



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**  
**CURSO DE MESTRADO**

**TESE DE MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**TEMA:**

***Avaliação de *Azolla filiculoides* no controlo de infestantes e como  
biofertilizante na produção de arroz irrigado***

**AUTRORA:**

Cheila Klironomos Sequeira Martins

**SUPERVISOR:**

*Professor Doutor Tomás Chiconela*

**Maputo, Março de 2015**



**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**  
**CURSO DE MESTRADO**

**TEMA:**

***Avaliação de *Azolla filiculoides* no controlo de infestantes e como  
biofertilizante na produção de arroz irrigado***

Dissertação apresentada á  
Universidade Eduardo  
Mondlane para obtenção do  
Título de Mestre, opção  
Produção Vegetal.

**AUTRORA:**

**SUPERVISOR:**

---

Cheila Klironomos Sequeira Martins

---

*Professor Doutor* Tomás Chiconela

**Maputo, 2015**

## **Declaração de Honra**

Declaro por minha honra, que os dados usados na elaboração da presente pesquisa são reais e obtidos do trabalho árduo de campo, as análises dos mesmos foram por mim efectuados e também resultou de consultas bibliográficas.

**Autora:**

---

Cheila Klironomos Sequeira Martins

## Resumo geral

Em Moçambique, o uso de fertilizantes e pesticidas é muito baixo e mais de 95% dos pequenos produtores não usam os fertilizantes, o nitrogênio é o nutriente limitante na produção de arroz, seguindo a mesma tendência dos demais cereais. As infestantes constituem um dos maiores constrangimentos para produção agrícola feita pelos pequenos produtores porque normalmente as actividades fazem manualmente. Contudo, os rendimentos deles rondam, entre 0.8 a 1.2 ton/ha considerados baixos em relação ao potencial das variedades melhoradas (6 a 7ton/ha). A *Azolla* é um dos biofertilizante e controla infestantes, mas até então há pouca informação em Moçambique sobre *Azolla filiculoides*. Para avaliar o efeito da *Azolla* foram conduzidos dois ensaios na Estação Agrária do Umbelúzi, província de Maputo. O desenho experimental de cada foi de blocos completos causalizados com quatro repetições. O ensaio sobre o controlo de infestantes 5 tratamentos (controlo-sem inóculo de *Azolla* e sem monda, Monda, com 0.5, 1 e 2 ton/ha de inóculo de *Azolla* e o ensaio sobre biofertilizante teve sete tratamentos (controlo-sem *Azolla*+sem N, 30 kg/ha de N, 60kg/ha de N, 90kg/ha de N, 30kg/ha de N+ 6 ton de *Azolla*/ha, 60kg/ha de N+ 6 ton de *Azolla*/ha e 6 ton de *Azolla*/ha). Os resultados mostraram diferenças significativas no controlo de infestantes, obtendo melhores rendimentos quando usados os tratamentos contendo 1 a 2 ton/ha de inóculoda *Azolla* com 3.35 a 3.45ton/ha, respectivamente comparando com o tratamento controlo (1.87ton/ha). O tratamento controlo teve o menor número de panículas por m<sup>2</sup> (471.25) e 16 plantas/m<sup>2</sup> da abundância de infestantes comparando com outros tratamentos como a Monda (8 plantas/m<sup>2</sup>), 0.5ton/ha de *Azolla* (5 plantas/m<sup>2</sup>), 1ton/ha de *Azolla* (4 plantas/m<sup>2</sup>) e 2ton/ha de *Azolla* (2 plantas/m<sup>2</sup>). No ensaio sobre biofertilizante, os resultados também mostraram diferenças significativas nos rendimentos (onde o tratamento com inóculo de *Azolla* deu 3,6 ton/ha e as quais não diferiram entre 90, 60 e 30 kg/ha de N/ha, com 4,85, 3,69 e 2,79 ton/ha, respectivamente). Tendência semelhante também foi observada quando *Azolla* foi combinada com 60 e 30 kg/ha de N, com 4,28 e 3,63 ton/ha respectivamente. Concluindo assim que, esta alga pode ser uma alternativa de controlo de infestantes bem como fixadora de nitrogénio para os pequenos produtores de arroz.

**Palavras-chave:** *Azolla filiculoides*. Arroz. Infestantes. Biofertilizante. Rendimento.

## **Agradecimentos**

Pelo presente trabalho agradeço a Deus Verdadeiro e Criador de todas as coisas, que pelo vosso espírito iluminou-me para que concretiza-se este sonho.

Os meus profundos agradecimentos vão ao meu supervisor Professor Doutor Tomás Chiconela pela paciência, sugestão, disposição e empenho na supervisão deste trabalho e ao Professor Doutor Alexis Ndayiragije que permitiu com que este trabalho fosse alcançado.

À minha amiga e colega Natália Tesinde e ao Paulo pela força e coragem que me proporcionaram durante o curso enfatizando o trabalho de campo.

Ao antigo Director do IIAM, Dr.Calisto Bias, que contribuí para que este trabalho se realizasse.

Ao IRRI e ao Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique pela ajuda financeira.

A todos os funcionários e técnicos do IRRI-Moçambique afectos na Estação Agrária do Umbelúzi Arlindo, Tembe, Ivone e Dino pelo apoio prestado para que este trabalho se tornasse realidade.

A todos os funcionários do IIAM-Estação Agrária do Chókwe Eng.Langa, Eng.Massingue, Sra. Francisca e aos pequenos produtores de Chókwe, um muito obrigado.

Aos técnicos do laboratório da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal e do Laboratório do IIAM especialmente a Sra.Ernestina e Inês, um muito obrigado.

A todos os colegas e amigos do Curso de Produção Vegetal, pela força, amizade e momentos de descontração.

Enfim, a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho os meus sinceros agradecimentos.

## **Dedicatória**

Dedico o presente trabalho ao meu filho Concílio Martins pelo amor e carinho. Aos meus pais Carlos Martins e Lúcia Klironomos por me terem dado a vida e me ensinaram a amar ao próximo, a lutar sempre e pela realização dos meus sonhos. Aos meus irmãos Marcela, Teodora, Felizbela, Gege, Abel, Licínio, Dulce, Mardiano e Sidney pela força e coragem que me proporcionaram durante os meus estudos. Aos meus sobrinhos Ciana, Imelda, Kellson, Mirco, Guidione, Mardiana, Dilan, Ludimila, Widimery e Kevim pelo apoio moral e pelo apoio moral prestados.

**ÍNDICE****PÁGINA**

Declaração de Honra.....	i
Resumo geral .....	ii
Agradecimentos.....	iii
Dedicatória.....	iv
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Gráficos.....	xi
Lista de anexos.....	xii
Lista de abreviaturas .....	xiii
<b>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Generalidades da cultura de arroz.....	1
1.2 Problema de estudo e justificação .....	2
1.3 Objectivo geral: .....	4
1.4 Objectivos específicos: .....	4
1.5 Hipóteses de pesquisa:.....	4
1.6 Referência bibliográfica.....	5
<b>CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Importância do arroz em Moçambique e no mundial .....	7
2.2 Distribuição das áreas do cultivo de arroz em Moçambique .....	8
2.3 Factores que influenciam o cultivo de Arroz .....	8
2.3.1 Temperatura.....	8
2.3.2 Radiação solar.....	9
2.3.2 Água: .....	9
2.3.4 Solo e pH .....	10
2.3.5 Nutrição: .....	10
2.4 Constrangimentos na produção de arroz em Moçambique .....	10
2.4.1 Gestão de práticas culturais: .....	10
2.4.2 Gestão da água:.....	11
2.4.3 Sistema de irrigação: .....	11
2.4.4 Disponibilidade de insumos e alternativas tecnológicas.....	12
2.4.5 O Mercado do arroz e custos de importação e preços .....	12
2.4.6 Perdas na colheita e pós-Colheita:.....	12
2.5 Alternativas tecnológicas ao controlo de infestantes e uso de fertilizante químico	13
2.5.1 <i>Azolla filiculoides</i> .....	13
2.5.1.1 Origem de <i>Azolla filiculoides</i> e sua distribuição no mundo .....	13
2.5.2 Taxonomia e caracterização morfológica da <i>Azolla</i> .....	13
2.5.3 Importância da <i>Azolla</i> .....	14
2.5.4 Associação simbiótica .....	14
2.5.5 Composição química da matéria seca presente na <i>Azolla</i> .....	15
2.6 Factores que influenciam o cultivo de <i>Azolla</i> .....	16
2.6.1 Humidade.....	16
2.6.2 Temperatura do ar.....	16
2.6.3 Luz .....	17
2.6.4 pH .....	17
2.6.5 Nutrição.....	17
2.7 Uso e sistemas de cultivo da <i>Azolla</i> spp.....	21
2.8 Referência bibliográfica.....	24
<b>CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE AZOLLA</b>	
<b><i>FILICULOIDES</i> NO CONTROLO DE INFESTANTES NA CULTURA DE ARROZ</b>	
<b>IRRIGADO.....</b>	<b>25</b>
Resumo.....	25
3.1 Introdução .....	26
3.2 Objectivo geral: .....	27
3.3 Objectivos específicos:.....	27
3.4 Hipóteses da pesquisa: .....	27
3.5 Material e métodos.....	28

3.5.1 Área de estudo:.....	28
3.5.2 Clima e solos .....	28
3.5.3 Descrição da variedade Makassane.....	28
3.5.4 Desenho experimental e os tratamentos:.....	29
3.5.5 Análise do solo.....	29
3.5.6 Preparação do terreno definitivo:.....	30
3.5.7 Viveiro e transplante .....	30
3.5.8 Colecta e inoculação da <i>Azolla filiculoides</i> .....	30
3.5.9 Adubação e rega.....	30
3.5.10 Pragas .....	31
3.5.11 Altura das plantas e ciclo vegetativo:.....	31
3.5.12 Infestantes identificadas .....	31
3.5.13 Determinação e avaliação da densidade ou abundância das infestantes .....	32
3.5.14 Avaliação da quantidade da fitomassa e o índice de cobertura de <i>Azolla</i> .....	32
3.5.15 Colheita .....	32
3.5.16 Determinação do rendimento e suas componentes .....	33
3.5.17 Relação entre a abundância de infestantes com o rendimento.....	34
3.5.18 Análise estatística dos dados:.....	35
3.6 Resultados e discussão.....	36
3.6.1 Densidade ou abundância das infestantes .....	36
3.6.2 Avaliação da densidade ou abundância das infestantes .....	37
3.6.3 Infestantes identificadas .....	38
3.6.4 Estimativa da quantidade da fitomassa, índice e avaliação de cobertura total da <i>Azolla</i> .....	40
3.6.5 Rendimento e suas componentes .....	41
3.6.6 Outros dados agronómicos:.....	43
3.6.6.1 Altura das plantas e Ciclo vegetativo da variedade.....	43
3.6.6.2 Percentagem de grãos cheios e chochos.....	44
3.6.6.3 Relação entre a abundância de infestantes e o rendimento.....	45
3.7 Conclusão:.....	46
3.8 Recomendações: .....	48
3.9 Referências bibliográficas:.....	49
<b>CAPÍTULO IV: EFEITO DA AZOLLA FILICULOIDES COMO BIOFERTILIZANTE NA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO .....</b>	<b>51</b>
Resumo.....	55
4.1 Introdução .....	52
4.2 Objectivo geral:.....	53
4.3 Objectivos específicos: .....	53
4.4 Hipóteses da pesquisa: .....	53
4.5 Material e métodos .....	54
4.5.1 Desenho experimental:.....	54
4.5.2 Procedimentos para a recolha de dados: .....	55
4.5.2.1 Determinação da quantidade de nitrogénio.....	55
4.5.2.2 Determinação da matéria seca da planta de arroz e da <i>Azolla</i> .....	56
4.5.2.3 Relação entre o rendimento e o efeito do nitrogénio .....	60
4.5.2.4 Relação entre o rendimento e suas componentes .....	57
4.5.2.5 Análise estatística dos dados:.....	57
4.6 Resultados e discussão.....	58
4.6.1 Determinação da quantidade de nitrogénio.....	58
4.6.2 Percentagem da matéria seca da planta de arroz e da <i>Azolla</i> .....	59
4.6.3 Rendimento e suas componentes.....	60
4.6.4 Relação entre o rendimento e suas componentes.....	62
4.6.5 Relação entre o rendimento e o efeito do nitrogénio .....	63
4.6.6 Outros dados agronómicos:.....	64
4.6.6.1 Altura das plantas e ciclo vegetativo da variedade .....	64
4.6.6.2 Percentagem de grãos cheios e chochos.....	65
4.7 Conclusão:.....	66
4.8 Recomendações.....	67

4.9 Referências bibliográficas.....	68
Anexos: .....	71

**LISTA DE TABELA****PÁGINA**

<b>Tabela 1.1:</b> Produção média de arroz limpo (1000 ton) nalguns países da África Austral em períodos seleccionados.	1
<b>Tabela 1.2:</b> Produção e áreas de arroz no período compreendido entre 2008/2014	2
<b>Tabela 2.1:</b> Temperaturas críticas óptimas, mínimas e máximas em diferentes fases fenológicas de arroz	9
<b>Tabela 2.2:</b> Elementos e composição química presentes em <i>Azolla</i> spp	16
<b>Tabela 3.1</b> Características agronómicas da variedade Makassane	28
<b>Tabela 3.2:</b> Descrição dos tratamentos	29
<b>Tabela 3.3:</b> Dados de análise dos solos	29
<b>Tabela 3.4:</b> Avaliação da abundância das infestantes	32
<b>Tabela 3.5:</b> Escala de cobertura para avaliação da <i>Azolla</i>	33
<b>Tabela 3.6:</b> Comparação de médias, DMS, coeficiente de variação e abundância de infestantes	36
<b>Tabela 3.7:</b> Avaliação da abundância das infestantes	37
<b>Tabela 3.8.:</b> Espécies identificadas durante as diferentes fases de avaliação do ensaio	39
<b>Tabela 3.9.:</b> Comparação de médias, DMS, coeficiente de variação, quantidade, índice e avaliação de cobertura da <i>Azolla</i>	41
<b>Tabela 3.10.:</b> Comparação de médias pelo test tukey do rendimento e seus com	42
<b>Tabela 3.11:</b> Altura das plantas e ciclo vegetativo	43
<b>Tabela 3.12:</b> Percentagem de grãos cheios e chochos	44
<b>Tabela 4.1:</b> Descrição dos tratamentos	54
<b>Tabela 4.2:</b> Percentagem de nitrogénio nas plantas de Arroz e <i>Azolla</i>	58
<b>Tabela 4.3:</b> Matéria seca nas plantas de arroz e <i>Azolla</i>	59
<b>Tabela 4.4:</b> Comparação de rendimento e suas componentes pelo teste Tukey, DMS e Coeficiente de variação	61
<b>Tabela 4.5:</b> Matriz de correlação do rendimento e seus componentes	62
<b>Tabela 4.6.:</b> Altura das plantas e ciclo vegetativo	64
<b>Tabela 4.7.:</b> Percentagem de grãos cheios e chochos	65

## LISTA DE FIGURAS

## PÁGINA

<b>Figura 1.1:</b> Variação na produtividade do arroz em Moçambique. (Fonte: MINAG, 2013)	3
<b>Figura 2.1:</b> Produção versus Consumo de Arroz em Moçambique (1961-2011). (Fonte: MINAG, 2013)	7
<b>Figura 2.2:</b> Mapa de distribuição do cultivo de arroz em Moçambique	8
<b>Figura 2.3:</b> Ecossistemas de produção de arroz em Moçambique	11
<b>Figura 3.1:</b> Colecta de <i>Azolla</i> (A), pesagem (B) e plantas de <i>Azolla</i> (C)	30
<b>Figura 3.2:</b> 1 ton/ha de <i>Azolla</i> (A), 2 ton/ha de <i>Azolla</i> (B) e Controlo (C)	38
<b>Figura 4.1:</b> 30kg/ha de N + 6 ton/ha de <i>Azolla</i> (A), 6 ton/ha de <i>Azolla</i> (B), 60kg/ha + 6 ton/ha de <i>Azolla</i> (C), 60kg/ha (D) ,30kg/ha (E) e Controlo (F)	55
<b>Figura 4.2:</b> Colheita do arroz e contagem de número de panículas/m <sup>2</sup>	62

## **LISTA DE GRÁFICOS**

## **PÁGINA**

<b>Gráfico 3.1:</b> Efeito entre a densidade ou abundância de infestantes e o rendimento	45
<b>Gráfico 4.1:</b> Relação entre rendimento (ton/ha) e percentagem de nitrogénio	64

<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Anexo 1:</b> ANOVA dos parâmetros para avaliação de diferentes níveis de <i>Azolla</i> no controlo de infestantes na produção de arroz	72
<b>Anexo 2:</b> Desenho experimental do ensaio sobre ensaio de controlo de infestantes	76
<b>Anexo 3:</b> Dados meteorológicos da Temperatura mínima, máxima e Precipitação durante os meses de Janeiro a Junho	77
<b>Anexo 4:</b> Resultados de análise do solo	78
<b>Anexo 5:</b> ANOVA dos parâmetros para avaliação do efeito da <i>Azolla</i> como biofertilizante na produção de arroz	79
<b>Anexo 6:</b> Desenho experimental	83

## LISTA DE ABREVIATURAS

cm	Centímetro
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
Kg/ha	Kilograma por hectare
N	Nitrogénio
M	Metro
mg	Miligrama
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
MINAG	Ministério de Agricultura
ONG's	Organizações Não-governamentais
Rend	Rendimento
TRT1...T7	Tratamento 1 até tratamento 7

## CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

### 1.1 Generalidades da cultura de arroz

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo (Azambuja *et al.*, 2004). Actualmente, esta cultura é cultivada em mais de 75% dos países africanos, tendo-se tornado um grande contribuinte no mercado internacional, contribuindo em 2006, com 32% das importações globais (FAO, 2010).

Em África, o arroz tende a ser cada vez mais vulgar, com um consumo de cerca de 16 milhões de toneladas das quais 14 milhões vêm sendo produzidos localmente, restando com um défice de 2 milhões de toneladas que são compensadas pelas importações (WARDA, 2008). Segundo a FAO (2010) o valor total da importação de arroz nos países da África Austral é estimado em mais de um milhão de toneladas. Em geral, na maior parte desses países, a demanda excede a produção de arroz necessitando de grandes quantidades de arroz importado para atender à demanda (Norman e Otoo, 2009). Na África Austral, a produção média de arroz limpo nos períodos acima (tabela 1) tendem a um crescimento de 16% (Africa Rice Center, 2007; Africa Rice Center, 2008; WARDA, 2008).

