

**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
CURSO: CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE  
ESPECIALIDADE: GESTÃO AMBIENTAL**

**ADINANE JALÓ**

**ANÁLISE DE SALINIDADE E ACIDEZ DO SOLO NA CULTURA  
DO ARROZ ZONA INUNDADA “BOLANHA” EM OIO E TOMBALI,  
GUINÉ-BISSAU**

**BISSAU, 2022**

**ADINANE JALÓ**

**ANÁLISE DE SALINIDADE E ACIDEZ DO SOLO NA CULTURA DO ARROZ  
ZONA INUNDADA “BOLANHA” EM OIO E TOMBALI, GUINÉ-BISSAU**

Monografia apresentada à Universidade Lusófona da Guiné como um requisito à obtenção do título de Licenciado em Ciências do Mar e do Ambiente na Especialidade de Gestão Ambiental.

**Orientadora:** Mestra. Matilda Merkohanaj

Doutorando no Instituto Superior de Agronomia de Lisboa (ISA).

Email: [mmerkohanaj@isa.ulisboa.pt](mailto:mmerkohanaj@isa.ulisboa.pt)

**Co-orientador :** Mestre. May Adilson C. Lopes

Universidade Lusófona de Guiné (ULG). Email: [adilopes04@gmail.com](mailto:adilopes04@gmail.com)

**BISSAU, 2022**

**ADINANE JALÓ**

**ANÁLISE DE SALINIDADE E ACIDEZ DO SOLO NA CULTURA DO ARROZ ZONA  
INUNDADA “BOLANHA” EM OIO E TOMBALI, GUINÉ-BISSAU**

Monografia apresentada à Universidade Lusófona da  
Guiné como um requisito à obtenção do título de  
Licenciado em Ciências do Mar e do Ambiente na  
Especialidade de Gestão Ambiental.

Aprovado em 19 de maio de 2023

Banca Examinadora:

---

Mestre Aliu Gomes  
**JÚRI PRINCIPAL - ULG**

---

Mestre Paulo António Monteiro  
**PRESIDENTE DA BANCA - ULG**

---

Mestre Cláudia Moreira Sanó  
**MEMBRO DA BANCA - ULG**

---

Mestre Matilda Merkohasanaj, Doutorando no **ISA**  
**ORIENTADORA - ISA**

BISSAU, 2022

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e ao Profeta Muhammad (s.a.w). sem suas bênçãos nada seria possível.

A minha querida Mãe Bailo Jaló e ao meu pai Magíde Jaló (in memoriam), pilares da minha formação como ser humano.

A minha orientadora Matilda Merkohasanaj, pela sua atenção dedicada ao longo de todo o trabalho desta monografia.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por ter-me dado a vida e saúde tornado esse sonho uma realidade, “*Al-hamdulilah*”.

Aos meus pais Magíde Jaló (in memoriam) e Bailo Jaló, pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória académica.

Aos meus tios Uri Djaló, Mutaro Jaló, Saico Jaló, Bubacar Baldé, Alimo Djaló, Ibraima Jaló e Mamadu Bailo Djaló (Aladje Manga) (in memoriam) por me apoiarem no meu estudo.

As minhas tias Umo Djaló e Fatumata Djaló (Ma), por me apoiarem desde criança.

A minha orientadora Mestra Matilda Merkohasanaj cuja dedicação, sabedoria e paciência serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho. Grato por tudo.

Ao meu coorientador Mestre. May Adilson C. Lopes que me auxiliou na germinação das ideias, formatação e correção durante o processo de desenvolvimento desta monografia.

Agradeço a todos os meus professores que contribuíram na minha trajetória académica, desde início até a fase atual, em especial aos docentes do departamento de Ciências do Mar e do Ambiente (CMA).

A universidade Lusófona da Guiné, desde os funcionários da limpeza até à reitoria da universidade, em especial aos coordenadores do departamento de CMA.

Ao Projeto Malmon pela bolsa de investigação, oportunidade de estágio e condições oferecidas na realização desse trabalho. A todos os parceiros desse projeto pela luta incansável para garantir a segurança alimentar na Guiné-Bissau, em especial a União Europeia. Agradeço a todos os investigadores; os doutorandos em especial Matilda Merkohasanaj, Gabriel Garbanzo, Orlando Mendes e Viriato Cossa por sempre estarem disponíveis para as minhas dúvidas e questões. Tenho certeza de que o trabalho não teria a mesma qualidade sem a vossa ajuda; aos estagiários da ULG pela partilha das ideias; não posso terminar sem agradecer os nossos incansáveis agricultores/investigadores pelos apoios dados no campo em especial aqueles de Cafine, Cafal, Malafu e N'Tchugal pela prontidão e vontade demonstrada nesse trabalho e às comunidades dessas tabancas pelo acolhimento.

Agradeço a toda a equipa do Laboratório Nacional de Solos e Águas da Guiné-Bissau em especial aos meus colegas da ULG Eduíno D. da Costa, Adriano Maio Barbosa e Paulina Na Bitchom pelo excecional apoio e incentivo que me deram durante esse trabalho.

A todos os estudantes de CMA em especial aos meus colegas de turma da especialidade Gestão Ambiental pela partilha e amizade durante quatro anos.

Ao meu amigo Daniel Escudero Brocal pelo seu apoio na realização desse trabalho.

Agradeço a todos meus familiares que apoiaram nessa luta, aos meus irmãos (Mutaro Jaló e Gadiro Jaló), minhas irmãs (Cultume Jaló, Lama Jaló e Aminata Jaló) e meus primos em especial Aladje Djaló (Aladje mo Yuma) e Djuli Djaló pelos conselhos e apoios que me deram.

Enfim agradeço a todos que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho. Gratidão!

## RESUMO

A agricultura está enfrentando cada vez mais problemas de salinidade e acidez do solo, que são fatores alarmantes na agricultura atual. O presente trabalho teve por objetivo conhecer o comportamento dos parâmetros do solo como acidez (pH) e Salinidade (CE) e suas influências no desenvolvimento da cultura do arroz na zona inundado “Bolanha”, nas regiões de Oio e Tombali, Guiné-Bissau. O solo foi coletado nas tabancas de Oio e Tombali, num total de 220 amostras a uma profundidade de 20 cm, em quatros tempos diferentes e analisados (CE, pH, T e mV) no Laboratório Nacional de Solos e Águas, através de método relação solo/água 1:5. Com base nos resultados obtidos com os análises laboratoriais realizados foi possível verificar que os níveis de salinidade (CE) eram altos durante a estação seca, que diminuíram bastante com a intensidade da chuva em algumas agroecologias de Tidal Mangrove (TM) e críticos em outras, os níveis de acidez (pH) eram muito baixos durante a estação seca, que aumentaram no início da chuva, mas caíram quando a chuva atingiu seu pico em algumas agroecologias de Associate Mangrove (AM). Conclui-se que a precipitação é o principal fator que influencia esses parâmetros (CE e pH), consideramos como secundários a influencia de maré e as condições topográficas, e valores de CE acima de 3 mS/cm e pH abaixo de 5,0, causaram perda de produção.

**Palavras-chaves:** Análise de solo, Salinidade, Acidez, Região de Oio, Região de Tombali, Guiné-Bissau.

## ABSTRACT

Agriculture is increasingly facing problems of soil salinity and acidity, which are alarming factors in today's agriculture. This study aimed to understand the behavior of soil parameters such as acidity (pH) and salinity (EC) and their influence on the development of rice in the flooded zone “Bolanha”, in the regions of Oio and Tombali, Guinea-Bissau. The soil was collected in the tabancas of Oio and Tombali, in a total of 200 samples at a depth of 20 cm, at four different times and analyzed (EC, pH, T and mV) at the National Laboratory of Soils and Waters, through the relation method soil/water 1:5. Based on the results obtained with the laboratory analyzes carried out, it was possible to verify that the salinity levels (EC) were high during the dry season, which decreased a lot with the intensity of the rain in some agroecologies of Tidal Mangrove (TM) and critical in others, the acidity levels (pH) were very low during the dry season, which increased at the onset of rain, but dropped when rainfall reached its peak in some Associate Mangrove (AM) agroecologies. It is concluded that precipitation is the main factor that influences these parameters (EC and pH), we consider as secondary the tidal influence and topographical conditions, and EC values above 3 mS/cm and pH below 5.0, caused loss in production.

**Keywords:** Soil analysis, Salinity, Acidity, Oio Region, Tombali Region, Guinea-Bissau.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ilustração de área do estudo. ....                                                               | 18 |
| Figura 2. Mapa de Regiões Administrativas da Guiné-Bissau, e as Área de estudo em círculos vermelhos. .... | 19 |
| <b>Figura 3.</b> Mapa topográfica de Elevação (DEM). ....                                                  | 21 |
| Figura 4. Ilustração de diferentes agroecologias. ....                                                     | 25 |
| <b>Figura 5:</b> (a) Condutivímetro; (b) pHmetro.....                                                      | 27 |
| Figura 6. As diferentes fases de desenvolvimento do arroz. ....                                            | 31 |
| <b>Figura 7.</b> Disponibilidade dos nutrientes de acordo com o pH. ....                                   | 41 |
| Figura 8. Tipos de acidez do solo. ....                                                                    | 42 |
| Figura 9. Estatísticas gerais que explicam o gráfico 8.....                                                | 50 |
| Figura 10. Estatísticas gerais que explicam o gráfico 9. ....                                              | 51 |

### TABELAS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Limites de Condutividade Elétrica do extrato saturado do solo para as diferentes culturas. .... | 37 |
| Tabela 2. Potenciais perdas em rendimento do arroz em função de PST e CEes do solo.....                   | 37 |
| Tabela 3. Resultados do teste de homogeneidade nas três agroecologias (Viv = 1, AM = 2 e TM = 3).....     | 49 |
| <b>Tabela 4.</b> Resultados do teste de Anova-unidirecional para Oio.....                                 | 49 |
| Tabela 5. Resultados do teste de Anova-unidirecional para Tombali. ....                                   | 50 |

## GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1. Precipitações e Temperaturas médias anuais das estações de Bissau, Bafatá e Bolama de 1981 a 2010 .....                                                                                  | 20 |
| Gráfico 2. Precipitações e temperaturas medias mensais para 2021 e 2022 da estação de Projeto de Malmon na região de Tombali (setor de Bedanda “Cafine”).....                                       | 23 |
| Gráfico 3. Precipitações e temperaturas medias mensais para 2021 e 2022 da estação de Projeto de Malmon na região de Tombali (setor de Mansôa “N'Tchugal e Malafo”).....                            | 24 |
| Gráfico 4. Relações de precipitação e níveis de salinidade para 4 localidades: vermelho - priks Toxicidade, verde – TM N'djif, laranja – TM N'tchanate (Cafine) e azul claro- TM Buota (Cafal)..... | 45 |
| Gráfico 5. Relações de precipitação e níveis de salinidade para 2 localidade: cor laranja – TM Pedro e vermelho – TM Psole (Malafu). ....                                                           | 46 |
| Gráfico 6. Relações de precipitação e níveis de salinidade para 4 localidades: cor verde – TM1 Dinis, azul-claro – TM2 Dinis, laranja – TM do meio Dinis e Vermelho – TM Bissam                     | 47 |
| Gráfico 7. Teste de normalidade (SPSS). ....                                                                                                                                                        | 48 |
| Gráfico 8. Resultados gráficos de ANOVA- Unidirecional entre grupos (Code: Viv=1, AM= 2 e TM=3) para as agroecologias de Oio.....                                                                   | 50 |
| Gráfico 9. Resultados gráficos de ANOVA- Unidirecional entre grupos (Code: AM= 1 e TM=2) para as agroecologias de Tombali. ....                                                                     | 51 |
| Gráfico 10. Mudanças de acidez do solo durante 2022 para AM, Região do Oio. ....                                                                                                                    | 52 |
| Gráfico 11. Mudanças de acidez do solo durante 2022 para AM, Região do Tombali.....                                                                                                                 | 53 |
| Gráfico 12. Correlação de valores de pH e $Al^{3+}$ (X= pH e Y= $Al^{3+}$ ). ....                                                                                                                   | 54 |
| Gráfico 13. Correlação de valores de pH e $H^+$ (X= pH e Y= $H^+$ ) .....                                                                                                                           | 55 |

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

|                  |                                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------|
| OCDE             | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico        |
| FAO              | Organização das Nações Unidas para a alimentação e a Agricultura |
| INPA             | Instituto Nacional de Pesquisa Agrária                           |
| PST              | Percentagem de Sódio Trocável                                    |
| RAS              | Relação de Adsorção de Sódio                                     |
| US               | United States                                                    |
| INE              | Instituto Nacional de Estatística                                |
| TCC              | Trabalho de Conclusão de Curso                                   |
| AM               | Associate Mangrove (Associado ao mangue)                         |
| TM               | Tidal Mangrove (Mangue das marés)                                |
| DGEDR            | Direção Geral de Engenharia e Desenvolvimento Rural              |
| CMA              | Ciências do Mar e do Ambiente                                    |
| ULG              | Universidade Lusófona da Guiné                                   |
| CE               | Condutividade Elétrica                                           |
| pH               | potencial Hidrogénio                                             |
| Na <sup>+</sup>  | Catão de Sódio                                                   |
| Al <sup>3+</sup> | Catão de Alumínio                                                |
| H <sup>+</sup>   | Catão de Hidrogênio                                              |

## SUMÁRIO

|                                                      |             |
|------------------------------------------------------|-------------|
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>                          | <b>IV</b>   |
| <b>RESUMO.....</b>                                   | <b>V</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                | <b>VI</b>   |
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>                     | <b>VII</b>  |
| <b>FIGURAS .....</b>                                 | <b>VII</b>  |
| <b>TABELAS.....</b>                                  | <b>VII</b>  |
| <b>GRÁFICOS .....</b>                                | <b>VIII</b> |
| <b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>          | <b>IX</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                           | <b>13</b>   |
| 1.1. JUSTIFICATIVA .....                             | 14          |
| 1.2. OBJETIVOS .....                                 | 15          |
| 1.2.1. <b>Objetivo geral.....</b>                    | <b>15</b>   |
| 1.2.2. <b>Objetivos Específicos.....</b>             | <b>15</b>   |
| 1.3. PROBLEMÁTICA .....                              | 16          |
| 1.4. HIPÓTESE.....                                   | 17          |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                  | <b>18</b>   |
| 2.1. ZONA DE ESTUDO .....                            | 18          |
| 2.2. CARACTERIZAÇÃO DA GUINÉ-BISSAU .....            | 18          |
| 2.2.1. <b>Localização geográfica .....</b>           | <b>18</b>   |
| 2.2.2. <b>Clima.....</b>                             | <b>19</b>   |
| 2.2.3. <b>Relevo.....</b>                            | <b>20</b>   |
| 2.2.4. <b>Os Solos da Guiné-Bissau .....</b>         | <b>21</b>   |
| 2.3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE TOMBALI E OIO ..... | 22          |
| 2.3.1. <b>Região de Tombali.....</b>                 | <b>22</b>   |
| 2.3.2. <b>Região de Oio .....</b>                    | <b>24</b>   |

|        |                                                                 |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.   | TIPOS DE PESQUISAS UTILIZADOS NESSE ESTUDO .....                | 25 |
| 2.5.   | METODO DE COLETA DAS AMOSTRAS DO SOLO .....                     | 25 |
| 2.5.1. | <b>Amostragem e Análises in-Situ</b> .....                      | 26 |
| 2.5.2. | <b>Análises Laboratoriais</b> .....                             | 26 |
| 2.6.   | ANÁLISE DE ALUMÍNIO DE TROCA .....                              | 28 |
| 2.7.   | ANÁLISES ESTATÍSTICOS.....                                      | 29 |
| 3.     | <b>REFERENCIAL TEÓRICA</b> .....                                | 30 |
| 3.1.   | ARROZ.....                                                      | 30 |
| 3.1.1. | <b>Fases de desenvolvimento da cultura do arroz</b> .....       | 31 |
| 3.1.2. | <b>Sistema do cultivo do arroz na Guiné-Bissau</b> .....        | 31 |
| 3.2.   | SALINIDADE .....                                                | 32 |
| 3.2.1. | <b>Origem da salinidade no solo</b> .....                       | 33 |
| 3.2.2. | <b>Principais parâmetros para avaliação da salinidade</b> ..... | 33 |
| 3.2.3. | <b>Efeitos de salinidade no solo e nas plantas</b> .....        | 34 |
| 3.2.4. | <b>Tolerância das plantas à salinidade</b> .....                | 36 |
| 3.2.5. | <b>Salinidade dos solos da África Ocidental</b> .....           | 38 |
| 3.2.6. | <b>Salinidade dos solos da Guiné-Bissau</b> .....               | 38 |
| 3.3.   | ACIDEZ .....                                                    | 39 |
| 3.3.1. | <b>Acidez mediante o pH do solo</b> .....                       | 39 |
| 3.3.2. | <b>Origem de acidez do solo</b> .....                           | 41 |
| 3.3.3. | <b>Tipos de acidez do solo</b> .....                            | 42 |
| 3.3.4. | <b>Efeitos de acidez no solo e nas plantas</b> .....            | 43 |
| 3.3.5. | <b>Formas de correção da acidez</b> .....                       | 43 |
| 3.3.6. | <b>Acidez do Solo na Guiné-Bissau</b> .....                     | 44 |
| 4.     | <b>RESULTADOS</b> .....                                         | 45 |
| 4.1.   | ANALISE DOS NIVEIS DE SALINIDADE.....                           | 45 |

|        |                                                                         |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.1. | <b>Região de Tombali</b> .....                                          | 45 |
| 4.1.2. | <b>Região de Oio</b> .....                                              | 46 |
| 4.2.   | <b>ANALISE DOS NÍVEIS DE ACIDEZ</b> .....                               | 48 |
| 4.2.1. | <b>Níveis de Acidez por Agroecologias</b> .....                         | 48 |
| 4.2.2  | <b>Níveis de Acidez e Influência da precipitação sobre os AMs</b> ..... | 52 |
| 4.3.   | <b>ANALISE DE INFLUÊNCIA DE ACIDEZ TROCAVEL</b> .....                   | 54 |
| 5.     | <b>DISCUSSÃO</b> .....                                                  | 56 |
| 5.1.   | <b>ANÁLISE DOS NÍVEIS DE SALINIDADE</b> .....                           | 56 |
| 5.2.   | <b>ANALISE DOS NÍVEIS DE ACIDEZ</b> .....                               | 57 |
| 6.     | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                                  | 59 |
| 7.     | <b>RECOMENDAÇÕES</b> .....                                              | 61 |
|        | <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....                                               | 62 |
|        | <b>APÊNDICE A – IMAGENS DOS CAMPOS MAIS PROBLEMATICOS</b> .....         | 66 |
|        | <b>APÊNDICE B – IMAGENS DE COLETA E ANALISE DO SOLO NO CAMPO</b> .....  | 67 |
|        | <b>APÊNDICE C – IMAGENS DE ANALISE DO SOLO NO LABORATÓRIO</b> .....     | 68 |

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento brusco da população mundial e a necessidade das terras cultiváveis para suprir com a demanda do alimento, a agricultura enfrenta cada vez mais problemas de salinidade e acidez do solo, que são fatores preocupantes na agricultura moderna.

