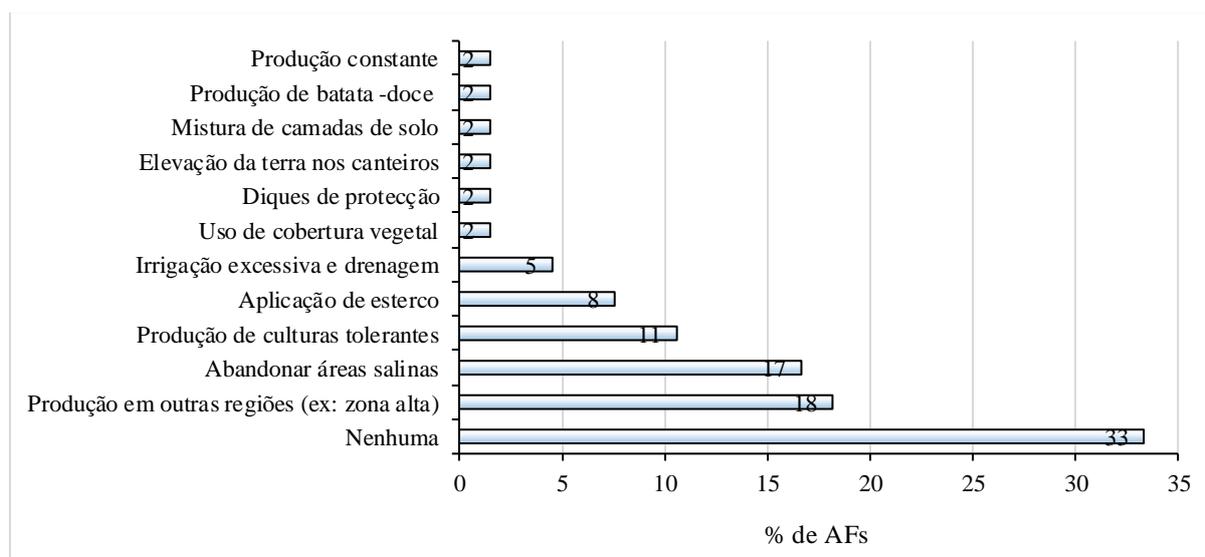
Elemento da vulnerabilidade	Coefficiente	p-value
Exposição	0,6224	0,0000**
Sensibilidade	0,3207	0,0040**
Capacidade adaptativa	0,0977	0,5140

Nota: (\*\*) Elementos com ( $p\text{-value} < 0.05$ ) apresentam efeito significativo na vulnerabilidade dos produtores à intrusão salina no RBL.

De acordo com Coulibaly *et al.* (2015); Füßel (2007); Ndung *et al.* (2021), a exposição é o factor com maior influência na vulnerabilidade de um sistema, principalmente quando associada com à sensibilidade (Adu *et al.*, 2018). Neste estudo, a combinação destes dois factores foi superior relativamente à capacidade adaptativa dos produtores, havendo necessidade de intervenções centradas na capacidade adaptativa e na redução da sensibilidade dos agricultores aos diversos choques ambientais, incluindo à intrusão salina.

### 5.5. Métodos locais de adaptação e mitigação da intrusão salina na agricultura

Dos 150 AFs inquiridos, 66 observaram sinais e impactos da salinidade nas suas machambas. Cerca de 33% destes produtores afirmaram não possuir estratégias de adaptação. Por outro, 18% optam por produzir noutras regiões, seguida pelo abandono das machambas salinas (17%), produção de culturas tolerantes (11%), aplicação de esterco (8%) e irrigação acima das necessidades líquidas da cultura (7%), entre outras estratégias (Figura 5.15).



**Figura 5.15.** Estratégias de adaptação à intrusão salina utilizadas pelos produtores no Regadio do Baixo Limpopo

Das medidas adoptadas pelos produtores face à intrusão salina, a diversificação da área de produção e de culturas têm sido reportadas em várias pesquisas como sendo medidas sustentáveis de adaptação à salinidade e outros choques ambientais (Asante *et al.*, 2018; Vernooy, 2022).

No caso dos Postos Administrativos com maior vulnerabilidade à intrusão salina (Zongoene, Chilaulene e Chongoene), uma das culturas amplamente produzidas, mesmo em condições de salinidade, é a batata-doce, pois os produtores afirmam que é tolerante e constitui uma fonte importante para o consumo alimentar dos AFs.

De acordo com Grieve *et al.* (2012), a cultura da batata-doce possui uma tolerância moderada até cerca de 2 dS m<sup>-1</sup>, a partir do qual começa a registar redução de rendimento. Entretanto, Pushpalatha & Gangadharan (2023) aponta que a batata-doce, para além de ser tolerante a vários tipos de choques ambientais, possui tolerância à salinidade até 11 dS m<sup>-1</sup>.

Adicionalmente, o uso de material vegetal e orgânico foi identificado como uma estratégia de adaptação à salinidade, pois possui elevada capacidade de redução do efeito da salinidade no

solo, ao mesmo tempo que melhora as propriedades físicas e químicas do solo, aumento da condutividade hidráulica do solo, manutenção da humidade na zona radicular das culturas e, conseqüentemente, aumento da possibilidade de obtenção de maior produtividade agrícola das culturas (Bhowmik *et al.*, 2021; Diacono & Montemurro, 2015).

O uso do material vegetal e orgânico (compostagem) na gestão da salinidade do solo tem sido recomendado em várias pesquisas, com destaque para Alamer *et al.* (2022); Bello *et al.* (2021); Imran *et al.* (2022); Stavi, 2020). Dada a disponibilidade destes recursos naturais ao nível local, a adopção desta medida é vista como sustentável para a gestão da salinidade e melhoramento da estrutura do solo em tempos de crise climática.

Entretanto, dada a diversidade edafoclimática, socioeconómicas assim como dos riscos ambientais que afectam os diferentes postos administrativos em estudo, desde a foz até cerca de 100 km para o interior, as estratégias de adaptação à salinidade têm sido diversificadas, tal como se apresenta na Figura 5.16.

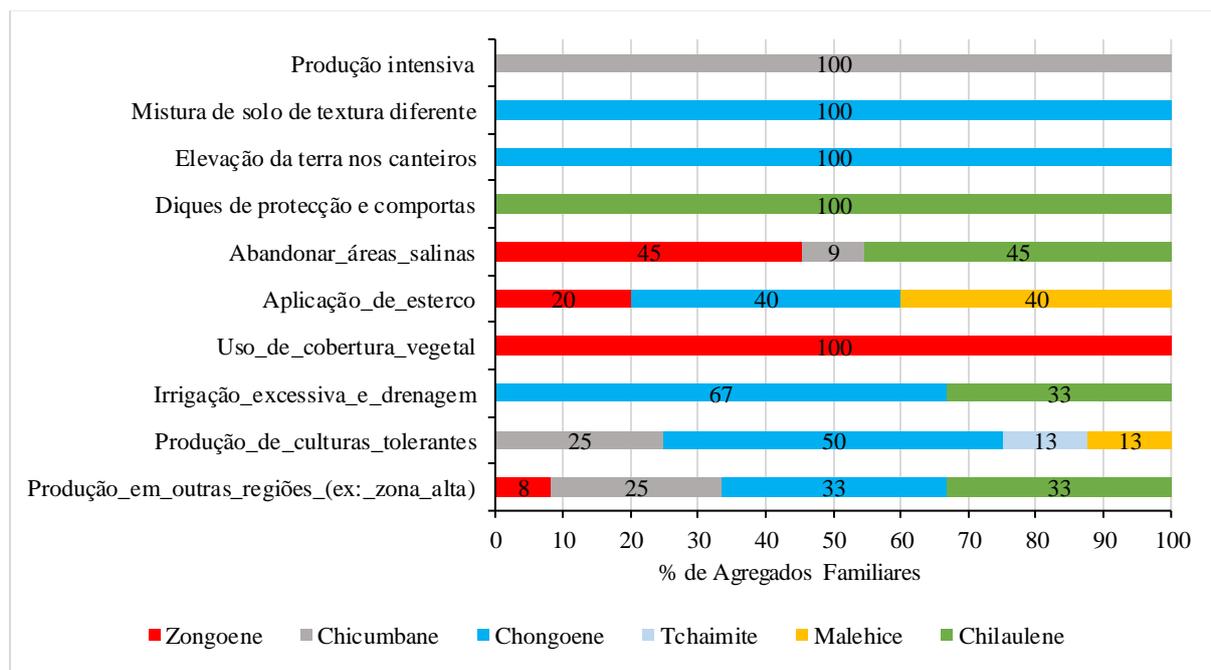


Figura 5.16. Estratégias de adaptação à intrusão salina utilizadas pelos agricultores.

Além destas medidas, entrevistas a diferentes actores (governamentais e não-governamentais) assim como aos produtores e líderes locais, revelaram que o fraco funcionamento das infra-estruturas de gestão de recursos hídricos constitui o impulsor da intrusão salina, sendo, nos casos de Chilaulene (as comportas sob o canal de Angluzane), Zongoene (o não funcionamento das comportas no canal que interliga directamente o rio Lumane e o rio

Limpopo; no caso de Chicumbane e Chongoene, aponta-se a inexistência e/ou fraca capacidade de limpeza dos canais principais de drenagem como sendo o factor de acumulação de sais.

Adicionalmente, Bande (2022); Lasse (2023a) afirmam que, apesar da criação do RBL, da expansão das áreas agrícolas e da existência de parceiros privados operando no RBL, prevalece a baixa produtividade nos pequenos produtores, facto potencialmente associado à fraca capacidade de gestão de infra-estruturas, especificamente na limpeza dos canais e valas de drenagem, manutenção dos diques e comportas de controlo da intrusão salina.

Face a estes desafios, os entrevistados recomendam a construção e/ou reabilitação das comportas para reduzir o impacto do avanço da água do mar no período de maré alta para o interior do rio. No caso específico de Zongoene, os produtores recomendam o encerramento do canal que liga o rio Lumane e o Limpopo, deixando apenas o fluxo natural do rio Lumane, pois este, devido à existência de vários meandros no seu leito a jusante do ponto de abertura do canal até o ponto de confluência natural, reduz a capacidade de a água salgada chegar até às machambas que se localizam nas baixas ao longo do rio Lumane.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. Conclusões

- A vulnerabilidade dos pequenos agricultores é explicada maioritariamente pela exposição (62%), seguida pela sensibilidade (32%). Esta exposição é, maioritariamente, explicada pela componente do ambiente (condições locais de produção, proximidade ao mar e ou a locais com recursos hídricos salinos) e pela ocorrência de eventos climáticos extremos e variabilidade climática (ciclones tropicais, altas temperaturas, seca). Para a sensibilidade, esta é maioritariamente explicada pela prevalência de doença nos AFs (facto que aumenta a dependência), assim como pela indisponibilidade anual de água para a rega.
- Na análise da vulnerabilidade dos agricultores à intrusão salina (IVIS) constatou-se que cerca de 11% dos AFs apresentam vulnerabilidade muito baixa, 29% baixa, 34% moderada, 19% alta e 7% muito alta. Ao nível dos AFs, os Postos de Chilaulene, Zongoene e Chicumbane possuem AFs com maior vulnerabilidade quando comparados aos demais Postos Administrativos.
- Quanto às medidas de adaptação à intrusão salina, 66 dos AFs já observaram ocorrência de intrusão salina nas suas machambas, e destes, 33% não possui estratégias de adaptação, 18% adopta a produção agrícola noutras regiões fora do vale do Limpopo, seguida pelo abandono das machambas salinas (17%), produção de culturas tolerantes (11%), aplicação de esterco (8%) e irrigação acima das necessidades líquidas da cultura (7%), entre outras estratégias, adoptadas por menor parte dos inquiridos.