**Tabela 1.1:** Produção média de arroz limpo (1.000 ton) nalguns países da África Austral em períodos seleccionados.

País	Período			
	1970's	1980's	1990's	2001-2005
Angola	12.93	3.75	6.78	5.33
<b>Moçambique</b>	<b>57.67</b>	<b>58.78</b>	<b>83.47</b>	<b>102.20</b>
África do Sul	1.94	2.01	2.00	2.13
Suazilândia	3.38	1.79	0.67	0.08
Zâmbia	1.02	5.91	7.78	8.13
Zimbabué	0.55	0.26	0.29	0.39
<b>Total</b>	<b>77.49</b>	<b>72.51</b>	<b>101.00</b>	<b>118.27</b>

Fonte: WARDA, 2008

Em Moçambique a produção de arroz tende a crescer nos últimos anos, o grau de aumento nota-se nas áreas de produção (tabela 2 e figura 1) (MINAG, 2009). A maior parte da produção de arroz no país, ocorre no Centro (particularmente nas províncias de Zambézia e

Sofala), que contam com 62% da produção nacional, seguido da zona Norte (províncias de Nampula e Cabo Delgado) com 31% da produção nacional, enquanto as três províncias da zona Sul de Moçambique (Maputo, Gaza e Inhambane) contribuem com apenas 7% da produção nacional (EDA, 2005).

**Tabela 1.2:** Produção e áreas de arroz no período compreendido entre 2008/2014

Anos	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14*
Área (ton/ha)	218.050	226.592	238.778	313.109	372.000	394.320
Produção (ton)	259.795	257.291	271.402	342.855	409.200	433.752

Fonte: MINAG (2013)

Em Moçambique, a maior parte da produção de arroz é feita pelo sector familiar. O sector familiar enfrenta vários constrangimentos na produção como o efeito das infestantes, calendarização da melhor época de sementeira, modo de controlo e gestão das pragas e doenças, não conseguem comprar os herbicidas, deficiência no uso de fertilizantes principalmente o N, altos custos e escassez dos insumos agrícolas, irregularidades das chuvas ou deficiência dos sistemas de rega dificultando ao acesso a água, a seca ou stress hídrico, uso de variedades locais e semente de má qualidade etc. No entanto, alternativas biológicas por inoculação com *Azolla* em campos de cultivo podem ser utilizadas para aumentar a produção de arroz com finalidade de melhorar o uso de monda para o controlo de infestantes e disponibilizar o nitrogénio nas plantas de arroz.

## 1.2 Problema de estudo e justificação

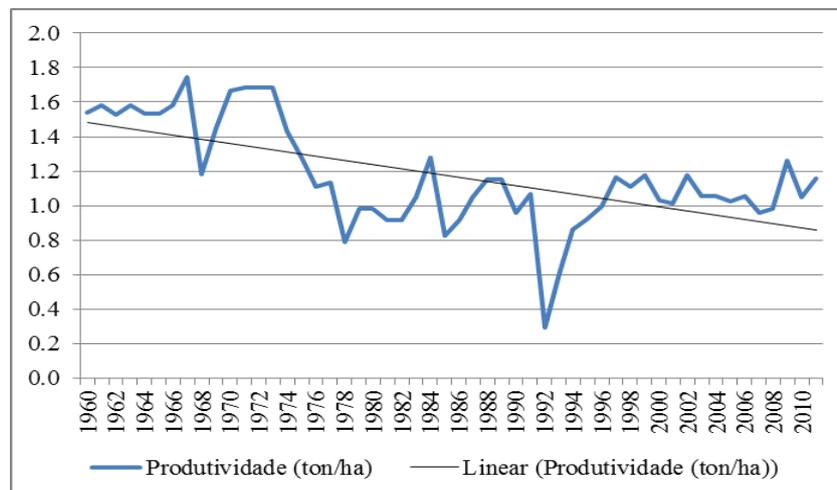
Em Moçambique, mais de 630.000 agregados familiares cultivam o arroz para a subsistência e exploram menos de 0,5 hectares de terra. O uso de fertilizantes e pesticidas é muito baixo em todas as províncias e mais de 95% dos pequenos produtores não usam os fertilizantes (Arlindo e Keyser, 2007; Keyser, 2007a; Keyser, 2007b). O arroz apresenta alta resposta ao nitrogénio seguindo a mesma tendência dos demais cereais. Pode-se dizer que “o nitrogénio é o nutriente limitante na produção de arroz” (Roger *et al.*, 1993).

As infestantes também constituem um dos maiores constrangimentos para a produção de arroz nos pequenos produtores (Valverde *et al.*, 2000; MINAG, 2009), provocando redução da produtividade e qualidade do grão. As infestantes ainda diminuem o valor comercial da

semente, a eficiência da gestão da água, reduzem a eficiência da colheita, a eficiência humana, aumentam a incidência de pragas e doenças e dificultam no processamento resultando em custos bastantes elevados (Satapathy e Singh, 1985).

A estratégia de revitalização da produção nacional de arroz assenta-se na melhoria das práticas agronómicas e disponibilidade de insumos para o controlo de infestantes, a gestão de água e uso de fertilizantes. Todavia, o acesso aos fertilizantes e pesticidas ainda continuam limitados para os pequenos produtores. Como resultado, os rendimentos tendem a ser baixos situando entre 0.8 a 1.2 ton/ha (figura 1.1.), contrastando com o rendimento que se situa entre 6 a 7 ton/ha. Dentre os factores que contribuem para os baixos rendimentos incluem os bióticos e abióticos (USDA, 2011; Balasubramanian *et al.*, 2007).

A baixa produtividade constitui um desafio (ilustrada na figura 1.1) na investigação agrária para o aumento da produção e produtividade do arroz através de identificação de soluções tecnológicas que favoreçam um ambiente propício para o cultivo do arroz e sobretudo para as condições dos pequenos produtores.



**Figura 1.1:** Variação na produtividade do arroz em Moçambique (fonte: MINAG, 2013).

Uma das alternativas ao uso de fertilizantes e pesticidas (herbicidas) largamente utilizado na cultura de arroz em vários países como China, Japão e Vietnã, é o uso de *Azolla filiculoides* (Lumpkin e Plucknett, 1980). Para a realização deste trabalho, os argumentos basearam-se no facto de existirem várias experiências de Satapathy e Singh (1985) da redução significativa no controlo de população de infestantes quando inoculada com a *Azolla* 15 dias de transplante. Em Moçambique o uso de *Azolla* ainda é limitado e existe pouca informação

desta espécie de alga na produção de arroz como uma das alternativas para pequenos produtores que cultivam esta cultura. Devido aos argumentos acima citados, a presente pesquisa tem como objetivos:

### **1.3 Objectivo geral:**

- ✓ Avaliar o efeito da *Azolla* na produção de arroz irrigado no vale de Umbelúzi.

### **1.4 Objectivos específicos:**

- ✓ Avaliar o efeito de diferentes níveis de *Azolla filiculoides* no controlo de infestantes;
- ✓ Analisar o efeito de *Azolla filiculoides* como biofertilizante na produção de arroz irrigado.

### **1.5 Hipóteses de pesquisa:**

Ho: *Azolla filiculoides* tem efeito como biofertilizante e no controlo de infestantes na produção de arroz irrigado.

Ha: *Azolla filiculoides* não tem nenhum efeito como biofertilizante e no controlo de infestantes na produção de arroz irrigado.

## 1.6 Referência bibliográfica

Africa Rice Center, 2007. Africa Rice Trends: Overview of recent developments in the sub-Saharan Africa rice sector. Africa Rice Center Brief. Cotonou, Benin: Africa Rice Center. p. 10. [www.warda.org](http://www.warda.org) consultado em 15/07/2012.

Africa Rice Center, 2008. Africa Rice Trends 2007. Cotonou, Benin: Africa Rice Center. p.84.

Arlindo, P. e Keyser, J. C., 2007. Competitive commercial agriculture in Africa study. Mozambique country case study. p. 77.

Azambuja, I.H.V, Verneti Júnior, F.J., Magalhães Júnior, A.M., 2004. Aspectos socioeconómicos de produção do arroz. 23-44pp. *In*: Gomes, A. S.; Magalhães Júnior, A. M. Arroz irrigado no sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima temperado; Brasília. Embrapa informação tecnológica.

Balasubramanian, V., Sie, M., Hijmans, R. J. e Otusuka, K., 2007. Increasing rice production in Subsharan Africa: Challenges and opportunities. *Advances in agronomy*. v. 94. p. 133.

EDA, 2005. Development Strategy for the Rice Sector in Mozambique, Final Report. Prepared for the Ministry of Agriculture / GPSCA. Funded by Cooperazione Italiana. By Agrifood Consulting International, in partnership with Austral Consultoria e Projectos. p. 59.

FAO, 2010. FAO Rice Monitor. Publicações da FAO. Roma.

Lumpkin, T. A. and Plucknett, D. L., 1980. *Azolla*: botany, physiology and use as a green manure. By New York botanical garden, Bronx. p. 111- 153.

MINAG, 2007. Estratégia Nacional de Produção de Arroz. p. 16.

MINAG-DE, 2008. TIA 2008. Moçambique. Maputo.

MINAG, 2009. National Rice Development Strategy in Mozambique. MINAG-Mozambique. p. 17.

MINAG, 2013. Projeção de produção de arroz. Dados do Relatório do Conselho Coordenador do MINAG.

MINAG, 2013. Centro Regional de Liderança para a Investigação e Desenvolvimento de Arroz (RCoL). p. 89. Instituto de Investigação Agrária de moçambique.

Norman, J. C. e Otoo, E., 2009. Rice development strategies for food security in Africa. University of Ghana and Crop Research Institute, Fumesua, Ghana.

Roger, P. A.; Zimmerman, W. J. e Lumpkin, T., 1993. A. Microbiological Management of Wetland Rice Fields. p.417-428. In: METTING JR., F. B. Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management. New York: Marcel Dekker.

Satapathy, K. B. e Singh, P. K., 1985. Control of weeds by *Azolla* in Rice. J. aquatic Plant Manage. v. 23: 40-42.

Keyser, 2007a. Competitive Commercial Agriculture in Africa: Zambia Competitiveness Report for the World Bank – African Agriculture and Sustainable Development (AFTAR). Washington D.C.

Keyser, 2007b. Quantitative Value Chain Analysis (Cameroon). Report for the World Bank – African Agriculture and Sustainable Development (AFTAR). Washington D.C.

(WARDA), 2007. Africa Rice Trends: Overview of recent developments in the sub-Saharan Africa rice sector. Cotonou, Benin: WARDA. p. 10. [www.warda.org](http://www.warda.org) consultado em 15/07/2012.

WARDA, 2008. Africa Rice Trends 2007. Cotonou, Benin: WARDA. p. 84.

Valverde, B. E.; Riches, C. R.; Caseley, J. C., 2000. Prevention and Management of herbicide resistant weeds in rice: Experiences from Central America with *Enchinochloa colona*. 1ª ed. p. 139. San José, C.R.: Cámara de insumos Agropecuários.

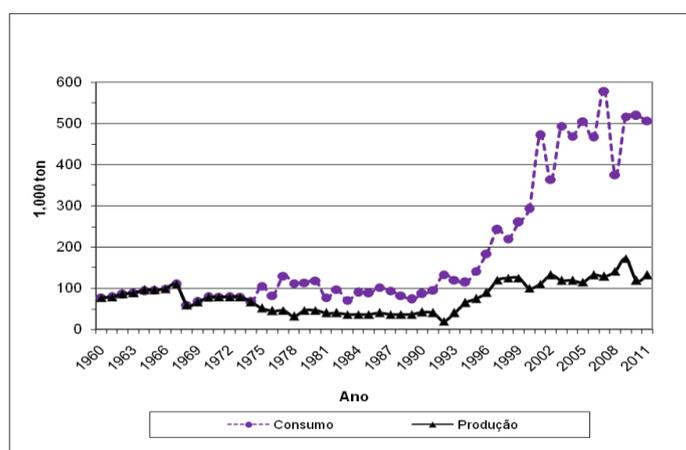
## CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância do arroz em Moçambique e no mundo

O arroz, trigo e milho lideram as culturas alimentares no mundo. Juntas fornecem mais de 50% das calorias consumidas por toda a população humana (USDA, 2009). O trigo lidera em termos de área colhida em cada ano com 214 milhões de hectares, seguido do arroz com 154 e o milho com 140 (Zandamela *et al.*, 1994; Rickman e Zandamela, 2011). O arroz é o alimento de grande importância económica para mais de 2.4 biliões de pessoas e estima-se que até 2050 suba para 4.6 biliões de pessoas FAO (2002).

A importância do arroz em África vem crescendo rapidamente. A preferência no consumo do arroz vem resultando do aumento da urbanização (Kajisa e Payongyong, 2008). O consumo humano conta com 85% da produção total do arroz, comparado com 72% do trigo e 19% de milho. Isto faz com que o arroz seja a cultura mais importante na alimentação humana por este ser consumido diariamente por grande parte da população mundial (Sheehy *et al.*, 2007). A cultura tem tido um aumento constante na demanda e a sua crescente importância é evidente dado ao seu lugar importante nas políticas estratégicas de planeamento de segurança alimentar (Norman e Otoo, 2009).

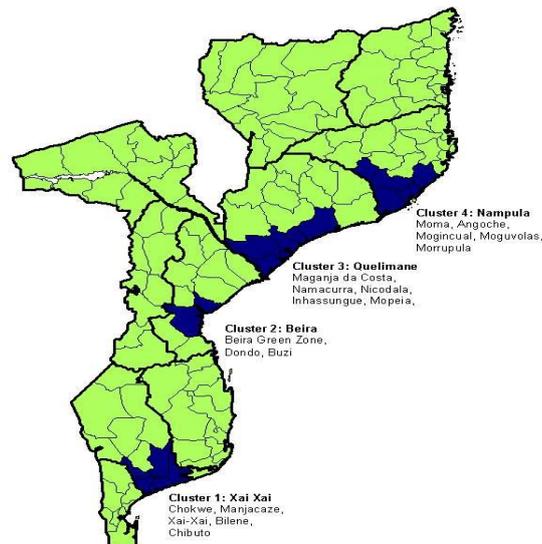
Em Moçambique, o consumo de arroz continua crescendo (figura 2.1) e a procura provém dos mercados urbanos, os quais preferem variedades de boa qualidade, com grão de tamanho médio a longo. O mercado total do arroz é estimado em 550.000 toneladas das quais 350.000 toneladas provem de importações a partir da Ásia (MINAG, 2009).



**Figura 2.1:** Produção e Consumo de Arroz em Moçambique (1961-2011). (fonte: MINAG, 2013.)

### 2.2 Distribuição das áreas de cultivo de arroz em Moçambique

O país tem um potencial de produção de arroz estimados em mais de 900.000 hectares aptos para a cultura de arroz mas aproximadamente 1/3 dos mesmos estão a ser aproveitados com tendências a aumentar (MINAG, 2013). Cerca de 90% da área cultivada localiza-se nas províncias de Zambézia e Sofala. As províncias de Nampula e Cabo Delgado ocupam cerca de 7% e os restantes 3% pertencem à província de Gaza (MINAG, 2008). A distribuição do cultivo do arroz no país é ilustrada na figura 2.2.



**Figura 2.2:** Mapa de distribuição do cultivo de arroz em Moçambique

## 2.3 Factores que influenciam o cultivo de Arroz

Os factores que mais influenciam a produção de arroz podem ser edafoclimáticos como a temperatura, radiação solar, água, solo, pH e a nutrição das plantas. O arroz é uma cultura tipicamente tropical, porém, é cultivado e com sucesso, em climas temperados (EPAGRI, 2005; Bassano, 2012). Estes factotes tem grande importância desde o crescimento, desenvolvimento, maturação do arroz e influenciam da seguinte maneira:

### 2.3.1 Temperatura

A temperatura tem uma grande influência no ciclo, no padrão de crescimento da planta e no rendimento do grão. Nas diversas etapas do desenvolvimento da planta, a fase reprodutiva que vai desde a diferenciação do primórdio floral até ao final da floração é a mais sensível a temperaturas baixas, causando redução no número de espiguetas e esterilidade nas panículas.

A resposta do arroz à temperatura depende da variedade (EPAGRI, 2005; Bassano, 2012). A temperatura para o crescimento do arroz está descrita na tabela 2.1.

**Tabela 2.1:** Temperaturas críticas ótimas, mínimas e máximas em diferentes fases fenológicas de arroz

Fases de Desenvolvimento	Temperatura crítica (°C)		
	Mínima	Máxima	Ótima
Germinação	10	45	20-35
Emergência e estabelecimento da plântula	12-13	35	25-30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25-28
Alongamento da folha	7-12	45	31
Perfilhamento	9-16	33	25-31
Iniciação do primórdio floral	15	35	25-30
Emergência da panícula	15-20	38	25-28
Antese	22	35	30-33
Maturação	12-18	30	20-25

**Fonte:** Yoshiba, 1981; Carmona, 2001.

### 2.3.2 Radiação solar

A radiação solar é o principal fator climático que atua no período reprodutivo do arroz. Existe uma grande correlação entre a radiação solar e o rendimento do grão no período que vai desde a iniciação da panícula até a maturação devido ao aumento da matéria seca principalmente para a formação do grão influenciando o número de espiguetas por panícula e a percentagem de fertilidade de espiguetas (Cruz, 2010).

### 2.3.3 Água:

A água é um insumo precioso e escasso na produção de arroz. A média total do uso da água nos sistemas irrigados varia de 675 mm a 4450 mm dependendo do tipo de solo e tipo de cultura e práticas de manejo. A maior porção da água usada na irrigação do arroz é perdida por drenagem superficial e percolação profunda (Rickman e Zandamela, 2011).

### **2.3.4 Solo e pH**

Quanto à textura o arroz pode ser cultivado em vários tipos de solos dependendo do sistema de rega a usar e das condições para o manejo cultural, sendo os mais recomendados aluvionares, fraco-argilosos, franco-arenosos até aos argilosos, porém, são preferidos os pesados devido à baixas perdas de água por percolação. O arroz possui uma grande tolerância à acidez do solo, podendo ser cultivado em solos de pH 3 a 10, porém, o pH está entre 5,5 e 6,5 (Rickman e Zandamela, 2011).

### **2.3.5 Nutrição:**

O desenvolvimento de uma estratégia de manejo efectivo de nutrientes requer conhecimento de nutrição mineral na produção de arroz. De particular importância são os nutrientes essenciais no crescimento e desenvolvimento da planta de arroz. Existem 16 elementos essenciais para o arroz. Estes podem ser divididos em macro e micro elementos (Rickman e Zandamela, 2011).

Os macro elementos são carbono, hidrogénio, oxigénio, nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre – que as plantas precisam em grandes quantidades, frequentemente mais de 0.1% do seu peso seco. Os micro elementos são ferro, manganésio, cobre, zinco, molibdénio, boro e cloro – que as plantas precisam, em pequenas quantidades geralmente negligíveis (Rickman e Zandamela, 2011).

## **2.4 Constrangimentos na produção de arroz em Moçambique**

### **2.4.1 Gestão de práticas culturais:**

Os pequenos produtores têm dificuldade de reconhecer o período crítico de controlo de infestantes que normalmente se situa entre 30 a 50 dias de sementeira ou transplante. Quase todas as práticas utilizadas por vários produtores de pequena escala são manuais: lavoura, gradagem, nivelamento exceptuando em locais com tração animal (Rickman e Zandamela, 2011). A monda é a principal forma de controlo de infestantes o que pode levar à ineficiência no controlo e à exigência de muita mão-de-obra. Isto tudo condiciona na baixa eficiência ocasionando menor desenvolvimento e crescimento da planta (Rickman e Zandamela, 2011).