A salinidade consiste numa situação de excesso de sais solúveis e sódio trocável onde ambos no solo prejudicam o desenvolvimento das plantas. Os principais íons relacionados à salinidade são os cátions de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e os ânions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ , para determinar a quantidade de sais presente em solução do solo é medido a CE (SCHOSSLE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010).

A Guiné-Bissau sendo um país costeiro e considerado um dos países mais vulneráveis à mudança climática, a salinidade do solo é uma realidade e as terras que são utilizados para fins agrícola que se encontra nas zonas de mangal sofrem do problema de salinidade pela intrusão da água salina e variação de nível das precipitações.

A acidez do solo é um dos principais fenómenos que limitam a produção agrícola a nível mundial principalmente nas regiões de clima tropical e subtropical. Ácidas são todas as substâncias, que em meio aquoso, liberam íons  $\text{H}^+$ . O pH é considerado um importante indicador das condições químicas do solo e é utilizado para determinar a acidez ou alcalinidade relativa de solução do solo (LOPES, 1998).

A República da Guiné-Bissau sendo um país tropical também sofre desse problema, mas num nível moderado, que vem aumentando cada vez mais, principalmente na “Bolanha”<sup>1</sup> de água doce (*bas-fonds*) ou nos campos próximos às aldeias pela remoção dos cátions básicos causada pelas altas precipitações em algumas zonas.

O arroz é um cereal fundamental para o povo guineense, por estar presente no dia a dia de toda população do País sendo base da dieta alimentar, utilizado nos rituais mais importante e nas transações comerciais. Portanto uma avaliação contínua da salinidade e acidez do solo que afeta a produção do arroz é altamente necessária (FRANÇA, 1995).

---

<sup>1</sup> Terreno encharcado utilizado para cultura do arroz na Guiné-Bissau.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

Com um aumento brusco da população mundial e a carência das terras aráveis para suprir com a demanda do alimento, a agricultura está enfrentando grandes problemas de salinidade e acidez do solo que é um dos fatores inquietantes na agricultura de atualidade.

Os efeitos da salinidade sobre as plantas podem ser sintetizados em: seca fisiológica causada pela diminuição do potencial osmótico, desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica, inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e efeito tóxico dos íons sódio e cloreto.

Normalmente os solos ácidos apresentam deficiência ou toxicidade de alguns nutrientes que limitam a produtividade agrícola e baixa atividade dos microrganismos benéficos. No caso do alumínio ( $Al^{3+}$ ), que é tóxico para a maioria das culturas.

Tendo em conta a localização geográfica e condições climáticas do nosso país, justifica-se criar um plano para supervisionar os teores desses parâmetros (pH e CE), a fim de auxiliar os nossos agricultores e oferecer uma agricultura sustentável. Porque o arroz é um produto fundamental em todos os agregados familiares guineenses, ou seja, é a base alimentar da população, uma das fontes de emprego e de subsistência para a maioria da população.

Por outro lado, há grande escassez da informação sobre esses parâmetros, por isso com esse estudo, almejamos contribuir com informações que irão ajudar a enriquecer conhecimentos, como de técnicos de agricultura e de meio ambiente a fim de entenderem os problemas resultantes desses parâmetros.

A nível pessoal esse estudo proporcionou-me uma capacidade refletiva, tendo em conta o conhecimento e experiência de trabalhar em equipa, no campo assim como no laboratório, com o intuito de me transformar num verdadeiro investigador.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. **Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho é conhecer o comportamento dos parâmetros do solo como acidez (pH) e Salinidade (CE) e suas influências no desenvolvimento da cultura do arroz na zona inundada “Bolanha”, nas regiões de Oio e Tombali.

### 1.2.2. **Objetivos Específicos**

- Monitorizar e analisar o comportamento dos indicadores de acidez (pH) e salinidade (CE) nas duas regiões, em quatros períodos diferentes durante o ciclo de produção do arroz, uma na época seca e outras três na época chuvosa.
- Comparar os dados obtidos no laboratório com os dados já publicados por outros investigadores, a fim de verificar se esses parâmetros estão nos níveis aceitáveis.
- Averiguar, como os níveis de precipitação influenciam esses parâmetros acima supracitados.

### 1.3. PROBLEMÁTICA

As mudanças climáticas são uma realidade atual, com o aumento da população mundial e a necessidade das terras que reúnem condições agrícolas para suprir com a demanda do alimento principalmente na África, a agricultura está enfrentando cada vez mais pressões e problemas de salinidade e acidez do solo, que são fatores preocupantes na agricultura moderna.

Tendo em conta a dinâmica desses parâmetros (pH e CE) que não são constantes, tendo em conta vários fatores locais, como ambientais e sociais, a pergunta que se faz é a seguinte:

Quais são os fatores que influenciam na alteração dos teores desses parâmetros de salinidade (CE) e acidez (pH) do solo e como isso pode influenciar no desenvolvimento da cultura do arroz? E, por conseguinte, como essas alterações influenciam na produção de um pequeno agricultor?

#### 1.4. HIPÓTESE

Parâmetros como pH e CE do solo são altamente influenciados por três fatores que são:

Climáticos (níveis pluviométricos e taxa de evapotranspiração), Edáfico (baixa capacidade de lixiviação dos sais e presença de camadas impermeáveis) e Manejo do solo (falta de boa preparação do solo, manutenção de diques e gestão da água).

Em base desses fatores limitantes referidos consideramos dois principais hipóteses:

H<sub>1</sub>- A mudança do comportamento de Salinidade (CE) é altamente influenciada pela variação da precipitação (chuva) e efeito das marés que pode afetar o desenvolvimento do arroz por excesso dos sais no solo (“Bolanha” de mangal).

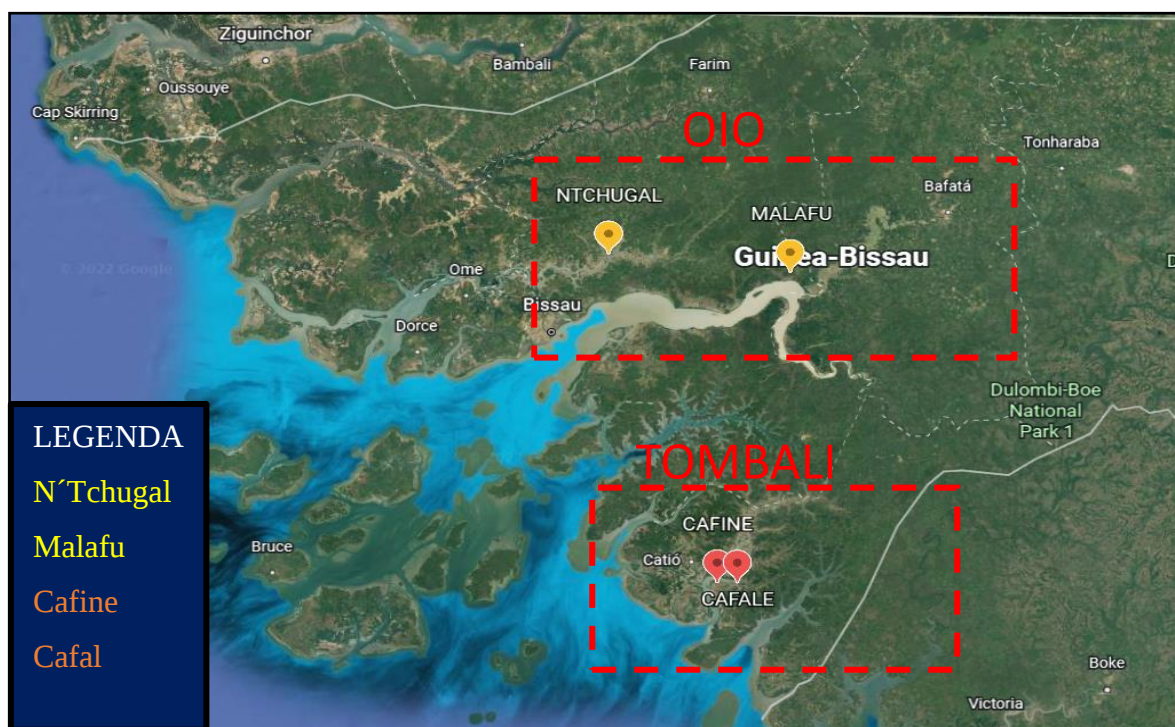
H<sub>2</sub>- A mudança do comportamento de parâmetro de acidez (pH) está influenciada por o aumento da pluviosidade (chuva) que pode alterar o estado dos solos ácidos (pela substituição de cátions básicos por aqueles ácidos) da “Bolanha” doce (no centro e zona alta da “Bolanha”).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. ZONA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Guiné-Bissau concretamente nas regiões de Tombali (Setor de Bedanda nas tabancas de Cafine e Cafal) e Oio (Setor de Mansôa nas tabancas de Malafu e N'Tchugal), (Figura 1). As amostras do solo foram coletadas nessas duas regiões acima referidas e depois processadas e analisadas no Laboratório Nacional de Solos e Águas da Guiné-Bissau em Bissau e parcialmente no laboratório de Pedologia da Universidade de Granada, Espanha.

Características das duas regiões estão explicadas no subtítulo (3.3).



**Figura 1. Ilustração de área do estudo.**

**Fonte:** elaboração própria através de Google Earth Project.

### 2.2. CARACTERIZAÇÃO DA GUINÉ-BISSAU

#### 2.2.1. Localização geográfica

A República da Guiné-Bissau situa-se na costa ocidental da África, tendo fronteira a norte com República do Senegal, a leste e sul pela República da Guiné-Conacri e é banhada pelo Oceano Atlântico. É constituído por uma parte continental e outra insular que compõe o Arquipélago dos Bijagós. Sua superfície total é de 36125 km<sup>2</sup> (MEDINA, 2008; SECA, 2020).

Por encontrar-se ao baixo nível médio perante às águas mar e o amplo rede de rios e vales, alguma parte do seu território fica inundado na época chuvosa, do mês de maio a outubro. O país tem oito rios principais: o Rio Geba, o Rio Cumbijã, o Rio Mansôa, o Rio Corubal, o Rio Tombali, o Rio Buba, o Rio Cacine e o Rio Cacheu (BENZINHO & ROSA, 2015). A Guiné-Bissau detém oito regiões que são: Oio, Cacheu, Biombo, Gabu, Bafatá, Quinara, Tombali e Bolama-Bijagós (Figura 2). Um sector autónomo que é capital do país, Bissau (SECA, 2020).



**Figura 2.** Mapa de Regiões Administrativas da Guiné-Bissau, e as Área de estudo em círculos vermelhos.

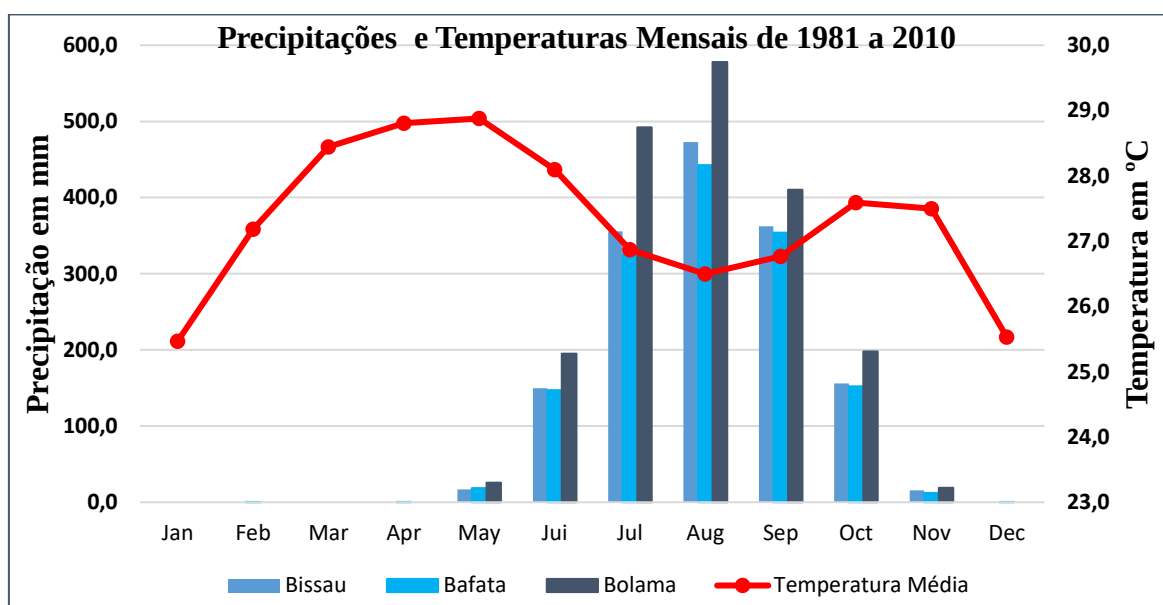
**Fonte:** mapsftword.com (2014) disponível em: <https://pt.mapsofworld.com/guinea-bissau/>

### 2.2.2. Clima

O clima da Guiné-Bissau é tropical, quente e húmido, próprio das regiões tropicais, com duas estações, sendo a estação seca e chuvosa. A estação chuvosa que vai de maio a outubro e estação seca que vai de novembro a abril. Por ser influenciado pelos ventos alísios, marítimos, a temperatura média anual varia entre 24 e 27°C. A humidade relativa média do ar é bastante acentuada e altamente influenciada pelo regime dos ventos, da pluviosidade e da proximidade da costa.

No que toca aos níveis da precipitação pode-se separar três zonas: a zona Sul que é composto das regiões administrativas de Tombali, Quinara e Bolama-Bijagós, regista uma média anual igual ou superior a 2.000 mm de chuva; a zona Noroeste, englobando Bissau, Biombo, Cacheu e Oio, regista uma variação anual média de 1.400 mm a 1.800 mm e, por último, a zona Leste, que engloba as regiões de Gabú e Bafatá, a pluviosidade anual média é a 1.400 mm (MEDINA, 2008; SECA, 2020). Além desses dados, são demonstrados os dados de precipitações e temperaturas médias anuais de 1981 a 2010 das estações de Bissau, Bafatá e Bolama (Gráfico 1).

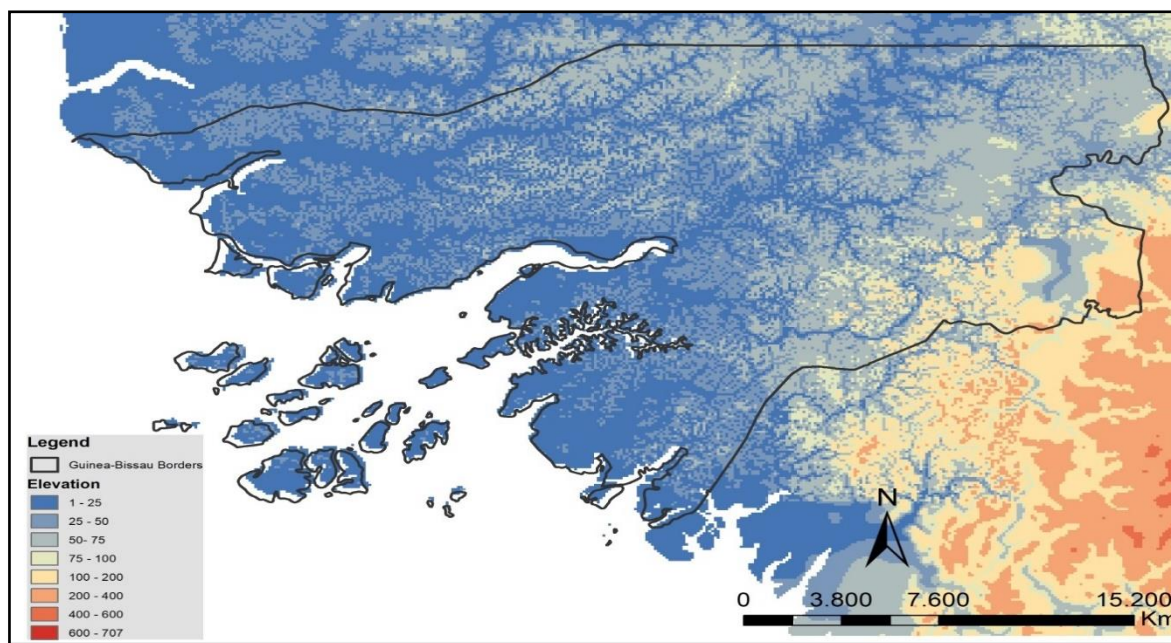
**Gráfico 1.** Precipitações e Temperaturas médias anuais das estações de Bissau, Bafatá e Bolama de 1981 a 2010



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

### 2.2.3. Relevo

De uma forma geral, o relevo guineense é considerado pouco acentuado e a maior parte do seu território se encontra abaixo de 40 m de altitude. Os principais relevos são constituídos por colinas ao Sudoeste (Colinas de Boé) que atingem 300 m (Figura 3). Outras três unidades geomorfológicas: a peneplanície de Gabú ao Nordeste, o planalto de Bafatá no centro do país e as planícies litorais. Nas planícies costeiras formadas por numerosos estuários que constituem um sistema complexo de canais. Os planaltos do interior são drenados pelos rios de Cacheu, Geba e Corubal (MEDINA, 2008; BANCO MUNDIAL, 1992).



**Figura 3.** Mapa topográfica de Elevação (DEM).

**Fonte:** World Food Programme 2013; Elaboração própria em ArcGIS.

#### 2.2.4. Os Solos da Guiné-Bissau

O solo é um suporte físico dos microrganismos que proporcionam condições diferenciadas de aeração e disponibilidade de nutrientes ainda em cima funciona como um importante reservatório de água, habitats de vários seres vivos, suporte do sistema agrícola e atividades humanas (ANDREOTE & CARDOSO, 2016; MELO, 2018).

De uma forma sintética, os solos guineenses são solos de textura argilo-arenosa, classificados como solos ferralíticos e fersialíticos tropicais, litossolos, regossolos, líticos e hidromórficos marinhos (halo hidromórficos) e continentais (Teixeira, 1962; Medina, 2008).

- Os solos hidromórficos marinhos, conhecidos como solos de mangais pertencentes os aluviões litorais e estuários;
- Os solos hidromórficos continentais, são solos de zonas baixas chamado de pequenos vales ou bas-fonds;
- Os solos ferralíticos e ferruginosos são de cor vermelha a castanho-amarelado, arenosos a superfície e argiloso em profundidade geralmente do planalto (Medina, 2008).

## 2.3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE TOMBALI E OIO

### 2.3.1. Região de Tombali

A região de Tombali é uma das oito regiões da República de Guiné-Bissau que se encontra na província Sul e está dividida em cinco setores (Catió, Komo, Bedanda, Cacine e Quebo) e 34 seções. De acordo com os dados de Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2009 a região tem uma população estimada em 91.089 habitantes, em que a maior parte dessa população (78%) se encontra na zona rural, setor de Bedanda (24%) e Catió (22%) (MENDES, 2021).