### 6.2. Recomendações

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, recomendam-se medidas que reforcem a capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina e os respectivos factores associados, que devem estar centradas nas condições locais, com destaque para:

- Fortalecimento do capital humano (nível de escolaridade) dos AFs, pois este teve efeito significativo na capacidade adaptativa dos produtores;
- Fortalecimento do capital tecnológico dos produtores, com destaque para a diversificação de áreas de produção, isto é, além de produzir apenas em áreas propensas à seca e/ou à intrusão salina, garantir a posse de machambas em locais com

características edafoclimáticas diferentes. Adicionalmente, a diversificação de épocas de produção, tanto na época quente, como na época fria, com ajuste do calendário das actividades;

- Difusão de culturas tolerantes à salinidade, com vista a diversificar as culturas;
- Dado que os eventos climáticos extremos e variabilidade climática tiveram efeito significativo na vulnerabilidade, é indispensável o fortalecimento de sistemas de aviso prévio dos eventos climáticos extremos e a capacitação dos produtores sobre as estratégias de adaptação e mitigação climática;
- Garantir o funcionamento efectivo das infra-estruturas de gestão de recursos hídricos, com destaque para a manutenção das comportas e limpeza dos canais de drenagem;
- No caso específico dos produtores da baixa do rio Lumane, encerrar o canal que liga o rio Lumane e Limpopo, deixando o fluxo natural do rio Lumane até à confluência com o rio Limpopo, com vista a reduzir o avanço da água do mar até às machambas dos agricultores.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, M. (2021). *A Farming system approach to support policies for food security under climate change in developing countries: The case of Mozambique*. Universidade de Lisboa.
- Abbas, M., & Bruna, N. (2022). Terra e segurança alimentar no contexto da crise climática em Moçambique. *Mundo Crítico*, 7, 77–92.
- Abdul-Razak, M., & Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104–122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>.
- Abdul Qados, A. M. S. (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.06.002>.
- Abrams, L., Dankova, R., Shepherd, J., & Wishart, M. (2007). *Estratégia Nacional de Assistência para Recursos Hídricos em Moçambique*. [https://www.ikopedia.net/images/e/e6/PT\\_Estrategia\\_Nacional\\_de\\_Assistencia\\_para\\_Recurso\\_Hidricos\\_em\\_Moçambique\\_Banco\\_Mundial.pdf](https://www.ikopedia.net/images/e/e6/PT_Estrategia_Nacional_de_Assistencia_para_Recurso_Hidricos_em_Moçambique_Banco_Mundial.pdf).
- ADCR. (2023). *Diagnostico das comunidades do distrito de Xai-Xai na formulação do projecto M62\_2023 AACID*.
- Adu, D. T., Kuwornu, J. K. M., Anim-Somuah, H., & Sasaki, N. (2018). Application of livelihood vulnerability index in assessing smallholder maize farming households' vulnerability to climate change in Brong-Ahafo region of Ghana. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(1), 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.06.009>.
- Akter, R., Asik, T. Z., Sakib, M. N. M., Akter, M., Sakib, M. N. M., Al Azad, A. S. M. A., Maruf, M., Haque, A., & Rahman, M. M. (2019). The Dominant Climate Change Event for Salinity Intrusion in the GBM Delta. *Climate*, 7(5), 1–23. <https://doi.org/10.3390/cli7050069>.
- Alamer, K. H., Perveen, S., Khaliq, A., Zia Ul Haq, M., Ibrahim, M. U., & Ijaz, B. (2022). Mitigation of Salinity Stress in Maize Seedlings by the Application of Vermicompost and Sorghum Water Extracts. *Plants*, 11(19), 2548. <https://doi.org/10.3390/plants11192548>.
- Alkharabsheh, H. M., Seleiman, M. F., Hewedy, O. A., Battaglia, M. L., Jalal, R. S.,

- Alhammad, B. A., Schillaci, C., Ali, N., & Al-Doss, A. (2021). Field Crop Responses and Management Strategies to Mitigate Soil Salinity in Modern Agriculture: A Review. *Agronomy*, *11*(11), 2299. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112299>.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Crop Evapotranspiration* (Issue November 2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. [http://www.climasouth.eu/sites/default/files/FAO\\_56.pdf](http://www.climasouth.eu/sites/default/files/FAO_56.pdf).
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *FAO Irrigation and Drainage Paper. FAO*, *56*, 333.
- Amilai, C. M. (2008). *Evolução e diferenciação de sistemas agrários: Situação e perspectivas para a agricultura e agricultores no Perímetro Irrigado de Chókwè em Moçambique* [Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://shorturl.at/bgops>.
- ARASUL. (2023a). *Barragem de Macarretane*. <https://www.ara-sul.gov.mz/barragem-de-macarretane>.
- ARASUL. (2023b). *Barragem de Massingir*. <https://www.ara-sul.gov.mz/barragem-de-massingir>.
- Artur, L. (2023). Normalizar a excepcionalidade de eventos climáticos extremos e desnaturalizar os desastres em Moçambique. *Destaque Rural*, *225*, 7. <https://shorturl.at/stJMU>.
- Asante, B. O., Villano, R. A., Patrick, I. W., & Battese, G. E. (2018). Determinants of farm diversification in integrated crop-livestock farming systems in Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *33*(2), 131–149. <https://doi.org/10.1017/S1742170516000545>.
- Asante, K., & Vilankulos, A. (2009). Análise da Hidrologia e das Bacias Hidrográficas. *Estudo Sobre o Impacto Das Alterações Climáticas No Risco de Calamidades Em Moçambique*, 1–22.
- Asfaw, A., Simane, B., Hassen, A., & Bantider, A. (2017). Determinants of non-farm livelihood diversification: Evidence from rainfed-dependent smallholder farmers in northcentral ethiopia (woleka sub-basin). *Development Studies Research*, *4*(1), 22–36. <https://doi.org/10.1080/21665095.2017.1413411>.
- Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from

- genes to the field. *Journal of Experimental Botany*, 63(10), 3523–3543. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers100>.
- Auvi, P. (2019). *Gender Based Water Governance to Cope with Salinity Intrusion: A Study on Coastal Area in Bangladesh* (Issue April) [University of Dhaka]. <https://doi.org/http://103.221.252.46:8080/handle/123456789/1771>.
- Bakker, D. M., Hamilton, G. J., Hetherington, R., & Spann, C. (2010). Salinity dynamics and the potential for improvement of waterlogged and saline land in a Mediterranean climate using permanent raised beds. *Soil and Tillage Research*, 110(1), 8–24. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.06.004>.
- Balidy, H. J., & Mahumane, C. E. (2008). *Posto Administrativo de Zongoene: Situação Socioeconómica e Biofísica* (Vol. 1). <https://silo.tips/downloadFile/posto-administrativo-de-zongoene>.
- Bande, A. (2022). Negócios duvidosos do Regadio do Baixo Limpopo comprometem produção de alimentos. *Centro de Integridade Pública*, 20. <https://shorturl.at/lwARZ>.
- Bello, S. K., Alayafi, A. H., AL-Solaimani, S. G., & Abo-Elyousr, K. A. M. (2021). Mitigating Soil Salinity Stress with Gypsum and Bio-Organic Amendments: A Review. *Agronomy*, 11(9), 1735. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091735>.
- Benkenstein, A. (2013). Fisheries and The Mozambican Economy. *South African Institute of International Affairs*, 11. <https://shorturl.at/kyWZ0>.
- Bezborodov, G. A., Shadmanov, D. K., Mirhashimov, R. T., Yuldashev, T., Qureshi, A. S., Noble, A. D., & Qadir, M. (2010). Mulching and water quality effects on soil salinity and sodicity dynamics and cotton productivity in Central Asia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138(1–2), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.04.005>.
- Bhattachan, A., Jurjonas, M. D., Morris, P. R., Taillie, P. J., Smart, L. S., Emanuel, R. E., & Seekamp, E. L. (2019). Linking residential saltwater intrusion risk perceptions to physical exposure of climate change impacts in rural coastal communities of North Carolina. *Natural Hazards*, 97(3), 1277–1295. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03706-0>.
- Bhowmik, U., Kibria, M. G., Rhaman, M. S., Murata, Y., & Hoque, M. A. (2021). Screening of rice genotypes for salt tolerance by physiological and biochemical characters. *Plant Science Today*, 8(3). <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.3.1098>.
- Binh, N. T. (2015). *Vulnerability and Adaptation to Salinity Intrusion in the Mekong Delta of*

Vietnam.

- Birkmann, J. (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies* (J. Birkmann (ed.); 1st ed.). United Nations University Press.
- Birkmann, J. (2013). Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards disaster resilient societies. In J. Birkmann (Ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards : Towards Disaster Resilient Societies* (2nd ed.). United Nations University Press. [https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022\\_text.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf).
- Bohle, H. (2007). Living with Vulnerability Livelihoods and Human Security. In *Interdisciplinary Security Connections* (No. 6; Issue 6). <https://d-nb.info/1029691711/34>.
- Brito, R., Famba, S., Munguambe, P., Ibraimo, N., & Julaia, C. (2009). Profile of the Limpopo Basin in Mozambique “Integrated Water Resource Management for Improved Rural Livelihoods: Managing risk, mitigating drought and improving water productivity in the water scarce Limpopo Basin”. *WaterNet Working Paper 11, July*, 63. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08b47ed915d622c000be7/WP11-Mozambique.pdf>.
- Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research and Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE). *Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Pa*(November), 20.
- Bryan, E., Deressa, T. T., Gbetibouo, G. A., & Ringler, C. (2009). Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 413–426. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.002>.
- Cai, H., Savenije, H. H. G., & Gisen, J. I. A. (2016). A coupled analytical model for salt intrusion and tides in convergent estuaries. *Hydrological Sciences Journal*, 61(2), 402–419. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1027206>.
- Can, N. D. (2019). Assessing Livelihood Vulnerability to Salinity Intrusion and Climate Variability A Case Study in Coastal Provinces of the Mekong River Delta of Vietnam. *Journal of Environmental Science and Engineering B*, 8(4). <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2019.04.004>.
- Cao, T., Han, D., & Song, X. (2021). Past, present, and future of global seawater intrusion research: A bibliometric analysis. *Journal of Hydrology*, 603, 126844.

- <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126844>.
- Cao, X., & Gao, Z. (2013). The responses of evapotranspiration due to changes of LUCC under seawater intrusion in a coastal region. *Environmental Earth Sciences*, 70(4), 1853–1862. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2273-7>.
- Capaina, N. (2022). Dynamics on agricultural production in the Limpopo valley: The case of rice. *Observatório Do Meio Rural - OMR*, 124, 39. <https://shorturl.at/abjmZ>.
- Cardona, O. D., & Carreño, M. L. (2011). Updating the Indicators of Disaster Risk and Risk Management for the Americas. *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 1(1), 27–47. <https://doi.org/10.5595/idrim.2011.0014>.
- Care. (2019). *Climate Vulnerability and Capacity Analysis: Informing community-based adaptation, resilience and gender equality* (2nd ed.).
- Cazenave, A., & Cozannet, G. Le. (2014). Sea level rise and its coastal impacts. *Earth's Future*, 2(2), 15–34. <https://doi.org/10.1002/2013EF000188>.
- Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M., & Chawla, N. (2015). University of Notre Dame Global Adaptation Index: Country Index Technical Report. *University of Notre Dame Global Adaptation Index Country:Country Index Technical Report*, 46. [https://gain.nd.edu/assets/254377/nd\\_gain\\_technical\\_document\\_2015.pdf](https://gain.nd.edu/assets/254377/nd_gain_technical_document_2015.pdf).
- Chilundo, M., Kelderman, P., & O’Keeffe, J. H. (2007). Design of a Water Quality Monitoring Network for the Limpopo River Basin in Mozambique [Institute Of Water Education]. In *UNESCO - Institute for Water Education* (Issue April). <https://ihedeltrepositary.contentdm.oclc.org/digital/collection/masters2/id/49998/>.
- Chiwaka, E., & Yates, R. (2005). Participatory Vulnerability Analysis: A step-by-step Guide for field staff. In *ActionAid International*.
- Chu, L., Kang, Y., & Wan, S. (2016). Effect of different water application intensity and irrigation amount treatments of microirrigation on soil-leaching coastal saline soils of North China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9), 2123–2131. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61263-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61263-1).
- Chu, L., Kang, Y., & Wan, S. (2020). Effects of water application intensity of micro-sprinkler irrigation and soil salinity on environment of coastal saline soils. *Water Science and Engineering*, 13(2), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2020.06.002>.