## 2.4.2 Gestão da água

O arroz é uma planta capaz de produzir sob condições de alagamento. O período crítico de estabelecimento da água é entre o máximo afilhamento e a maturação leitosa. No entanto, a gestão da água é a mais importante prática que determina a eficiência e eficácia de todos os inputs (nutrientes, herbicidas, fertilizantes, maquinaria e a monda) contribuindo deste modo na produção do arroz (Zandamela *et al.*, 1994).

## 2.4.3 Sistema de irrigação

Dos 900.000 hectares do potencial para a produção do arroz em diferentes ecossistemas (figura 2.3.) somente 3% é irrigado, os restantes 90% são de cultivo do arroz de sequeiro de terras baixas e 7% arroz de sequeiro de terras altas (Rickman e Zandamela, 2011).

Grande parte destas áreas irrigadas, está sendo afectadas pela salinização dos solos provavelmente devido à falta de drenagem. Por outro lado, os sistemas de irrigação existente nas províncias com alta produção têm baixa eficiência ou capacidade de irrigação ou ainda inexistentes. Outro grande constrangimento enfrentado nos regadios existentes é à falta de manutenção dos canais. Segundo o GCA (2012), vários esforços tem sido realizado pelo governo com vista à reabilitação dos sistemas de rega existentes e expansão da construção de novos regadios e de drenagem.

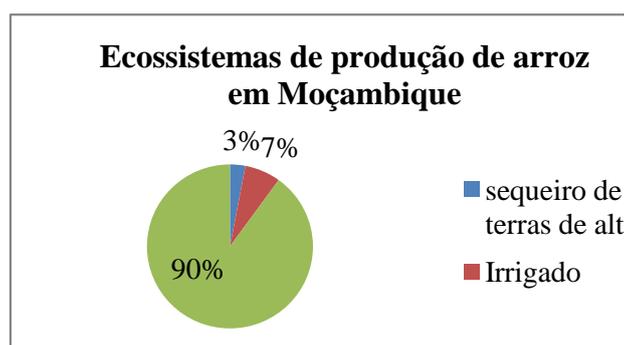


Figura 2.3.: Ecossistemas de produção de arroz em Moçambique

## 2.4.4 Disponibilidade de insumos e alternativas tecnológicas

Os fertilizantes e herbicidas causam altos custos de produção do arroz. Os pequenos produtores normalmente produzem arroz com baixo ou ainda sem insumos por causa da

escassez de recursos financeiros para a sua aquisição (Arlindo e Keyser, 2007; Keyser, 2007a; Keyser, 2007b).

A maior parte dos pequenos produtores usam variedades locais, sendo estas com rendimentos baixos (0.8 a 1.2 ton/ha), possuem porte alto que causa acamamento e dificulta a colheita. Embora existam instituições para a produção da semente básica e certificada, estas, ainda não tem capacidades para fornecer semente em quantidade e qualidade aos produtores. Segundo IIAM (2009), existe baixa produção de semente devido ao constrangimento financeiro para suportar a produção. A semente por vezes tem qualidade fraca em termos de pureza em quase toda a cadeia de distribuição, baixo poder germinativo devido à sua fraca conservação e mistura de variedade.

#### **2.4.5 O mercado do arroz e custos de importação**

A cadeia de valor da produção de arroz até ao mercado ainda è incerto e os excedentes destinam-se aos mercados informais. Os pequenos produtores normalmente não empacotam o arroz processado o que faz com que o mercado dos mesmos também sejam informal. De acordo com a Estratégia Nacional de Arroz, Moçambique é um país que gasta cerca de 70 milhões de dólares por ano na aquisição de arroz na Ásia (MINAG, 2007). O preço do arroz em casca varia entre 6 a 8 meticais o que não compensa aos produtores e por vezes tem fraco acesso ao mercado devido ao arroz importado.

#### **2.4.6 Perdas na colheita e pós-Colheita**

Duma maneira geral, a colheita do arroz em Moçambique é feita à mão e as perdas da colheita ao descasque são aproximadamente 30-40%. A planta do arroz é cortada com foices a cerca de 15-25 cm da superfície do solo ou panícula por panícula com ajuda de facas, conchas ou foices. A colheita mecanizada usando auto-combinadas é rara, sendo feita por alguns agricultores e empresas agrícolas da província de Gaza. No entanto, os pequenos produtores usam meios tradicionais para a secagem, debulha do arroz. O processamento é feito manualmente (Rickman e Zandamela, 2011).

## **2.5 Alternativas tecnológicas ao controlo de infestantes e o uso de fertilizante químico**

### **2.5.1 *Azolla filiculoides***

#### **2.5.1.1 Origem de *Azolla filiculoides* e sua distribuição no mundo**

*Azolla filiculoides* Lamarck, é uma espécie aquática invasiva, nativa do continente americano (Carapiço *et al.*, 2000). Esta espécie de alga é encontrada em várias partes do mundo incluindo a África, Ásia, Europa, América Latina e do Sul. Em Moçambique esta espécie encontra-se distribuída em todo o país podendo se encontrar outras espécies como *Azolla nilótica* e *pinnata* (Lumpkin e Plucknett, 1978).

#### **2.5.2 Taxonomia e caracterização morfológica da *Azolla*:**

De acordo com a classificação de Saunders e Fowler (1993) esta planta pertence a: Divisão: Pteridophyta, Classe: Filicopsida, Ordem: Salviniiales, Família: Azollaceae, Género: *Azolla* e Subgénero: *Azolla* e Espécie: *Azolla filiculoides*, *A. pinnata*, *A. caroliniana* e *A. mexicana*. *Azolla* é um pteridófito aquático de água doce, flutuante principalmente em águas calmas que apresenta uma estrutura herbácea, com folhas muito pequenas alternas, sésseis, imbricadas bilobadas com uma só nervura; numa cavidade de dois lóbulos um lobo dorsal, espesso, aéreo, clorofilino e papiloso à superfície e um lobo ventral, delgado e submerso onde vivem colónias de cianobactérias (algas do género *Anabaena*) (Carrapiço *et al.*, 2000; Sehnem, 1979; Lorenzi, 1991).

A folha normalmente apresenta-se de cor verde mas em condições de *stress* ambiental o lobo dorsal adquire uma coloração avermelhada devido à presença de pigmentos como antocianinas. O caule é ramificado, prostrado e delgado com cerca de 1 cm e provido de pequenas raízes filamentosas, com reprodução por esporos e por meios vegetativos. É conhecida popularmente por almíscar-vegetal, samambaia-aquática, *Azolla*, feto-mosquito, âmbar-vegetal, musgo-da-água e tapete-da-água (Carrapiço *et al.*, 2001).

#### **2.5.3 Importância da *Azolla***

A *Azolla* tem vários interesses na botânica e agricultura asiática por proporcionar uma associação simbiótica e por facultar a fixação de nitrogénio (Lumpkin e Plucknett, 1978). A utilização de *Azolla* como fonte de nitrogénio na cultura do arroz é praticada desde há séculos na China e no Vietname. Em África, o incremento do uso deste biofertilizante, foi objecto de

um projeto conjunto da Adrao (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) e da FAO, sediado em St. Louis (Senegal), iniciado nos finais da década de 80, com a coordenação da Universidade Católica de Lovaina (Carapiço *et al.*, 2000).

A maioria do nitrogênio presente nos ecossistemas terrestres e aquáticos è fixado por organismos diazotróficos, de que esta alga faz parte, permitindo fixar N<sub>2</sub> em formas usáveis (NH<sub>2</sub><sup>+</sup>). A utilização da *Azolla* tem a vantagem de oferecer uma forma não poluente de aumentar a produção agrícola, reduzir a fertilização artificial (redução de custos), incluindo a emissão de gases de efeito estufa como N<sub>2</sub>O e a lixiviação de NO<sub>3</sub> para os lençóis freáticos (Shen *et al.*, 1963).

A *Azolla* serve também como adubo verde para várias culturas incluindo o arroz, é também usada para fabrico de composto. O efeito positivo do adubo verde na cultura de arroz resulta no aumento de rendimento pelo facto de contribuir no afilhamento, comprimento da folha, matéria fresca e seca. A *Azolla* também tem sido usado como biofertilizante em muitos países que cultivam o arroz incluindo a Índia, Vietnam e Filipinas (Ngo, 1973; Lumpkin e Plucknett, 1982). Em alguns países como Vietname e Japão esta alga é também utilizada para alimentação de aves (patos), peixes e gado por ser rica em proteínas. Na alimentação do gado, esta alga pode ser facilmente digerida, devido à sua alta proteína e baixo teor de lignina (Lumpkin e Plucknett, 1982).

#### **2.5.4 Associação simbiótica**

A *Azolla* possui a particularidade de alojar uma comunidade procariótica constituída por cianobactérias da espécie *Anabaena azollae* e por bactérias de várias espécies. As cianobactérias são de natureza colonial e filamentosa com capacidade de fixarem o azoto atmosférico, tendo sido descritas pela primeira vez por Strasburg em 1873 (Khan, 1983). Encontram-se dentro de uma cavidade ovoide no interior do lobo dorsal das folhas e estabelecem uma associação simbiótica específica com *Azolla* (Carrapiço *et al.*, 2001).

As formas filamentosas, como *Anabaena* realizam uma separação espacial da fotossíntese e da fixação do nitrogénio. Ao longo do filamento encontram-se células vegetativas normais e células especializadas na fixação de nitrogénio, os heterocistos. As células normais possuem a função de realizar a fotossíntese e suprir as necessidades de energia dos heterocistos. Esses, por sua vez, fixam o nitrogênio e fornecem os produtos nitrogenados para as demais células

do filamento (Shi e Hall, 1988). Na simbiose *Azolla* x *Anabaena*, os dois organismos são foto-autotróficos, e ambos metabolismos fotossintéticos são do tipo C3, no entanto, nos heterocistos de *Anabaena azollae* a actividade do fotossistema II, responsável pela produção de O<sub>2</sub>, é baixa possibilitando a realização de simbiose (Fiore, 1984).

O fotoperíodo afecta pouco a actividade fotossintética e o crescimento aumenta, embora não linearmente, com a duração da luminosidade. A actividade fotossintética máxima alcança-se em regime de iluminação contínua (Fiore, 1984). A *Anabaena azollae* fornece aos endossimbiontes, compostos carbonatos resultantes da fotossíntese, enquanto assegura ao hospedeiro, o fornecimento de azoto essencial ao seu desenvolvimento graças à existência de um complexo enzimático (nitrogenase) capaz de converter o azoto atmosférico em amónia, existente em células especiais do filamento denominadas heterocistos (Carrapiço, 2001).

Muitos estudos feitos mostraram que a simbiose entre *Azolla* spp e *Anabaena Azollae* no arroz irrigado contribui como fonte alternativa de nitrogénio. A simbiose desta alga é capaz de fixar o nitrogénio atmosférico alcançando taxas que variam entre 450 a 864kg de N/ha/ano. Segundo a FAO (1978) o crescimento de plantas desta alga produzem em cerca de 1ton de biomassa da mesma/ha/dia quando em simbiose com a *Azolla-anabaena*, fixando 3kg de nitrogénio equivalente a 15kg de sulfato de amónio ou 7kg de ureia.

### **2.5.5 Composição química da matéria seca presente na *Azolla***

A tabela 2.2 mostra os elementos e composição química da matéria seca presente em *Azolla* spp. O nitrogénio chega a atingir 1.96 a 5.30% (Fiore, 1984).

**Tabela 2.2.:** Elementos e composição química presentes em *Azolla* spp

Elementos químicos	Composição química em <i>Azolla</i> spp
Nitrogénio (%)	1.96 - 5.30
Fósforo (%)	0.16 - 5.97
Potássio (%)	0.31 - 5.97
Cálcio (%)	0.45 - 1.70
Magnésio (%)	0.22 - 0.66
Enxofre (%)	0.22 - 0.73
Silício (%)	0.16 - 3.53
Sódio (%)	0.16 - 1.31
Cloro (%)	0.62 - 0.90
Alumínio (%)	0.04 - 0.59
Ferro (%)	0.04 - 0.59
Manganês (ppm) <sup>1</sup>	66 - 2944
Cobre (ppm) <sup>1</sup>	0 - 264
Zinco (ppm) <sup>1</sup>	26 - 989

**Fonte:** Fiore, 1984. Nota: Composição em base de matéria seca. (<sup>1</sup>) ppm = partes por milhão

## 2.6 Factores que influenciam o cultivo de *Azolla*

### 2.6.1 Humidade

A humidade é o factor mais importante para o cultivo de *Azolla*. A humidade relativa menor que 60% causa a seca da planta. A humidade relativa óptima está entre 85-90%. O crescimento de *Azolla* é considerado rápido em boas condições de água numa profundidade entre 2.5-10cm e abaixo disto não ajuda na nutrição desta alga (Becking, 1979; Lumpkim e Pluckenett, 1982).

### 2.6.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar é um outro factor importante para o crescimento e desenvolvimento de *Azolla*. A temperatura do ar óptima é de 25°C, quando se prolonga por 3-5 dias, a capacidade de fixação de nitrogénio é também alta. Temperaturas acima de 30°C fazem com que haja diminuição do crescimento e quando há um aumento para 40°C, as plantas de *Azolla* morrem (Lumpkim e Pluckenett, 1982; Watanabe e Birja, 1983).

### **2.6.3 Luz**

Como um autotrófico, a luz é também essencial para a *Azolla*. A óptima intensidade de luz é de 500  $\mu\text{E}/\text{m}/\text{segundo}$ , onde observa-se o crescimento e fixação de N principalmente na espécie *Azolla filiculoides* quando a temperatura estiver entre 25/20° C e 30/20° C (Lumpkin e Pluckenett, 1982).

### **2.6.4 pH**

O efeito de pH na *Azolla* também ocorre imediatamente com o efeito de disponibilidade de nutrientes. Quando o pH é muito baixo há solubilidade de Alumínio, Ferro e Manganês, causando toxicidade interferindo com a absorção de Cálcio, Magnésio e outros catiões, reduzindo a solubilidade de alguns micro nutrientes como Molibidénio (Lumpkin e Pluckenett, 1982).

O efeito do pH alcalino no solo decresce a disponibilidade de Cálcio, Magnésio e fósforo e outros nutrientes, mas, devido a solubilidade ficam disponíveis: Ferro, Manganês, Zinco, Cobre e Boro afectando as plantas de *Azolla* (Lumpkin e Pluckenett, 1982). O óptimo pH para crescimento da *Azolla* está entre 4.7-7 mas pode sobreviver entre 3.5-10 (Watanabe e Birja, 1983).

### **2.6.5 Nutrição**

A *Azolla* requer macro nutrientes, excepto o nitrogénio, e micro nutrientes para garantir o crescimento da alga. A fixação de nitrogénio é a partir da simbiose. Por outro lado, cresce também com baixa concentração de nitratos e amónio. Segundo Watanabe e Birja (1983) a concentração crítica de fósforo na *Azolla* está em 0.15% do peso seco mas quando o fósforo for menor que 0.1ppm causa deficiência deste macro nutriente na *Azolla*.

## **2.7 Uso e sistemas de cultivo da *Azolla* spp**

A *Azolla* spp já vem de longa data a ser utilizado como biofertilizante em sistemas de cultivo de arroz em países asiáticos (Prochnow, 2002). Shi e Hall (1988) inferem que as primeiras menções da planta de *Azolla* parecem estar em um antigo dicionário chinês que apareceu há cerca de 2000 anos atrás. A *Azolla* era usada por volta do século XI no Vietnam. Nos anos de 1980 um interesse para melhorar a associação simbiótica entre *Azolla* e *Anabaena azollae* foi

mostrado pela demanda de uma tecnologia agrícola menos dependente de energia fóssil (Prochnow, 2002).

Nos sistemas de cultivo de arroz quando usada a *Azolla* como biofertilizante a quantidade de inoculação nos campos de produção da mesma, varia de 250 a 800 kg/ha, dependendo do espaço de tempo que ela pode crescer como um monocultivo ou intercultivo, da disponibilidade de inóculo, e os custos para incorporações frequentes (Prochnow, 2002; Wagner, 1997).

Conforme Abreu e Purcino (1985), existem três sistemas para o cultivo da *Azolla* na cultura do arroz irrigado:

- a) Monocultura antes de transplante/sementeira directa do arroz: consiste na incorporação ao solo de uma ou mais coberturas de *Azolla* dois dias antes da sementeira ou transplante do arroz;
- b) Cultivo simultâneo ou consociação: a *Azolla* só é cultivada juntamente com o arroz e inoculada entre 5 a 20 dias após transplante e sementeira directa ou ainda a incorporação é feita durante o perfilhamento (Fiore e Saito, 1985; Ruschel, 1990). Para além de contribuir como biofertilizante no cultivo simultâneo também influencia no controlo de infestantes principalmente em espécies como *Cyperus difformis* L, *Polygonum punctatum* e *Enchinochla crusgalli* (Sataphaty e Singh, 1985).
- c) Sistema combinado: utilização em sequência dos dois sistemas anteriores. Neste sistema há nitrogénio disponível no início e no final do desenvolvimento do arroz (Sataphaty e Singh, 1985).

Num estudo desenvolvidos por Fiore (1984) sobre o efeito da consociação da *Azolla* com o arroz, mostrou um aumento aproximadamente em 15% na produção de arroz e, no mesmo estudo, os tratamentos de 60 kg/ha de N e 60 kg/ha de N mais *Azolla* apresentaram aumentos de produção de 46 e 56%, respectivamente, em comparação com o controlo (somente usando *Azolla*). Assim, pode existir a possibilidade de uso de *Azolla* como fonte de nitrogénio para a cultura de arroz irrigado, incluindo o controlo de infestantes. Segundo Watanabe (2001), o efeito da cobertura com *Azolla* durante o cultivo em simultâneo ou combinado, reduz a penetração de luz à superfície do solo, resultando na diminuição da germinação de infestantes.



## 2.8 Referência bibliográfica

Abreu, C. A., Purcino, J. R. C. e Purcino, A. Á. C., 1985. *Azolla*: fonte alternativa de nitrogênio para arroz cultivado em várzeas inundáveis. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Boletim Técnico, No. 20.

Arlindo, P. e Keyser, J.C., 2007. Competitive commercial agriculture in Africa study. Mozambique country case study.p.77.

Bassano, T. P., 2012. Análise dos custos de produção, da produtividade e da rentabilidade em relação a três a três tecnologias de cultivo de arroz irrigado na fazenda São sebastião, querência do Norte/ PR. ISSN 1808-2882. p. 100-130.

Becking, J. H., 1979. Environmental requirement os *Azolla* use in tropical production. p. 315-374.

Bias, C., Freire, M., Mutondo, J., Mlay, G., Mazuze, F., Tostão, E., Amane, M., Chiconela, T., Amilai, C., Ecole, C. C., Falcão, M., Zacarias, A. e Cuambe, C., 2010. Fichas técnicas de culturas. 1ª ed. p. 247.