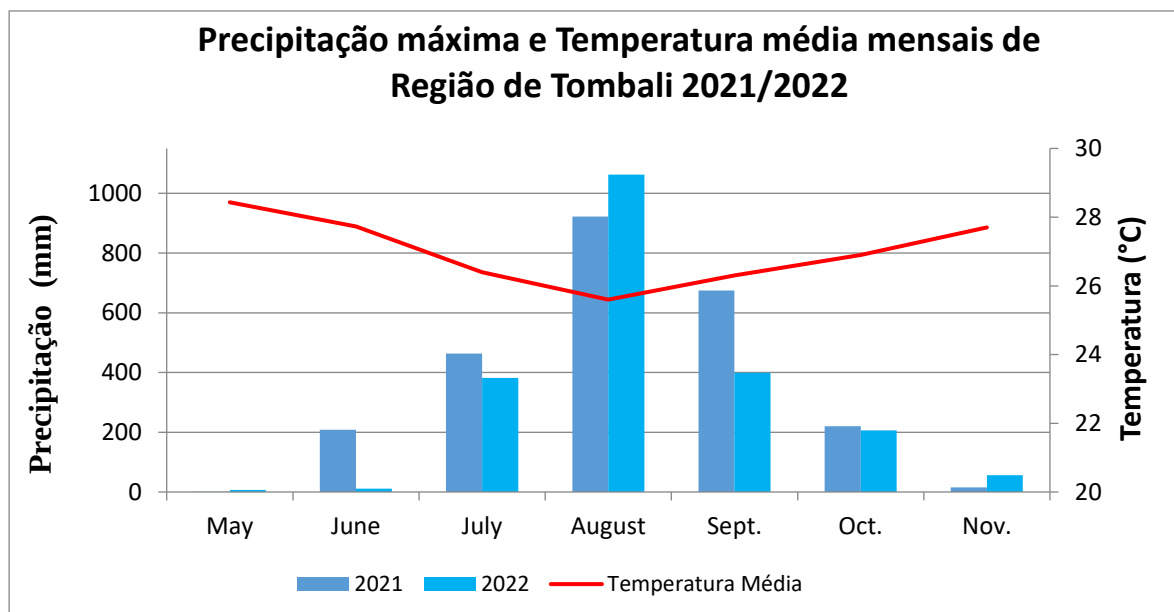
Em termos econômico a região é altamente dependente do setor primário e terciário: Baseando nos dados do INE (2009) 57% da população ativa encontra-se no setor terciário (prestação de serviços e comércio), 39% no setor primário (agricultura, pecuária, pesca e entre outros) e 4% no setor secundário (transformação de produtos).

Tombali é considerada a quinta maior extensão territorial do país, com uma superfície de 3.739,5 km<sup>2</sup> (MENDES, 2017; apud MENDES, 2021). Com uma densidade populacional estimada em 24 hab/ km<sup>2</sup> (GEORGIS, 1996; apud MENDES, 2021).

A região de Tombali é uma das regiões do país que tem influência direta do Oceano Atlântico, assim possuindo estuários largos e profundos, também coberta por grandes extensões de manguezais, pântanos e florestas densas (INE, 2009).

A região de Tombali apresenta um clima tropical típico do país, é caracterizada como uma das regiões mais húmida do país. A média anual das precipitações é de 798mm/ano, em que os meses de julho e agosto são os mais chuvosos. Devido a influência de vento que arrasta a areia do deserto do Saara, a temperatura anual varia entre 24 e 27 °C (MENDES, 2021). As precipitações e temperaturas médias mensais para os últimos dois anos 2021 e 2022 da estação de Projeto de Malmon na região de Tombali (setor de Bedanda “Cafine”) são apresentados no (Gráfico 2).

**Gráfico 2.** Precipitações e temperaturas médias mensais para 2021 e 2022 da estação de Projeto de Malmon na região de Tombali (setor de Bedanda “Cafine”).



**Fonte:** Rede de Estações Meteorológicas do Projeto Malmon.

O relevo de Tombali é essencialmente composto por uma vasta planície de baixa altitude, na qual se encontra áreas inundadas, áreas alagadas, planícies bem drenadas e braços dos rios (MENDES, 2021). Na zona leste encontra-se declinações suaves e uma rede hidrográfica pouco nítida. Esta morfologia aparece relacionada com as ondulações de arenitos quartzosos movidas por ciclos erosivos (TEMUDO, 1998, 2009). Nessa zona os solos predominantes são os Ferralsolos com uma drenagem boa, em pequena escala se encontra os solos mal drenados no caso dos Gleissolos e Fluvisolos (CATARINO et al, 2012; MENDES, 2021).

Por outro lado, as planícies litorâneas (zona Oeste) formadas por sedimentos de origem fluvio-marinha, depositados nos meandros dos rios e os seus múltiplos braços, sofrem os processos hidromórficos, seja pela ação das marés ou pela alta nível da precipitação. Assim os vales e baixios são temporariamente inundado pelas cheias dos rios, pelo escoamento superficial das águas ou pelas chuvas (MENDES, 2021).

Nessa zona os Fluvisolos ocupam áreas maiores, em pequena escala se encontra os Arenossolos e Ferralsolos. Nessas áreas costeiras os Fluvisolos apresentam-se normalmente salinos e sulfatados ácidos, denominados de “solos dos mangais”, com predominância da formação vegetal do manguezal com um número reduzido de espécies em que são predominantes *Avicennia germinans* (L.) L. e a *Rhizophora* spp., que se instalam em substratos com declive suave e de formação recente, pela ação de água salgada (MENDES, 2021).

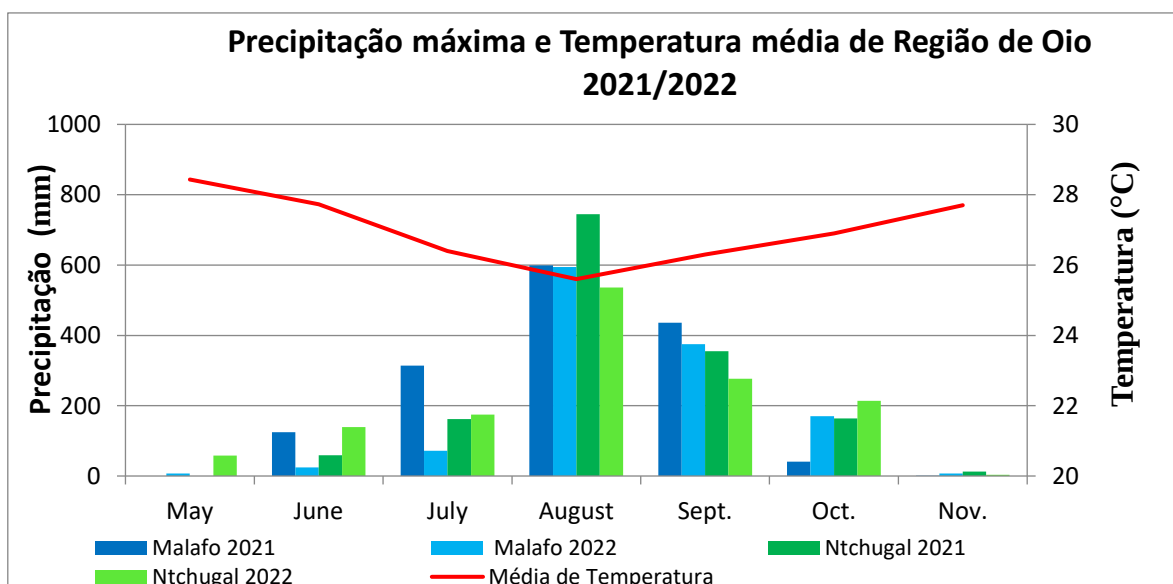
As prolongadas condições de inundação dessas áreas fluviais fazem com que as atividades agrícolas mais notáveis são: a orizicultura, que são praticadas em três sistemas: de água salgada (em áreas de mangal) e de água doce (bas-fonds), várzeas de rios e cursos de água doce). Por último a orizicultura de sequeiro (“Npampam”) que é praticada em pequena escala. Os restantes cultivos como o de amendoim “mancarra”, feijão e milho e mandioca são culturas de alto valor nesta região (DRA, 2017; apud MENDES, 2021).

### 2.3.2. Região de Oio

A região de Oio é limitada ao norte pela República do Senegal, a Leste pela região de Bafatá, ao sul pelo rio Geba e a Noroeste pela região de Cacheu e Biombo. Essa região é composta por cinco sectores: Bissorã, Farim, Mansabá, Mansoa e Nhacra. Com a superfície de 5.403 km<sup>2</sup> e com número de habitantes estimada em 215.259 (INE, 2009).

O clima da região é semelhante do sudano-guineense. A média anual da precipitação oscila entre 1.100 e 1.450 mm. No que tange a temperatura há muita variação, de novembro a maio que representa a época seca, onde a temperatura alterna entre 28 e 40°C ao passo que, na época chuvosa essa temperatura diminui e fica entre 28 a 34°C (ANDRADE, 1995; FAO, 2004; INEC, 2005 apud MEDINA, 2008). As Precipitações e Temperaturas medias mensais para os dois últimos anos 2021 e 2022 das estações de Projeto de Malmon na região de Oio (setor de Mansôa “N’ Tchugal e Malafo”) são apresentados no (Gráfico 3).

**Gráfico 3.** Precipitações e temperaturas medias mensais para 2021 e 2022 da estação de Projeto de Malmon na região de Tombali (setor de Mansôa “N’ Tchugal e Malafo”).



**Fonte:** Rede de Estações Meteorológicas do Projeto Malmon.

## 2.4. TIPOS DE PESQUISAS UTILIZADOS NESSE ESTUDO

Durante esse estudo foram utilizados os seguintes tipos de pesquisas:

- Pesquisa bibliográfica: é um tipo de pesquisa que serve de auxílio na busca de conhecimento sobre o assunto ou tema que pretendes estudar, através dos estudos existentes, o que os diferentes autores já discutiram, que são obtidos por meio de material já publicado, principalmente nos livros, artigos TCC e material disponibilizado na internet (SOUZA et al., 2013; RAUPP; BEUREN, 2006). Utilizado com objetivo de familiarizar-se com o tema do estudo.

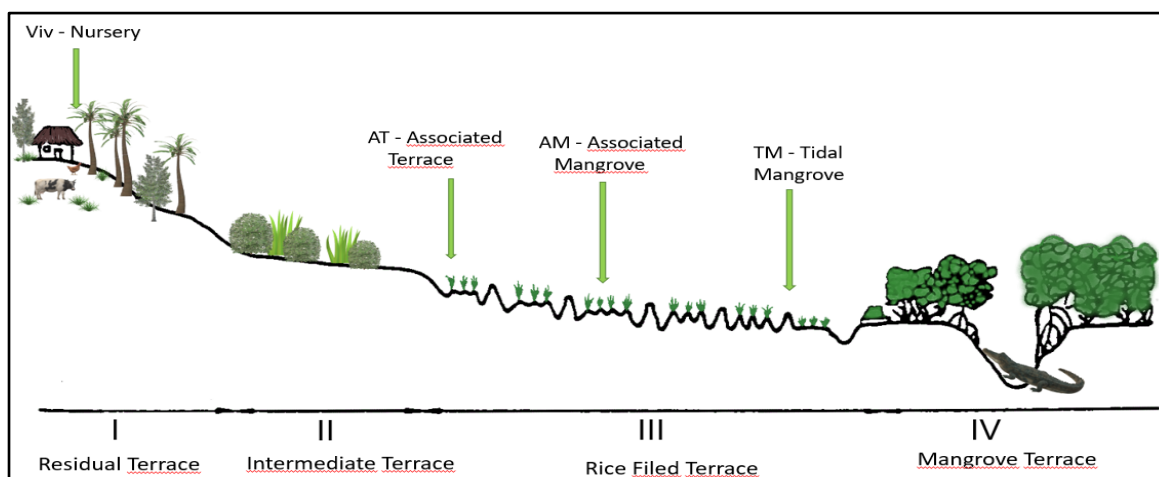
Durante essa pesquisa recorreremos a Google, Google acadêmico e Google scholar.

- Pesquisa quantitativa: nesse tipo de pesquisa é empregue parâmetros estatísticos, para analisar os dados obtidos no campo assim como no laboratório, onde tudo é transformado em números (SOUZA et al.,2013). Com finalidade de processar os dados e classificar a relação entre variáveis assim como causalidades entre fenômenos.

Além dessas duas principais pesquisas acima supracitadas, foram também utilizadas a pesquisa de campo, chamada também de *in situ*, que é realizada no próprio local onde se verifica o problema em causa. E a pesquisa de laboratório, também chamada de *in vitro*, que utiliza ferramentas artificiais totalmente controladas pelo pesquisador (SOUZA et al.,2013).

## 2.5. METODO DE COLETA DAS AMOSTRAS DO SOLO

Uma divisão transversal esquemática da catena (Figura 4) mostra quatro agroecologias predominantes em ambas as regiões (Oio e Tombali):



**Figura 4.** Ilustração de diferentes agroecologias.  
**Fonte:** adaptado a Van Gent e Ukkerman (1993).

O terraço residual (aldeia), o terraço intermediário (zona de pastagem), a área do terraço do arrozal e o terraço de mangue. O terraço arrozal é subdividido em três condições de agroecologias principais a saber: Associado - Terraço (AT), Associado - Mangue (AM) e Maré - Mangue (TM).

Coletamos 220 (total) amostras do solo nos sistemas de TM (80 amostra) e AM (100 amostra) e Viv (40 amostra), em quatros tempos distintos durante o período de produção do arroz (apresentado no apêndice – B): T0 (estação seca 4 meses antes do plantio), T1 (estação chuvosa – germinação no viveiro), T2 (transplante na bolanha) e T3 (floração e formação dos grãos de arroz). As coletas foram feitas com trado na capa superficial do solo, nos primeiros 20 cm, onde é a principal zona de distribuição das raízes de planta do arroz, é nessa faixa que se encontra a maior disponibilidade de nutrientes (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013). Essas amostras do solo foram coletadas nas tabancas de Malafu e N'Tchugal (Oio), Cafal e Cafine (Tombali),

### 2.5.1. Amostragem e Análises in-Situ

Dependendo de tamanho de cada parcela (“Prik”<sup>2</sup> em crioulo da Guiné-Bissau), 2 a 3 amostras compostas (500gr) foram tomadas, em que cada uma (amostra composta) é constituída por cinco (5) amostras simples retiradas em distribuição, depois foram bem misturadas e colocada num saco plástico uns 500gr, devidamente identificado por um código individual. Complementarmente foram coletadas amostras de água nos respetivos priks (parcelas) dos ensaios. Análise de pH, CE, potencial Redox e Temperatura baseando no método de FAO (2021), que é 1:5 (p/v) com água destilada foram medidas in-situ com aparelhos portáteis que são calibrados no laboratório com soluções padrão de pH (7 e 4) e de condutividade elétrica (1413 ou 84 microSiemens) antes da ida para o campo. Onde fizemos pequena entrevista junto dos agricultores a fim de perceber sobre alguns acontecimentos como: comportamento das chuvas e marés nos últimos 10 anos.

### 2.5.2. Análises Laboratoriais

As amostras foram conduzidas para o laboratório de Solos e Água da Direção Geral de Engenharia e Desenvolvimento Rural (DGEDR) em Bissau.

No laboratório as amostras foram separadas em recipientes devidamente identificados de acordo com os códigos correspondentes de cada amostra, depois são colocadas na estufa de

---

<sup>2</sup> Prik ou Priks significa uma parcela agrícola (uma superfície continua de terras, declarada por um único agricultor, com um único grupo de cultura, nesse caso arroz).

105°C para 24 a 48 horas. Após o processo de secagem, foi efetuado o processo de clivagem no moinho de solos, pela moagem manual passando a uma peneira de 2 mm. A partir desse momento as amostras são preparadas para análises químicas de: Condutividade Elétrica, pH e Alumínio de troca, descritos com mais detalhes nos seguintes parágrafos, (apresentado no apêndice – C).

### METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CE E pH

Para procedermos de análises de CE e pH, foi utilizada a metodologia de FAO (2021), que usa uma proporção de 1:5 (solo/água).

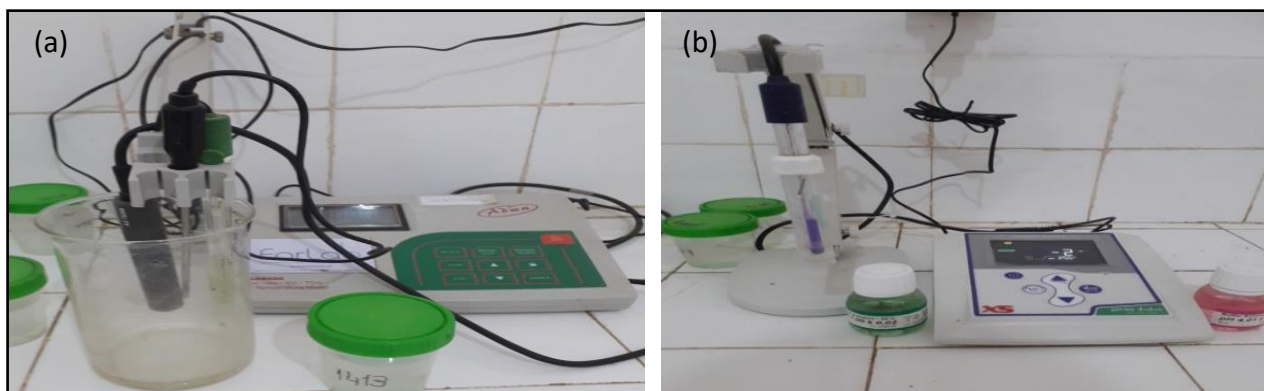
#### Materiais usados:

- Balança com precisão de 0,1 gr,
- Copos plástico polietileno graduado de 100 mm
- Cilindro plástico graduado de 1000 ml
- Pissetas

#### Procedimento de Medição:

Pesamos 20g de solo e adicionamos 100 mL de água destilada, alcançando-se a relação 1:5 (solo/água). Agitamos a solução do solo durante uma hora e deixamos em repouso, alguns minutos e depois efetuamos as análises de CE e pH através de método do potenciômetro com eletrodo de vidro. Para análise de CE usamos Condutivimetro digital de bancada (Figura 5a), e para pH pHmetro digital de bancada (Figura 5b), onde metemos os eletrodos na solução do solo. Depois de ter estabilizado fazemos a leitura.

É de salientar que esses aparelhos são sempre calibrados antes de fazer análises com uma solução tampão de pH (4 e 7) e CE (84 ou 1413 mS).



**Figura 5:** (a) Condutivimetro; (b) pHmetro

**Fonte:** Fotos tirados pelo autor.

## 2.6. ANÁLISE DE ALUMÍNIO DE TROCA

Para procedermos com as análises de alumínio de troca, recorreremos ao método de cloreto de potássio, método interno da Universidade de Granada (Laboratório de Solos e Química Orgânica) que passa por seguintes passos:

### Reagentes usados:

Solução de Cloreto de Potássio -1M (KCl): Preparar 74,56 gr /1000 ml de H<sub>2</sub>O

-Solução de fluoreto de potássio (KF): preparar 58,1 gr / 1000 ml H<sub>2</sub>O

-Para a titulação, preparar uma solução de HCl 0,1M e NaOH 0,1M

-Como indicador usaremos a fenolftaleína, preparando 1 gr / 1000 ml de etanol.

### Material usado:

-Tubo Falcon 50 ml.

-Bureta.