- Conjo, M. P. F. (2021). Mapeamento Da Susceptibilidade À Incêndios Florestais Na Região Sul De Moçambique. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(11), 1669–1689. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3243>.
- Consultec. (2022). A qualidade de água e vegetação aquática nas Bacias Hidrográficas dos rios Umbelúzi e Incomáti em Moçambique “Fontes de Poluição e Tnedência da Qualidade de Água.” In *WWF Moçambique*.
- Corwin, D. L. (2003). *Soil Salinity Measurement* (p. 6). United States Department of Agriculture (USDA). <https://doi.org/10.1081/E-EWS-120010191>.
- Corwin, D. L., Rhoades, J. D., & Jirka, S. (2007). Leaching requirement for soil salinity control : Steady-state versus transient models ~ imu. *Agricultural Water Management*, 90, 165–180. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.02.007>.
- Corwin, D. L., & Yemoto, K. (2017). Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. *Methods of Soil Analysis*, 2(1), 0. <https://doi.org/10.2136/msa2015.0039>.
- Cossa, D. (2022, April 19). Centena de casas continuam inundadas na Cidade de Maputo. *O País*, 1. <https://opais.co.mz/centena-de-casas-continuam-inundadas-na-cidade-de-maputo/>.
- Cotta, A. J. B., & Jesus, H. C. de. (2021). Impactos, extensão e proposta de mitigação da intrusão salina no Rio São Mateus. *Pesquisas Em Geociências*, 48(4), 23. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.107238>.
- Coulibaly, J. Y., Mbow, C., Sileshi, G. W., Beedy, T., Kundhlande, G., & Musau, J. (2015). Mapping Vulnerability to Climate Change in Malawi: Spatial and Social Differentiation in the Shire River Basin. *American Journal of Climate Change*, 04(03), 282–294. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2015.43023>.
- Cuevas, J., Daliakopoulos, I. N., del Moral, F., Hueso, J. J., & Tsanis, I. K. (2019). A Review of Soil-Improving Cropping Systems for Soil Salinization. *Agronomy*, 9(6), 295. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060295>.
- Cullis, J., Strzepek, K., Tadross, M., Sami, K., Havenga, B., Gildenhuis, B., & Smith, J. (2011). Incorporating climate change into water resources planning for the town of Polokwane, South Africa. *Climatic Change*, 108(3), 437–456. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9891-9>.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental

- hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(7), 2301–2306. <https://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>.
- Dallas, H. F., & Day, J. A. (2004). The Effect of Water Quality Variables on Aquatic Ecosystems : A review. In *Water Research Commission*.
- Dapilah, F., Nielsen, J. Ø., & Friis, C. (2020). The role of social networks in building adaptive capacity and resilience to climate change: a case study from northern Ghana. *Climate and Development*, 12(1), 42–56. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1596063>.
- Davis-Reddy, C. L., & Vincent, K. (2017). Risk and vulnerability. In *Introduction to International Disaster Management*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817368-8.00003-8>.
- de la Reguera, E., & Tully, K. L. (2021). Farming carbon: The link between saltwater intrusion and carbon storage in coastal agricultural fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 314(February), 107416. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107416>.
- Devkota, M., Gupta, R. K., Martius, C., Lamers, J. P. A., Devkota, K. P., Sayre, K. D., & Vlek, P. L. G. (2015). Soil salinity management on raised beds with different furrow irrigation modes in salt-affected lands. *Agricultural Water Management*, 152, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.013>.
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2015). Effectiveness of Organic Wastes as Fertilizers and Amendments in Salt-Affected Soils. *Agriculture*, 5(2), 221–230. <https://doi.org/10.3390/agriculture5020221>.
- Dickens, C., O'Brien, G., Magombeyi, M., Mukuyu, P., Ndlovu, B., Eriyagama, N., & Kleynhans, N. (2020). *E-Flows for the Limpopo river basin: Basin report*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5337/2022.217>.
- Diep, N. T. H., Trung, P. K., Nhung, D. T. C., Huong, N. T. T., Vu, P. T., & Tuan, L. A. (2022). Adaptation to saline intrusion for agriculture farming transformation in the coastal Ben Tre province, Vietnam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 964(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/964/1/012019>.
- DNGRH. (2007). Estratégia nacional de gestão de recursos hídricos. *Conselho de Ministros*,

33. [www.portaldogoverno.gov.mz](http://www.portaldogoverno.gov.mz).

DNGRH. (2023). *Previsão Hidrológica Sazonal 2023/2024*.

Downing, T. E., Patwardhan, A., Mukhala, E., Stephen, L., Winograd, M., & Ziervogel, G. (2002). Vulnerability assessment for climate adaptation. In *Adaptation Planning Framework Technical paper* (Vol. 3, p. 39). [www.sei.se/oxford](http://www.sei.se/oxford).

Duan, Y. (2016). Saltwater intrusion and agriculture: a comparative study between the Netherlands and China. *TRITA-LWR Degree Project*, 75.

Ebi, K. L., Kovats, R. S., & Menne, B. (2006). An approach for assessing human health vulnerability and public health interventions to adapt to climate change. *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 1930–1934. <https://doi.org/10.1289/ehp.8430>.

Eddoughri, F., Lkammarte, F. Z., El Jarroudi, M., Lahlali, R., Karmaoui, A., Yacoubi Khebiza, M., & Messouli, M. (2022). Analysis of the Vulnerability of Agriculture to Climate and Anthropogenic Impacts in the Beni Mellal-Khénifra Region, Morocco. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013166>.

EM-DAT. (2022). *Global occurrences of floods from (1990-2022)*. <https://public.emdat.be/mapping>.

EM-DAT. (2023). *Floods, Droughts, Storms and Epidemy in Mozambique*. <https://public.emdat.be/data>.

Eriksen, S. H., & Kelly, P. M. (2007). Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(4), 495–524. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-3460-6>.

Etwire, P. M., Al-Hassan, R. M., Kuwornu, J. K. M., & Osei-Owusu, Y. (2013). Application of Livelihood Vulnerability Index in Assessing Vulnerability to Climate Change and Variability in Northern Ghana. *Journal of Environment and Earth Science*, 3(2), 157–170. <http://iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/4577>.

Evelin, H., Kapoor, R., & Giri, B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. *Annals of Botany*, 104(7), 1263–1280. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp251>.

FAO. (2021). Global map of salt-affected soils: GSASmap V1.0. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 20.

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>

- FASIMO. (2021). Melhoramento da Produtividade de água nos regadios liderados pelos produtores e pelo Governo nas Províncias de Gaza e Manica. *Universidade Eduardo Mondlane*, 25.
- Fischer, G., Shah, M. M., & Van Velthuizen, H. T. (2002). *Climate change and agricultural vulnerability*.
- Fleischhauer, M., Greiving, S., & Schlusemann, B. (2005). Multi-risk assessment of spatially relevant hazards in Europe. *European Safety Management Group Symposium, October*, 1–14.
- Frederikse, T., Landerer, F., Caron, L., Adhikari, S., Parkes, D., Humphrey, V. W., Dangendorf, S., Hogarth, P., Zanna, L., Cheng, L., & Wu, Y.-H. (2020). The causes of sea-level rise since 1900. *Nature*, 584(7821), 393–397. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2591-3>.
- Fuge, L. (2020). Mapping the impact of soil salinity between 1980-2018. *Cosmos*, 17.
- Füssel, H. M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17(2), 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>.
- Gallego-Ayala, J., & Juárez, D. (2014). Integrating Stakeholders' Preferences into Water Resources Management Planning in the Incomati River Basin. *Water Resources Management*, 28(2), 527–540. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0500-3>.
- Ganho, A. S. (2014). Diversificação e articulação da base produtiva e comercial em Moçambique? O Regadio do Baixo Limpopo (Xai-Xai, Gaza): o despertar de um “gigante adormecido”? *Instituto de Estudos Socioeconómicos (IESE), Desafios para Moçambique 2015*, 163–194.
- Ganho, A. S., & Woodhouse, P. (2014). Oportunidades e condicionalismos da agricultura no Regadio do Chókwè. *Instituto de Estudos Socioeconómicos (IESE)*, 163–194. [https://www.iese.ac.mz/lib/publication/livros/des2014/IESE-Desafios2014\\_07\\_RegCho.pdf](https://www.iese.ac.mz/lib/publication/livros/des2014/IESE-Desafios2014_07_RegCho.pdf).
- Garrity, D., Dixon, J., & Boffa Jean-Marc. (2012). Understanding African Farming Systems, Science and Policy Implications. *Food Security in Africa: Bridging Research and Practice*, 1–55.

- Geethalakshmi, V., Manikandan, N., Sumathi, S., Bhuvanewari, K., Gowtham, R., & Pannerselvam, S. (2016). Impact of Climatic Change on Coastal Agriculture. *International Journal of Economic Plants*, 3(3), 93–97. <https://doi.org/10.1201/9781003069935-11>.
- Gosling, E., Reith, E., Knoke, T., Gerique, A., & Paul, C. (2020). Exploring farmer perceptions of agroforestry via multi-objective optimisation: a test application in Eastern Panama. *Agroforestry Systems*, 94(5), 2003–2020. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00519-0>
- Governo da Província de Gaza. (2018). *Plano Estratégico da Província de Gaza 2018 - 2027*. Governo Provincial de Economia e Finanças. [https://ispg.ac.mz/images/regulamento/PEP\\_Gaza\\_final\\_-\\_Portugus.pdf](https://ispg.ac.mz/images/regulamento/PEP_Gaza_final_-_Portugus.pdf)
- Governo Distrital de Limpopo. (2017). *Plano Local de Adaptação às Mudanças Climáticas*. Governo do Distrito do Limpopo.
- Greiving, S., Fleischhauer, M., & Lindner, C. (2013). ESPON CLIMATE-Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. In *ESPON Climate*. [https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPON\\_Climate\\_SummaryReport\\_final.pdf](https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPON_Climate_SummaryReport_final.pdf).
- Grieve, C. M., Grattan, S. R., & Maas, E. V. (2012). Plant salt tolerance. In W. W. Wallender & K. K. Tanji (Eds.), *Agricultural Salinity: Assessment and Management* (2nd ed., Issue 71, pp. 405–459). ASCE.
- Guo, H., Huang, Z., Li, M., & Hou, Z. (2020). Growth, ionic homeostasis, and physiological responses of cotton under different salt and alkali stresses. *Scientific Reports*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79045-z>.
- Gupta, B., & Huang, B. (2014). Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. *International Journal of Genomics*, 2014, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2014/701596>.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>.
- Hansen, L. J., & Hoffman, J. R. (2011). Assessing Vulnerability to Climate Change. *Climate Savvy*, 55–69. [https://doi.org/10.5822/978-1-59726-988-9\\_5](https://doi.org/10.5822/978-1-59726-988-9_5).