Carapiço, F., Texeira, G. e Diniz, A., 2000. *Azolla* as a biofertilizer in Africa. Challenge for the future. Revista de Ciências Agrárias, v. 23: 128-138.

Carmona, L. C., 2001. Efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 1-6.

Carrapiço, F., Antunes, T., Sevinate-Pinto, I., Texeira, G., Serrano, R., Baioa, V., Pereira, A.L., Elias, F., Bastos, M., Caixinhas, R., Rafael, T.e Falcão, M., 2001. *Azolla em Portugal*. Ficha técnica. ISBN:972-9412-50-8, p. 16.

Castro, E. da M. de, Vieira, N. R. de A., Rabelo, R. R., Silva, S.A. da, 1999. Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34). ISSN 1516-8476. p. 30.

Cruz, R., 2010. Exigências Climáticas para a Cultura do Arroz Irrigado. p. 1-85.

EPAGRI, 2005. Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina. p. 1-29. 2<sup>a</sup> ed. Florianópolis.

FAO, 1978. *Azolla* propagation and smallscale biogas technology. China. (FAO. Soils bulletin, 41). p. 81.

FAO, 2002. FAO Rice Information.vol.1, Roma. p. 205.

FAO, 2006. Rice Interbation commodity profile. Markets and trade division. p. 23.

Fiore, M. De F., 1984. Fixação biológica de N<sub>2</sub> em arroz. Apostila do 1 Curso de produção de arroz – EMBRAPA/CNPAF.Goiânia/GO. p. 31.

Fiore, M. de F.; Saito, S. M. T., 1985. *Azolla* e sua aplicação na agricultura. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). (Informativo Técnico, No. 1), p.13.

GCA (Grupo Consultivo de Arroz), 2012. Memórias da IV reunião de Arroz. p. 69.

IIAM, 2009. Boletim do IIAM (Instituto de Investigação Agrária de Moçambique). Nº 12. p. 12.

Kajisa, K. e Payongyong, E., 2008. Is Mozambique on the eve of a rice Green Revolution? A case study of the Chokwe irrigation scheme. International Rice Research Institute (IRRI) and Foundation for Advanced Studies on International Development (FASID). p. 40.

Keyser, 2007a. Competitive Commercial Agriculture in Africa: Zambia Competitiveness Report for the World Bank – African Agriculture and Sustainable Development (AFTAR). Washington D.C.

Keyser, 2007b. Quantitative Value Chain Analysis (Cameroon). Report for the World Bank – African Agriculture and Sustainable Development (AFTAR). Washington D.C.

Khan, M. M., 1983. A primer on *Azolla* production e utilization in agriculture. Los banos. University os Philippines. p. 143.

Khush, G. S., 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation rice. Plant molecular biology, Belgium. p. 25-34.

Lorenzi, H., 1991. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, p. 372.

Lu, B.R., 1999. Genetic taxonomy of the genus *Oryza* (Poaceae): historical perspective and current status. International Rice Research Note (IRRI), New Delhi, v.: 24. No. 3: 4-7.

Lu, J.; e Chang, T. T., 1980. Rice in its temporal and spatial perspectives. p. 1-74. In Luh, B.S., Rice: production and utilization. Davis, AVI.

Lumpkin, T A. and Plucknett, D. L., 1978. *Azolla*: Botany, Physiology, and Use as a Green Manure. Journal Series No. 2294 of the Hawaii Agricultural Experiment Station. This work was in part supported by AID grant/csd 2833. Graduate Student (East West Center grantee) and Professor of Agronomy, respectively, Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. *Economic Botany*.

Lumpkin, T A. and Plucknett, D. L., 1982. *Azolla* as a green manure: use and management in crop production. p. 123-146.

MINAG (AVISO PRÉVIO), 2013. Projeção de produção de arroz. Dados do Relatório do Conselho Coordenador do MINAG.

MINAG, 2007. Estratégia Nacional de Produção de Arroz. p. 16.

MINAG, 2009. National rice development strategy in Mozambique. MINAG-Mozambique. p. 17.

MINAG-DE, 2008. TIA 2008. Moçambique. Maputo.

MINAG, 2013. Centro Regional de Liderança para a Investigação e Desenvolvimento de Arroz (RCoL). 89pp. Instituto de Investigação Agrária de moçambique.

Ngo, G. D., 1973. The effect of *Azolla pinnata* R. Br. on rice growth Biotrop Report—Second Indonesian Weed Science Conference, Jokarta consultado em 2-5 April de 2012.

Norman, J. C. e Otoo, E., 2009. Rice development strategies for food security in Africa. University of Ghana and Crop Research Institute, Fumesua, Ghana.

Norman, M. J. T., Person, C. J e Searle, P. G., 1995. The ecology of topical food crop. 2<sup>a</sup> ed. Cambridge University Pres, Australia. p. 430.

Prochnow, R., 2002. Alternativas tecnológicas para produção integrada de arroz orgânico. p. 1-29.

Watanabe e Birja, 1983. The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature. Aquatic botanic plant. v. 15(2): 175-186.

Rickman, J e Zandamela, C., 2011. Manual de produção de Arroz. p. 105.

Rickman, J. e Zandamela, C., 2011; Additional copies of the Mozambique Diagnostic Trade Integration Study may be downloaded at [www.tcb-project.com](http://www.tcb-project.com) consultado 15/02/12).

Ruschel, A. P., 1990. A *Azolla* e a cultura arrozeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMRAPA, vinculado ao Ministério de Agricultura e Reforma Agrária. Centro Nacional de Pesquisa de arroz e feijão. CNPAF, Goiânia, GO. Circular técnico 25. ISSN0100-8382. p. 17.

Satapathy, K.B. e Singh, P.K., 1985. Controlo of weeds by *Azolla* in Rice. Journal aquatic Plant Manage. p. 23.

Saunders, R. M. K. e Fowler, K., 1993. The supraspecific taxonomy and evolution of the fern genus *Azolla* (Azollaceae). Pl. Syst. v. 184: 175-193.

Sehnem, A., 1979. Salviniáceas. Flora ilustrada catarinense, Itajaí. p. 31.

Sheehy, J. E., Mitchell, P. L., Hardy, B., 2007. Charting new pathways to C4 rice. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute - IRRI. p. 42.

Shen, C. S., Lu, K. C. e Ge, S., 1963. The initial experiment of *Azolla's* nitrogen fixing bility. Turang Tongbao (Pedology Bull.), Peking. v.4: p. 46-48.

Shi, D. J. e Hall, D. O., 1988. The *Azolla-Anabaena* Association: Historical Perspective, Symbiosis and Energy Metabolism. The Botanical Review, New York, v. 54, No. 4, 353-386.

USDA, 2009. United States department of agriculture, Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution Online: Custom Query.. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 15/9/2012.

Vicente, F. M. P., 1993. Correlação entre parâmetros morfológicos, obtidos em solução nutritiva, e produção de diversos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) sob estresse de alumínio, Itaguaí.

Wagner, G. M., 1997. *Azolla*: A Review of Its Biology and Utilization. The Botanical Review, New York, Vol. 63, No. p. 1: 1-26, Jan./Mar.

Watanabe, I. e Berja N.S. 1983. The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature. Aquat. Bot. v. 15, p. 175–185.

Watanabe, I. 2001. ABC of *Azolla*. Disponível em: <<http://www.asahi-net.or.jp/~it6i-wtnb/Azolla~E.html>> Acesso em: 06 Setembro 2012.

Yoshida, S., Satake, T. e Mackill, D. S., 1981. Height-temperature stress in rice. IRRI. Paper. Ser. no. 67. Manila. Philippines. p. 1-16.

Zandamela, C., Jorge, A., Sitch, L. e Fumo, C., 1994. O arroz em Moçambique, MADER. PNI – Maputo.

# **CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE *AZOLLA* *FILICULOIDES* NO CONTROLO DE INFESTANTES NA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO**

## **Resumo**

O controlo de infestantes pelos pequenos produtores é feita manualmente devido ao limitado acesso aos herbicidas resultado da falta de fundos para aquisição e alto custo de produção. A presente pesquisa visa avaliar diferentes níveis de *Azolla* no controlo de infestantes na produção de arroz irrigado. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Estação Agrária de Umbelúzi, província de Maputo. O delineamento experimental usado foi de blocos completos casualizados com 4 repetições. Foram avaliados 5 tratamentos T1- controlo-sem inóculo de *Azolla* e sem monda, T2- Monda, e T3, 4 e 5 com aplicação de *Azolla* sendo os níveis de 0.5, 1 e 2 ton/ha de inóculo de *Azolla* respectivamente. As variáveis medidas incluíram a abundância de infestantes, quantidade de fitomassa de *Azolla* e o rendimento e suas componentes. Os resultados mostraram que os tratamentos contendo 0.5, 1 e 2 ton/ha de inóculo de *Azolla* apresentaram menor abundância de infestantes (5, 4 e 2 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente) do que o tratamento controlo (16 plantas/m<sup>2</sup>). O controlo teve também o menor número de panículas por m<sup>2</sup> (471.25). A quantidade de *Azolla* não variou mais a cobertura da mesma alga atingiu mais rápido no tratamnto contendo 2 ton/ha de inóculo após 40 dias de inoculação. O rendimento dos tratamentos que receberam 1 a 2 ton/ha de inóculo chegaram a alcançar 3.35 e 3.45 ton/ha respectivamente, sendo superior do que o controlo (1.87ton/ha). A *Azolla* também contribuiu em 68.75, 75 a 87.5% de redução de infestantes quando utilizado 0.5, 1 a 2 ton/ha de inóculo respectivamente. Com base nos resultados deste estudo foi possível concluir que a *Azolla* pode aumentar o rendimento entre 1.48 a 1.58 ton/ha de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** *Azolla*. Rendimento. Controlo de infestantes. Pequenos produtores. Arroz.

### 3.1 Introdução

As culturas agrícolas estão sujeitas a uma série de factores do ambiente que influenciam a germinação, estabelecimento, desenvolvimento e a produtividade. A interferência por infestantes causa reduções nos rendimentos das culturas agrícolas inclusive os cereais como o arroz (Karam e Cruz, 2004). As infestantes reduzem cerca de 80 a 90% da produtividade em várias culturas e estimam-se as perdas de rendimento no arroz entre 25 a 40 % (Andres e Machado, 2004; Balasubramanian *et al.*, 2007). Segundo MINAG (2007) uma das áreas prioritárias da estratégia de produção nacional de arroz é a melhoria das práticas agronómicas, disponibilidade de insumos, novas tecnologias de controlo de infestantes, aumento de produtividade pelo uso de fertilizantes e a gestão de água.

Os pequenos produtores em Moçambique geralmente são incapazes de controlar facilmente as infestantes nos campos durante todo o ciclo da cultura de arroz, eles não conseguem comprar os herbicidas devido à falta de fundos para aquisição dos mesmos e dificilmente podem manejar correctamente os herbicidas necessitando bases técnicas. Ou ainda, os pequenos produtores esperam aplicar os herbicidas quando os mesmos são subsidiados por parte do governo e ONG's. Após a sementeira e estabelecimento da cultura reduzem a frequência no controlo das infestantes e conseqüentemente, criando condições para ocorrência de perdas na produção de arroz, não permitindo atingir o potencial das variedades melhoradas.

O controlo de infestantes pelo uso de herbicidas resulta também nos elevados custos de produção do arroz. Fazer o controlo de infestantes sem o uso de herbicidas é um dos grandes desafios da actualidade para a pesquisa, assistência técnica e para os pequenos produtores. Este é um dos maiores questionamentos em relação à sustentabilidade do sistema de produção de arroz, pois nele o uso de herbicidas é uma característica marcante e comum nos sistemas irrigados.

Actualmente, com o domínio do conhecimento e compreensão existem estudos que têm sido feitos utilizando outras alternativas para controlar as infestantes e disponibilizar os macro nutrientes. Segundo Pinotti e Segato (1991) a aplicação de *Azolla* pode aumentar a produção de arroz em até 30% enquanto para Son e Rutto (2002), esta alga é utilizada pelos pequenos produtores na Korea como alternativa biológica para o controlo de infestantes e por vezes o

costume é usar patos para o mesmo fim. No entanto, o presente capítulo descreve os seguintes objectivos:

### **3.2 Objectivo geral:**

- ✓ Avaliar diferentes níveis de *Azolla filiculoides* no controlo de infestantes na cultura de arroz irrigado.

### **3.3 Objectivos específicos:**

- ✓ Determinar a densidade ou abundância das infestantes,
- ✓ Estimar a quantidade da fito massa e o índice de cobertura total por *Azolla*,
- ✓ Determinar o rendimento e as componentes do rendimento.

### **3.4 Hipóteses da pesquisa:**

Ho: *Azolla filiculoides* não tem nenhum efeito no controlo de infestantes na produção de arroz,

Ha: O uso de *Azolla filiculoides* tem efeito no controlo de infestantes.

### 3.5 Material e métodos

#### 3.5.1 Área de estudo:

O ensaio foi realizado no distrito de Boane, nos campos da Estação Agrária de Umbelúzi, Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. A Estação Agrária de Umbelúzi situa-se aproximadamente 30km da cidade de Maputo, tem como coordenada 26 ° 01' de latitude Sul e 32° 23'' de longitude, a 12 m de altitude e uma superfície de 815km<sup>2</sup>(Benzane, 1993; MAE, 2005).

#### 3.5.2 Clima e solos

O clima do distrito de Boane é sub-húmido e com deficiência de chuva na estação fria, caracterizado por alternância entre as condições secas, induzidas pela alta pressão sub-continental e as incursões de ventos húmidos do oceano, a temperatura média anual é de 23.7°C, possui uma amplitude térmica anual de 8.8°C, a humidade relativa média anual é de 80.5% (MAE, 2005). Segundo Ripado (1968), o vale do Umbelúzi possui solos com bom potencial agrícola e pecuário, predominam solos aluviais, férteis e necessitam de uma rega suplementar, ligeiramente irregulares de textura franca com uma drenagem geralmente regular.

#### 3.5.3 Descrição da Variedade Makassane

Makassane é uma variedade desenvolvida pelo IRRI, introduzida em Moçambique em 2008 (IRRI, 2011). Segundo IRRI (2011) e PIAT (2011), esta variedade adapta-se à condições de irrigação atingindo o seu óptimo de produção (tabela 3.1).

**Tabela 3.1:** Características agronómicas da Variedade Makassane

<b>Características agronómicas</b>	<b>Descrição das Características</b>
Presença de arista	Sem arista
Altura da planta (m)	75 - 82.2
Ciclo vegetativo (dias)	130
Rendimento médio (ton/ha)	6-8

### 3.5.4 Desenho experimental e os tratamentos:

O ensaio obedeceu o delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) com 4 repetições e cinco tratamentos (tabela 3.2).

O ensaio teve uma área total de 260 m<sup>2</sup> (26m\*10m) não incluindo as bordaduras. Cada repetição teve um comprimento de 10m, largura de 5m, com uma área útil de 5 linhas por cada parcela. Cada parcela tinha 5 metros de comprimento e 1.5 m de largura. As repetições estavam separadas por um canal de rega de 2m de largura e os tratamentos separados por 0.50m.

**Tabela 3.2:** Descrição dos tratamentos

<b>Tratamento (TRT)</b>	<b>Descrição do tratamento</b>
TRT1- Controlo	Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem Monda
TRT2	Monda
TRT3	0.5ton/ha de inóculo de <i>Azolla</i> 15 dias depois de transplante
TRT4	1ton/ha de inóculo de <i>Azolla</i> 15 dias depois de transplante
TRT5	2ton/ha de inóculo de <i>Azolla</i> 15 dias depois de transplante

### 3.5.5 Análise do solo

Antes da montagem do ensaio procedeu-se análise completa dos solos no laboratório do IIAM, sendo montado o ensaio num solo franco argiloso e os valores demonstrados na tabela 3.3 e anexo 4. A tabela 3.3 mostra os valores médios dos resultados de análise dos solos a seguir:

**Tabela 3.3:** Dados de análise dos solos

<b>pH</b>		<b>% Média</b>		<b>Outros elementos</b>		<b>% de componentes de solo</b>		
água	KCL	MO	N	Fósforo	Potássio	Areia	Limo	Argila
7.32	6.16	2.47	0.1	56.0ppm	1.43ppm	52.77	28.3	18.93

**NB:** MO- matéria orgânica, N- Nitrogénio.

### 3.5.6 Preparação do terreno definitivo:

A preparação do terreno foi feita mecanicamente onde a lavoura e a gradagem foram realizadas em Novembro de 2012. Em Fevereiro de 2013 fez-se “paddling” e nivelamento. O levantamento de combros e marrachamento foram feitos manualmente. O “paddling” foi realizado aos 78 dias depois da preparação da terra.

### 3.5.7 Viveiro e transplante

Para montagem do viveiro foi usada uma taxa de sementeira de 80kg/ha, semeada após 75 dias da preparação da terra e adubada com ureia (90kg/ha de N) depois de 19 dias da sementeira. A variedade usada foi Makassane. Esta variedade foi seleccionada para este estudo devido ao seu potencial produtivo, alta preferência e consumo pelos produtores.

O transplante foi realizado após 36 dias da sementeira, num compasso de 20\*20cm. A densidade de transplante foi de 2 plântulas por covacho, totalizando 250 plântulas por parcela e 5000 em todo ensaio.

### 3.5.8 Colecta e inoculação da *Azolla filiculoides*

A *Azolla filiculoides* foi colectada nos arredores dos campos da Estação Agrária do Umbelúzi e inoculada 15 dias depois do transplante (figura 3.1). Antes da inoculação a *Azolla* foi pesada de acordo com as quantidades de cada tratamento (0.5, 1 e 2 ton/ha).



**Figura 3.1:**Colecta de *Azolla* (A), Pesagem de *Azolla* (B) e Plantas de *Azolla* (C).

### 3.5.9 Adubação e rega

As aplicações de adubo (N e N-P-K) foram efectuadas em três estágios de crescimento e desenvolvimento da cultura (15 dias após o transplante, afilhamento, iniciação da panícula). Esta basearam-se em 150kg/ha de N-P-K na fórmula 12-24-12 e 90kg/ha de N na forma de

ureia a 46%, inicialmente feita a análise química do solo e calculadas as quantidades a aplicar. As quantidades de N-P-K e Nitrogénio foram recomendadas por Bias *et al.* (2010) e Rickman e Zandamela (2011), que normalmente são utilizadas em solos Moçambicanos.

O sistema de rega usado foi por gravidade, onde a rega era feita de forma a manter a altura da lâmina de água entre 5 a 10cm em todos os tratamentos. As regas foram feitas até duas semanas antes da colheita como forma de manter o habitat da *Azolla* (flutuando na água).

### **3.5.10 Pragas**

Durante o ciclo da cultura foi realizado o monitoramento de pragas, tendo-se efectuado o controlo sempre que necessário. As pragas observadas foram o rato de campo (*Rattus* sp) e pássaros diversos. Para o controlo do rato de campo foram aplicadas iscas de grão triturado, tratadas com methamidofos que, eram espalhadas em toda a área do ensaio.