- Frasco Erlenmeyer de 250 ml.

-Funis.

-Filtros.

-Pipetas.

-Agitador vertical.

- Centrifugar.

### Procedimento de Medição:

Para preparar as amostras, pesa 5 gramas de cada amostra de solo em um tubo falcon de 50 ml. Adicione a cada amostra 50 mL de solução de KCl 1M e agite por 1 hora no agitador vertical. Centrifugar por 10 minutos a 3.500 rpm. Filtre o sobrenadante através de um funil e papel de filtro em um balão Erlenmeyer de 250 ml. Posteriormente, o filtro é lavado com 25 ml de KCl, até o volume total ser de cerca de 75 ml.

### Para titulação:

1. Uma vez preparada a solução de KF, adicionamos cerca de 8 gotas de fenolftaleína (para 1000 ml de solução) e titulamos com NaOH 0,1 M até adquirir uma tonalidade rosa.
2. Adicionamos 4 gotas de fenolftaleína a cada amostra.
3. Titule com NaOH 0,1M até ficar rosa. Anotamos o valor.
4. Adicionar 10 ml da solução KF (já avaliada conforme ponto 1).
5. Titular com HCl 0,1M até o desaparecimento da cor rosa. Anotamos o valor.

## 2.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente criamos um banco de dados no Excel para introduzir todos os dados recolhidos no campo, assim como os valores das análises no laboratório. Partindo desse banco de dados fazemos distintos cálculos e análises estatísticas dirigido por objetivos e dividido em 3 análises principais apresentadas no parágrafo 4 dos resultados

1. Análises de Níveis de Salinidade
2. Análises de Níveis de Acidez
3. Análises de Influência de Acidez Trocável

As análises estatísticas foram feitas usando o programa estatístico SPSS e o programa R.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICA

#### 3.1. ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta da família das gramíneas (Poaceae) originária da Ásia, mostrando duas subespécies distintas que são *Oryza sativa*: variedade indica do lado indiano e variedade Japónica do lado chinês. Por outro lado, temos outra espécie de origem africana o arroz vermelho (*Oryza galaberrima*), estas última já foram cultivados na África a muitos anos antes da introdução de arroz (*Oryza sativa* L.) pelos colonos Europeus (FRANÇA, 1995; MENESES, 2017; TAVARES; SOUSA, 2021).

O arroz é um dos cereais fundamentais a nível mundial para o consumo humano, e é mais produzido em regime de inundação, o que cria um ambiente favorável para decomposição da matéria orgânica e controle de ervas daninhas e bichos. O continente asiático é o maior produtor do arroz a nível mundial e mais de metade dessa produção vem da China e Índia (TAVARES e SOUSA, 2021).

Segundo TAVARES e SOUSA, (2021), a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para a alimentação e a Agricultura (FAO) predizem que até 2029 a adoção de variedades melhoradas seja um dos aspetos que venha a influenciar a produção deste cereal. Ainda é de evidenciar que estes organismos projetam o aumento da produção africana com pressuposição de que o arroz continue a ser o alimento essencial na África, América Latina e Ásia.

A espécie de *Oryza sativa* de origem asiático foi introduzida na Guiné-Bissau pelos colonos portugueses. O arroz é um cereal fundamental para o povo guineense, por estar presente no dia a dia de toda população do País sendo base da dieta alimentar, utilizado nos rituais mais importante e nas transações comerciais. O arroz local é caracterizado pela sua qualidade nutritiva muito apreciada pelos agricultores, essa característica é decisiva na seleção da semente a ser cultivada (FRANÇA, 1995). Depois da independência, foram inseridas novas variedades, e as condições socioambientais trouxeram a constante experimentação e rejeição/adoção de novas variedades (TEMUDO, 2011).

Segundo o INPA (2022), existem diferentes variedades na Guiné-Bissau que são: Kablack, N'conto, Nerica S 19, Rok 5, Bani Malo, Yaka Saw, Sanpena, Cataco, Yaka Branco, Sabe 12 entre outras.

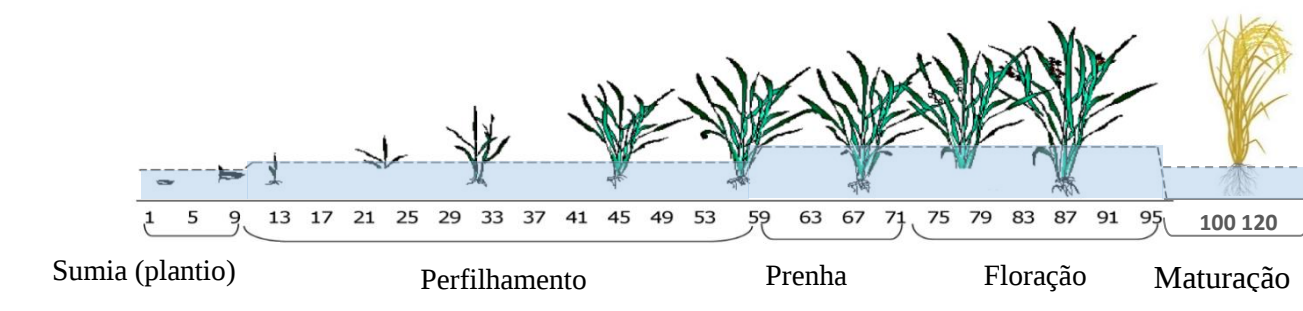
### 3.1.1. Fases de desenvolvimento da cultura do arroz

Segundo o Meneses (2017), o desenvolvimento da cultura do arroz obedece às seguintes fases: Fase Vegetativa, Reprodutiva e Maturação (figura 6).

**Fase Vegetativa:** começa com a germinação da semente (lançamento radicular e coleóptilo) e termina com a ocorrência da diferenciação do primórdio floral ou da panícula. A Duração desta fase é bastante variável (40 a 150 dias) (*Sumia* e *Perfilhamento*, figura 1).

**Fase Reprodutiva:** começa com a diferenciação do primórdio floral e vai até a floração, polinização e fertilização. Com duração estimada de 35 dias (*Prenha*, figura 1).

**Fase de Maturação:** vai da floração (fecundação) à maturação completa. Com duração de 25 a 35 dias (*floração e Maturação*, figura 1).



**Figura 6.** As diferentes fases de desenvolvimento do arroz.

**Fonte:** adaptado de Bukhari et al, 2015.

### 3.1.2. Sistema do cultivo do arroz na Guiné-Bissau

Os principais sistemas de cultivo do arroz em Guiné-Bissau são: o cultivo de (a) sequeiro (*npampam*), (b) água doce e (c) água salgada.

- (a) O sistema do sequeiro ou planalto (*npampam* em crioulo) é sempre praticado depois de desmatamento e queima das florestas. Nesse sistema o arroz é plantado e colhido de forma precoce por ter dependência das precipitações.
- (b) O sistema de bolanhas de água doce ou *bas-fonds* é feito nos locais de acumulação de água doce correspondentes das áreas de várzeas e cursos dos rios de água doce, o preparo do terreno é semelhante com o sistema de água salgada. Nesse sistema também são contruídas pequenas barragens ou diques para a gestão e controle do nível da água tendo em conta a necessidade dos arrozais. Estes sistemas são mais

utilizados nas regiões leste do país, nomeadamente, Bafatá e Gabú), onde em algumas tabancas são possíveis de fazer até duas produções por ano, utilizando o sistema de irrigação fluvial como auxílio.

- (c) Por último o sistema de água salgada ou “Bolanha” do mangal (onde entra esse estudo) é cultivada após serem desmatadas as vegetações do mangal e isolada das inundações de águas salgadas provenientes das marés por meio de construção de diques anti-sal (dique principal) e outros pequenos diques para acumulação das águas da chuva que ajuda no processo de dessalinização das referidas áreas, assim permitindo sua utilização na produção do arroz (FRANÇA, 1995; MEDINA, 2008; TEMUDO, 2009; TAVARES & SOUSA, 2021).

Os três sistemas do cultivo do arroz acima referidos ocorrem no período chuvoso. É de salientar que os sistemas praticados na “Bolanha” doce assim como na “Bolanha” salgada, as sementes são lançadas no viveiro, após germinarem as plântulas são retiradas e transportadas para a “Bolanha” (pranta) para continuar o seu desenvolvimento (FRANÇA, 1995; TAVARES & SOUSA, 2021). No entanto, há muitos casos como na região de Oio, mas muito frequente no Sul, a região de Tombali, onde os agricultores praticam outras técnicas como a semeadura direta - grão a grão ou a semeadura direta - lançamento (*fercha* em crioulo).

As práticas agrícolas de um sistema para outro são muito diferentes, havendo uma variedade ainda maior de um grupo étnico para outro, tanto nas técnicas de trabalho, como na construção de diques, canais e gestão da água, bem como nas variedades usadas e preferidas.

### 3.2. SALINIDADE

Com um aumento brusco da população mundial e a necessidade das terras aráveis para suprir com a demanda do alimento, a agricultura está enfrentando cada vez mais problemas de salinidade do solo, que são um dos fatores preocupantes na agricultura moderna (DIAS, BLANCO, 2010; JÚNIOR; SILVA, 2010; SCHOSSLER et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010). Ainda se estima que no mundo mais de 19,5% (45 milhões de hectares) das terras irrigadas e 2,1% (32 milhões de hectares) das não irrigadas estejam afetadas pelos problemas de salinidade (OLIVEIRA et al., 2010).

A salinidade consiste numa situação de excesso de sais solúveis e sódio trocável onde ambos no solo prejudicam o desenvolvimento das plantas (SCHOSSLER et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010). Os principais iões relacionados à salinidade são os catiões de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e os aniões  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ , que formam cloretos, sulfatos,

nitratos, carbonatos e bicarbonatos. É de salientar que os sais mais prejudiciais às plantas são os cloretos e os sulfatos de sódio e de magnésio, pelo facto de apresentarem maior solubilidade, portanto, torna-se mais disponível na solução do solo e mais acessível para as plantas (CARMONA et al., 2011; FAO, 2021; FERREIRA et al., 2006).

Segundo FAO (2021), a salinidade causada pela alta presença de sódio ( $\text{Na}^+$ ), afeta cerca de 25% das terras cultivadas no mundo e o seu dano é mais crescente na maioria das terras irrigadas.

### **3.2.1. Origem da salinidade no solo**

Nas regiões áridas, semiáridas e costeiras o impacto da salinidade do solo é um dos principais fatores limitantes da produtividade agrícola. A existência de sais nessas regiões pode ser associada a dois fatores: (I) naturais e (II) antropogénicos.

I) Fatores naturais: envolvem os materiais de origem, pelos sais resultantes do intemperismo físico ou químico de minerais e rochas; invasão das águas salgadas pela ascensão das marés ou pelos sedimentos marinhos que são típicos nas zonas costeiras; nesse caso à oscilação de lençol freático salinizado, em que a subida de água por capilaridade resulta na salinização da camada superficial.

II) Fatores antropogénicos: é a salinização causada por ações humanas, são os casos como o manejo inadequado de solo pela irrigação ou preparo no cultivo, o uso de águas salinas ou salobras na rega num solo com péssimas condições de drenagem; o uso excessivo de agroquímicos tanto para fertilização do solo assim como no combate das pragas (CARMONA et al., 2011; MELO, 2018; JÚNIOR, SILVA, 2010; FAGERIA, 1998; SOUSA et al., 2000).

### **3.2.2. Principais parâmetros para avaliação da salinidade**

Os problemas de salinidade do solo são frequentemente diagnosticados por meio de testes laboratoriais. Os métodos mais utilizados na avaliação de salinidade ou sodicidade são: Condutividade elétrica (CE) do extrato de solução, a percentagem de sódio trocável (PST) e o índice chamado relação de adsorção de sódio (RAS), (LIMA JUNIOR & SILVA, 2010; SOUZA et al., 2000; MELO, 2018). Esses métodos são descritos por Cruciani (2010), apud LIMA JUNIOR & SILVA (2010):

- Condutividade elétrica (CE): Determina a capacidade do extrato do solo de transmitir uma corrente elétrica. Também é usada para determinar a quantidade de sais presente em solução do solo, quanto maior for a quantidade de sais na solução do solo, maior será o valor de CE obtido (BRANDÃO & LIMA, 2002). A temperatura padrão para medição é de 25°C e sua unidade de medida é dada em microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ), deciSiemens ( $\text{dS/m}$ ) e miliSiemens ( $\text{mS/m}$ ) por metro.
- Percentagem de sódio trocável (PST): Representa a percentagem do sódio em relação aos demais cátions adsorvidos.
- Relação de adsorção de sódio (RAS): É um índice que demonstra a possibilidade de que a água de rega provoque a sodificação do solo, com maior proporção do sódio em relação aos demais cátions.

### 3.2.3. Efeitos de salinidade no solo e nas plantas

Os sais fazem efeitos de forma direta ou indireta, lenta ou brusca, total ou parcial sobre o desenvolvimento, crescimento e produção das diferentes culturas (SERTÃO, 2005). No solo, esses efeitos negativos da salinidade como: a desestruturação do solo, aumento da densidade aparente, aumento da retenção de água no solo e redução da infiltração de água, muitas das vezes são causados pelo excesso de íons sódicos (RHOADES et al., 2000). Os efeitos nocivos (efeitos osmóticos e tóxicos) da alta salinidade nas plantas são variados e podem prejudicar as plantas de várias formas: toxicidade iônica, estresse por seca, desbalanço nutricional, seca fisiológica, estresse oxidativo, alterações de processos metabólico, desorganização de membrana e redução da divisão e expansão celular (LEMES, 2017; OLIVEIRA et al., 2010; SERTÃO, 2005; BRANDÃO & LIMA, 2002; FAGERIA, 1998; HOLANDA, 2006; SCHOSSLER et al., 2012; GHEYI et al., 2010; SILVA et al., 2012).

De acordo com Dias e Blanco (2010), o conhecimento desses efeitos dos sais nas plantas e no solo, bem como os fenômenos envolvidos, é fundamental quando se pretende adotar uma boa prática de manejo do solo e da água para aumentar a produtividade agrícola. Ainda esses autores descreveram alguns efeitos dos sais na planta e no solo:

- Efeitos osmóticos: a água é retirada no solo pelas plantas, mas com a presença dos sais em excesso na solução o potencial osmótico reduz, exigindo assim uma força maior da planta para retirar a água do solo. Portanto, a planta pode ter o seu desenvolvimento comprometido por um estresse hídrico, mesmo de um solo

aparentemente húmido (seca fisiológica). Dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior, esta ação é denominada como plasmólise.

- Efeitos tóxicos: esses efeitos acontecem quando as plantas absorvem os sais do solo juntamente com a água, fazendo com que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Assim causando desbalanciamento e danos no citoplasma. Esse dano é mais notado principalmente na bordadura e no ápice das folhas, é onde a planta perde por transpiração. Normalmente, essa toxicidade é causada pelos iões cloreto, sódio e boro.
- Efeitos indiretos: acontecem quando se verifica altos teores de sódio ou outros catiões na solução os quais interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de nutrientes, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indiretamente. Com teores apreciáveis de carbonato de sódio na solução o pH do solo poderá alcançar valores elevados provocando a diminuição na disponibilidade de alguns micronutrientes. Nesse caso, o crescimento da planta não é diretamente influenciado pelo excesso de carbonato de sódio, mas pelo seu efeito sobre o pH do solo.
- Efeitos sobre a estrutura do solo: esses efeitos são causados pela interação eletroquímica existente entre os catiões e a argila. A principal característica deste efeito é a expansão da argila quando é húmido e a contração quando é seca, resultando do excesso de sódio trocável. Se a expansão for exagerada, causará a fragmentação das partículas, originando a dispersão da argila e modificando a estrutura do solo. De forma geral os solos com excesso de sódio trocável, apresenta problemas de permeabilidade e qualquer aumento da água provocará encharcamento na superfície do solo, impedindo a germinação das sementes e o crescimento das culturas, por falta de aeração.

Segundo Carmona et al, (2011), os solos podem ser classificados conforme o seu grau de salinidade em: **Salinos**, quando apresentam elevadas concentrações de sais na solução do solo. De acordo com a classificação do “U.S. Salinity Laboratory, solos salinos possuem pH inferior a 8,5, CE do extrato superior a 4 dS m<sup>-1</sup> e percentagem de sódio trocável (PST) inferior a 15% (OLIVEIRA et al., 2010).

**Sódicos**, quando o teor de sódio trocável disponível na solução é superior a 15%. Baseando-se na classificação do “U.S. Salinity Laboratory, solos Sódicos apresentam pH de 8,5 a 10, CE inferior a 4 dS m<sup>-1</sup> e PTS superior a 15% (OLIVEIRA et al., 2010). **Salinos-sódicos**,

é quando apresenta ambos. Ainda com a classificação do “U.S. Salinity Laboratory, Salinos-sódicos possuem pH próximo de 8,5, CE do extrato superior a 4 dS m<sup>-1</sup> e PTS superior a 15% (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Lima Júnior e Silva (2010), a faixa divisória entre os solos salinos e não salinos tem estabelecido o valor de 4 dS m<sup>-1</sup> para extratos de solução do solo. Mas os mesmos autores salientaram que podemos encontrar plantas sensíveis a sais, que podem ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresenta CE entre 2 e 4 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com esses autores, o comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre eles para 2 dS m<sup>-1</sup>.

#### **3.2.4. Tolerância das plantas à salinidade**

A tolerância das plantas a salinidade pode ser definida como a capacidade da planta de crescer e completar seu ciclo de vida quando cultivada em substratos que contêm altas concentrações de sais solúveis (LEMES, 2017). De acordo com esse mesmo autor, a tolerância de plantas à salinidade é variável em função da espécie, do ciclo fenológico ou da sua fase de desenvolvimento.

Segundo Dias e Blanco (2010), existem variados mecanismos de tolerância das plantas à salinidade. Sugerem a existência de dois mecanismos de tolerância:

- (1) Tolerância individual das células, envolvendo, por exemplo, a compartimentação intracelular e a sinalização bioquímica, e (2) tolerância a um nível superior em relação ao grupo anterior, envolvendo, por exemplo, o controle da absorção e transporte interno de sais e o acúmulo de Sódio no interior da planta.

Existem na literatura muitas tabelas de tolerância das plantas à salinidade, expressando o efeito generalizado de sais sobre as diferentes culturas e plantas, (Tabela 1).

**Tabela 1.** Limites de Condutividade Elétrica do extrato saturado do solo para as diferentes culturas.

| Nome                  | Nome Científico           | CEes (dS m <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Abacate</b>        | Persea americana          | 1,3                        |
| <b>Alface</b>         | Lactuca sativa            | 1,3                        |
| <b>Algodoeiro</b>     | Cossypium hirsutum        | 7,7                        |
| <b>Amendoim</b>       | Arachis hypogaea          | 3,2                        |
| <b>Arroz</b>          | Oryza sativa              | 3,0                        |
| <b>Batata</b>         | Solanum tuberosum         | 1,7                        |
| <b>Batata-doce</b>    | Ipomoea batatas           | 1,5                        |
| <b>Beterraba</b>      | Beta vulgaris             | 4,0                        |
| <b>Cana de açúcar</b> | Saccharum officinarum     | 1,7                        |
| <b>Cebola</b>         | Allium cepa               | 1,2                        |
| <b>Cenoura</b>        | Daucus carota             | 1,0                        |
| <b>Ervilha</b>        | Pisum sativum L.          | 2,5                        |
| <b>Feijoeiro</b>      | Phaseolus vulgaris        | 1,0                        |
| <b>Laranja</b>        | Citrus sinensis           | 1,7                        |
| <b>Limão</b>          | Citrus limon              | 1,7                        |
| <b>Milho grão</b>     | Zea mays                  | 1,7                        |
| <b>Repolho</b>        | Brassica oleracea caitata | 1,8                        |

Fonte: DIAS e BLANCO, (2010).