- Hanson, B., & May, D. (2011). Drip Irrigation Salinity Management for Row Crops. *Drip Irrigation Salinity Management for Row Crops, May 2003*, 13. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8447>.
- Hardie, M., & Doyle, R. (2018). Measuring Soil Salinity. In S. Shabala & T. A. Cuin<sup>o</sup> (Eds.), *Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology* (1st ed., Vol. 913, pp. 415–425). Springer Science. <https://doi.org/10.1007/978-1-61779-986-0>.
- Harvey, C. A., Rakotobe, Z. L., Rao, N. S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohn, R. H., Rajaofara, H., & MacKinnon, J. L. (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1639). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>.
- Herrmann, J. (2019). *Soil salinity and its effects on the coastal peri-urban vegetable production system of Maputo, Mozambique* [RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN]. [https://welt-weit.org/wp-content/uploads/2021/03/Masterthesis\\_Jakob-Herrmann\\_Salinity-Vegetable-Production-Maputo\\_09.05.2019.pdf](https://welt-weit.org/wp-content/uploads/2021/03/Masterthesis_Jakob-Herrmann_Salinity-Vegetable-Production-Maputo_09.05.2019.pdf).
- Ho, T. D. N., Kuwornu, J. K. M., & Tsusaka, T. W. (2022). Factors Influencing Smallholder Rice Farmers' Vulnerability to Climate Change and Variability in the Mekong Delta Region of Vietnam. In *European Journal of Development Research* (Vol. 34, Issue 1). Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/s41287-021-00371-7>.
- Hoan, N. X., Nguyen Khoi, D., & Trung, L. D. (2019). Assessing the adaptive capacity of farmers under the impact of saltwater intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(9), 1619–1635. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1631147>.
- Hoque, M. A. A., Pradhan, B., Ahmed, N., Ahmed, B., & Alamri, A. M. (2021). Cyclone vulnerability assessment of the western coast of Bangladesh. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 198–221. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1867652>.
- Hoque, M. N., Imran, S., Hannan, A., Paul, N. C., Mahamud, M. A., Chakroborty, J., Sarker, P., Irin, I. J., Brestic, M., & Rhaman, M. S. (2022). Organic Amendments for Mitigation of Salinity Stress in Plants: A Review. *Life*, 12(10), 1632. <https://doi.org/10.3390/life12101632>.
- Hoque, M. Z., Cui, S., Xu, L., Islam, I., Tang, J., & Ding, S. (2019). Assessing agricultural

- livelihood vulnerability to climate change in coastal Bangladesh. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224552>.
- Hossain, M. S., Rahman, G. K. M. M., Solaiman, A. R. M., Alam, M. S., Rahman, M. M., & Mia, M. A. B. (2020). Estimating Electrical Conductivity for Soil Salinity Monitoring Using Various Soil-Water Ratios Depending on Soil Texture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(5), 635–644. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1729378>.
- Huang, Z., Cao, C., Xu, M., & Yang, X. (2023). Impact of Environmental Exposure on Chronic Diseases in China and Assessment of Population Health Vulnerability. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(4), 155. <https://doi.org/10.3390/ijgi12040155>.
- Hughes, R. F., Asner, G. P., Litton, C. M., Selmants, P. C., Hawbaker, T. J., Jacobi, J. D., Giardina, C., & Sleete, M. B. (2017). Baseline and Projected Future Carbon Storage and Carbon Fluxes in Ecosystems of Hawai'i. *Geological Survey Professional Paper*, 1834, 9–20. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1834>.
- IDEAL. (2023). *Medidor de pH E Condutividade de Bancada Resistente à Água - MP521*. <https://idealinstrumentos.com.br/medidor-de-ph-condutividade-de-bancada-resistente-a-agua-mp521>.
- Imadi, S. R., Shah, S. W., Kazi, A. G., Azooz, M. M., & Ahmad, P. (2016). Phytoremediation of Saline Soils for Sustainable Agricultural Productivity. In *Plant Metal Interaction* (pp. 455–468). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803158-2.00018-7>.
- Impacto. (2012). *Perfil Ambiental e Mapeamento do Uso actual da Terra nos distritos da zona costeira de Moçambique - Província de Gaza*. Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental.
- Imran, S., Sarker, P., Hoque, M. N., Paul, N. C., Mahamud, M. A., Chakroborty, J., Tahjib-Ul-Arif, M., Latef, A. A. H. A., Hasanuzzaman, M., & Rhaman, M. S. (2022). Biochar actions for the mitigation of plant abiotic stress. *Crop & Pasture Science*, 74(2), 6–20. <https://doi.org/10.1071/CP21486>.
- INAM. (2020). *CHIRPS Station Precipitation Data 1981 - 2020* (Vol. 5, Issue 3).
- INAM. (2023). *Estado do Clima de Moçambique em 2022*. <http://www.inam.gov.mz>.

- INE. (2019). IV Recenseamento Geral da População e Habitação, 2017 Resultados Definitivos – Moçambique. *Instituto Nacional de Estatística, Maputo-Moçambique*, 16–21.
- INE. (2022). *Anuário Estatístico 2021 da Província de Gaza*.
- INE. (2023a). *Estatísticas da Cidade de Xai-Xai 2017-2023*.  
<https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/xai-xai-2>.
- INE. (2023b). *Estatísticas do distrito de Chibuto 2017-2023*. <http://www.govnet.gov.mz/>
- INE. (2023c). *Estatísticas do distrito de Chongoene 2017-2021*.  
<https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/chongoene-1>.
- INE. (2023d). *Estatísticas do Distrito de Limpopo 2017-2021*.  
<https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/limpopo-1>.
- IOF. (2015). Relatório final do Inquérito ao Orçamento Familiar - IOF-2014/15. *Instituto Nacional de Estatística*, 82.
- IOF. (2021). Relatório do Inquérito sobre Orçamento Familiar – IOF 2019/20. *Instituto Nacional de Estatística*, 128. [http://www.ine.gov.mz/operacoes-estatisticas/inqueritos/inquerito-sobre-orcamento-familiar/iof-2019-20/inquerito-sobre-orcamento-familiar-iof-2019-20/at\\_download/file](http://www.ine.gov.mz/operacoes-estatisticas/inqueritos/inquerito-sobre-orcamento-familiar/iof-2019-20/inquerito-sobre-orcamento-familiar-iof-2019-20/at_download/file).
- IPCC. (2012). Annex II: Glossary of Terms. In C. . Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, & P. M. Midgley (Eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A special report of Working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (pp. 555–564). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1002/9783527612024.oth1>.
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In Masson-Delmotte, V. P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.003>.
- IPCC. (2022). Annex II: Glossary. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S.

- Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 2897–2930). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.029.2897>.
- Jacinta, B. H. (2011). *Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras O Ambiente Costeiro e Marinho de Moçambique*.
- Jalali, M. (2011). Effect of saline-sodic solutions on column leaching of potassium from sandy soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(4), 377–390. <https://doi.org/10.1080/03650341003587214>.
- Jalali, M., & Merrikhpour, H. (2008). Effects of poor quality irrigation waters on the nutrient leaching and groundwater quality from sandy soil. *Environmental Geology*, 53(6), 1289–1298. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0735-5>.
- Jones, S. (2007). The Economic Contribution of Tourism in Mozambique Conferência Inaugural do IESE “Desafios para a investigação social e económica em Moçambique.” *Instituto de Estudos Socioeconómicos (IESE)*, 19. [https://www.iese.ac.mz/lib/publication/Jones,Sam & Ibrahimo,Hanifa\\_EconomicContribution.pdf](https://www.iese.ac.mz/lib/publication/Jones,Sam&Ibrahimo,Hanifa_EconomicContribution.pdf).
- Juízo, D., & Liden, R. (2008). Modeling for transboundary water resources planning and allocation. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 5(1), 475–509. <https://doi.org/10.5194/hessd-5-475-2008>.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., & Jalilian, J. (2018). Growth, physiological status, and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by biofertilizer and cycocel applications. *Arid Land Research and Management*, 32(1), 71–90. <https://doi.org/10.1080/15324982.2017.1378282>.
- Klassen, J., & Allen, D. M. (2016). Risk of saltwater intrusion in coastal bedrock aquifers: Gulf islands, bc. *Department of Earth Sciences, Simon Fraser University, January*.
- Kolahchi, Z., & Jalali, M. (2007). Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of Arid Environments*, 68(4), 624–639. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.06.010>.
- Kovats, S., Ebi, K. L., & Menne, B. (2003). *Methods of assessing human health vulnerability*

*and public health adaptation to climate change* (Issue 1). WHO and UNEP.

- Krishnamurthy, P. K., Lewis, K., & Choularton, R. J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.004>.
- Kuang, C., Chen, W., Gu, J., Su, T.-C., Song, H., Ma, Y., & Dong, Z. (2017). River discharge contribution to sea-level rise in the Yangtze River Estuary, China. *Continental Shelf Research*, 134, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.01.004>.
- Labeysrie, V., Renard, D., Aumeeruddy-Thomas, Y., Benyei, P., Caillon, S., Calvet-Mir, L., M. Carrière, S., Demongeot, M., Descamps, E., Braga Junqueira, A., Li, X., Locqueville, J., Mattalia, G., Miñarro, S., Morel, A., Porcuna-Ferrer, A., Schlingmann, A., Vieira da Cunha Avila, J., & Reyes-García, V. (2021). The role of crop diversity in climate change adaptation: insights from local observations to inform decision making in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 51, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>.
- Langa, J. V. Q. (2007). Problemas na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo. *Revista de Gest*, 7(1), 33–44. <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/28645/23463>.
- Lasse, N. (2019). *Avaliação da consociação de Milho (Zea mays L.) e Feijão nhemba (Vigna unguiculata (L.) Walp.) sob diferentes níveis de irrigação em clima semiárido*. Universidade Eduardo Mondlane.
- Lasse, N. (2023a). A fraca gestão das infra-estruturas hidráulicas como determinante da intrusão salina no Regadio do Baixo Limpopo. *Observatório Do Meio Rural - OMR*, 1–9. <https://omrmz.org/wp-content/uploads/2023/07/DR-249-2.pdf>.
- Lasse, N. (2023b). Potencial dos ecossistemas (florestas) na redução da vulnerabilidade climática dos meios de subsistência em Moçambique: Caso do ciclone tropical Freddy. *Destaque Rural*, 221, 10. [https://omrmz.org/destaque\\_rural/dr-221-potencial-dos-ecossistemas-florestas-na-reducao-da-vulnerabilidade-climatica-dos-meios-de-subsistencia-em-mocambique-caso-do-ciclone-tropical-freddy/](https://omrmz.org/destaque_rural/dr-221-potencial-dos-ecossistemas-florestas-na-reducao-da-vulnerabilidade-climatica-dos-meios-de-subsistencia-em-mocambique-caso-do-ciclone-tropical-freddy/).
- Lasse, N., & Abbas, M. (2023). Determinantes da escassez de alimentos e estratégias de sobrevivência no sector familiar nos distritos de Nicoadala, Morrumbala e Gurué.