Para o controlo do bando dos pássaros usou-se espantalhos e fios de sizal que foram colocados em redor do ensaio, fixando latas pequenas que continham pedras. Quando o bando entrava no campo, o guarda-pássaro puxava a corda e as pedras fricionavam na lata dando o som que afugentava os pássaros.

### **3.5.11 Altura das plantas e ciclo vegetativo:**

A altura das plantas determinou-se pela distância entre a superfície do solo e a extremidade das últimas folhas estendidas para cima. A medida foi feita por meio de uma régua graduada onde foram medidas 5 plantas aos 120 dias, em cada tratamento e repetição. O ciclo vegetativo foi feito mediante a contagem dos dias desde a emergência até a maturação do grão, considerando a diferenciação das fases de crescimento da cultura registando os dias até 50% da floração, incluindo os dias até à maturação.

### **3.5.12 Infestantes identificadas**

A identificação das infestantes consistiu em usar um quadrado metálico, de 50\*50cm, lançado aleatoriamente 3 vezes na área útil de cada parcela (Satapathy e Singh, 1985; Vitorino, 2013). As infestantes colectadas na área amostral foram retiradas com a raíz contadas e identificadas com ajuda do manual de Johnson (1997) aos 30, 60 e 90 dias do transplante.

### 3.5.13 Determinação e avaliação da densidade ou abundância das infestantes

A abundância das infestantes em cada tratamento foi observada aos 30, 60 e 90 dias. Em cada período colectavam-se todas as infestantes contadas e avaliadas de acordo a escala da tabela 3.4. Em seguida, determinou-se a percentagem de redução das mesmas em cada tratamento ao longo do tempo. A estimativa da densidade ou abundância de infestantes consistiu no cálculo do número total de infestantes pela área e permitiu analisar qual ou quais populações eram mais numerosas em determinado instante na comunidade.

A percentagem de redução das infestantes foi determinada usando a fórmula descrita abaixo:

$$\% \text{ Redução das infestantes} = \left( \frac{\text{Controlo} - \text{total de infestantes por tratamento}}{\text{Controlo}} \right) * 100$$

**Tabela 3.4:** Avaliação da abundância das infestantes

Escala de abundância	1	2	3	4	5
Numero de plantas	1 a 5	5 a 14	15 a 29	30 a 99	+ 100
Avaliação da abundância de infestantes	Raro	Pouco comum	Comum	Abundante	Muito abundante

### 3.5.14 Avaliação da quantidade da fito massa e o índice de cobertura de *Azolla*

A quantidade total da fitomassa de *Azolla* foi estimada pesando 3 amostras retirada duma área de 50\*50cm da área útil e convertida para a área da parcela. Isto foi feito depois de se atingir a cobertura total ou a escala 5. Posteriormente, a quantidade total da fitomassa de *Azolla* foi estimada pesando todo o material colectado em cada uma das parcelas.

A avaliação da cobertura por *Azolla* foi feita aos 30, 55 e 90 dias depois do transplante através da observação visual na área de cada tratamento contendo o inóculo da mesma, de forma a estimar a percentagem da cobertura total necessária no total das parcelas. A avaliação da cobertura estimou-se por uma escala descrita na tabela 3.5

**Tabela 3.5:** Escala de cobertura para avaliação da *Azolla*

<b>Escala de cobertura</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>% de cobertura</b>	<b>0 a 5</b>	<b>6 a 25</b>	<b>26 a 50</b>	<b>51 a 75</b>	<b>76 a 100</b>
<b>Avaliação da cobertura</b>	Baixo	médio	Intermédio	Severo	Muito severo

### 3.5.15 Colheita

A colheita foi feita manualmente incluiu o corte, fazer medas, debulha, limpeza e transporte. Em termos do tempo, da colheita foi feita quando o grão tinha entre 20-25% de humidade ou quando 80-85% dos grãos apresentavam coloração palha e os grãos da porção inferior da panícula estavam na fase dura. Isto aconteceu cerca de 30 dias depois da floração. Logo após a colheita o grão foi submetido a secagem ao sol para diminuição da humidade. Após a secagem, fez-se a pesagem dos grãos por meio de uma balança analítica.

### 3.5.16 Determinação do rendimento e suas componentes

Depois da colheita o grão foi posto em secagem, em seguida medida a humidade usando o *Kett Rice Tester*, com vista à correcção do peso para o ideal que é de 14 % seguindo a equação adaptada de Guimarães *et al.*, (2002):

$$\text{Rendimento } \left(\frac{\text{ton}}{\text{ha}}\right) = R_p \times \left[\frac{100 - \% H_{mc}}{100 - \% H_{ma}}\right]; \text{ Onde: } R_p - \text{Rendimento da parcela, } H_{mc} - \text{Humidade do grão na altura da secagem e } H_{ma} - \text{Humidade ideal de armazenamento}$$

A colecta de dados sobre as componentes de rendimento foi feita da seguinte maneira:

**Número de plantas por metro quadrado:** consistiu na contagem de plantas por cada m<sup>2</sup> em cada tratamento.

**O número de panículas por metro quadrado:** consistiu na contagem das panículas em cada m<sup>2</sup>.

**O número de grãos por panícula** consistiu na contagem dos grãos em 10 panículas por cada tratamento e calculou-se a média correspondente.

O **peso de mil sementes** foi determinado selecionando aleatoriamente mil sementes e em seguida pesadas.

A **percentagem de grãos cheios** foi feita mediante a relação entre o número de grãos cheios e o total de grãos.

A **percentagem de grão chocho** calculou-se por meio da relação entre o número de espiguetas chochas e o total de espiguetas em 5 panículas por tratamento.

Segundo Guimarães *et al.* (2002) e Concenção *et al.* (2006), o rendimento (ton/ha) é expressa pela seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento} \left( \frac{\text{ton}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{n}^\circ \text{ de panícula por m}^2 * \text{n}^\circ \text{ de grão por panícula} * \% \text{ de grãos cheios} * \text{peso de mil sementes} *}{1000 * 1000}$$

### 3.5.17 Relação entre a abundância de infestantes com o rendimento

Por meio dos dados da abundância de infestantes e rendimento permitiu analisar a relação entre estes dois parâmetros através do pacote estatístico Cropstat 7.2.3 pelo modelo de regressão linear baseado em Adati *et al.* (2006) pela seguinte fórmula:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i; i = 1, \dots, 2; \beta = 0, \dots, 1;$$

Onde: **Y** = variável resposta ao rendimento ocasionado por abundância das infestantes, **X<sub>I</sub>**= abundância de infestantes, **β<sub>0</sub>** e **β<sub>1</sub>** = **parâmetros** do modelo e **ε<sub>ij</sub>** = Erro, assumido como tendo uma distribuição normal com média zero e a variância constante (σ<sup>2</sup><sub>δ</sub>).

### 3.5.18 Análise estatística dos dados:

Os dados foram digitados na folha do Excel e em seguida foi feita a análise qualitativa da densidade de infestantes e cobertura da *Azolla*. A análise quantitativa (rendimento, quantidade da fitomassa de *Azolla*, densidade das infestantes ou plantas por metro quadrado,

altura das plantas, ciclo vegetativo, percentagem de espiguetas cheias e chochas), foi feita por meio do pacote estatístico CropStat versão 7.2.3, onde-se efectuou a ANOVA e quando se verificaram-se diferenças significativas fez-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. Além de ANOVA, fez-se também a regressão e correlação das variáveis (rendimento, abundância das infestantes).

### 3.6 Resultados e discussão

#### 3.6.1 Densidade ou abundância das infestantes

A tabela 3.6 mostra a abundância das infestantes nos diferentes tratamentos estudados. O controle apresentou uma elevada densidade de infestantes por unidade de área (16 plantas/m<sup>2</sup>), do que os tratamentos contendo 0.5, 1, e 2 ton/ha de *Azolla* que tiveram 5, 4 e 2 respectivamente. A monda também apresentou 8 plantas por m<sup>2</sup>, diferindo com os tratamentos contendo *Azolla*.

Ainda na tabela 3.6, apresenta a redução por infestantes em cerca de 68.75, 75 e 87.5% nas parcelas onde se inoculou 0.5, 1 e 2 ton/ha respectivamente e 50% onde se fez a monda. Estudos realizados por Satapathy e Singh (1985) mostraram que a *Azolla* inoculada reduzia em 50 - 60% da quantidade da população de infestantes em sistemas consociados. Outro estudo desenvolvido por Fiore (1984) revelou que a *Azolla* quando inoculada proporcionava uma resistência física para a emergência das infestantes devido ao peso do tapete de *Azolla* entrelaçado que a mesma cria e como resultado, as infestantes não germinam. No entanto, os resultados deste estudo, mostram valores acima em relação ao estudos desenvolvidos por estes autores. Vários estudos mostraram também que *Azolla* tem efeito na supressão das infestantes em campos de arroz, por ser assim, a *Azolla* pode contribuir na redução das infestantes (Braemer, 1927a, b; Biswas *et al.*, 2005; Nguyen, 1930; Fosberg, 1942; Shen *et al.*, 1963; Olsen, 1972 e Anonymous, 1975b).

**Tabela 3.6:** Comparação de médias, DMS, coeficiente de variação e abundância de infestantes

Tratamento	Abundância de infestantes (plantas/m <sup>2</sup> **)	% de redução das infestantes
Controle	16 c	-
Monda	8 a	50.00 a
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	5 b	68.75 ab
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	4 b	75.00 b
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	2 b	87.50 c
<b>DMS</b>	<b>10.82</b>	-
<b>CV (%)</b>	<b>51.45</b>	-

**Legenda:** \*\*- médias com mesmas letras não têm diferenças significativas

#### 3.6.2 Avaliação da densidade ou abundância das infestantes

Com base na tabela 3.7, nota-se que aos 30 dias foi evidente que a avaliação da abundância de infestantes no controle teve uma escala 4. A monda, 0.5 e 1 ton/ha de *Azolla* apresentaram escala 3 comparando com 2 ton/ha de *Azolla* que teve a escala 1. Aos 90 dias o controle esteve na escala 3 enquanto que os tratamentos contendo *Azolla* mantiveram na escala 1 e o de monda na escala 2.

Em todas as fases de avaliação da abundância ou densidade das infestantes houve uma mudança na escala, o que mostra que no controle teve uma média de 3 em relação aos tratamentos contendo *Azolla* e com monda. Por outro lado, os tratamentos com *Azolla* rondam em 1 a 1.3 dando uma importância relativa ao tratamento com 2 ton/ha desta alga que mostrou uma tendência mais baixa no estudo.

Contudo, a avaliação da densidade das infestantes foi observado como comum no controle, pouco comum na monda e rara em todos tratamentos contendo *Azolla*. Isso explica que, quando se produz arroz sem aplicação de nenhum método de controle das infestantes, as populações destas aumentam podendo influenciar significativamente na produtividade da cultura do arroz irrigado por concorrerem por nutrientes entre outros factores bióticos e abióticos.

**Tabela 3.7:** Avaliação da abundância das infestantes

Tratamento	Escala de avaliação da abundância das infestantes			Média	Avaliação da abundância das infestantes
	30	60	90		
Controle	4	2	3	3	Comum
Monda	3	2	2	2.3	Pouco comum
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	3	1	0	1.3	Raro
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	3	1	0	1.3	Raro
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	1	1	0	1	Raro

É notável nesta tabela que, aos 30 e 60 dias houve infestantes em todos os tratamentos incluindo as que receberam *Azolla* provavelmente porque a área de inoculação foi coberta por esta alga aos 55 dias de transplante. Dai que, os espaços não cobertos por *Azolla* (Tabela 3.9)

permitiram a emergência de certas infestantes e quanto mais plantas desta alga menor será a quantidade de infestantes no cultivo.



**Figura 3.2:** 1 ton/ha de *Azolla* (A), 2 ton/ha de *Azolla* (B) e Controlo (C).

### 3.6.3 Infestantes identificadas

A identificação da população de infestantes teve o propósito de verificar aquelas espécies que se apresentaram durante o desenvolvimento, crescimento da cultura de arroz e observando aquelas que podem ser eliminadas pelo efeito da *Azolla*. Durante o ensaio foram identificadas 6 espécies de infestantes: *Trianthema portulacastrum*, *Bolboschoenus maritimus* (L) Palla, *Cyperus esculentus* L., *Cynodon nlemfuensis*., *Echinochloa colona* (L.) Link e *Alternanthera sessilis*.

Durante as fases (0-30, 30-55 e 55-90 dias) de identificação da população de infestantes foram encontradas diferentes espécies (tabela 3.8) exceptuando o tratamento com inoculação de *Azolla*, provavelmente devido à cobertura da *Azolla*. Ainda neste estudo, a *Azolla* aos 30-55 dias não eliminou *Cyperus esculentus* L., *Cynodon nlemfuensis* e *Alternanthera sessilis* mas até aos 90 dias no tratamento contendo 0,5, 1 e 2 ton/ha de *Azolla*, não foram encontradas essas infestantes provavelmente devido à cobertura total por *Azolla*.

Por outro lado, no tratamento controlo e monda foram encontradas as seguintes infestantes: *Trianthema portulacastrum*, *Cyperus esculentus* L., *Echinochloa colona* (L.) Link *Bolboschoenus maritimus* (L) Palla e *Cynodon nlrnfuensis*. Isto pode acontecer devido à existência de semente destas espécies e ineficiência da operação da monda respectivamente.

**Tabela 3.8.:** Espécies identificadas durante as diferentes fases de avaliação do ensaio

Tratamento	Espécies identificadas em cada tratamento em diferentes fases de avaliação		
	0-30 dias	30-55 dias	55-90dias
Monda	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Bolboschoenus maritimus</i> (L) Palla, <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link, <i>Cynodon nlrnfuensis</i> e <i>Alternanthera sessilis</i> .	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link,.	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link,.
Controlo	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Bolboschoenus maritimus</i> (L) Palla, <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link, <i>Cynodon nlrnfuensis</i> e <i>Alternanthera sessilis</i> .	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link,.	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L) Palla, <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link, <i>Cynodon nlrnfuensis</i>
0.5 ton/ha de Azolla	<i>Trianthema portulacastrum</i> <i>Cyperus esculentus</i> L., <i>Cynodon nlemfuensis</i> e <i>Alternanthera sessilis</i>	<i>Cyperus esculentus</i> L. e <i>Alternanthera sessilis</i>	
1 ton/ha de Azolla	<i>Trianthema portulacastrum</i> <i>Alternanthera sessilis</i> , <i>Cyperus esculentus</i> L.	<i>Cyperus esculentus</i> L. <i>Alternanthera sessilis</i> e <i>Cynodon nlemfuensis</i>	
2 ton/ha de Azolla	<i>Trianthema portulacastrum</i> , <i>Cynodon nlemfuensis</i> e <i>Cyperus esculentus</i> L.	<i>Cyperus esculentus</i> L.,	

### 3.6.4 Estemativa da quantidade da fito massa, índice e avaliação de cobertura total da *Azolla*

A quantidade de fito massa de *Azolla* (tabela 3.9) nos tratamentos contendo a mesma não diferiu entre elas. A tendência da maior quantidade da fito massa foi observada no tratamento que recebeu 2 ton/ha, com 32.25 kg/ha, seguido por 1 ton/ha com 28.08 kg/ha enquanto 0.5 ton/ha teve 26.63 kg/ha. O tratamento contendo 2 ton/ha atingiu a cobertura total com *Azolla* aos 55 dias depois do transplante, enquanto o tratamento com 0.5 e 1 ton/ha atingiu 28.08 kg de *Azolla* aos 90 dias do transplante.

A diferença da quantidade da fito massa deveu-se à falta de água em alguns tratamentos, à falta de homogeneidade do terreno e más condições de sistema de irrigação, o que fez com que as plantas ficassem afectadas pela humidade visto que, esta alga cresce entre 85 a 90%, e abaixo de 60% a planta seca (Peteres *et al.*, 1980; Watanabe e Birja, 1983). Segundo estes autores, a baixa humidade não é favorável para o crescimento e biomassa da *Azolla*. Com isso, a cobertura desta alga pode ter sido afectada.

Logo que se estabeleceu a água depois de 2 semanas de falta da mesma, notou-se que as plantas de *Azolla* cobriram totalmente os tratamentos. A cobertura foi bastante rápida provavelmente porque as condições de humidade já estava favorecida.

Num estudo realizado por Prochnw (2002) notou-se um aumento da cobertura total aos 20 dias com uma fitomassa de 60,9 g/m<sup>2</sup> quase o dobro da situação inicial e depois de 63 dias de inoculação começou a multiplicação continua. Em condições favoráveis de campo, segundo Fiore (1984), a *Azolla* pode dobrar seu peso em 3 a 5 dias quando proporcionam-se um ambiente para um crescimento rápido da fito massa.

Segundo Watanabe (2001), uma cobertura com *Azolla* na água de irrigação, reduz a penetração de luz à superfície do solo, resultando na diminuição da germinação de ervas. Assim, o crescimento de *Azolla* reduz a ocorrência de infestantes aquáticas em campos de arroz inundados. Por outro lado, uma cobertura completa da *Azolla* na lâmina de água, proporciona uma menor evapotranspiração que a evaporação da água nas mesmas condições climáticas.

A avaliação do índice de cobertura ilustrada na tabela 3.9 mostra que em todos os tratamentos aos 15 dias do transplante a cobertura das parcelas pela *Azolla* encontrava-se na escala 1 o que correspondia com o índice baixo e uma percentagem até 5%. Aos 30 dias a cobertura em todos os tratamentos mudou para a escala 3, correspondendo a entre uma cobertura intermédia ou uma percentagem até 50%.

Aos 55 dias do transplante ou 40 dias depois da inoculação o tratamento contendo 2 ton/ha de *Azolla* atingiu uma cobertura total com a escala 5 ou 100% de cobertura, o que significou que as plantas desta alga cresceram rapidamente cobrindo todo tratamento enquanto o tratamento com 0.5 e 1 ton/ha teve escala 4 ou 75% de cobertura. Com a cobertura em toda área útil notou-se redução de infestantes.

**Tabela 3.9:** Comparação de médias, DMS, coeficiente de variação, quantidade, índice e avaliação de cobertura por *Azolla*

Tratamento (TRT)	Quantidade de <i>Azolla</i> (kg/5m <sup>2</sup> )**	Avaliação do índice de cobertura			
		IC15	IC30	IC55	IC90
Controlo	-	-	-	-	-
Monda	-	-	-	-	-
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	28.08 a	1	3	4	5
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	26.63 a	1	3	4	5
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	32.25 a	1	3	5	5
<b>DMS</b>	<b>16.7</b>	-	-	-	-
<b>CV (%)</b>	<b>33.3</b>	-	-	-	-

**Legenda:** Controlo sem inóculo de *Azolla* + sem monda; IC15, IC30, IC55 e IC90 dias (índice de cobertura de *Azolla* aos 15, 30, 55 e 90 dias de transplante respetivamente); \*\*- médias com mesmas letras não têm diferenças significativas.