No caso do arroz, a velocidade com que o estresse salino afeta o crescimento e a produtividade é determinada por vários fatores, como: a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse e as condições edafoclimáticas (CARMONA et al., 2011). O arroz é classificado como moderadamente tolerante á salinidade (MUNNS & TESTER, 2008).

Segundo Carmona et al. (2011), os níveis críticos da salinidade na cultura do arroz é quando, a Percentagem de Sódio Trocável (PST) do solo se encontra entre 15 e 20 %, CEes a partir de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, passam a ser prejudiciais (Tabela 2).

**Tabela 2.** Potenciais perdas em rendimento do arroz em função de PST e CEes do solo

| PST (%) | CEes (dS m <sup>-1</sup> ) | Efeito sobre o rendimento (%) |
|---------|----------------------------|-------------------------------|
| < 15    | < 2,0                      | nulo                          |
| 15 a 40 | 4,0 a 6,0                  | Perdas de 10 a 15             |
| 40 a 80 | 6,1 a 10                   | Perdas de 20 a 50             |
| > 80    | >10                        | Perdas superiores a 50        |

Fonte: CARMONA et al., (2011).

### 3.2.5. Salinidade dos solos da África Ocidental

A produção de arroz (*Oryza sativa* L.) na zona de mangue da África Ocidental enfrenta um grande problema causada principalmente pelo elevado nível de salinidade do solo, apesar dos esforços de diferentes instituições de pesquisa nacionais e internacionais para melhorar a produção do arroz nesses solos de mangal com alta fertilidade, por meio de tecnologias aperfeiçoadas, falharam por causa da salinidade e precipitações serem altamente oscilantes, em um contexto atual de mudanças climáticas. Ainda se estima que a área total de solos afetados pela salinidade nessa região é de aproximadamente 214.000 ha (SYLLA et al., 1995).

Segundo Sylla et al. (1995), há duas causas primordiais que contribuem na salinização do solo na África Ocidental são: (I) a penetração da água do mar nos estuários durante as marés altas com submersão subsequente da planície de inundação do rio; (II) a evaporação da água durante as marés baixas. A magnitude desses processos é influenciada pelo clima, hidrologia fluvial e topossequência. Ainda esses autores consideram outros fatores com diferentes escalas: (i) em grande escala: gradientes na precipitação média anual e evaporação potencial; (ii) em escala média dentro de uma bacia hidrográfica: a vizinhança da foz do rio; (iii) em pequena escala: a posição ao longo de uma catena perpendicular ao rio.

Ao longo da costa atlântica da África Ocidental, incluindo o rio Geba (Guiné-Bissau), o rio Casamansa (Senegal), o rio Gâmbia (Gâmbia) e rio Grande Escassez (Serra Leoa), o principal uso dos solos nessas áreas aluviais muito baixas é o cultivo do arroz. Devido ao elevado nível de salinidade os agricultores abandonam vários campos agrícolas nessas áreas e mudam-se para terras mais altas muitas vezes inclinadas, com a desmatagem e uso intensivo dessas terras altas resulta na erosão do solo. Portanto uma avaliação contínua da salinidade do solo que afeta a produção do arroz é altamente necessária.

### 3.2.6. Salinidade dos solos da Guiné-Bissau

A Guiné-Bissau sendo um país costeiro e considerado um dos países mais vulneráveis à mudança climática, a salinidade do solo é originada pelos seguintes fatores: intrusão das águas salinas nas marés altas, variação das precipitações, evaporação das águas subterrânea e manejo do solo por parte do agricultor, sendo que o lençol freático é bastante superficial (VAN GENT & UKKERMAN, 1993).

Segundo Van Gent e Ukkerman (1993), as terras que são utilizados para fins agrícola que padecem do problema de salinidade se encontra nas zonas de mangal próximos aos riachos ou sofrem da sua influência, na época seca o nível da salinidade aumenta exponencialmente na superfície do solo por causa de evaporação das águas subterrânea, mas esse nível de sal se diminui com início da chuva, mas fica ainda crítico em algumas zonas, por falta de chuvas para lavagem e lixiviação de sais. As marés vivas mais altas ocorrem em agosto e setembro, as vezes causam rompimento dos diques e as culturas do arroz são danificadas pela intrusão das águas salinas.

### 3.3. ACIDEZ

A acidez do solo é um dos principais fenômenos que limitam a produção agrícola a nível mundial principalmente nas regiões de clima tropical e subtropical (FAGERIA & STONE, 1999; DE OLIVEIRA et al., 2005; FAGERIA, 2001).

Ácidas são todas as substâncias, que em meio aquoso, liberam iões  $H^+$ . Essas substâncias podem ser classificadas em ácidas fortes e fracas tendo em conta a sua completa ou parcial dissociação, a concentração de  $H^+$  no meio é expressa em valores de pH (LOPES, 1998).

#### 3.3.1. Acidez mediante o pH do solo

O pH é considerado um relevante indicador das condições químicas do solo que é definido como logaritmo negativo da concentração de ião hidrogênio. A atividade do ião hidrogênio ( $aH^+$ ) está medida por meio de métodos potenciométricos, em vez da concentração de hidrogênio. Assim, de forma mais correta o pH é definido pela seguinte equação (PECH, 1965):  $pH = -\log aH^+$

O significado prático da relação logarítmica é que cada mudança de unidade no pH do solo corresponde a uma mudança de dez vezes maior na acidez ou na alcalinidade. Isso significa que um solo com pH igual a 6,0 tem dez vezes mais  $H^+$  ativo que um outro com pH igual a 7,0.

O pH determina a acidez ou alcalinidade relativa de solução do solo. A escala de pH é de 0,0 a 14, onde o 7,0 indica pH neutro, inferior a 7,0 é considerada uma solução ácida e acima de 7,0 é considerada uma solução básica ou alcalina (ADAMS, 1981).

“A medida do pH na solução do solo representa a acidez ativa do solo. Os íons hidrogênio e alumínio absorvidos pelo solo, bem como outros constituintes do solo que geram íons hidrogênio, constituem a acidez reserva” (FAGEIRA & STONE, 2006 p. 18).

A avaliações de pH do solo podem ser utilizadas como indicador das condições químicas dos solos, em especial quanto à disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos, o que pode ajudar a perceber as condições ou se houver um problema significativo (FAGERIA & STONE, 2006). Trabalho feito por Fageria et al. (1999), relata que o limite superior de pH para maioria das culturas anuais está em volta das 6,0 tanto em solos secos (como os Latossolos com cores variados entre vermelhos para amarelos) assim como em solos alagáveis (como os solos hidromórficos desenvolvidos nas planícies de inundação, sobre sedimentos depositados pelas águas dos rios). Ainda os mesmos autores relataram que a absorção das maiorias dos macronutrientes aumenta com a elevação do pH na faixa de 6,1 a 6,7. E os micronutrientes diminuíram bastante com o aumento do pH do solo. De acordo com De Oliveira et al. (2005), a maior disponibilidade das maiorias dos nutrientes essenciais para as culturas se encontra na faixa de pH entre 5,8 e 6,2.

O pH do solo é fundamental devido à sua influência de vários fatores que prejudicam o crescimento das plantas, como a disponibilidade e dinâmica dos nutrientes e tóxicos das plantas, bem como alguns processos biológicos e a estrutura do solo. O valor do pH tem uma influência significativa nos processos redox nos solos, influenciando a complexação, precipitação e reações de dissolução (FAO, 2021).

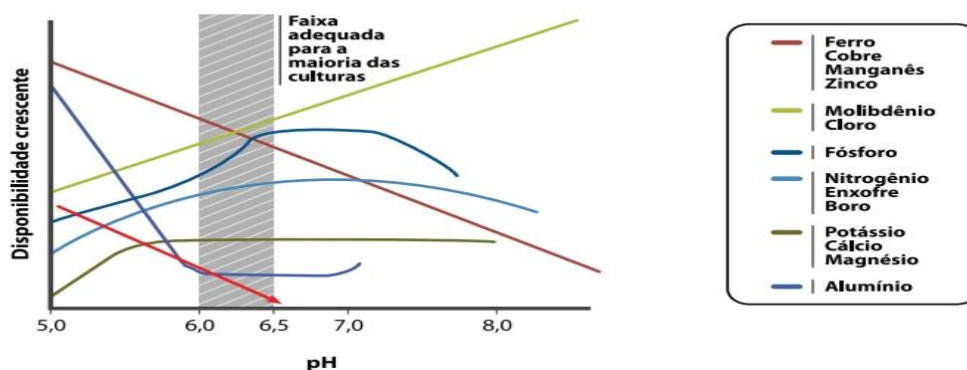
Lopes (1998) afirma que, o pH do solo é influenciado por vários fatores, como: material de origem, precipitação, decomposição da matéria orgânica, vegetação nativa, tipo de cultura, profundidade do solo, adubação nitrogenada e inundação (LOPES, 1998).

Além disso, Lopes (1998), comunica que existem dois métodos mais vulgarmente usados para determinar o pH do solo que são: o método colorimétrico e o método potenciométrico.

O método colorimétrico, é um método pelo qual utilizam corantes indicadores de pH, é muito utilizado no campo para uma rápida determinação do pH.

O método potenciométrico é mais difundido e preciso para determinar o pH do solo através da colocação de uma suspensão de solo em água destilada,  $\text{CaCl}_2$  0,1 M, em contato com um elétron de vidro, e da leitura do resultado em uma escala de 0 a 14.

O pH do solo tem um grande efeito na disponibilidade de nutrientes (Figura 7), os macronutrientes como o N, P, K, Ca, Mg e S, encontram-se mais disponível em pH elevado principalmente na faixa de 6,0 a 6,5 e os micronutrientes como o Cu, Fe, Zn e Mn têm suas concentrações baixa quando se aumenta o pH e o B, Mo e Cl são mais disponíveis em pH mais alcalino, em solos com pH abaixo de 5,5 se encontra o Al que é tóxico (DE OLIVEIRA et al., 2005; FAGERIA & STONE, 1999; VELOSO et al., 2007).



**Figura 7.** Disponibilidade dos nutrientes de acordo com o pH.

**Fonte:** Veloso et al., (2007).

### 3.3.2. Origem de acidez do solo

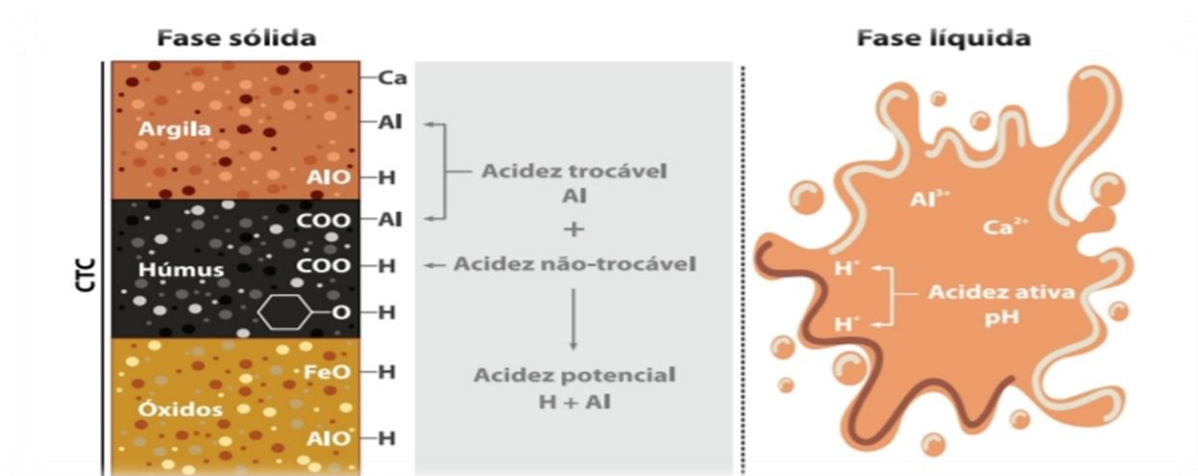
Os solos tropicais são habitualmente ácidos, e as principais causas dessa acidez podem ser pela alta ocorrência de precipitação, ocasionando lixiviação de quantidades apreciáveis de bases trocáveis como Ca e Mg, que são substituídos por elementos acidificantes como H e Al; seja pela carência em minerais primários e secundários, responsável pela reposição de bases que são lixiviados pela água da chuva; mas também o processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos deixa o solo ácido. Por outro lado, o próprio cultivo tende a causar o problema, pela absorção de cátions básicos pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades de íons de  $H^+$ . Por último, como causa natural a atividade biológica realizada pelas bactérias na fixação do nitrogênio atmosférico causa acidez. Como a influência gerada por atividade agrícola, a aplicação de fertilizantes amoniacais e uréia, resultando na acidificação pela acumulação de ácido nítrico ou sulfúrico, presentes em sua constituição, contribuem para o aumento da acidez dos solos (VELOSO et al., 2007; LOPES, 1998; NOLLA & ANGHINONI, 2004; DE OLIVEIRA et al., 2005).

Além do mais, segundo Fageria et al. (1991), em condições de clima tropical onde a evaporação é menor que a precipitação, a acidificação do solo é um processo contínuo, que pode ser agravado pela atividade das plantas, animais e seres humanos (através do uso inadequado dos fertilizantes químicos ou outras técnicas inadequadas de irrigação e preparo do solo).

### 3.3.3. Tipos de acidez do solo

A acidez do solo pode ser dividida em: acidez ativa e potencial. A acidez potencial por sua vez está dividida em acidez trocável e não trocável (Figura 8).

- Acidez ativa: é determinada pela concentração de  $H^+$  na solução do solo e é expressa em termos de pH.
- Acidez potencial: refere-se ao  $H^+$  e ao  $Al^{3+}$  que permanecem na fase sólida, na forma não dissociada.
- Acidez trocável ( $cmol_c/dm^3$  ou  $mmol_c/dm^3$ ): refere-se ao  $H^+$  e ao  $Al^{3+}$  trocáveis e adsorvidos nas superfícies dos colóides minerais ou orgânicos, por forças eletrostáticas. Tendo em conta de pequena existência  $H^+$  trocável em solos minerais e grande quantidade em solos orgânicos, acidez trocável e  $Al^{3+}$  trocável são vistos como equivalentes. Portanto a acidez trocável também é conhecida como Al trocável ou acidez nociva, e é responsável por efeitos prejudiciais das várias culturas no solo.
- Acidez não trocável: refere-se ao H ligado com as frações minerais e orgânicos do solo em ligação covalente. Nessa forma o H não é trocável, podendo ser dissociado com elevação do pH do solo. É de salientar que este tipo de acidez não é prejudicial ao crescimento das plantas (LOPES, 1998; DE OLIVEIRA et al., 2005; VELOSO et al., 2007).



**Figura 8.** Tipos de acidez do solo.

**Fonte:** Veloso et al. (2007).

### 3.3.4. Efeitos de acidez no solo e nas plantas

Normalmente os solos ácidos apresentam deficiência ou toxicidade de alguns nutrientes que limitam a produtividade agrícola e baixa a atividade de alguns microrganismos importantes (FAGERIA & STONE, 1999). O alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), que se encontra na solução do solo, provoca inibição da expansão da raiz e posteriormente, redução e engrossamento do sistema radicular da planta, resultando em menor aproveitamento de nutrientes e água disponível, devido a redução do volume do solo explorado (NOLLA & ANGHINONI, 2004).

De acordo com o Fageria e Stone (1999), a acidez do solo é um complexo de vários fatores, em particular da deficiência de macronutrientes com o pH abaixo de 5,0 e de toxicidade de alumínio que afeta negativamente o crescimento e a produtividade das culturas. Além desses fatores, os solos ácidos têm, em geral, baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por bases e baixa capacidade de retenção de água, que resulta na deficiência hídrica das plantas, assim limitando a produtividade agrícola.

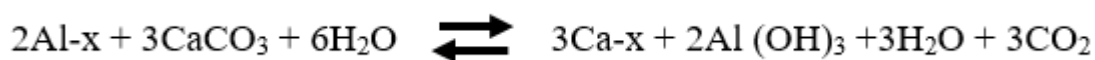
Em solos altamente ácidos a forma do alumínio predominante é  $\text{Al}^{3+}$ , que também é mais tóxico para as plantas (OLIVEIRA, 2018). O principal fator limitante da probabilidade de que um cátion seja mais adsorvido na superfície dos colóides é a sua valência. Portanto um cátion trivalente, como  $\text{Al}^{3+}$ , é mais fortemente adsorvido que o  $\text{Ca}^{2+}$ , que por sua vez é mais fortemente adsorvido que  $\text{K}^+$  (FAGERIA & STONE, 2006).

### 3.3.5. Formas de correção da acidez

Acidez do solo é um fator altamente limitante na produção agrícola, portanto a sua correção é muito importante não apenas para melhorar a produção das culturas, mas também tendo em conta vários efeitos benéficos que propicia, tais como: elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^+$  no solo, diminuição da concentração nociva de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$ , aumento da disponibilidade de alguns nutrientes essenciais no desenvolvimento das culturas, e aumento da atividade biológica dos microrganismos. Nesse processo de correção de acidez do solo, são utilizados o calcário e o gesso. Também se nota o uso de espécies de plantas tolerantes à acidez do solo e o uso de matéria orgânica por meio da compostagem são práticas complementares para a produção em solos ácidos (FAGERIA & STONE, 1999).

A calagem melhora o ambiente químico em torno do sistema radicular. Quando o calcário é incorporado ou dissolvido no solo, o  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  são substituídos por cálcio, havendo

um aumento do cálcio permutável. Também ocasiona a elevação do pH do solo e um aumento na percentagem de saturação por bases.



Nessa forma  $2\text{Al}(\text{OH})_3$  é insolúvel em água e desta maneira é eliminada a toxicidade de alumínio.

Alem de calagem a matéria orgânica é usada no processo da neutralização, pois possibilita que seus agentes ligantes diminuam a toxidez do alumínio, pois nessas condições a complexação é favorecida pela presença de catiões básicos e carbono orgânico solúvel, além do ácido Fúlvio, outros ácidos como láctico, acético, cítrico, maleico e oxálico podem fazer parte deste complexo metálico (MIYAZAWA et al., 2000).

### 3.3.6. Acidez do Solo na Guiné-Bissau

A acidez do solo é um problema frequente nos países tropicais, por serem países com alta precipitação e com rochas pobres em catiões básicos. A República da Guiné-Bissau sendo um país tropical também sofre desse problema, mas num nível moderado, que aumenta cada vez mais principalmente na “Bolanha” de água doce (*bas-fonds*) ou nos campos próximos às aldeias. Como nos outros países tropicais, a origem de acidez do solo na Guiné-Bissau está associada aos seguintes fatores: (I) alta precipitação, que resulta na permutação das catiões básicos pelos catiões ácidos; (II) em algum parte do país são utilizados fertilizantes que provocam acidez do solo.