- Destaque Rural*, 9. <https://omrmz.org/wp-content/uploads/2023/11/DR-258-1.pdf>.
- Lasse, N., & Paco, E. B. (2022). Adaptação do Sector Agrário às Mudanças Climáticas em Moçambique. *Universidade Eduardo Mondlane*, 30.
- Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J., Muir-Wood, R., Myeong, S., Moser, S., Takeuchi, K., Cardona, O. D., Hallegatte, S., Lemos, M., Little, C., Lotsch, A., & Weber, E. (2012). Climate change: New dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 9781107025). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.004>.
- Lee, H. L., Tangang, F., Hamid, M. R., Benson, Y., & Razali, M. R. (2016). Modeling the Influence of River Flow and Salt Water Intrusion in the Terengganu Estuary, Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012076>.
- Li, S., Luo, W., Jia, Z., Tang, S., & Chen, C. (2018). The effect of natural rainfall on salt leaching under watertable management. *Land Degradation & Development*, 29(6), 1953–1961. <https://doi.org/10.1002/ldr.2956>.
- Li, X., & Kang, Y. (2020). Agricultural utilization and vegetation establishment on saline-sodic soils using a water–salt regulation method for scheduled drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 231, 105995. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105995>.
- LIMCOM, RESILIM, USAID, GWP SA, GRID-Arendal, & SARDC. (2017).  *Limpopo River Basin: Changes, challenges and opportunities*.
- Liu, W. C., Hsu, M. H., Kuo, A. Y., & Kuo, J. T. (2001). The influence of river discharge on salinity intrusion in the Tanshui Estuary, Taiwan. *Journal of Coastal Research*, 17(3), 544–552.
- Locheremua, V. L. (2004). *Diagnóstico da salinidade dos solos no Bloco Irrigado pelo D11 - Caso da margem direita do Sistema Irrigado de Chókwè* [Universidade Eduardo Mondlane]. <https://shorturl.at/imzBN>.
- Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(30), 13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>.
- MAE. (2014). *Perfil Do Distrito Do Xai-Xai-Província de Gaza*.

<https://dokumen.tips/download/link/perfil-do-distrito-do-xai-xa-provincia-de-distrito-de-bilene-e-a-oeste-pelo-distrito.html>.

- Mahmoud, E. M., Nour El Din, M. M., El Saadi, A. M. k., & Riad, P. (2021). The effect of irrigation and drainage management on crop yield in the Egyptian Delta: Case of El-Baradi area. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.009>.
- Mahmuduzzaman, M., Ahmed, Z. U., Nuruzzaman, A. K. M., & Ahmed, F. R. S. (2014). Causes of Salinity Intrusion in Coastal Belt of Bangladesh. *International Journal of Plant Research*, *4*(4A), 8–13. <https://doi.org/10.5923/s.plant.201401.02>.
- Mahumane, G., & Mulder, P. (2019). Expanding versus greening? Long-term energy and emission transitions in Mozambique. *Energy Policy*, *126*(September 2018), 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.056>.
- Maiti, S., Jha, S. K., Garai, S., Nag, A., Bera, A. K., Paul, V., Upadhaya, R. C., & Deb, S. M. (2017). An assessment of social vulnerability to climate change among the districts of Arunachal Pradesh, India. *Ecological Indicators*, *77*, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.006>.
- Makate, C., Wang, R., Makate, M., & Mango, N. (2016). Crop diversification and livelihoods of smallholder farmers in Zimbabwe: adaptive management for environmental change. *SpringerPlus*, *5*(1), 1135. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2802-4>.
- Maldonado-Méndez, M. de L., Romo-Lozano, J. L., & Monterroso-Rivas, A. I. (2022). Determinant Indicators for Assessing the Adaptive Capacity of Agricultural Producers to Climate Change. *Atmosphere*, *13*(7). <https://doi.org/10.3390/atmos13071114>.
- MASA. (2014). *Plano de Acção para Adaptação da Agricultura às Mudanças Climáticas 2015-2020*. Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar - MASA.
- Matavel, A. J. (2012). *Vulnerabilidade da Comunidade de Zongoene às Alterações Climáticas*. Alberto Júnior Matavel *Vulnerabilidade da Comunidade de Zongoene às Alterações Climáticas*. Universidade de Aveiro.
- Mavume, A. F., Banze, B. E., Macie, O. A., & Queface, A. J. (2021). Analysis of climate change projections for mozambique under the representative concentration pathways. *Atmosphere*, *12*(5). <https://doi.org/10.3390/atmos12050588>.
- Mavume, A. F., & Queface, A. J. (2018). *Manual do Curso Adaptação às Mudanças*

*Climáticas e Redução do Risco de Desastres* (U. E. M. (UEM)-F. de C. e P. da U. de A. das C. C. (CCAP) (ed.); 1st ed.). Academia de Ciências de Moçambique (ACM).

Mboane, N. (2023). Aumentam descargas de água nas barragens de Massingir e Corumana. *O País*, 7. <https://opais.co.mz/aumentam-descargas-de-agua-nas-barragens-de-massingir-e-corumana/>.

Mekonen, A. A., & Berlie, A. B. (2021). Rural households' livelihood vulnerability to climate variability and extremes: a livelihood zone-based approach in the Northeastern Highlands of Ethiopia. *Ecological Processes*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00313-5>.

Mekonnen, G. B., dos Muchangos, L. S., Ito, L., & Tokai, A. (2022). Analyzing key drivers for a sustainable waste management system in Ethiopia: An interpretive structural modeling approach. *Environmental Challenges*, 8(March), 100556. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100556>.

MICOA. (2012). Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas (ENAMMC) 2013-2025. In *Ministério Para a Coordenação da Acção Ambiental*. Conselho de Ministros. <https://www.cgcmc.gov.mz/attachments/article/194/Estrategia Nacional de Adaptacao e Mitigacao das Mudancas Climaticas versao final.pdf>.

MICOA. (2014). *Guião Metodológico para a Elaboração de Planos Locais de Adaptação - Draft V* (p. 69). Ministério para a Coodenação da Acção Ambiental.

Migdley, S. J. E., Chapman, R. A., Whande, W., Parker, R., & Petrie, B. (2013). *What Does Climate Change Mean in the Limpopo Basin?* (Vol. 2). [https://www.globalwaters.org/sites/default/files/SouthernAfrica\\_RESILIM\\_Nov\\_2013.pdf](https://www.globalwaters.org/sites/default/files/SouthernAfrica_RESILIM_Nov_2013.pdf).

Milner, A. M., Khamis, K., Battin, T. J., Brittain, J. E., Barrand, N. E., Füreder, L., Cauvy-Fraunié, S., Gíslason, G. M., Jacobsen, D., Hannah, D. M., Hodson, A. J., Hood, E., Lencioni, V., Ólafsson, J. S., Robinson, C. T., Tranter, M., & Brown, L. E. (2017). Glacier shrinkage driving global changes in downstream systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(37), 9770–9778. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114>.

MITUR. (2013). *Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Turismo em Moçambique (2004-2013)* (p. 92). Ministério de Tuismo. [https://www.cplp.org/Files/Billeder/turismo/Plano\\_Estrategico\\_pt\\_MITUR.pdf](https://www.cplp.org/Files/Billeder/turismo/Plano_Estrategico_pt_MITUR.pdf).

- Mojid, M. A., & Acharjee, T. K. (2013). Efficacy of monsoon rainfall in salt leaching through a field soil after wheat cultivation under saline water irrigation. *Environmental Control in Biology*, 51(1), 35–39. <https://doi.org/10.2525/ecb.51.35>.
- Mollema, P., Antonellini, M., Gabbianelli, G., & Laghi, M. (2010). The influence of surface water evaporation on salt water intrusion in Ravenna , Italy . Implications for climate change . *21st Salt Water Intrusion Meeting, May 2014*, 285–288.
- Mosca, J., & Lasse, N. (2023). Inundações em Moçambique: O factor humano como agravante. *Destaque Rural*, 209, 9. <https://omrmz.org/wp-content/uploads/2023/02/DR-209.pdf>.
- Moss, R. H., Brenkert, A. L., & Malone, E. L. (2001). *Vulnerability to climate change: A quantitative approach*. September.
- Mostafazadeh-Fard, B., Heidarpour, M., Aghakhani, A., & Feizi, M. (2008). Effects of leaching on soil desalinization for wheat crop in an arid region. *Plant, Soil and Environment*, 54(1), 20–29. <https://doi.org/10.17221/2780-pse>.
- Mucova, R., Afonso, S., Miranda, U., Filho, L., Lurdes, C., Miguel, J., Jorge, M., Science, M., Afonso, S., Mucova, R., Azeiteiro, U. M., Filho, W. L., & Lopes, C. L. (2021). Approaching Sea-Level Rise ( SLR ) Change : Strengthening Local Responses to Sea-Level Rise and Coping with Climate Change in North- Version : Published Version DOI : <https://doi.org/10.3390/jmse9020205> Please cite the published version Approachi. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jmse9020205> Usage.
- Munns, R., & Gilliam, M. (2015). Salinity tolerance of crops - what is the cost? *New Phytologist*, 208(3), 668–673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>.
- Nachshon, U., & Levy, G. J. (2022). Soil salination processes and management. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (p. 10). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00014-8>.
- Ndung, C. K., W, K. M., & W, M.-N. F. (2021). Assessment of farmers ’ vulnerability to climate variability and extreme events: Evidence from dry Kitui, Kenya. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(1), 197–209. <https://doi.org/10.22161/ijeab.61.24>.

- Neubauer, S. C., Franklin, R. B., & Berrier, D. J. (2013). Saltwater intrusion into tidal freshwater marshes alters the biogeochemical processing of organic carbon. *Biogeosciences*, *10*(12), 8171–8183. <https://doi.org/10.5194/bg-10-8171-2013>.
- Nguyen, M. T., Renaud, F. G., Sebesvari, Z., & Can Nguyen, D. (2019). Resilience of agricultural systems facing increased salinity intrusion in deltaic coastal areas of Vietnam. *Ecology and Society*, *24*(4). <https://doi.org/10.5751/ES-11186-240419>.
- Nhachungue, H. C., Lasse, N., Bucuane, E., Madivadua, H., Marissol, A., Iracema, A., & Sousa, C. De. (2022). *Exercício: Elaboração de Plano Local de Adaptação Climática do distrito de “Kintonco.”*.
- Nhung, T. T., Le Vo, P., Van Nghi, V., & Quoc Bang, H. (2019). Salt intrusion adaptation measures for sustainable agricultural development under climate change effects: A case of Ca Mau Peninsula, Vietnam. *Climate Risk Management*, *23*(May 2018), 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.12.002>.
- Oliveira, R. A. de, Ramos, M. M., & de Aquino, L. A. (2015). Irrigation Management. In R. A. de Oliveira, M. M. Ramos, & L. A. de Aquino (Eds.), *Sugarcane* (pp. 161–183). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802239-9.00008-6>.
- Pandey, R., & Jha, S. (2012). Climate vulnerability index - measure of climate change vulnerability to communities: a case of rural Lower Himalaya, India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *17*(5), 487–506. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9338-2>.
- Parker, L., Bourgoin, C., Martinez-Valle, A., & Läderach, P. (2019). Vulnerability of the agricultural sector to climate change: The development of a pan-tropical Climate Risk Vulnerability Assessment to inform sub-national decision making. *PLoS ONE*, *14*(3), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213641>.
- Parrotta, J. A., & Agnoletti, M. (2012). Traditional Forest-Related Knowledge and Climate Change. In *Journal of Forestry* (Vol. 12, Issue 2, pp. 492–533). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2144-9>.
- Paul, B. K., & Rashid, H. (2017). Salinity Intrusion and Impacts. *Climatic Hazards in Coastal Bangladesh*, 153–182. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805276-1.00005-3>.
- Paul, S. K. (2014). Vulnerability Concepts and its Application in Various Fields: A Review on Geographical Perspective. *Journal of Life and Earth Science*, *8*, 63–81.

<https://doi.org/10.3329/jles.v8i0.20150>.