### 3.6.5 Rendimento

Os resultados da tabela 3.10 mostram que os tratamentos contendo 1 a 2 ton/ha de inóculo de *Azolla* obtiveram melhores rendimentos (3.35 a 3.45 ton/ha, respectivamente) quando comparados com o tratamento controlo (1.87 ton/ha). O tratamento controlo teve também o menor número de panículas por m<sup>2</sup> (471.25), apesar de não ter diferido do tratamento com 0.5 ton/ha de *Azolla* que teve 618.75 panículas/m<sup>2</sup>.

Ainda na tabela 3.10 mostra também que quando se realiza a monda não há diferenças significativas com o uso de 0.5 ton/ha de *Azolla*, então os pequenos produtores podem optar em colocar *Azolla* e terem mais tempo para desenvolverem outra actividade e esta alga pode ajudar no controlo de infestantes e na fixação de nitrogénio. Neste estudo, a *Azolla* aumentou o rendimento entre 1.48 a 1.58 ton/ha de arroz irrigado nos tratamentos contendo 1 a 2 ton/ha de inóculo.

Em geral, os tratamentos não mostraram diferenças significativas entre o peso de mil sementes, número de grãos cheios, número de grão por panícula. Contudo, é de salientar que apesar de não ter havido diferenças entre estes parâmetros, houve uma tendência de aumento dos mesmos à medida que o nível de *Azolla* ia aumentando.

Considerando os estudos feitos pelo IRRI (2011) e PIAT (2011), indicam que o rendimento obtido neste estudo foi considerado baixo, por não ter atingido 6 á 8 ton/ha, tendo em conta ao potencial produtivo da variedade Makassane e outros factores que afectaram o ensaio.

**Tabela 3.10:** Comparação de médias pelo teste Tukey do rendimento e seus componentes

Tratamento (TRT)	Componentes de rendimento					Rendimento (ton/ha)**
	N/M	NP/M**	N/G	N/E	P/S (g)	
Controlo	23.5 b	471.25 b	145.05 a	68.65 a	20.25 a	1.87 b
Monda	25 a	762.50 a	170.60 a	79.75 a	21.00 a	2.77 ab
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	25 a	618.75 ab	169.82 a	70.55 a	21.25 a	2.40 ab
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	25 a	818.70 a	173.43 a	79.88 a	20.75 a	3.35 a
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	25 a	836.25 a	200.68 a	80.70 a	23.25 a	3.45 a
<b>DMS</b>	<b>0.89</b>	<b>51.39</b>	<b>22.30</b>	<b>7.66</b>	<b>1.33</b>	<b>0.91</b>
<b>CV (%)</b>	<b>2.34</b>	<b>14.65</b>	<b>25.95</b>	<b>20.19</b>	<b>12.51</b>	<b>2.45</b>

**Legenda:** Controlo- sem inóculo de *Azolla* + sem monda; N/M- número de plantas por m<sup>2</sup>; NP/M- número de panículas por m<sup>2</sup>; N/G- número de grão por panícula; N/E- número de grão cheio; P/S- Peso de 1000 sementes; DMS- diferença mínima significativa e CV- coeficiente de variação. \*\*- médias com mesmas letras não tem diferenças significativas.

### 3.6.6 Outros dados agronômicos:

#### 3.6.6.1 Altura das plantas e ciclo vegetativo da variedade

Na tabela 3.11 apresenta a altura das plantas e ciclo vegetativo. Segundo esta Tabela não houve diferenças significativas entre as alturas e ciclo vegetativo mas houve uma tendência de aumento das alturas até 51.05 cm e do ciclo vegetativo em 124.75 dias no tratamento com 0.5 ton/ha provavelmente devido o transplante tardio.

Estudos realizados pelo pelo IRRI (2011) e GCA (2012) mostram que a variedade *Makassane* pode completar o seu ciclo vegetativo entre 130 e 131.3 dias quando os factores bióticos e abióticos forem favoráveis. Os autores acima citados indicam ainda que a variedade *Makassane* pode atingir cerca de 75 a 82.2cm de altura. Portanto, este estudo provavelmente foi influenciado por factores como temperatura e stress hídrico durante o crescimento e desenvolvimento da cultura principalmente na fase de alongamento do caule e folhas.

O transplante tardio pode também ter influenciado no desenvolvimento e crescimento das plantas em diferentes fases (vegetativa, reprodutiva e até à maturação) devido ao estabelecimento e adaptabilidade das plântulas no local definitivo.

**Tabela 3.11:** Alturas das plantas e ciclo vegetativo

Descrição do tratamento	Altura das plantas	Ciclo vegetativo
Controlo	48.70 a	124.25 a
Monda	49.75 a	124.50 a
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	51.05 a	124.75 a
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	49.35 a	123.50 a
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	49.45 a	123.75 a
<b>DMS</b>	<b>6.14</b>	<b>4.53</b>
<b>CV (%)</b>	<b>8</b>	<b>2.4</b>

#### 3.6.6.2 Percentagem de grãos cheios e chochas

Na tabela 3.12 apresentam-se os resultados dos grãos cheios e chochos. De acordo com os dados apresentados na mesma, não há diferenças significativas nestes parâmetros.

Os tratamentos controlo, monda, 0.5 e 1 ton/ha de *Azolla* tiveram tendências de apresentaram uma percentagem de grãos chochas acima de 50%, o que significa que várias espiguetas não chegaram a fertilizar, ocasionando a esterilidade das mesmas devido à temperatura baixa que atingiu uma mínima de 9.7 e 14.9 °C entre Abril a Junho, coincidindo com o período da floração e maturação. De acordo com Guimarães (2002) e Walter (2010) a temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do arroz. Portanto, os rendimentos foram, em parte afectados.

Embora o tratamento com 2 ton/ha de *Azolla* não diferira com outros tratamentos, o mesmo apresentou uma percentagem de grãos cheios de 64.25%, neste tratamento quando comparado com outros contribuindo para elevado rendimentos. O enchimento completo de cada grão por panícula é um dos importantes aspectos que influenciam na produtividade consequentemente no aumento do rendimento.

**Tabela 3.12:** Percentagem de grãos cheios e chochos

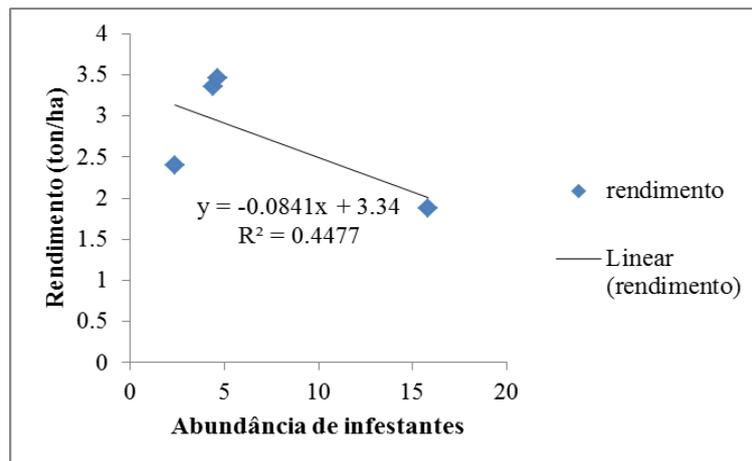
Descrição do tratamento	Percentagem de grãos	
	Cheios	Chochos
Controlo	46.00 a	54.00 a
Somente Monda	48.00 a	52.00 a
0.5 ton/ha de <i>Azolla</i>	47.75 a	52.25 a
1 ton/ha de <i>Azolla</i>	49.25 a	50.75 a
2 ton/ha de <i>Azolla</i>	64.25 a	37.75 a
<b>DMS</b>	<b>0.955E-01</b>	<b>0.955E-01</b>
<b>CV (%)</b>	<b>13.7</b>	<b>11.3</b>

### 3.6.6.3 Relação entre a abundância de infestantes e o rendimento

O gráfico 3.1 mostra a relação entre o efeito da abundância de infestantes (plantas/m<sup>2</sup>) no rendimento por meio da regressão linear. Neste estudo, nota-se que o rendimento tende a decrescer á medida que o número de infestantes aumenta. Embora este coeficiente (0.45) esteja abaixo de 50% o efeito de abundância de infestantes também contribui no baixo rendimento porque provavelmente existiram outros factores ambientais como a temperatura que fez com que aumentasse os grãos chochas.

Ainda neste gráfico pode-se notar que, quando aumentamos uma unidade de número de infestantes, o rendimento diminui cerca de 0.084 unidades. Este resultado está de acordo com Balasubramanian *et al.* (2007) e que as infestantes contribuem para redução da produtividade de grão no arroz entre 25 a 40 %.

**Gráfico 3.1:** Efeito entre a densidade ou abundância de infestantes e o rendimento



### 3.7 Conclusão:

O efeito de *Azolla filiculoides* no controlo das infestantes teve resposta positiva para diferentes espécies como resultado do abafamento de infestantes durante o crescimento e desenvolvimento da cultura. Os tratamentos controlo e monda tiveram crescimento de infestantes até aos 55-90 dias. A *Azolla filiculoides* permitiu controlar infestantes das seguintes espécies: *Trianthema portulacastrum*, *Bolboschoenus maritimus* (L) Palla, *Cyperus esculentus* L., *Enchinochloa colona* (L.) Link, *Cynodon nlrnfuensis*, *cynodon esculentes* e *Alternanthera sessilis*.

A temperatura baixa e efeito de transplante tardio influenciaram na diminuição de grãos cheios o que proporcionou baixos rendimentos comparando com o potencial desta variedade. As características agronómicas como altura das plantas e ciclo vegetativo não mostraram diferenças embora o tratamento com 0.5 ton/ha tenha tendência elevada em relação aos outros tratamentos.

Conclui-se também que o rendimento aumentou entre os tratamentos embora não atingiu o ideal da variedade. Quando usada a *Azolla* o rendimento pode aumentar entre 1.48 a 1.58 ton/ha de arroz irrigado quando usar-se 1 a 2 ton/ha de inóculo respectivamente, tendo efeito no controlo de infestantes. E por fim, esta alga tem um papel importante como alternativa no controlo de infestantes.

### 3.8 Recomendações:

Após o estudo recomenda-se que:

- Os pequenos produtores podem usar *Azolla* como alternativa economicamente e viável aos herbicidas, no controlo de infestantes para aumentar a produtividade do arroz.
- Que-se faça outros estudos sem stress hídrico para evitar o atraso na cobertura de *Azolla* e redução de efeito de abafamento das infestantes.
- Que se tenha em conta a época propícia de cultivo de arroz para evitar o efeito de temperaturas baixas, e consequentemente a existência de alta percentagem de grãos chochos porque os grão determinam grandemente o rendimento do arroz.
- Que se use 1 ton/ha de *Azolla* para o controlo de infestantes.

### 3.9 Referências bibliográficas:

Andres, A. e Machado, S.L. de O, 2004. Plantas infestantes em arroz irrigado. p. 457-546. *In*: Gomes, A. S.; Magalhães Júnior, A.M. DE (Ed), *Arroz irrigado no sul do Brasil*. Embrapa: Brasília.

Adati,C., Oliveira,V. A. e Karam, D., 2006. Análise matemática e biológica dos modelos de estimativa de perdas de rendimento na cultura devido à interferência de plantas daninhas. *Planta daninha* v. 24. No.1 Viçosa 200. ISSN 0100-8358.

Anonymous, 1975b. Cultivation, Propagation and Utilization of *Azolla*. Chekiang Agriculture Academy, Institute of Soils and Fertilizers.

Biswas, M., Parveen, S., Shimozawa, H., and Nakagoshi, N., 2005. Effects of *Azolla* species on weed emergence in a rice paddy ecosystem. *weed biology and management*. p. 176-183.

Balasubramanian, V., Sie, M., Hijmans, R. J.e Otsuka, K., 2007. Increasing Rice Production In Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities. *Advances in Agronomy*, v. 94.

Bias, C., Freire, M., Mutondo, J., Mlay, G., Mazuze, F., Tostão, E., Amane, M., Chiconela, T., Amilai, C., Ecole, C. C., Falcão, M., Zacarias, A. e Cuambe, C., 2010. Fichas técnicas de culturas. 1ª ed. p. 247.

Braemer, P. 1927a. La culture des *Azolla* au Tonkin. *Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop.* v.7: p. 815-819.

Braemer, P. 1927b. Les engrais verts darts la riziculture Tonkinoise. *Riz & Riz.* v. 2: p. 335-341.

Concenço, G., Lopes, N. F., Andres, A., Moraes, D. M., Santos, M. Q, Rrieffel Filho, J. A. e Vilella, J. V., 2006. Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicidas pré-emergentes e início da irrigação. *Weed Control in Irrigated Rice as a Function of Pre-Emergence Herbicide Rates and Irrigation*. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 24, No. 2, p. 303-309.

Fiore, M. De F., 1984. Fixação biológica de N<sub>2</sub> em arroz. Apostila do 1 Curso de produção de arroz – EMBRAPA/CNPAF.Goiânia/GO. p. 31.

Fosberg, F. R. 1942. Uses of Hawaiian ferns. Amer. Fern J. v. 32: p.15-23.

GCA (Grupo Consultivo de Arroz), 2012. Memórias da IV reunião de Arroz. p. 69.

Guimarães, C. M., Fageria, N. K. e Barbosa Filho, M. P. B., 2002. Como a planta de arroz se desenvolve. Arquivo do agrônomo n<sup>o</sup> 13. Encarte das informações agronômicas No. 99. p. 1-12.

IRRI, 2011. Relatórios da Campanha agrícola 2008 a 2012. p. 55.

Johnson, D. E., 1997. Les adventices en Riziculture em Afrique de l'ouest weeds of rice in West Africa. ISBN 9291131105. p. 78.

MINAG, 2007. Estratégia Nacional de Produção de Arroz. p. 16.

MAE, 2005. Ministério de Administração Estatal. Perfil do distrito de Boane, província de Maputo. Edição 2005. p. 54.

Nguyen, C. T.. 1930. *L'Azolle* cultivee comme engrais vert. Bull. Econ. Indochine. v. 33: 335-350.

Olsen, C. 1972. On biological nitrogen fixation in nature, particularly in blue-green algae. Compt.- Rend. Trav. Carlsberg Lab.v. 37: 269-283.

Pinotti, M.H.P. e Segato, R., 1991. Cianobactérias: importância econômica. *Semina*, v. 12, No. 4, p. 275-280.

PIAT (Plataforma de Investigação e Inovação Tecnológica de Moçambique), 2011. Boletim informativo. Unidade de Gestão da Plataforma (UGP). No. 09-11. p. 1-7.

Peters, G.A., Toia, R. E. Jr, Evans, W. R., Crist, D. K., Mayne, B. C. and Poole, R. E., 1980. Characterization and comparisons of five N-fixing *Azolla-nabaena* associations. I. Optimization of growth conditions for biomass increase and N content in a controlled environment. *Plant Cell Environ.* v. 3: 261 –269.

Prochnow, R., 2002. Alternativas tecnológicas para produção integrada de arroz orgânico. p. 1-35.

Rickman, J e Zandamela, C. , 2011. Manual de produção de Arroz. p. 105.

Ripado, M. F. B., 1968. Os solos da Estação Agrária do Umbelúzi. Instituto de investigação Agronómica de Moçambique. Ciência de solo, cota 60-c/soc.geog.Lx. Comunicação 5. v. 3: p. 75.

Satapathy, K. B. e Singh, P. K., 1985. Controlo of weeds by *Azolla* in Rice.J. Aquatic Plant Manage. p. 23.

Shen, C., Lu, S., Chen, K.,and Ge, S., 1963. The initial experiment of *Azolla's* nitrogen fixing ability. Turang Tongbao (Pedology Bull.), Peking. v. 4: 46-48.

Son, C. Y. E, and Rutto, K. L., 2002. Are herbicides essential for paddy weed-control in East Asia? Pakistan journal of biological sciences. Asian network for scientific information. p. 1352-1362.

Walter, L. C., 2010. Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudança climática. Dissertação de mestrado. Santa Maria, brasil. p. 97.

Watanabe, I. 2001. ABC of *Azolla*. Disponível em: <<http://www.asahi-net.or.jp/~it6i-wtnb/AzollaE.html>> Acesso em: 06 Setembro 2012.

Watanabe, I. and Berja N. S., 1983. The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature. Aquat. Bot. Vol. 15, p. 175–185.

Vitorino, H. Dos S., 2013. Interferência da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja em função do espaçamento de semeadura.p. 79.

## **CAPÍTULO IV: EFEITO DA *AZOLLA FILICULOIDES* COMO BIOFERTILIZANTE NA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO**

### **Resumo:**

Em Moçambique, mais de 630.000 agregados familiares produzem o arroz e exploram menos de 0.5ha. Estes produtores produzem o arroz sem uso de fertilizantes e nem herbicidas devido a falta de fundos para sua aquisição. A média de rendimentos são estimados em 0.8 a 1.2 ton/ha enquanto que a média mundial é de 4.2 ton/ha. Fez-se um estudo com o objectivo de avaliar diferentes níveis de *Azolla filiculoides* como biofertilizante na produção de arroz irrigado. O estudo foi conduzido na Estação Agrária de Umbelúzi, província de Maputo. O delineamento experimental usado foi em blocos completos casualizados com 4 repetições e 7 tratamentos (controlo, 90 kg/ha de N, 60kg/ha de N, 30kg/ha de N, 90, 60 e 30kg/ha de N cada com mais 6 ton de *Azolla*/ha e 6 ton de *Azolla*/ha. Os resultados deste estudo mostraram diferenças significativas entre os tratamentos em relação à percentagem de nitrogénio da planta de arroz, número de panículas por m<sup>2</sup> e o rendimento. O tratamento com 6ton/ha de *Azolla* diferiu do controlo e teve 0.353% de nitrogénio na planta de arroz do que 0.218 % no controlo. Embora o número de panícula por m<sup>2</sup> não fosse diferente entre o controlo e 6 ton/ha de *Azolla*, o rendimento mostrou diferenças significativas em 1.96 e 3.63 ton/ha, respectivamente. Todos os outros componentes de produção avaliados não diferiram. Estes resultados mostraram que a *Azolla* pode ser uma alternativa para fertilizantes químicos para os pequenos produtores envolvidos na produção de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** *Azolla*. Biofertilizante. Arroz. Rendimento. Pequenos produtores.

## 4.1 Introdução

Nos últimos anos, o uso intensivo de produtos químicos em forma de fertilizantes ou pesticidas tem sido desincentivados devidos aos enormes problemas que causam ao meio ambiente, como a degradação dos solos, contaminação da água e influências negativas nos micro-organismos no solo, reduzindo a biodiversidade (Prochnow, 2002).

Face a estes problemas, várias alternativas aos produtos químicos tem sido propostas. Segundo Watanabe (2001), a produção integrada do arroz com *Azolla* pode aumentar a renda dos pequenos produtores, reduzir o uso de pesticidas e fertilizantes, e conseqüentemente, a poluição ambiental. Ainda neste contexto, a *Azolla* pode facilitar a transição para a sustentabilidade do sistema de produção integrada do arroz, devido à sua capacidade de fixação de nitrogénio e suas múltiplas opções de uso como alimento para animais, para além do controlo de infestantes.