Segundo Van Gent e Ukkerman (1993), os campos próximos das aldeias são poucos utilizados e quando isso acontece os cumes (réguas) caem, o que reduz a possibilidade de lixiviação, portanto esses solos apresentam valores de pH relativamente baixos, causados pela infiltração do terraço. Essa infiltração também traz Fe e Al para os campos do arroz, tornando-os impróprios para o transplante precoce do arroz. É de salientar que esses campos também são os primeiros a secar após o fim da estação chuvosa.

No caso da Região de Bafatá concretamente no Setor de Contubuel onde a prática de agricultura ocorre na “Bolanha” de água doce, a acidez do solo é causada não só pela alta precipitação chuvosa, mas também pelo uso incorreto e inconsciente de fertilizantes amoniacais e uréia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANALISE DOS NIVEIS DE SALINIDADE

#### 4.1.1. Região de Tombali

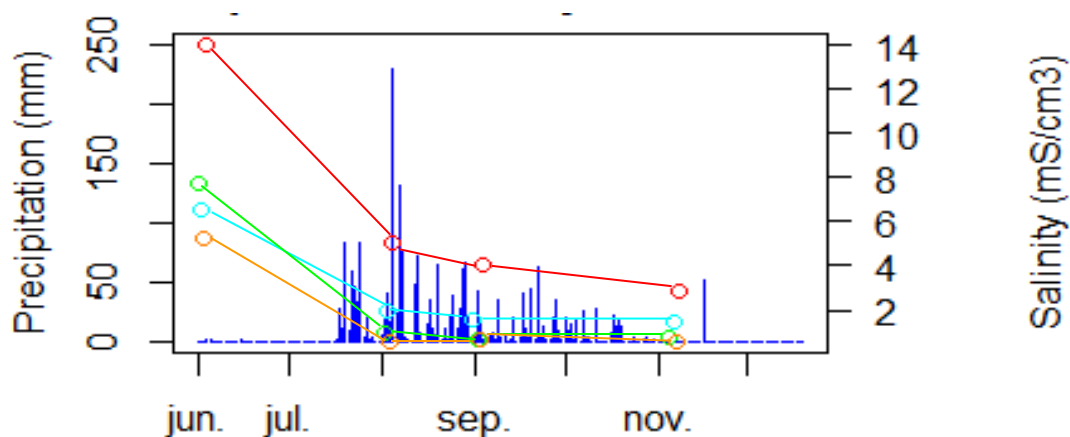
Para a região de Tombali, tabancas de Cafine e Cafal se verificam altos níveis de salinidade na estação seca e no início da estação chuvosa. Como se observa no (Gráfico 4), os níveis de salinidade continuaram altos até no início do mês de agosto nas agroecologias de TM, que diminuíram notavelmente em setembro após chover intensamente no mês de agosto. Mas essas diminuições não são uniformes.

No caso de TM de N'Tchanate (cor laranja), os valores de salinidade (CE) na estação seca chegam a uma média de 5,7 mS/cm que depois caíram para níveis aceitáveis de apenas 1 mS/cm durante o período de produção.

As mesmas coisas aconteceram com o TM de Ndjif (verde) e TM de Buota (azul-claro), onde também os valores de CE na estação seca atingiram 7,7 mS/cm (verde) e 6,5 mS/cm (azul-claro) respectivamente, mas posteriormente caem para os níveis aceitáveis de apenas 1 mS/cm (verde) e 1,8 mS/cm (azul-claro) durante o período da produção.

No caso de Priks Toxicidade (vermelho) observa-se grande diferença nos valores de salinidade tanto na estação seca assim como na estação chuvosa quando são comparados com as outras três agroecologias (TM), onde os valores de CE chegaram numa média de 14 mS/cm na estação seca, que posteriormente diminuíram até 3,8 mS/cm, continuando ainda em níveis críticos durante o período de produção. No entanto, são priks observado com vários problemas, incluindo níveis de pH muito baixa acidez elevada e possíveis altos níveis tóxicos de Alumínio.

**Gráfico 4.** Relações de precipitação e níveis de salinidade para 4 localidades: vermelho - priks Toxicidade, verde – TM N'djif, laranja – TM N'tchanate (Cafine) e azul claro- TM Buota (Cafal).



Fonte: Elaborado pelo autor

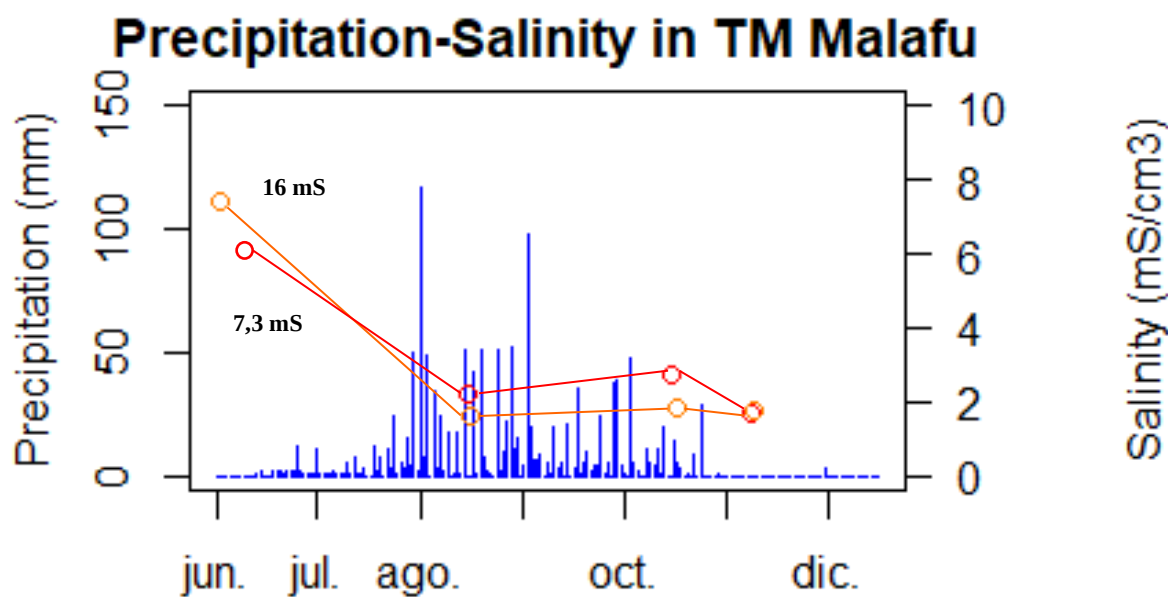
#### 4.1.2. Região de Oio

Na região de Oio, especificamente na tabanca de Malafu os níveis de salinidade observados foram altos na estação seca, começaram a baixar com início da chuva, com valores ainda altos até no início do mês de agosto, que diminuíram bastante no mês de setembro depois da forte chuva que caíram durante o mês de agosto, (Gráfico 5).

No caso do TM de Psole (cor vermelho), os valores de CE na estação seca atingiram uma média de 7,3 mS/cm, que no final do mês de agosto baixaram para 2,5 mS/cm e voltaram a subir um pouco no final do outubro 2,8 mS/cm mesmo assim continuaram nos níveis aceitáveis.

No TM de Pedro (cor laranja), foram observados valores altos de CE que atingiram uma média de 16 mS/cm na estação seca, mas posteriormente esses valores baixaram com a intensidades das chuvas e ficaram nos níveis admissíveis durante o período da produção do arroz. Vale ressaltar que esses dois priks estão muito próximos um do outro (150 m de linha aérea, separadas pelo braço do rio), mas como pode ser observado, eles têm condições diferentes.

**Gráfico 5.** Relações de precipitação e níveis de salinidade para 2 localidade: cor laranja – TM Pedro e vermelho – TM Psole (Malafu).



Fonte: Elaborado pelo autor

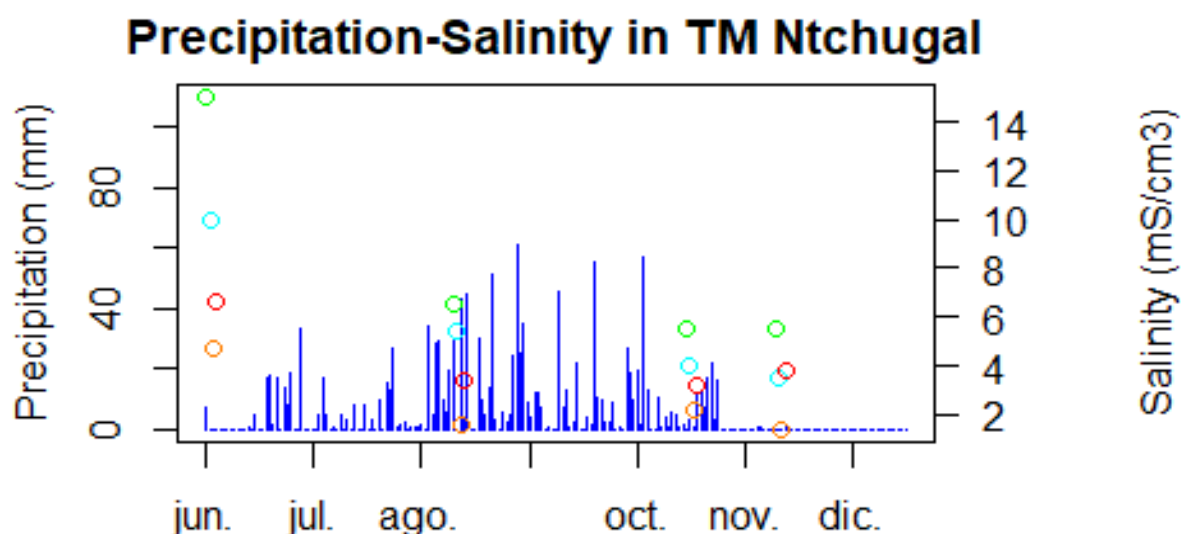
Ainda na região do Oio na tabanca de N'Tchugal, enormes níveis de Salinidade (CE) são observados na estação seca no mês de abril e até no início da chuva, para as três agroecologias de TM, o TM do meio (laranja) apresenta também níveis de CE pouco altos, mas diminuem notavelmente no mês de setembro depois das chuvas intensas durante o mês de agosto (Gráfico 6).

No caso de TM1 (cor verde) e TM2 (azul-claro), os valores de salinidade (CE) na estação seca no mês de abril subiram brutalmente a ponto de atingirem uma média de 21,4 e 23,7 mS/cm respetivamente. Posteriormente esses valores baixaram quando a precipitação atingiu o seu pico, mesmo assim tanto TM1 assim como TM2 continuaram nos níveis críticos 6 e 4 mS/cm durante o período da produção.

Também no TM (cor vermelho) foi observado um valor modernamente alto na estação seca no mês de abril com uma média de 6,6 mS/cm, mas posteriormente esses valores reduziram para os níveis toleráveis 1 mS/cm depois das intensas chuvas que caíram durante o mês de agosto e voltaram a subir um pouco no final de novembro.

Por fim no caso de TM do meio (cor laranja), foi observado valores que estão pouco acima de normal na estação seca no mês de abril com uma média de 4,7 mS/cm, que desceram rapidamente com início das chuvas, já no mês de agosto se encontram nos níveis aceitáveis apenas com 1 mS/cm de CE durante o período da produção.

**Gráfico 6.** Relações de precipitação e níveis de salinidade para 4 localidades: cor verde – TM1 Dinis, azul-claro – TM2 Dinis, laranja – TM do meio Dinis e Vermelho – TM Bissam



Fonte: Elaborado pelo autor

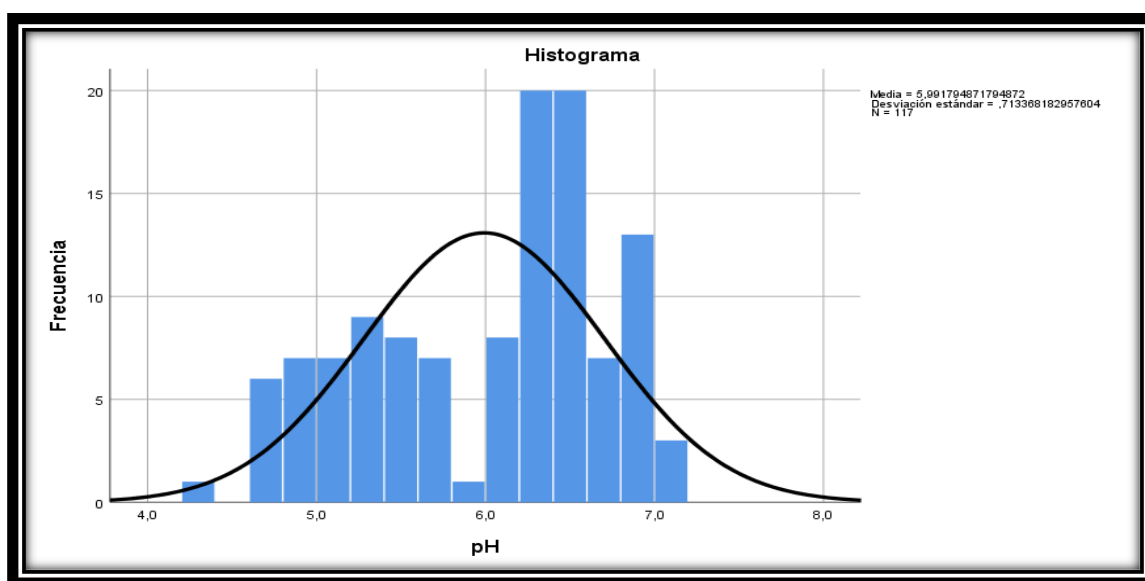
## 4.2. ANALISE DOS NIVEIS DE ACIDEZ

### 4.2.1. Níveis de Acidez por Agroecologias

#### Região de Tombali

Nesse teste de normalidade a hipótese nula é que os nossos dados apresentam uma distribuição normal. Ao observar o Gráfico 7, para o teste de normalidade dos nossos dados o histograma demonstra que os nossos dados seguem uma distribuição quase normal porque maiorias desses dados se encontra distribuído perto da média (5,99) e o desvio padrão também é maior que zero ( $\sigma = 0,71$ ). Por outro lado, a curva da normalidade tem aparência com um sino normal, portanto aceitamos a hipótese nula de que há normalidade, com um ligeiro desvio onde a maioria dos dados é distribuída entre valores de pH de 6 a 7.

**Gráfico 7.** Teste de normalidade (SPSS).



**Fonte:** Elaborado pelo autor

O teste de Homocedasticidade (Homogeneity Inglês) é para ver se há variância da variável dependente (pH) entre os grupos analisados (neste caso os grupos das três agroecologias (Viv=1, AM= 2 e TM=3). A hipótese nula ( $H_0$ ) é que não há variância nos níveis de pH (é constante) nos 3 diferentes grupos que temos. No caso que o p-value > 0,05 rejeitamos a  $H_0$  o que quer dizer que aceitamos o contrário de que a variância entre esses 3 grupos não é constante. Nesse caso, rejeitamos a  $H_0$  porque o p-value = 0.06 aproximadamente.

**Tabela 3.** Resultados do teste de homogeneidade nas três agroecologias (Viv = 1, AM = 2 e TM = 3).

| Bartlett test of homogeneity of variances |                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| data:                                     | pH by Code                          |
| Bartlett's K-squared                      | = 5.6619, df = 2, p-value = 0.05896 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, foi aplicado o teste de ANOVA unidirecional, trata como hipótese nula (H0) a comprovação de que não há diferença entre as médias dos grupos analisados (Viv=1, AM= 2 e TM=3), e a hipótese alternativa (H1) é que pelo menos uma das médias dos grupos difere dos demais. Olhando no resultado (Tabela 4) em que temos significância de 0,001 isso quer dizer que podemos aceitar a H1 que afirma que uma das médias difere dos demais.

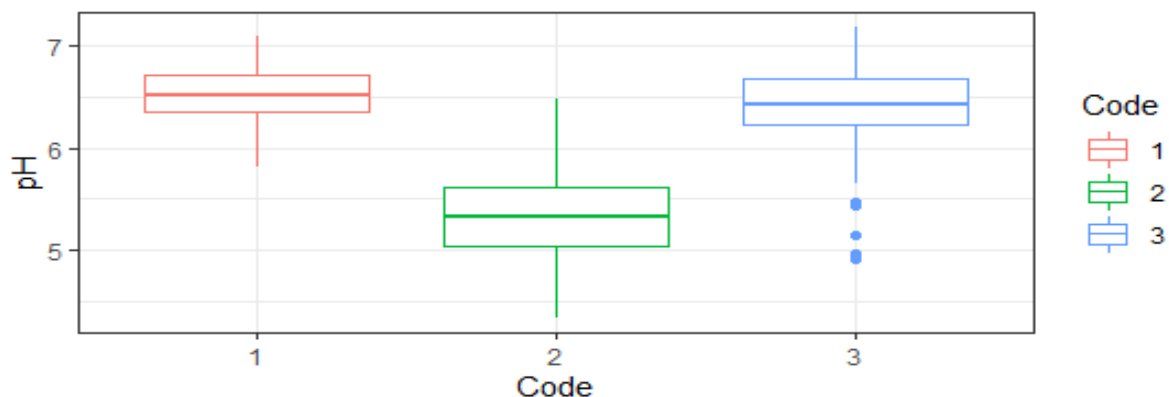
**Tabela 4.** Resultados do teste de Anova-unidirecional para Oio.

|                | Df    | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)     |
|----------------|-------|--------|---------|---------|------------|
| Code           | 2     | 28.30  | 14.15   | 52.49   | <2e-16 *** |
| Residuals      | 114   | 30.73  | 0.27    |         |            |
| ---            |       |        |         |         |            |
| Signif. codes: |       |        |         |         |            |
| 0              | '***' | 0.001  | '**'    | 0.01    | '*' 0.05   |
|                |       |        |         | '.'     | 0.1        |
|                |       |        |         | ' '     | 1          |

Fonte: Elaborado pelo autor

No Gráfico 8, os resultados da ANOVA são representados em boxplot (gráfico de caixa), onde temos a distribuição de níveis de pH por agroecologia. Podemos observar que na mediana, temos uma tendência simétrica nos três grupos. Percebemos que a mediana mais baixa é de (5.3) no segundo (2) grupo e nos outros dois grupos (1 e 3) as medianas são mais próximas (6.5 e 6.4) respectivamente (Figura 9). Quanto aos intervalos interquartis, observamos distribuições assimétricas, com um menor grau de dispersão. O segundo (2) grupo apresenta maior dispersão. É de salientar que no terceiro (3) grupo temos valores discrepantes (*outliers* em Inglês), ou seja, valores que estão abaixo dos mínimos encontrados nesse grupo e são representados por pontos, agora esses valores mínimos tornam limite inferior.

**Gráfico 8.** Resultados gráficos de ANOVA- Unidirecional entre grupos (Code: Viv=1, AM= 2 e TM=3) para as agroecologias de Oio.