- Proag, V. (2014). The Concept of Vulnerability and Resilience. *Procedia Economics and Finance*, 18(September), 369–376. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(14\)00952-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(14)00952-6).
- Pushpalatha, R., & Gangadharan, B. (2023). Climate resilience, yield and geographical suitability of sweet potato under the changing climate: A review. *Natural Resources Forum*. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12309>.
- Qin, L., Wang, M., Zhao, S., Li, S., Lei, X., Wang, L., Sun, X., & Chen, S. (2021). Effect of soil leaching on the toxicity thresholds (EC<sub>x</sub>) of Zn in soils with different properties. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228, 112999. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112999>.
- Rai, R. K., Singh, V. P., & Upadhyay, A. (2017). Estimating Irrigation Design Parameters. In *Planning and Evaluation of Irrigation Projects* (pp. 243–282). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6>.
- Rankoana, S. A. (2020). Climate change impacts on water resources in a rural community in Limpopo province, South Africa: a community-based adaptation to water insecurity. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(5), 587–598. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2020-0033>.
- Rao, M. P. N., Dong, Z.-Y., Xiao, M., & Li, W.-J. (2019). Effect of Salt Stress on Plants and Role of Microbes in Promoting Plant Growth Under Salt Stress. In B. Giri & A. Varma (Eds.), *Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions*, (pp. 423–435). Springer Nature Switzerland AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18975-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18975-4_18).
- Rashmi, I., Shirale, A., Kartikha, K. S., Shinogi, K. C., Meena, B. P., & Kala, S. (2017). Leaching of Plant Nutrients from Agricultural Lands. In *Essential Plant Nutrients* (pp. 465–489). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58841-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58841-4_19).
- RBL-EP. (2020). *Relatório de Actividades do I Trimestre 2020: “Moçambique no aumento da produção e produtividade, rumo à fome zero.”*.
- Renwick, L. L. R., Kimaro, A. A., Hafner, J. M., Rosenstock, T. S., & Gaudin, A. C. M. (2020). Maize-Pigeonpea Intercropping Outperforms Monocultures Under Drought. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.562663>.
- Rhoades, J. D. (2016). Drainage for Salinity Control. In J. van Schilfgaarde (Ed.), *Drainage*

- for Agriculture* (pp. 433–461). *Agronomy Monographs*.  
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr17.c21>.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2020). *CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions*. Our World in Data.  
<https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.
- RM. (2023). *ARA-SUL alerta para ocorrência de cheias em algumas regiões da província de Maputo*. <https://www.rm.co.mz/ara-sul-alerta-para-ocorrencia-de-cheias-em-algumas-regioes-da-provincia-de-maputo/>.
- Rodrigues, R. A., & Maia, L. P. (2003). Impactos Ambientais Na Zona Costeira E a Qualidade De Vida Das Comunidades. *II Congresso Sobre Planeamento e Gestão Das Zonas Costeiras Dos Países de Expressão Portuguesa*, 4.  
[http://www.abequa.org.br/trabalhos/sensoriamento\\_337.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/sensoriamento_337.pdf).
- Rodriguez, O., & Dufour, R. (2020). Saline and Sodic Soils: Identification, Mitigation and Management Considerations. *ATTRA Sustainable Agriculture*, 1–12.
- Rosário, N. M. (2021). Agricultura No Regadio Do Baixo Limpopo, Gaza, Moçambique: Uma Breve Análise E Reflexão Sobre a Tipologia Dos Agricultores. *Revista NERA*, 24(60), 226–249. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/7853>.
- Roy, R. (2019). Protecting coastal agriculture through transformational adaptation. *OP-ED*, May, 1. <https://m.theindependentbd.com/arcprint/details/203287/2019-06-15>.
- Sattar, R. S., Wang, S., Tahir, M. N., & Caldwell, C. (2017). Assessment of smallholder farmer’s vulnerability due to climate change in arid areas of Pakistan. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4), 291–312.  
[https://doi.org/10.15666/aeer/1504\\_291312](https://doi.org/10.15666/aeer/1504_291312).
- Savenije, H. H. G. (2012). Salinity and Tides in Alluvial Estuaries. *Salinity and Tides in Alluvial Estuaries*, 173. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52107-1.X5000-X>.
- Savoy, M. (2020). Erosion and Saltwater Intrusion Impacts to the Wetlands and Shoreline in the Louisiana Gulf Coast Region. *UFL Soil & Water Science Department*, 8.
- Setiawan, I., Morgan, L. K., & Doscher, C. (2023). Saltwater intrusion from an estuarine river: A field investigation. *Journal of Hydrology*, 617(February).  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128955>.
- Shabala, S. (2013). Learning from halophytes: Physiological basis and strategies to improve

- abiotic stress tolerance in crops. *Annals of Botany*, 112(7), 1209–1221. <https://doi.org/10.1093/aob/mct205>.
- Shahid, S. A. (2013). Irrigation-Induced Soil Salinity Under Different Irrigation Systems-Assessment and Management: Short Technical Note. *Climate Change Outlook and Adaptation An International Journal*, 1(1), 19–24.
- Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Salinity and Sodicity Adaptation and Mitigation Options. In *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques* (pp. 55–89). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_3).
- Shammi, M., Rahman, M., Bondad, S., & Bodrud-Doza, M. (2019). Impacts of Salinity Intrusion in Community Health: A Review of Experiences on Drinking Water Sodium from Coastal Areas of Bangladesh. *Healthcare*, 7(1), 50. <https://doi.org/10.3390/healthcare7010050>.
- Sheng, F., & Xiuling, C. (2004). Influence of Atmospheric Precipitation on Soil Leaching and Desalinization in Semi-Humid Region. *Tucson.Ars.Ag.Gov*, 430, 1–4. <http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco13/PAPERS R-Z/SHENG.pdf>.
- Shirokova, Y., Forkutsa, I., & Sharafutdinova, N. (2000). Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. *Irrigation and Drainage Systems*, 14(3), 199–205. <https://doi.org/10.1023/A:1026560204665>.
- SIBMOZ. (2021). *Ecosistemas de Moçambique*. <https://sibmoz.gov.mz/ecosystems/>.
- SIBMOZ. (2022). *Vegetation map of Greece*. [https://fdlmes-ckan.getmap.gr/dataset/605993dd-5e81-4a7f-864b-0607388a0098/resource/34e951d3-ca6d-4d3f-9f05-25267e116d9b/download/vlasthsh\\_1978.pdf](https://fdlmes-ckan.getmap.gr/dataset/605993dd-5e81-4a7f-864b-0607388a0098/resource/34e951d3-ca6d-4d3f-9f05-25267e116d9b/download/vlasthsh_1978.pdf).
- Siebert, S., Döll, P., Hoogeveen, J., Faures, J.-M., Frenken, K., & Feick, S. (2005). Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(5), 535–547. <https://doi.org/10.5194/hess-9-535-2005>.
- Silva, J. F. F. Da, & Haie, N. (2000). PLANEAMENTO E GESTÃO Planeamento e gestão global de recursos hídricos costeiros: Estratégias para a prevenção e controlo da intrusão Salina. *5º Congresso Da Água*, 13.
- Silva, J. A., Eriksen, S., & Ombe, Z. A. (2010). Double exposure in Mozambique's Limpopo River Basin. *Geographical Journal*, 176(1), 6–24. <https://doi.org/10.1111/j.1475->

4959.2009.00343.x.

- Singh, R., van Werkhoven, K., & Wagener, T. (2014). Hydrological impacts of climate change in gauged and ungauged watersheds of the Olifants basin: a trading-space-for-time approach. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 29–55. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.819431>.
- Sontakki, B. S., Venkatesan, P., & Rao, V. K. J. (2019). *Participatory Rural Appraisal*.
- Spies, B., & Woodgate, P. (2005). *Salinity Mapping Methods in the Australian Context* (Issue May). Department of the Environment and Heritage; and Agriculture, Fisheries and Forestry.
- Stavi, I. (2020). On-Site Use of Plant Litter and Yard Waste as Mulch in Gardening and Landscaping Systems. *Sustainability*, 12(18), 7521. <https://doi.org/10.3390/su12187521>.
- Stavi, I., Thevs, N., & Priori, S. (2021). Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 16. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.712831>.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195–1210. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00035-9).
- Tran, D. D., Dang, M. M., Duong, B. Du, Sea, W., & Vo, T. T. (2021). Livelihood vulnerability and adaptability of coastal communities to extreme drought and salinity intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 57(July 2020), 102183. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102183>.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matsone, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensene, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
- UNDP. (2012). *National Marine Ecosystem Diagnostic Analysis. Mozambique. Contributing to the Agulhas and Somali Current Large Marine Ecosystems Project*. 64.
- USAID. (2018). Climate Risk Profile. In *Adaptation Thought Leadership and Assessments (ATLAS)* (Issue July). [https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017\\_USAID ATLAS\\_Climate Risk Profile - India.pdf](https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_ATLAS_Climate_Risk_Profile_-_India.pdf).

- Vernooy, R. (2022). Does crop diversification lead to climate-related resilience? Improving the theory through insights on practice. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(6), 877–901. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2076184>.
- VIA. (2023). *VIA Tools*. [https://via.farm/via\\_tools/](https://via.farm/via_tools/).
- Vincent, K. (2004). Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa. *Tyndall Centre for Climate Change Research*, 56(August), 41.
- Vincent, K. (2007). Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change*, 17(1), 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.11.009>.
- Vincent, K., & Cull, T. (2010). A household social vulnerability Index (HSVI) for evaluating adaptation projects in developing countries. *PEGNET Conference 2010: Policies to Foster and Sustain Equitable Development in Times of Crises*, 16.
- Visconti, F., & de Paz, J. M. (2016). Electrical Conductivity Measurements in Agriculture: The Assessment of Soil Salinity. In *New Trends and Developments in Metrology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/62741>.
- Vos, A. de, Bruning, B., Straten, G. van, Oosterbaan, R., Rozema, J., & Bodegom, P. van. (2016). Crop salt tolerance under controlled field conditions in the Netherlands, based on trials conducted b Salt Farm Texel. *SaltFarm Texel, March*, 5–7. <https://shorturl.at/mACJ6>.
- Wang, Y., Gao, M., Chen, H., Fu, X., Wang, L., & Wang, R. (2023). Soil moisture and salinity dynamics of drip irrigation in saline-alkali soil of Yellow River basin. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1130455>.
- Wang, Z., Liao, R., Lin, H., Jiang, G., He, X., Wu, W., & Zhangzhong, L. (2018). Effects of drip irrigation levels on soil water, salinity and wheat growth in North China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1), 146–156. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3775>.
- WAPCOS, & ANDRON CONSULTANTS. (2018). *Limpopo Irrigation Development Plan - Final Report*.
- White, E., & Kaplan, D. (2017). Restore or retreat? saltwater intrusion and water management in coastal wetlands. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/ehs2.1258>.

- Wilson, T. L. (2009). *Gestão da água de rega e sua implicação na salinização de solos no Regadio de Chókwè* [Unoversidade Eduardo Mondlane]. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/21381/21381.pdf?sequence=1>.
- Wisner, B. (2016). Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. In *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science* (Issue August 2016). <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.25>.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2014). At risk: natural hazards, peoples vulnerability and disasters. *At Risk: Natural Hazards Peoples Vulnerability and Disasters*, 1–471. <https://doi.org/10.4324/9780203714775>.
- WRI, & Climate Watch. (2022). *Country Greenhouse Gas Emissions Data*. World Resources Institute. <https://datasets.wri.org/dataset/cait-country>.
- Xu, D., Peng, L., Liu, S., & Wang, X. (2018). Influences of Risk Perception and Sense of Place on Landslide Disaster Preparedness in Southwestern China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9(2), 167–180. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0170-0>.
- Xu, Z., Ma, J., Wang, H., Hu, Y., Yang, G., & Deng, W. (2018). River discharge and saltwater intrusion level study of Yangtze River Estuary, China. *Water (Switzerland)*, 10(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/w10060683>.
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>.
- Yu, X., Xin, P., & Hong, L. (2021). Effect of evaporation on soil salinization caused by ocean surge inundation. *Journal of Hydrology*, 597, 126200. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126200>.
- Zacarias, D. A. (2019). Understanding community vulnerability to climate change and variability at a coastal municipality in southern Mozambique. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(1), 154–176. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2017-0145>.
- Zaman, M., Shahid, S. A., & Heng, L. (2018). Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. In *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer Open. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2).