Em Moçambique, a maior parte da produção de arroz é feita pelo sector familiar. Os rendimentos médios rondam entre 0.8 a 1.2 ton/ha. Estes rendimentos são considerados baixos em relação ao potencial da produção das variedades melhoradas que variam entre 6 a 7 ton/ha. Isto, deve-se ao manejo inadequado da cultura, à falta de conhecimento sobre tecnologias de baixo custo no cultivo do arroz, défice ou baixa utilização de herbicidas e fertilizantes químicos.

O arroz como uma gramínea apresenta alta resposta ao nitrogénio seguindo a mesma tendência dos demais cereais. Como resultado, o nitrogénio é um nutriente limitante na produção de arroz (Roger *et al.*, 1993) devido à falta de recursos para a sua aquisição pelos pequenos produtores. Todavia, a *Azolla* pode ser usada como fertilizante natural, por viver em associação com *Anabaena Azollae* a qual fixa nitrogénio que pode ser utilizada para outras plantas quando a *Azolla* morre.

No entanto, esta vantagem biológica sobre *Azolla* associada à *Anabaena Azollae*, pela presença da cianobactéria confere grande interesse como biofertilizante em agricultura familiar pela incorporação de nitrogénio nos solos em que é utilizada (Carrapiço *et al.*, 2001). Segundo Fay (1983) a aplicação da *Azolla* durante o cultivo ou a sua incorporação no solo pode aumentar a produção de arroz em, até 30%.

De acordo com Morreira (2009), quando a *Azolla* é inoculada no solo, pode aumentar o conteúdo de nitrogénio em 10-100 kg/ha/ano. O uso de *Azolla* como biofertilizante vem sendo feito em várias partes do mundo como Japão, Vietname, entre outros, em campos de arroz alagados para uma boa produtividade desta cultura (Prochnow, 2002).

Outro problema tem a ver com o alto custo dos fertilizantes químicos e herbicidas que os pequenos produtores não conseguem pagar no acto da transacção dos mesmos. Com isso, tem-se levado aos pesquisadores a encontrarem alternativas económicas e técnicas, para o uso desta alga como biofertilizantes na produção de arroz. Contudo, a presente pesquisa visa os seguintes objectivos:

#### **4.1 Objectivo geral:**

- ✓ Analisar o efeito de diferentes níveis de *Azolla filiculoides* como biofertilizante na produção de arroz irrigado.

#### **4.2 Objectivos específicos:**

- ✓ Determinar a matéria seca na planta de arroz e *Azolla*,
- ✓ Determinar a quantidade de nitrogénio nas plantas de arroz e *Azolla*,
- ✓ Determinar o rendimento e seus componentes.

#### **4.3 Hipóteses da pesquisa:**

- ✓ Ha: *Azolla* não tem nenhum efeito como biofertilizante na produção de arroz
- ✓ Ho: O uso de *Azolla* tem efeito no rendimento do arroz

#### 4.4 Material e métodos

Os aspectos relacionados com a área de estudo, procedimentos para implantação do ensaio no campo (preparação do terreno, viveiro, transplante, análise dos solos, diferentes adubações e a rega), parâmetros relacionados com a colecta de dados de rendimento e suas componentes, percentagem de grãos chochos, altura das plantas, ciclo vegetativo da variedade foram os mesmos do ensaio do capítulo 3.

##### 4.4.1 Desenho experimental:

O ensaio obedeceu o desenho de blocos completos casualizados (anexo 6), com 7 tratamentos e submetidos em 4 repetições (descritos na tabela 4.1 e figura 4.1 - onde ilustra o estagio das plantas submetidas a 6 tratamentos). A variedade usada foi Makassane. Neste estudo, não foi aplicado nenhum herbicida, sendo o controlo de infestantes realizado manualmente. Durante o ciclo da cultura foram realizadas duas mondas. A quantidade de inóculo de *Azolla* foi calculada na base de 6 ton/ha de fito massa. Esta quantidade foi descrita por Lumpkin e Plucknet citado por Abreu (1985) na China.

**Tabela 4.1:** Descrição dos tratamentos

Tratamento (TRT)	Descrição do tratamento
TRT1-Controlo	Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem N
TRT2	90kg/ha de N (padrão usado)
TRT3	Inóculo de <i>Azolla</i> (6 ton/ha de fito massa)
TRT4	60kg/ha de N + inóculo de <i>Azolla</i> (6 ton/ha de fito massa)
TRT5	30kg/ha de N + inóculo de <i>Azolla</i> (6 ton/ha de fito massa)
TRT6	60kg/ha de N
TRT7	30kg/ha de N

O ensaio teve uma área total de 402.5 m<sup>2</sup>(23m\*17.5m) incluindo as bordaduras e separação de canais de rega. Cada repetição tinha um comprimento de 17.5 m, largura de 5 m, com 8 linhas por parcela, num compasso de transplante de 20\*20cm. Os tratamentos foram separados por 0.5 m. Cada repetição estava separado por um canal de rega de 1metro de

largura. A densidade de transplante foi de 2 plântulas por covacho num total de 400 plântulas por talhão totalizando 11.200 plântulas no ensaio.



**Figura 4.1.:** 30kg/ha de N + 6 ton/ha de *Azolla* (A), 6 ton/ha de *Azolla* (B), 60kg/ha + 6 ton/ha de *Azolla* (C), 60kg/ha (D), 30kg/ha (E) e Controlo (F).

#### 4.4.2 Procedimentos para a recolha de dados:

##### 4.4.2.1 Determinação da quantidade de nitrogénio

O conteúdo de nitrogénio foi determinado mediante o total de nitrogénio acumulado na parte aérea das plantas de arroz e *Azolla* na altura em que as plantas floriam e a análise foi feita pelo método Kjeldahl (Westerhout e Bovel, 1985; Tedesco *et al.*, 2000). Em cada tratamento foram colectadas 3 de cada amostras de *Azolla* e de arroz.

As amostras foram colocadas na estufa a 60°C durante 4 dias até ficarem secas. Posteriormente, foram moídas num almofariz. Em seguida, pesou-se 0.1g do material seco moído e deitou-se num tubo de ensaio. Adicionou-se 1g de catalisador ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e de selénio) com ajuda duma espátula e bateu-se ligeiramente para arrastar toda a amostra para o interior do tubo do ensaio.

Posteriormente, adicionou-se 5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> agitando ligeiramente e colocou-se no aparelho de digestão a uma temperatura de 100<sup>0</sup> C durante 1hora. Após este tempo, aumentou-se a temperatura até 200<sup>0</sup>C, 230<sup>0</sup>C durante 1 e 2 horas, respectivamente, até à total digestão do material. Deixou-se arrefecer e pôs-se num tubo de Erlenmeyers, adicionando água destilada para perfazer 50ml de solução.

Os tubos de Erlenmeyers contendo 10ml de ácido bórico a 2% como indicador foram depois colocados no aparelho de digestão, de modo que a extremidade dos condutores mergulhassem no ácido para não perder NH<sub>3</sub>. Em seguida juntou-se e titulou-se 25ml de NaOH a 36% com HCl a 0.01Normal. A quantidade de nitrogénio foi obtida mediante a seguinte fórmula:

$$\text{Nitrogénio (\%)} = ((A-B)*T*1.4*F)/P$$

**Onde:** A= ml de HCl gasto na titulação da amostra; B= ml de HCl gasto na titulação do ensaio em branco; T= normalidade de HCl; Peso da amostra em gramas e F= factor de humidade.

#### 4.4.2.2 Determinação da matéria seca da planta do arroz e da *Azolla*

A matéria seca da parte aérea da planta de arroz (5 amostras de 100g) e toda a planta de *Azolla* (5 amostras de 100g) incluindo as raízes, foram pesadas e em seguida colocadas na estufa para posterior secagem a uma temperatura de 60<sup>0</sup>C, durante 4 dias até alcançar peso constante. Por diferença de pesos, determinou-se o conteúdo de humidade na amostra. A acumulação da matéria seca foi obtida calculando a percentagem do peso seco sobre o fresco (Prochnow, 2002; Talley e Rains, 1980).

#### 4.4.2.3 Relação entre o rendimento e o efeito do nitrogénio

Para análise da resposta do arroz à adubação com o nitrogénio usou-se o pacote estatístico Cropstat com base em Adati *et al* (2006). O modelo de regressão linear foi o seguinte:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i; i = 1, \dots, 5; \beta = 0, \dots, 7;$$

**Onde:** Y = variável resposta de rendimento ocasionada pela incorporação de inóculo de *Azolla* em comparação com os outros tratamentos; X<sub>i</sub> = Efeito do nitrogénio; B<sub>0</sub> e β<sub>1</sub> =

parâmetros do modelo e  $\varepsilon_{ij}$  = Erro, assumido como tendo uma distribuição normal com média zero e a variância constante ( $\sigma^2_{\delta}$ ).

#### **4.4.2.4 Relação entre o rendimento e suas componentes**

A avaliação da relação do rendimento e os componentes do mesmo foi feita por meio da análise de correlação de Pearson e permitiu estimar as componentes mais fortes (> de 80%), moderadamente forte (< de 80% e >= a 60%) e menos forte (< de 60%).

#### **4.4.2.5 Análise estatística dos dados:**

Os dados foram digitados na folha do Excel e em seguida foi feita a análise quantitativa da percentagem de nitrogénio na planta de arroz e de *Azolla*, da matéria seca, do rendimento e suas componentes, altura das plantas, ciclo vegetativo, percentagem de espiguetas cheias e chochas sendo feitas por meio do pacote estatístico CropStat versão 7.2.3, onde-se efectuou a ANOVA e quando se verificou diferenças significativas fez-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. Além de ANOVA, fez-se também a regressão e correlação das variáveis relação entre o rendimento e o efeito do nitrogénio e o rendimento com as suas componentes.

## 4.5 Resultados e discussão

### 4.6.1 Determinação da quantidade de nitrogénio

A tabela 4.2 apresenta os resultados da análise do nitrogénio nas plantas de arroz e *Azolla*. Da observação desta Tabela nota-se que a concentração de nitrogénio variou significativamente entre os tratamentos. O tratamento controlo teve a mais baixa concentração (0.218%) apesar de não ter diferido daquele que recebeu 30kg de N (0.342%).

Quando se utilizou 90 kg/ha de N a concentração de N (0.595%) não diferiu estatisticamente de 60 kg/ha de N + 6ton/ha de *Azolla* (0.550%). Quando se usou somente o inóculo a concentração de N foi de 0.353% não apresentando diferenças significativas com 30 kg/ha de N mais o inóculo (0.418%). Com a mesma tendência, comportavam-se os tratamentos que receberam somente 30 e 60 kg/ha de N, com 0.457 e 0.342%, respectivamente.

**Tabela 4.2.:** Percentagem de nitrogénio nas plantas de arroz e *Azolla*

Tratamento	Descrição do tratamento	% de Nitrogénio/100gr	
		Arroz**	<i>Azolla</i> **
TRT1Controlo	Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem N	0.218 d	-
TRT2	90kg/ha de N (padrão usado)	0.595 a	-
TRT3	6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	0.353 c	0.363 a
TRT4	60kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	0.550 ab	0.495 a
TRT5	30kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	0.418 c	0.485 a
TRT6	60kg/ha de N	0.457 bc	-
TRT7	30kg/ha de N	0.342 cd	-
<b>DMS</b>		<b>7.8</b>	<b>19.5</b>
<b>CV (%)</b>		<b>10.4</b>	<b>19.2</b>

**Leganda:** TRT – tratamento, \*\*-médias seguidas de mesmas letras diferem entre si.

Comparando com os dados de Batten (2002) citado por Ceesay (2004) a concentração de nitrogénio em cultivares de arroz em diferentes fases variam de 3.43 a 3.85 % na fase vegetativa, de 2.03 a 2.56% na iniciação da panícula e 0.62 a 0.69 na colheita, o que mostra que, na fase inicial de crescimento a acumulação de nitrogénio é alta, mas decresce com a idade da planta. Isto pode resultar da translocação de nitrogénio dos órgãos vegetativos para o grão que inicia logo depois da floração. Uma outra parte de carboidratos das partes vegetativas da planta vai se acumulando dentro dos grãos.

#### 4.6.2 Percentagem da matéria seca da planta de Arroz e da *Azolla*

A tabela 4.3. mostra a percentagem de matéria seca tanto da planta de arroz como de *Azolla*. Os dados mostram que não existem diferenças significativas entre a matéria seca nos diferentes tratamentos na planta de arroz, o que quer dizer que os processos metabólicos foram proporcionais para o crescimento e desenvolvimento dos órgãos das plantas (folhas, caule e floração) independentemente do nível de nitrogénio aplicado. Por isso, as plantas do arroz não tiveram diferenças noutras características como a altura das plantas e ciclo vegetativo. A percentagem da matéria seca na planta de *Azolla* foi significativa quando se usou 60kg/ha de N mais o inóculo de *Azolla* (10.8%) comparando com o tratamento de 30 kg/ha de nitrogénio e somente o inóculo (1.4% e 4.0%, respectivamente).

**Tabela 4.3.:** Matéria seca nas plantas de arroz e *Azolla*

Tratamento	Descrição do tratamento	MS Arroz** (%)	MS <i>Azolla</i> ** (%)
TRT1Controlo	Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem N	24.63 a	-
TRT2Controlo	90kg/ha de N (padrão usado)	27.23 a	-
TRT3	6 ton/ha de fitomassa de <i>Azolla</i>	25.97 a	1.4 b
TRT4	60kg/ha de N + 6 ton/ha de fitomassa de <i>Azolla</i>	28.23 a	10.8 a
TRT5	30kg/ha de N + 6 ton/ha de fitomassa de <i>Azolla</i>	27.13 a	4.0 b
TRT6	60kg/ha de N	26.73 a	-
TRT7	30kg/ha de N	26.07 a	-
<b>DMS</b>		<b>4.32</b>	<b>12.93</b>
<b>CV (%)</b>		<b>9.1</b>	<b>7.2</b>

**Legenda:** TRT – tratamento, MS- matéria seca, DMS- diferença mínima significativa e CV- coeficiente de variação. \*\*-médias com mesmas letras não tem diferenças significativas.

Estudos desenvolvidos e citados por Abreu (1985), apontam que a matéria seca da planta de *Azolla* pode alcançar 6.93% do peso seco enquanto que, Lumpkin e Plucknett (1978), reportam que a relação da matéria seca na planta de *Azolla* varia entre 4.8 e 7.7 % mas, os resultados deste estudo mostraram tendências um pouco baixas em relação a esses intervalos principalmente nos tratamentos T3 e 5, embora o T4 superou os resultados obtidos por este autor. O que quer dizer que o nitrogénio adicionado pode ter tido um efeito significativo no crescimento das plantas de arroz e de *Azolla*.

### 4.6.3 Rendimento e suas componentes:

A tabela 4.4 mostra o rendimento e suas componentes nos diferentes tratamentos. Segundo esta tabela, os rendimentos entre os tratamentos TRT2, TRT3, TRT4, TRT5 e TRT6 (4.86, 3.63, 4.28, 3.63 e 3.69 ton/ha, respectivamente) não diferiram entre si, embora os tratamentos TR3, TR5 e TR6 tivessem as mesmas tendências das condições ambientais e abióticas para manter o rendimento. Enquanto que, os TR1 e TR7 (1.96 e 2.79 ton/ha, respectivamente) tiveram, também as mesmas tendências ambientais e abióticas entre si para manter o rendimento similares em relação os TR3, TR5 e TR6. Os tratamentos TRT2 e TRT4 (4.86 e 4.28 ton/ha respectivamente), obtiveram uma maior similaridade entre si, como consequência do rendimento possuir letras iguais.

Segundo Ruschel (1990), mostrou em ensaios que, quando associado *Azolla* em combinação com 80kg/ha de N e 40kg/ha de N, o rendimento pode atingir 8.75 e 7.70 ton/ha embora quando cultivado somente com inóculo da *Azolla*, o rendimento chega a alcançar 6.6ton/ha. Outros resultados similares de rendimento do arroz foram alcançados quando feita uma combinação com *Azolla* (Carapiço, 2000; Watanabe, 1983; Kannayan, 1986; Van Hove, 1989; Gurung, 2005 e Yanni *et al.*, 1994).

O número de panícula por m<sup>2</sup> também mostrou diferenças significativas entre si. Os TRT2, TR3, TRT4, TRT5, TRT6, e TRT7 não diferiram entre si. Os TRT2, TRT4 e TRT5 são altamente significativos entre si devido à similaridade nas letras embora sigam a mesma tendência nos TRT3, TRT6 e TRT7 entre si.

Quanto às outras componentes (número de plantas por m<sup>2</sup>, número de grão por panícula, número de grão cheio, peso de 1000 sementes) não diferiram significativamente entre elas, o que quer dizer que estes parâmetros não interferiram muito no rendimento. Embora não tenha havido diferenças o número de plantas por m<sup>2</sup> houve tendências de aumento do número de grão por panícula nos TRT3, TRT4, TRT5 e TRT6 quando comparado com TRT1 e TRT7. Estudos feitos por Gurung e Prasad (2005) identificaram efeitos similares usando *Azolla* como biofertilizantes em tratamentos com inoculação.

**Tabela 4.4:** Comparação de rendimento e suas componentes pelo teste Tukey, DMS e Coeficiente de variação

Tratamento (TRT)	Componentes de rendimento					Rendimento (ton/ha)**
	N/M	NP/M**	N/G	N/E	P/S(g)	
TRT1-Controlo	22.75a	419.25b	151.05a	78.00a	22.75 a	1.96 c
TRT2	24.25a	647.00a	246.60a	136.98a	22.25 a	4.86 a
TRT3	25.00a	584.50ab	206.175a	116.20a	22.5 a	3.63 ab
TRT4	25.00a	624.50a	204.93a	123.75a	22.25 a	4.28 a
TRT5	25.00a	654.25a	181.08a	107.98a	20.75 a	3.63ab
TRT6	24.75a	530.75ab	208.18a	132.90a	22.25 a	3.69 ab
TRT7	21.75a	571.25ab	171.33a	88.30a	22.25	2.79 bc
<b>DMS</b>	<b>4.71</b>	<b>122.42</b>	<b>71.07</b>	<b>39.96</b>	<b>4.08</b>	<b>943.65</b>
<b>CV (%)</b>	<b>13.20</b>	<b>14.20</b>	<b>24.50</b>	<b>24.00</b>	<b>12.40</b>	<b>17.90</b>

**Legenda:** TRT1- Controlo - sem inóculo de *Azolla* + sem N; TRT2-90kg/ha de N (padrão usado); TRT3-6 ton/ha de fito massa de *Azolla*; TRT4-60kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de *Azolla*; TRT5-30kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de *Azolla*; TRT6-60kg/ha de N e TRT7-30kg/ha de N; N/M- número de plantas por m<sup>2</sup>; NP/M-número de panículas por m<sup>2</sup>; N/G- número de grão por panícula; N/E- número de grão cheio; P/S- Peso de 1000 sementes; DMS- diferença mínima significativa e CV- coeficiente de variação. \*\*-médias com mesmas letras não tem diferenças significativas.