Fonte: Elaborado pelo autor

```
> summary(dataset$pH[dataset$Code=="1"])
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
5.810  6.350   6.510   6.506  6.720
  Max.
7.090

> summary(dataset$pH[dataset$Code=="2"])
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
4.330  5.030   5.320   5.415  5.610
  Max.
6.480

> summary(dataset$pH[dataset$Code=="3"])
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
4.900  6.225   6.430   6.375  6.675
  Max.
7.190
```

**Figura 9.** Estatísticas gerais que explicam o gráfico 8.

Fonte: Elaborado pelo autor

### Região de Oio

Nesse teste de ANOVA unidirecional trata como hipótese nula ( $H_0$ ) a comprovação de que não há diferença entre as médias dos grupos analisados (AM= 1 e TM=2), e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que pelo menos uma das médias dos grupos difere um do outro. Olhando no resultado (Tabela 5) em que temos significância de 0,001 isso quer dizer que podemos aceitar a  $H_1$  que afirma que uma das médias difere do outro.

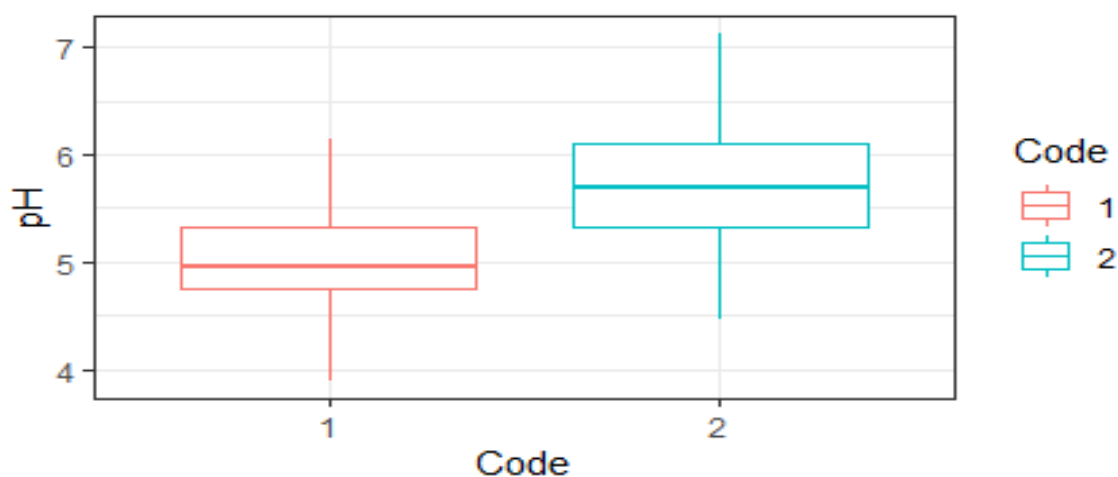
**Tabela 5.** Resultados do teste de Anova-unidirecional para Tombali.

|                                                | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)       |
|------------------------------------------------|----|--------|---------|---------|--------------|
| Code                                           | 1  | 11.06  | 11.064  | 32.65   | 1.48e-07 *** |
| Residuals                                      | 88 | 29.82  | 0.339   |         |              |
| ---                                            |    |        |         |         |              |
| Signif. codes:                                 |    |        |         |         |              |
| 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 |    |        |         |         |              |
| 7 observations deleted due to missingness      |    |        |         |         |              |

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse Gráfico 9, temos a distribuição de níveis de pH por agroecologia. Podemos observar que na mediana, temos uma tendência crescente no primeiro grupo (1) e simétrica no segundo (2) grupo. Percebemos que a mediana mais baixa é de (4.9) no primeiro (1) grupo, (Figura 10). Quanto aos intervalos interquartis observamos distribuições assimétricas, com um menor grau de dispersão. O segundo (2) grupo apresenta maior dispersão. É de salientar que na região de Tombali os viveiros são feitos nas bolanhas, por isso aqui só temos dois agroecologias.

**Gráfico 9.** Resultados gráficos de ANOVA- Unidirecional entre grupos (Code: AM= 1 e TM=2) para as agroecologias de Tombali.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

```
> summary(dataset$pH[dataset$Code=="1"])
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
 3.890  4.742  4.950  5.011  5.317
  Max.
 6.140
> summary(dataset$pH[dataset$Code=="2"])
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
 4.460  5.330  5.690  5.712  6.107
  Max.
 7.130
```

**Figura 10.** Estatísticas gerais que explicam o gráfico 9.

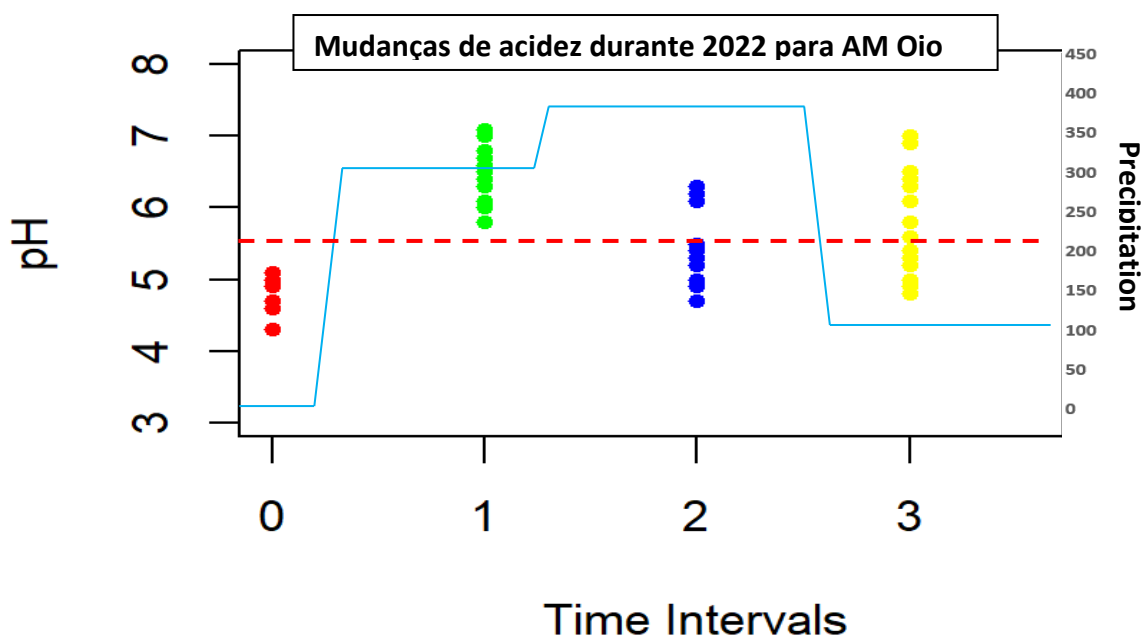
**Fonte:** Elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Níveis de Acidez e Influência da precipitação sobre os AMs

##### Região do Oio

No Gráfico 10, são apresentados as variações dos níveis de acidez (pH) em função dos níveis das precipitações em quatros (4) intervalos de tempo [0 (março – abril), 1 (julho – agosto), 2 (agosto – setembro) e 3 (outubro – novembro)], onde observamos valores baixos de pH na estação seca (0), que subiram com o início da chuva (1) que são momentos de preparo dos viveiros, e continuaram subindo até a chuva atingir o seu pico (2) momentos de transplante do arroz, que depois dessa chuva intensa esses valores voltaram a cair (3) já na fase de preinha e floração. Somente no intervalo (1) que observamos níveis de acidez que estão fora do perigo (acima de pH 5.5).

**Gráfico 10.** Mudanças de acidez do solo durante 2022 para AM, Região do Oio.

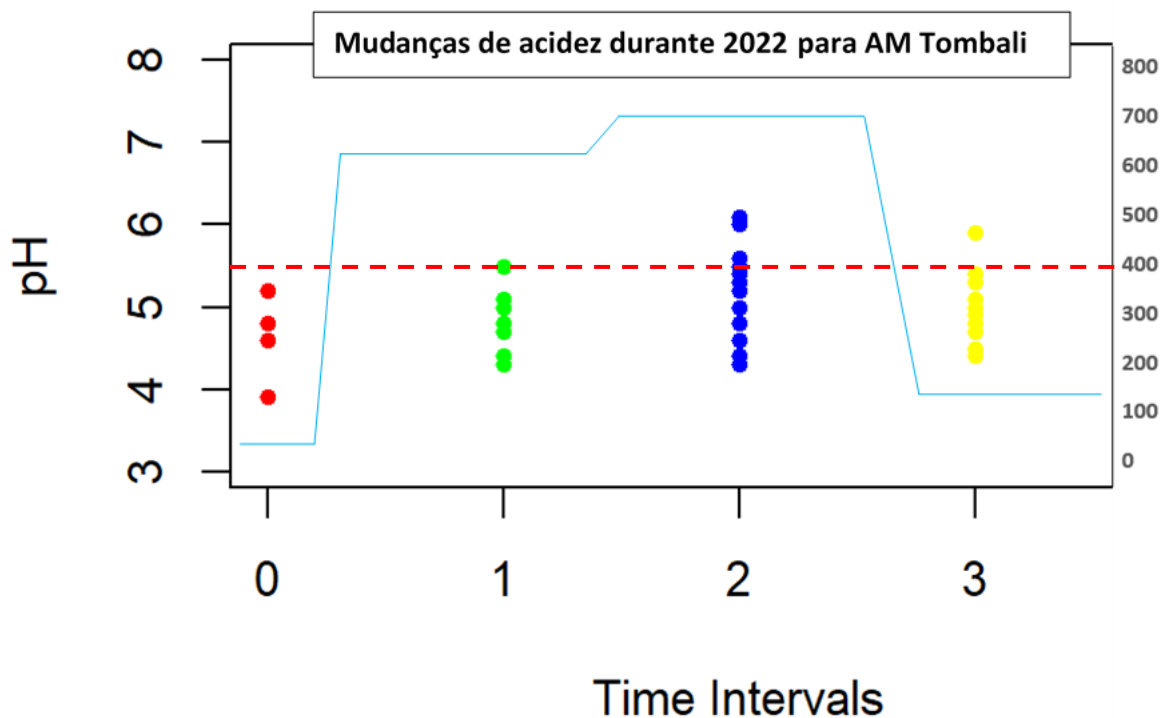


**Fonte:** Elaborado pelo autor

### Região do Tombali

O mesmo comportamento foi verificado no Gráfico 11, onde são apresentados as variações dos níveis de acidez (pH) em função dos níveis das precipitações em quatros (4) intervalos de tempo [0 (março – abril), 1 (julho – agosto), 2 (agosto – setembro) e 3 (outubro – novembro)], onde observamos valores baixos de pH na estação seca (0), que subiram com o início da chuva (1) que são momentos de preparo dos viveiros, e continuaram subindo até a chuva atingir o seu pico (2) momentos de transplante do arroz, que depois dessa chuva intensa esses valores voltaram a cair (3) já na fase de precha e floração. Diferentemente do que foi observado no gráfico anterior, não observamos nenhum valor que esteja fora dos níveis críticos (acima de 5.5) em todos intervalos.

**Gráfico 11.** Mudanças de acidez do solo durante 2022 para AM, Região do Tombali.

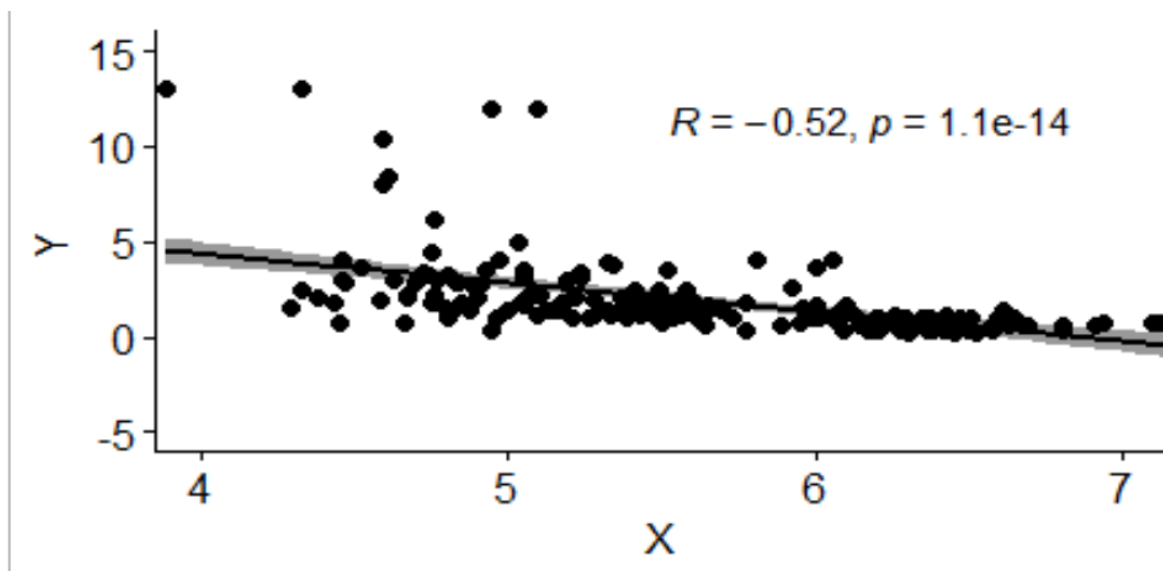


**Fonte:** Elaborado pelo autor

### 4.3. ANÁLISE DE INFLUÊNCIA DE ACIDEZ TROCÁVEL

No Gráfico 12, refere aos dados de pH e Al trocável do solo, onde se verifica uma correlação modernamente negativa e significativa entre o pH e  $\text{Al}^{3+}$ , com registos de coeficientes de correlação ( $R = -0,52$ ) e coeficiente de p-Valor ( $p = 1.10 \times 10^{-14}$  que significa,  $p < 0.05$ ), para os modelos de correlação e regressão linear simples, respetivamente. Isso quer dizer que quando o pH aumenta (mas perto 7) o  $\text{Al}^{3+}$  diminui e vice-versa. Isto sugere que, para esses solos, pode-se estimar o  $\text{Al}^{3+}$  a partir do pH, com capacidade preditiva de 52%, o que indica que os solos (representados por grupo das amostras AM) com níveis de acidez altos (pH baixo) tem excesso de concentrações de  $\text{Al}^{3+}$ .

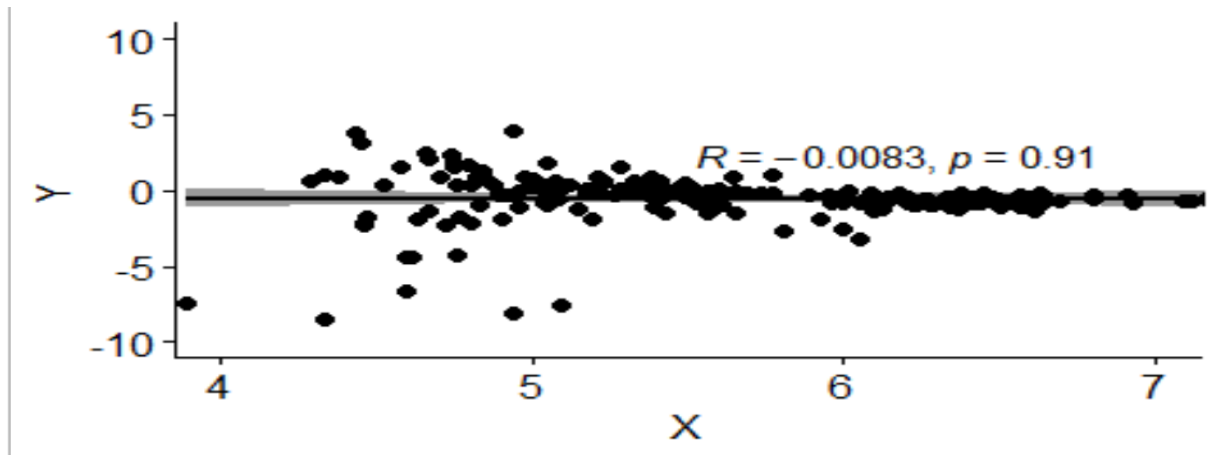
**Gráfico 12.** Correlação de valores de pH e  $\text{Al}^{3+}$  ( $X = \text{pH}$  e  $Y = \text{Al}^{3+}$ ).



**Fonte:** Elaborado pelo autor

No Gráfico 13, refere aos dados de pH e  $\text{H}^+$  trocável do solo, onde se observa a correlação fracamente negativa ou inexistente e insignificante demonstrada pelo coeficiente de correlação ( $R = -0.0083$ ) e p-Valor ( $p = 0.91$  que significa,  $p > 0.5$ ) entre o pH e  $\text{H}^+$ , para os modelos de correlação e regressão linear simples, Isso quer dizer que não existe nenhuma correlação entre o pH e  $\text{H}^+$ . Isto sugere que, não se pode prever os níveis de  $\text{H}^+$  trocável a partir de pH e vice-versa, indicando que nos solos (representados por grupo das amostras AM) com níveis de acidez altos (pH baixo), as concentrações de  $\text{H}^+$  não geram problemas de acidez.

**Gráfico 13.** Correlação de valores de pH e  $H^+$  ( $X = \text{pH}$  e  $Y = H^+$ )



**Fonte:** Elaborado pelo autor

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. ANÁLISE DOS NÍVEIS DE SALINIDADE

Durante a estação seca na região de Tombali, foram observados altos níveis de salinidade na superfície do solo (Gráfico 4), que pode ser associado à influência das marés (do rio Cumbijã) que chegam a inundar essa agroecologia, elevando os sais na superfície do solo, enquanto os altíssimos índices de evaporação concentram os sais na camada superficial. Com a intensidade da chuva a salinidade diminuiu para os níveis aceitáveis entre 1 e 1.8 mS/cm, durante o período da produção, sendo que nessa região (Tombali) se registam elevados níveis de precipitações que são suficientes para efetuar uma lavagem significativa desses sais.

Na região de Oio na mesma forma foram observados altos níveis de salinidade na superfície do solo durante a estação seca (Gráficos 5 e 6), que é relacionado à evaporação da água salina da maré devido à proximidade dessas agroecologias (TM) com o rio Mansoa que permanece salina grande parte do ano. Sua salinidade começa a baixar com a intensidade e quantidade da chuva, chegando para os níveis toleráveis ( $< 3$  mS/cm) em algumas bolanhas, mas, seguiram críticos ( $> 3$  mS/cm) nas outras bolanhas, pelo facto de existir grande instabilidade nas precipitações registadas dentro da mesma região, mas também condições limitantes de drenagem em algumas parcelas nessa região. É de salientar que as bolanhas de N'Tchugal (apresentados no apêndice -A) foram mais afetadas pela salinidade com as condições topográfica e as limitações mencionadas acima, mas também a introdução da água salina durante a estação seca, que é uma prática com um grande desafio para os agricultores.

De acordo com os agricultores entrevistados, seus argumentos indicam uma diminuição de precipitações nesta região (Oio) nos últimos anos e houve um enorme atraso das lavagens dos sais nas bolanhas. Também relataram sobre o avanço das marés, que relacionaram com as mudanças climáticas. Mesmo contendo risco narram sobre a importância da inserção da água salina que pode eliminar as ervas daninhas e combater os bichos e outras pragas e doenças.