- Zhang, Z., Cui, B., Zhao, H., Fan, X., & Zhang, H. (2010). Discharge-salinity relationships in Modaomen waterway, Pearl River estuary. *Procedia Environmental Sciences*, 2(5), 1235–1245. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.134>.
- Zhu, T., & Ringler, C. (2012). Climate change impacts on water availability and use in the Limpopo River Basin. *Water (Switzerland)*, 4(1), 63–84. <https://doi.org/10.3390/w4010063>.
- Zuccolotto, G., & Kahler, D. M. (2023). Assessment of Relative Risk of Seawater Intrusion Mechanisms in the Coastal Plains of the Limpopo River Basin , Mozambique Center for Environmental Research and Education , Duquesne University. *Authorea*, 63.
- Zuniga, A. (2023). *Ciclone Tropical Freddy em Moçambique*. <https://www.unicef.org/mozambique/ciclone-tropical-freddy-em-moçambique>.

## 8. ANEXOS

**Anexo 8.1.** Indicadores normalizados da exposição dos produtores à intrusão salina no RBL.

Componente	Indicador	Posto Administrativo					
		Chicumbane	Chilaulene	Chongoene	Malehice	Tchaimite	Zongoene
Eventos climáticos extremos e variabilidade climática	Ocorrência de cheias	0.13	0.19	0.00	0.37	0.21	0.05
	Ocorrência de ciclones	0.34	0.38	0.32	0.47	0.29	0.32
	Ocorrência de secas	0.68	0.63	0.68	0.95	0.64	0.53
	Ocorrência de altas temperaturas	0.76	0.56	0.68	0.68	0.93	0.63
	Alteração de padrão de chuvas	0.47	0.44	0.73	0.63	0.57	0.37
	Choques ambientais totais	0.13	0.50	0.41	0.11	0.14	0.63
	Precipitação média anual (mm)	0.68	0.63	0.68	0.95	0.64	0.53
	Temperatura média anual (°C)	0.55	0.52	0.62	0.60	0.54	0.54
Ambiente	Intensidade de pragas e doenças	0.35	0.26	0.38	0.60	0.89	0.01
	Ocorrência da intrusão salina	0.59	0.41	0.52	0.92	0.79	0.28
	Altitude (m)	0.65	0.94	0.91	0.86	0.79	0.93
	Distância até a foz	0.63	0.99	0.53	0.32	0.12	0.90
Salinidade do solo	Salinidade do solo	0.03	0.10	0.15	0.01	0.02	0.20

**Anexo 8.2.** Indicadores normalizados da sensibilidade dos produtores à intrusão salina no RBL.

Componente	Indicador	Posto Administrativo					
		Chicumbane	Chilaulene	Chongoene	Malehice	Tchaimite	Zongoene
Acesso a água	Número de fontes de água de consumo doméstico	0.93	0.94	0.88	0.82	0.75	0.84
	Distância até à fonte de água de consumo doméstico	0.03	0.08	0.15	0.18	0.26	0.04
	Disponibilidade anual da água de consumo doméstico	0.08	0.06	0.02	0.11	0.36	0.21
	Posse de reservatório de água de consumo doméstico	0.21	0.19	0.02	0.21	0.21	0.21
	Distância até à fonte de água de rega	0.03	0.04	0.20	0.05	0.10	0.05
	Disponibilidade anual da água de rega	0.25	0.00	0.07	0.10	0.20	0.70
	Posse de reservatório de água de rega	0.88	0.83	1.00	0.80	1.00	1.00
Acesso a alimentos	Número de meses de escassez de alimentos	0.19	0.26	0.18	0.19	0.15	0.28
	Número de estratégias face à escassez de alimentos	0.71	0.81	0.80	0.74	0.77	0.68
Saúde	Membro do AF com necessidade especial	0.82	0.63	0.82	0.79	0.93	0.89
	Membro do AF com doença crónica	0.71	0.38	0.70	0.74	0.71	0.84
Ambiente	Efeito de cheias na intrusão salina	0.47	0.35	0.70	0.92	1.00	0.76
	Efeito de ciclones na intrusão salina	0.44	0.33	0.20	0.00	0.75	0.22
	Efeito de secas na intrusão salina	0.44	0.44	0.32	0.00	1.00	0.28
	Efeito de altas temperaturas na intrusão salina	0.50	0.35	0.41	0.17	0.75	0.21
	Efeito das marés na intrusão salina	0.72	0.63	0.55	0.58	0.50	0.83
	Efeito do escoamento do rio na intrusão salina	0.41	0.40	0.30	0.25	0.50	0.32
	Efeito do tipo de solo na intrusão salina	0.46	0.36	0.30	0.00	0.67	0.31
	Efeito de gestão de solo e água na intrusão salina	0.50	0.35	0.37	0.33	0.50	0.54
Agricultura	Abandono de produção de culturas devido à IS	0.05	0.50	0.09	0.05	0.00	0.47
	Destruição de culturas pelos animais	0.42	0.25	0.45	0.37	0.36	0.37

**Anexo 8.3.** Indicadores normalizados da capacidade adaptativa dos produtores à intrusão salina no RBL.

Componente	Indicador	Posto Administrativo					
		Chicumbane	Chilaulene	Chongoene	Malehice	Tchaimite	Zongoene
Capital Humano (CH)	Tamanho do AF	0.30	0.48	0.27	0.24	0.30	0.32
	Idade do chefe do AF	0.51	0.43	0.59	0.63	0.62	0.51
	AF liderado por uma mulher	0.55	0.63	0.52	0.58	0.79	0.42
	Índice de dependência do AF	0.60	0.56	0.58	0.55	0.48	0.50
	Índice de escolaridade	0.34	0.47	0.24	0.18	0.14	0.36
	Nível de escolaridade do chefe do AF	0.74	0.88	0.66	0.63	0.71	0.89
	Percepção de salinidade nas machambas	0.24	0.81	0.45	0.21	0.14	0.89
Capital social e institucional (CSI)	Membro do AF líder na comunidade	0.29	0.44	0.30	0.21	0.21	0.16
	Acesso à crédito agrícola	0.03	0.06	0.02	0.11	0.21	0.05
	Acesso à apoio em espécie ou dinheiro	0.16	0.19	0.14	0.05	0.21	0.00
	Prática de poupança	0.32	0.63	0.39	0.42	0.64	0.37
	Membro do AF que possui seguro agrícola	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
	Membro do AF pertencente à uma associação agrícola	0.24	0.50	0.11	0.37	0.14	0.16
	Acesso à informação climática	0.97	1.00	0.86	0.68	0.93	0.95
Capital financeiro (CF)	Número de fontes de subsistência do AF	0.27	0.34	0.26	0.29	0.36	0.28
	Membros do AF com trabalho assalariado	0.12	0.25	0.13	0.09	0.23	0.20
	Membro do AF que trabalha fora da comunidade	0.13	0.27	0.11	0.11	0.21	0.22
	Efectivo bovino	0.02	0.06	0.10	0.07	0.23	0.01
	Efectivo caprino+suíno+ovino	0.01	0.02	0.03	0.14	0.10	0.02
	Efectivo de aves	0.06	0.05	0.07	0.06	0.09	0.08
Capital tecnológico (CT)	Prática de agricultura irrigada	0.21	0.38	0.32	0.53	0.36	0.53
	Uso de insumos orgânicos	0.74	0.88	0.64	0.74	0.29	0.58
	Uso de insumos inorgânicos	0.11	0.44	0.27	0.58	0.57	0.47
	Uso de semente certificada	0.63	0.69	0.55	0.79	0.64	0.63

Componente	Indicador	Posto Administrativo					
		Chicumbane	Chilaulene	Chongoene	Malehice	Tchaimite	Zongoene
Capital tecnológico (CT) (cont.)	Número de culturas produzidas pelo AF	0.11	0.18	0.15	0.15	0.12	0.13
	Produção de culturas tolerantes à salinidade	0.24	0.31	0.29	0.23	0.24	0.25
	Produção em sistema consociado	0.89	0.75	0.95	1.00	0.86	0.53
	Número de épocas de produção agrícola por ano	0.39	0.56	0.32	0.32	0.21	0.53
Capital físico e infra-estrutural (CFI)	Número de machambas	0.23	0.38	0.25	0.27	0.16	0.19
	Rácio de machambas na zona alta e baixa	0.12	0.24	0.10	0.17	0.04	0.00
	Área total das machambas	0.09	0.21	0.13	0.05	0.07	0.07
	Existência de infra-estruturas de gestão de recursos hídricos	1.00	0.94	0.93	0.89	0.86	0.95
	Desempenho da gestão dos recursos hídricos	0.50	0.63	0.38	0.38	0.35	0.13

**Anexo 8.4.** Questionário utilizado na recolha de informação ao nível do agregado familiar no Regadio do Baixo Limpopo.

<b>QUESTIONÁRIO</b>											
<b>Estudo de Avaliação da vulnerabilidade da agricultura familiar à intrusão salina na bacia hidrográfica do Limpopo</b>											
<b>O estudo está sendo conduzido na Província da Gaza, nos distritos de Limpopo, Xai-Xai, Chibuto e Guijá.</b>											
<b>IMPORTANTE: O/A Sr(a) tem o direito de participar nesta entrevista de forma voluntária. Frisar que toda informação a recolher será completamente confidencial. Em nenhuma circunstância o seu nome será associado a qualquer resposta. Assim, solicitamos o seu consentimento para iniciar o inquérito.</b>											
<i>Inquirir sempre o(a) chefe do AF ou o(a) seu conjugue</i>											
<b>SECÇÃO A: LOCALIZAÇÃO E DADOS PESSOAIS</b>											
A01	Nome do Inquiridor				A09	Nome do(a) inquirido(a)					
A02	Data (dia/mês/ano)			2023	A10	Sexo do(a) Inquirido(a)			H____	M____	Outro__
A03	Província	Gaza			A11	O(a) inquirido(a) é chefe do Agregado Familiar (AF)?			1. Sim__	2. Não__	
A04	Distrito										
A05	Posto Administrativo										
A06	Localidade										
A07	Aldeia										
A08	Coordenadas geográficas	Latitude									
		Longitude									

## SECÇÃO B: CONSTITUIÇÃO DO AGREGADO FAMILIAR (AF)

Qual é o tamanho do Agregado Familiar	Nomes dos membros do Agregado Familiar (AF)	Sexo de cada membro do AF	Relação com o chefe do AF		Idade (anos) de cada membro do AF	Estado civil de cada Membro do AF		O Membro (X) do AF Sabe ler e escrever?	Qual é o Nível de escolaridade?		O Membro (X) do AF, Possui alguma necessidade especial?														
			1. Próprio (a)	2. Cônjuge		3. Filho(a)	4. Irmão(a)		5. Pai/mãe	6. Sobrinho(a)		7. Neto(a)	8. Nora/Genro	9. Sogro (a)	10. Sem relação	11. Outra (especifique)	1 - Solteiro (a)	2 - Casado (a)	3 - União marital	4 - Polígamo	5 - Divorciado (a)	6 - Viúvo (a)	1 - Sim	2 - Não	1. Sem escola formal
<i>Preencha o nº total de membros abaixo</i>		1. Masculino 2. Feminino																							
Nº _____	<i>Coloque os nomes dos membros do AF abaixo</i>	<i>Preencha apenas com o código referido acima</i>			<i>Coloque a idade do membro abaixo</i>	<i>Preencha apenas com o código referido acima</i>																			
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									

## SECÇÃO C: EXPOSIÇÃO DO AF À INTRUSÃO SALINA

Qual dos seguintes eventos tem afectado o seu AF?	Nos últimos 10 anos, quantas vezes este evento afectou seu AF?	Que impactos este evento causou no seu AF?	Quais são as fontes de água para o consumo doméstico do AF?	Qual é a distância até a fonte de água mais próxima?	Esta fonte possui água durante todo ano?
<i>(Marque com X a opção correspondente)</i>					
1. Ciclones tropicais	<i>(Escreva o nr de vezes)</i>	1. Perda da produção agrícola	1. Canalizada	1. Menos de 1 km	1. Sim
2. Secas	1. Uma vez	2. Redução da produtividade agrícola	2. Rio	2. Entre 1 e 3 km	2. Não
3. Cheias e inundações	2. Entre 2 e 3 vezes	3. Perda da criação animal	3. Poço fechado	3. Entre 3 e 5 km	
4. Elevadas temperaturas	3. Entre 4 e 5 vezes	4. Perdas das reservas alimentares	4. Poço aberto	4. Entre 5 e 10 km	
5. Escassez da chuva	4. Entre 6 e 8 vezes	5. Destruição de casas	5. Chuva	5. Acima de 10 km	
6. Salinidade da água de rega	5. Anualmente	6. Lesão ou morte de um membro do AF	6. Rio		
7. Salinidade do solo		7. Escassez de alimentos	7. Fontenária		
8. Redução do escoamento do rio		8. Destruição do armazenamento de água	8. Bomba manual		
9. Conflito homem-animal		9. Contração de doença	9. Outra (especifique)		
10. Conflitos pelos recursos		10. Outra (especifique)			
11. Pragas e doenças agrícolas					
O seu AF possui reservatório de água para o consumo doméstico?	Se sim, a quantidade reservada serve para quantos dias?				
1. Sim	1. Menos de 7 dias				
2. Não --> D03	2. Entre 8 e 14 dias				
	3. Entre 15 e 30 dias				
	4. Entre 30 e 60 dias				
	5. Acima de 60 dias				

## SECÇÃO D: SENSIBILIDADE DO AF À INTRUSÃO SALINA

### Acesso à água

O seu AF pratica agricultura irrigada?	Quais são as fontes de água para a rega?	Qual é a distância da machamba até esta fonte de água?	Esta fonte possui água durante todo ano?	Quantos meses observa escassez de água de rega	Em que época do ano se observa escassez de água de rega?	Quais são as razões da escassez de água de rega?
<i>(Marque com X a opção correspondente)</i>						
1. Sim	<i>(Escreva o nr de vezes)</i>	1. Menos de 1 km	<i>Se Sim, salta para D01D</i>	1. Menos de 2 meses	1. Época fresca	1. Redução do escoamento
2. Não → D02	1. Rio	2. Entre 1 e 3 km	1. Sim	2. Entre 2 e 3 meses	2. Época quente	2. Falta de reservatório
	2. Lago	3. Entre 3 e 5 km	2. Não	3. Entre 3 e 6 meses	3. Todo ano	3. Conflitos de água
	3. Poço	4. Entre 5 e 10 km		4. Entre 6 e 8 meses		4. Fraco funcionamento do regadio
	4. Lençol freático	5. Acima de 10 km		5. Acima de 8 meses		5. Baixa qualidade da água existente
	5. Outra					6. Outras (especifique)

Acesso à água			Acesso à saúde		
O seu AF possui reservatório de água para rega?	Qual é a quantidade da água reservada?	A quantidade reservada serve para quantos dias?	Na sua comunidade que tipo de assistência de saúde existe?	Que distância percorre até a assistência de saúde mais próxima?	Algum membro do seu AF sofre de uma doença crónica?
<i>(Marque com X a opção correspondente)</i>					
1. Sim	1. Menos de 50 L	1. Menos de 7 dias	1. Centro de Saúde	1. Menos de 1 km	1. Sim
2. Não → D03	2. Entre 50 e 100 L	2. Entre 8 e 14 dias	2. APS-Agente Permanente de Saúde	2. Entre 1 e 3 km	2. Não
	3. Entre 100 e 200 L	3. Entre 15 e 30 dias	3. Medicina tradicional	3. Entre 3 e 5 km	
	4. Entre 200 e 1000 L	4. Entre 30 e 60 dias	4. Outra (especifique)	4. Entre 5 e 10 km	
	5. Acima de 1000 L	5. Acima de 60 dias		5. Acima de 10 km	

## SECÇÃO D: SENSIBILIDADE DO AF À INTRUSÃO SALINA

### Segurança alimentar

Nos últimos 12 meses, o AF teve escassez de alimentos, ou seja, deixou de consumir alimentos que consome normalmente?	Em que meses o AF teve escassez de alimentos?	Quais foram as razões da escassez de alimentos?	Durante os meses de escassez de alimentos, que estratégias utilizou para garantir a alimentação no seu AF?	Se NÃO teve escassez, como conseguiu assegurar alimentos suficientes para todo o AF nos últimos 12 meses?
<i>(Coloque X nas opções correspondentes abaixo) (pode seleccionar mais de uma opção)</i>				<i>(Apenas responder se a resposta a pergunta D05 for NÃO) (pode seleccionar mais de uma opção)</i>
1. Sim	1. Janeiro	1. Falta ou Irregularidade de chuvas	1. Consumo de produtos menos preferidos ou menos caros	1. Produção própria (machamba e criação de animais)
2. Não => D05D	2. Fevereiro	2. Área cultivada pequena	2. Aumentou a prática de ajuda mútua com familiares e ou amigos	2. Reservas da época passada
	3. Março	3. Ataque de pragas e doenças	3. Compra de alimentos a crédito	3. Actividades complementares
	4. Abril	4. Ventos fortes	4. Consumo de alimentos silvestres	4. Complemento da dieta com alimentos silvestres
	5. Maio	5. Ciclones e Tempestades	5. Colheita precoce das culturas	5. Aumento do tempo dedicado a outras actividades não-agrícolas mais rentáveis
	6. Junho	6. Chuvas fortes ou cheias	6. Consumo da semente armazenada para a época seguinte	6. Diversificação das culturas
	7. Julho	7. Salinidade	7. Colocar crianças a passar refeições com os vizinhos ou familiares	7. Produção na zona baixa e alta
	8. Agosto	8. Falta de mão-de-obra	8. Reduziu o número de refeições por dia	
	9. Setembro	9. Perdas pós-colheita	9. Reduziu o consumo alimentar dos adultos em benefício das crianças	
	10. Outubro	10. Falta de insumos de produção agrícola	10. Ficou alguns dias sem comer	
	11. Novembro	11. Falta de dinheiro para comprar alimentos	11. Aumentou mão-de-obra para o cultivo de terras	
	12. Dezembro	12. Outra razão <i>(especifique abaixo)</i>	12. Aumentou o tempo dedicado a outras actividades não-agrícolas	
			13. Vendeu bens (animais, terras, etc.)	
			14. Outra (especifique abaixo)	

## SECÇÃO E: CAPACIDADE ADAPATIVA À INTRUSÃO SALINA

Quais são as fontes de subsistência (ou actividades praticadas) do AF?		Qual é o objectivo desta actividade?	Indique as principais actividades	No caso de venda, Qual é o rendimento mensal de cada actividade? (em meticais)	Qual é o rendimento mensal total? (em meticais)	Há quanto tempo pratica esta actividade?
		1. Apenas para consumo				1. Menos de 1 ano
		2. Apenas para a venda	1. Primária			2. Entre 2 e 4 anos
		3. Primeiro consumo, depois venda	2. Secundária			3. Entre 4 e 8 anos
		4. Primeiro venda, depois consumo	3. Terciária			4. Acima de 8 anos
Fonte	Código	<i>selecione o código acima e preencha abaixo</i>		<i>preencha o valor abaixo</i>		<i>preencha abaixo</i>
Fonte 1						
Fonte 2						
Fonte 3						
Fonte 4						
Fonte 5						
Fonte 6						
<b>1. Agricultura 2. Pecuária 3. Pesca 4. Comércio não agrícola 5. Exploração florestal 6. Ganho-Ganho 7. Artesanato 8. Construção de casas; 9. Carpinteiro 10. Mineiro 11. Outra (especifique)</b>						

## SECÇÃO E: CAPACIDADE ADAPATIVA À INTRUSÃO SALINA

Quantas machambas/parcelas o AF possui? [ <i>Coloque o número das machambas abaixo</i> ]	Qual é a Localização da Machamba [...]?	Qual é a área total da Machamba que o AF possui [ha]?	Qual é a área total cultivada da Machamba [ha]?	Sempre produziu nesta machamba?	Se não, Porque abriu esta machamba?	Que tipo de agricultura o AF pratica em cada Machamba?	Qual é a fonte de água que utiliza para rega?	Possui DUAT dessa machamba?		
		1. Menos de 0.5 ha	1. Menos de 0.5 ha		1. Baixa produtividade das outras		1. Rio			
Nº _____	1. Zona alta	3. Entre 1 e 2 ha	3. Entre 1 e 2 ha		2. Tinha sal nas outras		3. Poço			
	2. Zona Baixa longe do rio	4. Entre 2 e 5 ha	4. Entre 2 e 5 ha		1. Sim		3. Para aumentar produtividade		1. Irrigada	4. Lençol freático
	3. Perto do rio	5. Acima de 5 ha	5. Acima de 5 ha		2. Não		4. Outra (especifique)		2. Sequeiro	5. Outra (especifique)
<i>Selecione o código acima e preencha abaixo em cada machamba</i>										
Machamba 1										
Machamba 2										
Machamba 3										
Machamba 4										
Machamba 5										
Machamba 6										

## SECÇÃO E: CAPACIDADE ADAPATIVA À INTRUSÃO SALINA

<b>O AF possui membros que trabalham fora da comunidade?</b>	<b>O AF possui membros com trabalho assalariado?</b>	<b>Que e quantos dos seguintes bens o AF possui?</b>		<b>O AF tem acesso ao crédito?</b>	<b>O AF tem acesso ao empréstimo de amigos, familiares, etc.?</b>	<b>O AF pratica poupança?</b>		
1. Sim	1. Sim	1. Bovinos		1. Sim	1. Sim	1. Sim		
2. Não	2. Não	2. Cabritos		2. Não	2. Não	2. Não		
		3. Porcos						
		4. Ovelhas						
		5. Galinhas						
<b>Algum membro do AF é membro de uma associação agrícola?</b>	<b>O AF possui acesso aos serviços de extensão?</b>	6. Patos		<b>Algum membro do AF possui seguro de vida?</b>				
		7. Pombos						
		8. Burros						
		9. Carro						
1. Sim	1. Sim	10. Motorizada		1. Sim				
2. Não	2. Não	11. Bicicleta		2. Não				
<b>Que culturas o AF produz?</b>	<b>Como obteve a semente utilizada?</b>	<b>O AF utiliza fertilizantes?</b>		<b>Qual é o tipo de fertilizante?</b>	<b>O AF utiliza pesticidas</b>	<b>Qual é o tipo de pesticida?</b>		
	1. Compra em dinheiro			1. Orgânico		1. Orgânico		
	2. Doação			2. Inorgânico		2. Inorgânico		
	3. Reserva da época anterior							
	4. Compra em espécie							
	5. Outro (especifique)							