De acordo com Van Gent e Ukkerman (1993), as terras que são utilizados para fins agrícola que sofrem do problema de salinidade se encontra nas zonas de mangal próximos aos riachos ou sofrem da sua influência, na época seca o nível da salinidade aumenta exponencialmente na superfície, que diminuem com o começo da chuva.

Ainda na região de Tombali em algumas agroecologias de (AM) que denominamos como priks de toxicidade ou priks de problemas foram observados altos níveis de salinidade parecidos com os níveis encontrados nas agroecologias de (TM), que diminuiram com a intensidade das chuvas até 3.8 mS/cm, continuando em níveis críticos de salinidade. Além

disso, esses priks apresentam pH muito baixa alta acidez e possíveis níveis tóxicos de Enxofre, Alumínio e Ferro durante o período da produção (apresentados no apêndice – A, onde parecem no mesmo prik existem partes onde o arroz morreu completamente). Duas são as hipóteses que explicam este caso: (a) há influência da estrada que liga a aldeia de Caffe com o porto e prováveis infiltração da água salina da outra banda da estrada; (b) dentro do mesmo prik existem diferenças na topografia (elevação) tornando as acumulações de sal permanentes, em alguns partes do prik). A semelhança do estudo de (Van Gent & Ukkerman 1993), esses solos têm valores de pH relativamente baixos, causados pela infiltração do terraço. A infiltração similarmente traz Fe e Al para os campos de arroz, tornando-os impróprios para o transplante precoce.

## 5.2. ANALISE DOS NIVEIS DE ACIDEZ

Na região do Oio analisamos os solos de três agroecologias (Viveiro, AM e TM) que apresentaram diferentes níveis de acidez. A agroecologia AM apresentou níveis mais altos (pH mais baixa) de acidez em comparação com as outras duas (Gráfico 8 e 9). A mesma situação foi verificada na região de Tombali. Essas diferenças podem ser ligadas com as condições que cada agroecologia apresenta; no caso dos viveiros da região do Oio que são feitos no planalto onde acontece pastagem e são também fertilizados pela matéria orgânica (estrume de vacas, porcos e restos de palhas). Vale ressaltar que essas agroecologias têm grande influência do escoamento de água, sendo solos com textura muito arenosa, a infiltração e escoamento de água é muito forte, lavando grande parte de cátions básicos, e tornando essas agroecologias fortemente ácidas em grande parte do ano.

Na agroecologia de AM além de apresentarem pouca fertilidade do solo perdem quantidade de cátions básicos importantes pela lavagem, resultante de quantidade das chuvas e das águas oriunda do planalto por possuírem grande inclinação topográfica com gradiente de elevação que desce suavemente do planalto para os AMs, arrastando matéria orgânica e cátions básicos e ácidos na direção dos TMs. De acordo com a observação feita no Sul por Van Gent e Ukkerman (1993), os campos próximos das aldeias são poucos utilizados e quando isso acontece os cumes (régua) caem, o que reduz a possibilidade de lixiviação, portanto esses solos apresentam valores de pH relativamente baixos, causados pela infiltração do terraço.

Por fim a agroecologia de TM além de ter solo com maior fertilidade por receber quantidades de matéria em suspensão rica em matéria orgânica e cátions básicos provenientes

da esplanada mais alta (AM e Viveiros), também recebem continuamente contribuições de matéria em suspensão pela influência dos mares e contribuições dos materiais do rio.

Em análises feitas em Oio e Tombali, nas agroecologias de AM foram observadas as variações dos níveis de acidez (pH) em função dos níveis das precipitações em quatro (4) intervalos de tempo (0 – estação seca, 1– transplante (viveiro), 2 –transplante e 3 – floração ou formação de grãos), onde durante a estação seca foram observados níveis muito altos de acidez (pH de 3.8 e 4.2) nas duas regiões. Com o início da chuva esses níveis elevaram notavelmente na região do Oio (pH de 6 a 7) que voltaram a baixar com a intensidade da chuva, enquanto na região de Tombali esses níveis tiveram pouca subida e voltaram a descer com a intensidade das chuvas. Isso demonstra que a precipitação tem um certo efeito sobre o pH e a mesma (precipitação) provoca a troca dos cátions básicos pelos cátions ácidos devido a inclinação topográfica dessas bolanhas, isso provoca o aumento dos níveis de acidez (pH mais baixa). É de ressaltar que a região de Tombali sempre apresentou valores mais altos e críticos de acidez em comparação com a região de Oio, que pode ser explicado por essa região (Tombali) apresentar maior precipitação. A semelhança do estudo de (DE OLIVEIRA et al., 2005), as principais causas dessa acidez podem ser pela alta ocorrência de precipitação, ocasionando lixiviação de quantidades apreciáveis de bases trocáveis como: Ca e Mg, que são substituídos por elementos acidificantes como H e Al. De acordo com Fageria et al. (1991), em condições de clima tropical onde a evaporação é inferior que a precipitação, a acidificação do solo é um processo contínuo.

Depois de observar que as agroecologias de AM mostram valores muitos baixos de pH executamos algumas análises de acidez de troca (H e Al), que através desses análises percebemos que existe uma correlação negativa e significativa entre acidez (pH) e Al trocável, isso indica que a acidez mais forte (de pH 3 a 5.5) esta causada por altas concentrações de Al. É de salientar que o Al trocável é mais prejudicial para as plantas, onde o arroz é considerado moderadamente tolerante aos efeitos do Al. De acordo com Fageria (1998), a solubilidade do Al aumenta em pH abaixo de 5,5. A toxidez de Al é mais severa em pH abaixo de 5,0. Segundo Oliveira 2018, em solos altamente ácidos a forma do alumínio dominante é  $Al^{3+}$ , que também é mais tóxico para as plantas.

## 6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos através das observações, análises laboratorial e estatística foi possível concluir o seguinte:

- A salinidade do solo constitui o maior problema nas agroecologias de TM pela insuficiência e distribuição irregular das precipitações para efetuar lavagem completa dos sais em algumas bolanhas.
- Os valores da salinidade que eram altos nas bolanhas de mangal (TM) durante a estação seca, baixaram significativamente depois da precipitação atingir o seu pico, mas ainda, existe uma variação muito grande nos níveis de precipitação entre as regiões e até tabancas da mesma região ocorrem microclimas, é por isso a disponibilidade de água que têm nas suas bolanhas é diferente, como consequência os agricultores ficam sempre prisioneiros destas precipitações e têm de tomar decisões urgentes de acordo com sua situação.
- Observamos em algumas bolanhas de TM que tiveram a CE acima de 3 mS/cm, caso de N'Tchugal, onde se verificam perdas totais de produção e nenhuma das variedades experimentadas (entre 5) se adaptou a estas condições de stress salino.
- Foi confirmado o H1- A mudança do comportamento de parâmetro de Salinidade (CE) é altamente influenciada pela variação da precipitação e efeito das marés que pode afetar o desenvolvimento do arroz por excesso de salinidade no solo (“Bolanha” de mangal). Resultados demonstraram que a diminuição das precipitações, favorecem concentrações muito altas de sais (portanto, houve perdas de produção devido os níveis tóxicos de sais no solo em diferentes períodos de produção), enquanto a entrada de água salgada (por exemplo devido ao rompimento do dique principal), também pode causar grandes perdas de produção (dependendo do estágio de crescimento em que se encontra o arroz).
- Segundo os agricultores houve a diminuição da chuva e avanço das marés nos últimos anos nas regiões de estudo, portanto, as experiências de entrada de água salgada nem sempre são favoráveis. Dependem muito das características topográficas, ambientais, climáticas da bolanha e das condições socioculturais do agricultor. No entanto, os agricultores estão cientes das vantagens e desvantagens dessa prática.
- A acidez do solo constitui o maior problema nas agroecologias de AM por perda de quantidade de cátions básicos pela lixiviação causada pela água da chuva, os valores de pH mais baixos foram encontrados na região de Tombali.

- Foi confirmado o H2- A mudança do comportamento de parâmetro de acidez (pH) está influenciada pelo aumento da pluviosidade (chuva) que pode alterar o estado dos solos ácidos (pela substituição de cátions básicos por aqueles ácidos) da “Bolanha” doce.
- O problema de acidez do solo é menos conhecido pelos agricultores em comparação com o problema de salinidade, portanto, as medidas que eles podem tomar são desconhecidas.
- Houve algumas perdas parciais de produção nas bolanhas de AM que tiveram valores de pH abaixo de 5,0, caso de priks de toxicidade em Cafine, onde níveis muito ácidos podem gerar solubilidade de outros elementos tóxicos como S, Fe e Al.
- Há grande escassez de informação sobre esses parâmetros (CE e pH), especialmente em solos da Bolanha do mangal, sob clima tropical e condições de irrigação devido às chuvas.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Com as observações feitas e os resultados obtidos, recomenda-se o seguinte:

- Ao estado da Guiné-Bissau para promoverem formações de jovens investigadores, equipar o Laboratório Nacional dos Solos e incentivar os agricultores e horticultores a enviarem os seus solos para análise antes de aplicarem qualquer tipo de corretivos ou adubo.
- Aos agricultores para evitarem a abertura das novas bolanhas nas zonas em que se encontra pequena cobertura de mangais, que pode aumentar a vulnerabilidade nessa zona à subida das marés.
- Por outro lado, recomendamos deixar/deitar grande quantidade de palha de arroz nas bolanhas onde se observam problemas de acidez e salinidade depois da colheita a fim de elevar os níveis de pH e reduzir os níveis de sais e evitar os efeitos tóxicos de alguns elementos químicos.
- A aplicação de fertilizantes orgânicos, bem como diferentes tipos de compostagem, pode melhorar as condições do solo e neutralizar os problemas localizados de acidez a longo prazo e evitar a poluição do solo.
- Aos investigadores para reconhecer os conhecimentos tradicionais locais, que vêm das experiências dos próprios agricultores e comunidades e podem atingir objetivos de desenvolvimento muito grandes se forem de mãos dadas com o conhecimento técnico-científico.
- Às organizações tanto nacionais assim como internacionais engajados na erradicação de fome, para investirem nas tecnologias sustentáveis e na melhoria das variedades de arroz adaptadas a condições locais para auxiliar os agricultores e investigadores nesta senda das mudanças climáticas.

## BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F. E COLS. Alívio de toxicidades químicas: **calagem de solos ácidos**. 1981.
- ANDREOTE, F.D.; CARDOSO, E.J.B.N. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: Esalq, p. 221, 2016.
- BANCO MUNDIAL. **Avaliação Hidrológica da África Sul – Saariana Países da África d'Oeste**. Guiné-Bissau, 1992.
- BENZINHO, J.; ROSA, M. **A descoberta da Guiné-Bissau**. Ediliber, Coimbra, p. 1-169.2015.
- BRANDÃO, S.L.; LIMA, S.C do. **pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de piuns e cerrado na Chapada, em Uberlândia (MG)**. Caminhos de Geografia, v. 3, n. 6, p. 46-56, 2002. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15294/8593/0> Acesso: 20 de março de 2022.
- BUKHARI, T.; TAKKEN, W.; GITHEKO, A.K.; KOENRAADT, C.J.M. **Timeline for rice growth, maintenance, and application of Aquatain**. PLOS ONE., 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021713.g002>
- CARMONA, F.C.; ANGHINONI, I.; WEBER, E.J. **Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2011. 132 f. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) -Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- CATARINO, L.; CASSAMÁ, V.; VASCONCELOS, M.J.; TEMUDO, M. **As florestas do Cantanhez (Guiné-Bissau) Vegetação, alterações do coberto do solo e utilização dos recursos naturais**. Ecologia, v. 4, p. 43-58, 2012.
- DE OLIVEIRA, I.P.; COSTA, K.A.De P.; DOS SANTOS, K.J.G.; MOREIRA, F.P. **Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado**. 2005.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F.F. **Parte III - Tolerância das plantas à salinidade (Cap 9- Efeitos dos sais no solo e na planta)**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Norte Fortaleza – CE: Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Salinidade, 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/7254356/03\\_Livro\\_Manejo\\_da\\_Salinidade\\_Parte3](https://www.academia.edu/7254356/03_Livro_Manejo_da_Salinidade_Parte3) Acesso: 25 de Março de 2022.
- FAGERIA, N.K. **Tolerância à salinidade de cultivares de arroz**. Planta e solo, v. 88, n. 2, pág. 237-243, 1985.
- FAGERIA, N.K. **Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas**. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 2, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N.K. **Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, p. 416-424, 2001.

FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; CARVALHO, J.R.P. **Resposta do arroz de terras altas e do feijão à calagem em um Latossolo Vermelho**. In: Interações planta-solo em pH baixo. Springer, Dordrecht, 1991. P. 519-525.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. 1999.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. 2006.

FAO. **Standard operating procedure for soil pH determination**. Rome, 2021.

FAO. **Standard operating procedure for soil electrical conductivity**. Rome, 2021.

FERREIRA, R.de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. Embrapa Pecuária Sudeste-Documents (INFOTECA-E), 2006.

FRANÇA, F.M.C. **Agro-Negócio do arroz na Guiné-Bissau**, Bissau, 1995.

GHEYI, H.R.; DA SILVA DIAS, N.; DE LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010.

HOLANDA, A.C.De. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. Patos – PB.

INPA. **Etat des lieux sur la recherche variétale En Guinée-Bissau** (organisation, essai DHS, Collection de référence, inscription au catalogue et valorisation. Bissau, 2022.

INTITUTO NACIONAL DE ESTATISCA. **Resultados de atualização definitivo do 1º. Recenseamento Geral da População e Habitação de 2009**. Guinea-Bissau, 2015.

JÚNIOR, J.L.; SILVA, A.L. **Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos**. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11 de 2010.

LEMES, E.S. **Estresse abiótico provocado pela salinidade na cultura do arroz irrigado**. 2017.

LIMA JÚNIOR, J.; SILVA, A.L. **Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos**. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11 de 2010.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafos, v. 2, p. 79-85, 1998.

MEDINA, N. **O ecossistema orizícola na Guiné-Bissau**: principais constrangimentos à produção na Zona I (regiões de Biombo, Cacheu e Oio) e perspectivas. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa (Portugal). Disponível em:

<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1977/1/TESEFINAL.pdf> Acesso: 28 de Março de 2022.

MELO, J.L.B. **Caracterização do Regime do Fogo na Guiné-Bissau. Influência Antropogénica**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Tecnica de Lisboa (Portugal).

MELO, M.S.S. **Avaliação do grau de salinização dos solos agrícolas do BVL: Estado atual e suas consequências**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geológica), Universidade de Aveiro Departamento de Geociências.

MENDES, J. **Modernização da agricultura e situação atual dos agricultores da região de Tombali, província Sul, Guiné-Bissau**. 2021.

MENESES, J.L. **Avaliação de linhas de arroz na tolerância à salinidade do solo**. 2017, Dissertação (Mestrado em Gestão de Solos e Água). Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Rural. Maputo

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Inf. Agron, v. 92, p. 1-8, 2000.

MUNNS, R.; TESTER, M. **Mecanismos de tolerância à salinidade**. Revisão anual de biologia vegetal, v. 59, p. 651, 2008.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. **Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil**. RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 6, n. 1, p. 97-111, 2004.

OLIVEIRA, A.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. **O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino**. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, 2010.

OLIVEIRA, A.S.D. **A matéria orgânica na redução do efeito tóxico do alumínio**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PECH, M. **Atividade de íons de hidrogênio**. Métodos de Análise do Solo: Parte 2 Propriedades Químicas e Microbiológicas, v. 9, p. 914-926, 1965.

PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI, A.M. **Guia de interpretações de análise de solo e foliar**. 2013.

RAUPP, F.M.; BEUREN, I.M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências**. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para 204 produção agrícola**. UFPB, 2000, 117p. Estudos da FAO. Irrigação e Drenagem, v. 48, p. 205.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M. ; ZUFFO, A. M. ; DE ANDRADE, F. R. ; PIAUILINO, A. C. **Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, 2012.

SECA, A.I. **A expansão do cultivo do Caju e seus impactos ambientais e econômicos na Guiné-Bissau**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Amazonas.

SERTÃO, M.A.J. **Uso de corretivos e cultivo do capim urocloa (*Urochloamosambicensis* (Hack.) Daudy) em solos degradados do Semi-Árido**. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia em Sistema Agrossilvopastoris) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. Patos – PB.

SILVA, J.B.G.; MARTINEZ, M.A.; PIRES, C.S.; ANDRADE, I.P.DE S.; DA SILVA, G.T. **Avaliação da Condutividade Elétrica e PH da Solução do Solo Em Uma Área Fertirrigada Com Água Residuária De Bovinocultura De Leite**. Irriga, Botucatu, Edição Especial, v. 1, n. 01, p. 250 - 263, 2012. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/451> Acesso: 25 de março de 2022.

SOUZA, L.C.De; QUEIROZ, J.E.; GHEYI, H.R. **Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-áridoparaibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, p. 35-40, 2000.

SOUZA, D.I.D.; MULLER, D.M.; FRACASSI, M.A.T.; ROMEIRO, S.B.B. **Manual de orientações para projetos de pesquisa**. Novo Hamburgo: FESLSVC, 2013.

SYLLA, M.; STEIN, A.; VAN BREEMEN, N.; FRESCO, L.O. **Spatial variability of soil salinity at different scales in the mangrove rice agro-ecosystem in West Africa**. África Ocidental, 1995.

TAVARES, D., SOUSA, J. **A orizicultura periurbana em Safim e a incerteza climática**. 2021.

TEIXEIRA, A.J.S. **Os Solos da Guiné Portuguesa**. 1962.

TEMUDO, M.P. **Planting Knowledge, Harvesting Agro-Biodiversity: A Case Study of Southern Guinea-Bissau Rice Farming**, Hum Ecol (2011) 39:309–321, 2011.

TEMUDO, M.P. **A narrativa da degradação ambiental no Sul da Guiné-Bissau: uma desconstrução etnográfica**. Etnográfica. Revista do Centro em Rede de Investigação em Antropologia, v. 13, n. 2), p. 237-264, 2009.

TEMUDO, M.P. **Inovação e mudança em sociedades rurais africanas: gestão de recursos naturais, saber local e instituições de desenvolvimento induzido: estudo de caso na Guiné-Bissau**. Universidade técnica de Lisboa, 1998.

VELOSO, C.A.C.; BOTELHO, S.M.; RODRIGUES, J.E.L.F.; SILVA, A.R. **Correção da acidez do solo**. CRAVO, MS; VIÉGAS, IJM; BRASIL, EC Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 93-103, 2007.

VAN GENT, P.A.M.; UKKERMAN, H.R. **The Balanta rice farming system in Guinea-Bissau**. Bissau, 1993.

## APÊNDICE A – IMAGENS DOS CAMPOS MAIS PROBLEMATICOS



**Priks de Toxicidade (vermelho) em Tombali (Cafine), apresentado no Gráfico 4.**

Fonte: Foto tirado pelo autor



**Priks de Dinis Oio (NTchugal), TM1 (cor azul), apresentado no Gráfico 6**

Fonte: Foto tirado pelo autor

**APÊNDICE B – IMAGENS DE COLETA E ANALISE DO SOLO NO CAMPO**

**Fonte:** Fotos tirados pelo autor

**APÊNDICE C – IMAGENS DE ANALISE DO SOLO NO LABORATÓRIO**

**Fonte:** Fotos tirados pelo autor