Por outro lado, os resultados deste estudo mostram que o rendimento também foi afectado pela temperatura. Yoshida e Parao (1976), citados por Carmona (2001), constataram que o decréscimo no rendimento de arroz pode atingir 70%, caso as plantas sejam submetidas a baixos níveis de radiação solar, principalmente se esta redução ocorrer nas fases reprodutiva e de enchimento de grãos.



**Figura 4.2:** Colheita do arroz e contagem de número de panículas/m<sup>2</sup>

#### 4.6.4 Relação entre o rendimento e suas componentes

A tabela 4.5 mostra a matriz de correlação de Pearson entre o rendimento e seus componentes. Nesta tabela observa-se que o rendimento correlacionou-se significativamente ( $P < 0,05$ ) com o número de grãos cheios (0.86 forte positiva) e número de grãos por panícula (0.68 moderada e positiva). Isto significa que o rendimento aumenta quando existem mais número de grãos cheios até atingir o ideal da variedade. Mas não houve correlação entre o rendimento e o número de plantas por  $m^2$  provavelmente devido à variação do afilamento nas plantas.

**Tabela 4.5:** Matriz de correlação do rendimento e seus componentes

Variável	REND	N/M	NPM	N/G	N/E	P/S
REND	0.104E+04					
N/M	0.14E-01	0.30E+01				
NPM	0.35+00	0.47E+00	0.11E+03			
N/G	<b>0.68E+00**</b>	-0.47E+00	0.34E-01	0.50E+02		
N/E	<b>0.82E+00**</b>	-0.46E+00	-0.74E-01	0.86E+00	0.31E+02	
P/S	-0.27E-01	0.11E+00	-0.57E+00	-0.27E+00	<b>-0.93E-01</b>	0.25E+01

**Legenda:** N/M- número de plantas por  $m^2$ ; NP/M-número de panículas por  $m^2$ ; N/G- número de grão por panícula; N/E- número de grão cheio; P/S- Peso de 1000 sementes; \*\*-médias com mesmas letras não tem diferenças significativas.

De acordo com Zaffaroni *et al.* (1997), à medida que aumenta o número de plantas por  $m^2$ , os outros componentes do rendimento, particularmente o número de grãos cheios e o número de grão por panícula tendem a decrescer, resultando o baixo o rendimento.

Por outro lado, houve uma relação fraca negativa (-0.27) entre o rendimento e o peso de mil sementes, isto significa que, o peso de mil sementes não contribuí significativamente entre os tratamentos. Ou por outra, a forma, diâmetro e matéria seca do grão teve características uniformes. Segundo dados de Blanco *et al.* (1993), trabalhando com variedades brasileiras mostraram que estes parâmetros aumentaram o rendimento de arroz.

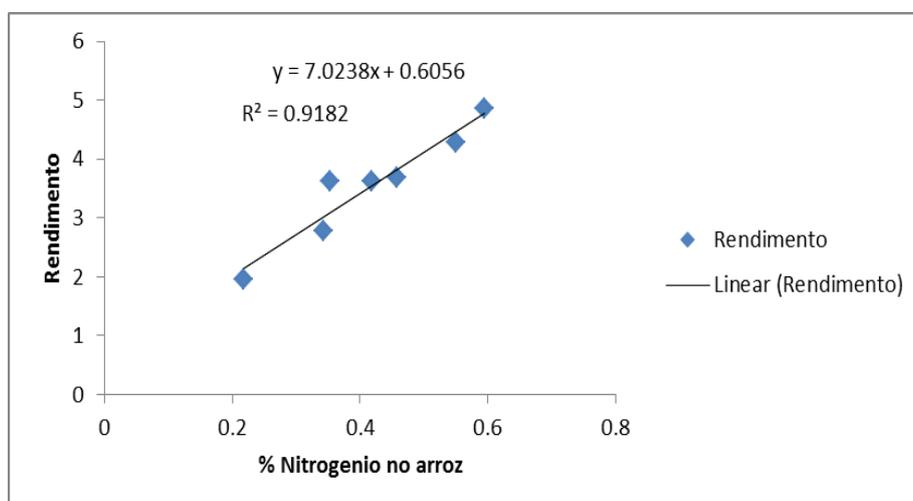
#### 4.6.5 Relação entre o rendimento e o efeito do nitrogénio

O gráfico 4.1 mostra a relação entre o efeito de nitrogénio com o rendimento. O rendimento aumenta com a aplicação de nitrogénio mantendo os restantes constantes, o que significa que este macro nutriente é limitante na produção de arroz. Nota-se também que o rendimento mais alto aconteceu quando a percentagem do mesmo chegou até 0.59 no tratamento com 90kg/ha de N, não diferindo quando usado 60 kg/ha de N + combinado com o 6 ton/h de *Azolla*. O rendimento mais baixo ocorreu quando a percentagem de nitrogénio atinge 0.2 considerando baixa em relação aos outros tratamentos. Portanto, o coeficiente de determinação ( $R^2=0.918$ ) é alto o que ajuda a explicar a forte relação com o rendimento.

Segundo Abreu *et al.* (1985) e Carapiço *et al.* (2000), o uso de *Azolla* no arroz transplantado incrementou a produtividade de grãos em mais de uma tonelada por hectare em relação à testemunha sem nitrogénio. Outros estudos desenvolvidos na Guiné Bissau mostraram aumentos do rendimentos de arroz em cerca de 173% usando 7 ton/ha de *Azolla* combinado com 43.5 kg/ha de N quando comparado com o uso de 87 kg/ha de N.

Este estudo, também mostra que o efeito de nitrogénio pode fazer com que se reduza 30kg/ha do mesmo aumentando cerca de 1.17 ton/ha no rendimento. No entanto, os pequenos produtores que normalmente não conseguem adquirir os fertilizantes químicos eles podem incrementar a produção de arroz usando *Azolla* devido ao facto de ser fonte de nitrogénio diminuindo os custos de compra de fertilizantes químicos.

**Gráfico 4.1:** Relação entre rendimento (ton/ha) e o nitrogénio



#### 4.6.6 Outros dados agronômicos

##### 4.6.6.1 Altura das plantas e ciclo vegetativo da variedade

A altura das plantas e ciclo vegetativo não mostraram diferenças significativas (tabela 4.6 e anexo 1) entre os tratamentos. O efeito de factores abióticos como temperatura, luz e stress de água na fase de crescimento da cultura influenciou significativamente no alongamento da planta e o ciclo da cultura acelerando a fase reprodutiva. Segundo estudos desenvolvidos pelo IRRI (2011) e GCA (2012), a variedade *Makassane* pode atingir cerca de 75 a 82.2cm de altura e pode alcançar o seu ciclo vegetativo entre 130 a 131.3dias. Isso não se verifica neste estudo pelas razões já indicadas no capítulo 3.

**Tabela 4.6.:** Altura das plantas e ciclo vegetativo

Descrição do tratamento	Altura das plantas	Ciclo vegetativo
Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem N	50.65 a	122.5 a
90kg/ha de N (padrão usado)	52.1 a	123 a
6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	52.05 a	123.5 a
60kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	49.95 a	123 a
30kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	52.75 a	122.25 a
60kg/ha de N	53.2 a	124.5 a
30kg/ha de N	52.9 a	123.5 a
<b>DMS</b>	<b>3.51</b>	<b>1.2</b>
<b>CV (%)</b>	<b>6.02</b>	<b>1.65</b>

##### 4.6.6.2 Percentagem de grãos cheios e chochos

A tabela 4.7 mostra a relação entre a percentagem dos grãos cheios e chochas. Da observação da mesma, nota-se que não houve diferenças significativas ao longo dos diferentes tratamentos testados. Contudo, o tratamento contendo 30 e 60kg/ha de nitrogénio mais o inóculo de *Azolla*, tiveram uma tendência de apresentar resultados mais altos do que os outros tratamentos. O que quer dizer que, os rendimentos foram afectados devido à sementeira tardia.

**Tabela 4.7.:** Percentagem de grãos cheios e chochos

Descrição do tratamento	Percentagem de grãos	
	Cheios	Chochos
Sem inóculo de <i>Azolla</i> + sem N	51.50 a	48.50 a
90kg/ha de N (padrão usado)	55.50 a	44.50 a
6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	56.00 a	44.00 a
60kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	63.50 a	43.70 a
30kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de <i>Azolla</i>	63.25 a	36.75 a
60kg/ha de N	61.50 a	38.50 a
30kg/ha de N	51.50 a	48.50 a
<b>DMS</b>	<b>13.23</b>	<b>15.08</b>
<b>CV (%)</b>	<b>15.5</b>	<b>23.4</b>

Este facto se justifica porque a temperatura teve influenciou o desenvolvimento das plantas na fase reprodutiva. Os dados da temperatura (anexo 3) mostram que a temperatura mínima no mês de Abril chegou a atingir 14.9° C coincidindo com a altura da floração. Segundo Carmona (2001) e Yoshiba (1981), um dos fatores que mais afetam o rendimento do arroz é a ocorrência de temperaturas mínimas baixas (inferiores a 17°C) durante o período reprodutivo da planta, por provocar elevados índices de esterilidade das grão. Portanto, os resultados deste ensaio mostram que a temperatura foi prejudicial para a cultura de arroz, o que se pode explicar a alta percentagem de grãos chochos, e conseqüentemente baixo rendimento em relação ao potencial da variedade.

## 4.7 Conclusão

No final do estudo conclui-se o seguinte:

Os pequenos produtores podem usar *Azolla* como alternativa economicamente e viável aos fertilizantes químicos como biofertilizante para aumentar a produtividade do arroz. O cultivo do arroz em combinação com a *Azolla filiculoides* pode contribuir com 0.353% de nitrogénio não diferindo da aplicação de 30kg/ha de N mais inóculo de *Azolla* e os rendimentos apresentam-se iguais.

O rendimento aumentou e não diferiu estatisticamente entre 90kg/ha de N comparando com 60kg/ha mais inóculo de *Azolla*. Os pequenos produtores podem poupar 30kg/ha de N quando aplicado 60kg/ha mais o inóculo.

O rendimento não diferiu entre os tratamentos com 6 ton/da de *Azolla* em relação aos 90kg/da de N, 60 kg/ha + 6 ton/ha de fito massa de *Azolla*, 30kg/ha de N + 6 ton/ha de fito massa de *Azolla* e 60kg/ha de N. Portanto, esta alga tem um papel importante no aumento de rendimentos do arroz para os pequenos produtores. Conclui-se também que não houve diferenças estatísticas entre alturas das plantas e ciclo vegetativo.

## 4.8 Recomendações

Após o estudo recomenda-se que:

- Como *Azolla* contribuiu significativamente na produção de arroz irrigado, os pequenos produtores desta cultura podem usar 60kg/ha de N mais inóculo de *Azolla* ou ainda utilizar, 6 ton/ha de *Azolla filiculoides* como fonte de nitrogênio.
- Se faça vários estudos incluindo outras variedades como tratamentos,
- Se mantenha a *Azolla* com humidade e a água suficiente, durante o crescimento e desenvolvimento da cultura de arroz em combinação para que não haja perturbação biológica.

#### 4.9 Referências bibliográficas

Abreu, C. A., Purcino, J. R. C., Purcino, A. Á. C., 1985. *Azolla*: fonte alternativa de nitrogênio para arroz cultivado em várzeas inundáveis. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), (Boletim Técnico, n. 20). p. 20.

Adati, C., Oliveira, V. A. e Karam, D., 2006. Análise matemática e biológica dos modelos de estimativa de perdas de rendimento na cultura devido à interferência de plantas daninhas. Planta daninha Vol. 24. No.1 Viçosa 200. ISSN 0100-8358. p. 154.

Batten G. D., 2002. Relating minerals in rice shoots and grain to soil tests, yield and grain quality. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia. No 02/101.

Bias, C., Freire, M., Mutondo, J., Mlay, G., Mazuze, F., Tostão, E., Amane, M., Chiconela, T., Amilai, C., Ecole, C. C., Falcão, M., Zacarias, A. e Cuambe, C., 2010. Fichas técnicas de culturas. 1ª Ed. p. 247.

Blanco, P. H., Vida, P., Castro, F. B. e Porto, L. A., 1993. Analisis del crecimiento y componentes de rendimento en cultivares de arroz. In: Reunión da cultura do arroz irrigado, v. 20: p. 74-77.

Blanco, P. H., Vida, P., Castro, F. B. e Porto, L.A., 1993. Analisis del crecimiento y componentes de rendimento en cultivares de arroz. In: Reunión da cultura do arroz irrigado, v. 20, p. 74-77.

Carmona, L. C., 2001. Efeitos associados aos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. P. 1-6.

Carapiço, F., Teixeira, G. e Diniz, A., 2000. *Azolla* as a biofertilizer in Africa. Challenge for the future. Revista de Ciências Agrárias, v. 23: p. 128-138.

Carrapiço, F., Antunes, T., Sevinate-Pinto, I., Teixeira, G., Serrano, R., Baioa, V., Pereira, A. L., Elias, F., Bastos, M., Caixinhas, R., Rafael, T. e Falcão, M., 2001. *Azolla* em Portugal. Ficha técnica. ISBN:972-9412-50-8, p. 16.

Ceesay, M. M., 2004. Management of rice production systems to increase productivity in the abia, West Africa. p. 178.

GCA (Grupo Consultivo de Arroz), 2012. Memórias da IV reunião de Arroz. p. 69

GCA (Grupo Consultivo de Arroz), 2012. Memórias da IV reunião de Arroz. p. 69.

Gurung, S e Prasad, B. N., 2005. *Azolla* and cyanobacteria (bga): potential biofertilizers for rice. Scientific World, Vol. 3, No. 3, p. 85-89.

IRRI, 2011. Relatórios da Campanha agrícola 2008 a 2012. p. 55.

Lumpkin, T. A. and Plucknett, D. L., 1978. *Azolla*: Botany, Physiology, and Use as a Green Manure. Journal Series No. 2294 of the Hawaii Agricultural Experiment Station. This work was in part supported by AID grant/csd 2833. Graduate Student (East West Center grantee) and Professor of Agronomy, respectively, Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. *Economic Botany*,

Moreira, F. M. S., 2009. Maximização de processo biológicos integrada a eficiência no aproveitamento de fertilizantes. Departamento de Ciência do Solo Abisolo. p. 120.

Prochnow, R., 2002. Alternativas tecnológicas para produção integrada de arroz orgânico. p. 124-130.

Roger, P. A.; Zimmerman, W. J. e Lumpkin, T., 1993. A. Microbiological Management of Wetland Rice Fields. In: METTING JR., F. B. (Ed.). Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management. New York: Marcel Dekker. p. 417-428.

Ruschel, A.P., 1990. A *Azolla* e a cultura arrozeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMRAPA, vinculado ao Ministério de Agricultura e Reforma Agrária. Centro Nacional de Pesquisa de arroz e feijão. CNPAF, Goiânia, GO. Circular técnico 25. ISSN0100-8382. p. 17.

Talley , S. N. e Rains, D. W., 1980. *Azolla filiculoides* Lam. as a Fallow-Season Green Manure for Rice in a Temperate Climate. Agronomy Journal, v. 72, No. 1, p. 11-18.

Tedesco, M. J., Volkweiss, S. J. e Bohnen, H., 2000. Análise do solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Departamento de solos/UFRGS. Porto Alegre. p. 133-171.

Watanabe I. and Berja N. S. 1983. The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature. *Aquat. Bot.* v. 15, p. 175–185.

Watanabe, I. 2001. ABC of *Azolla*. Disponível em: <<http://www.asahi-net.or.jp/~it6i-wtnb/Azolla~E.html>> Acesso em: 06 Setembro 2012.

Westerhout F. e Bovel, M., 1985. Métodos de análise química e física de solos em uso no INIA. Instituto Nacional de Investigação Agrícola. Série Terra e Água. Nº 38.

Yoshihara, S., Satake, T. e Mackill, D. S., 1981. High-temperature stress in rice. IRRI. Paper. Serie No.67. Manila. Philippines. p. 1-15.

Zaffaroni, E., Terres, A. L., Bevilaqua, G. A. P., Dias Robaina, A., De Lima, D., Filho, P. M. da S. e Lopes, R., 1997. Análise de caminho nos componentes do rendimento de genótipos de arroz no rio grande do sul. p. 1-7.

**Anexos:**

**Anexo 1:** ANOVA dos parâmetros para avaliação de diferentes níveis de *Azolla* no controle de infestantes na produção de arroz

### 1.1 Determinação da densidade ou abundância de infestantes

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	326.262	108.754	2.21	0.139
Tratamento	4	903.148	225.787	4.58	<b>0.018</b>
Erro	12	591.748	49.3132		
Total(corrigido)	19	1821.16	95.8504		

### 1.2 Índice de cobertura de *Azolla*

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	1799.24	599.748	6.44	<b>0.027</b>
Tratamento	2	68.23	34.116	0.37	0.7077
Erro	6	558.70	93.117		
Total(corrigido)	11	2426.18	220.562		

### 1.3 Quantidade de *Azolla* coberta

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	1799.24	599.748	6.44	<b>0.027</b>
Tratamento	2	68.2317	34.1158	0.37	0.710
Erro	6	558.702	93.1169		
Total(corrigido)	11	2426.18	220.562		

## 1.4 Rendimento (ton/ha)

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	615310	205103	0.58	0.641
Tratamento	4	0.70012E+07	0.175030E+07	4.97	<b>0.014</b>
Erro	12	0.42259E+07	352159		
Total(corrigido)	19	0.11842E+08	623286		

## 1.5 Componentes de rendimento

### 1.5.1 Número de plantas por metro quadrado

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	1.00000	0.333333	1.00	0.428
Tratamento	4	7.20000	1.80000	5.40	<b>0.010</b>
Erro	12	4.00000	0.333333		
Total(corrigido)	19	12.2000	0.642105		

### 1.5.2 Número de panículas por méτρο quadrado

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	148855.	49618.2	4.70	<b>0.022</b>
Tratamento	4	381955.	95488.8	9.04	<b>0.001</b>
Erro	12	126743.	10561.9		
Total(corrigido)	19	657553.	34608.1		

### 1.5.3 Número de grãos por panículas

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	3981.30	1327.10	0.67	0.591
Tratamento	4	6228.97	1557.24	0.78	0.560
Erro	12	23879.93	1989.93		
Total(corrigido)	19	34089.5	1794.18		

### 1.5.4 Número de grãos cheios

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	150.341	50.1138	0.21	0.885
Tratamento	4	539.392	134.848	0.57	0.689
Erro	12	2819.24	234.936		
Total(corrigido)	19	3508.97	184.683		

### 1.5.5 Número de grãos chochos

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	4621.92	1540.64	1.33	0.310
Tratamento	4	7142.78	1785.70	1.55	0.251
Erro	12	13868.1	1155.67		
Total(corrigido)	19	25632.8	1349.09		

### 1.5.6 Peso de mil sementes

ANOVA

<b>Fonte</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrados médios</b>	<b>F calculado</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Repetição</b>	3	19.8000	6.60000	0.93	0.458
<b>Tratamento</b>	4	21.2000	5.30000	0.75	0.581
<b>Erro</b>	12	85.2000	7.10000		
<b>Total(corrigido)</b>	19	126.200	6.64211		

### 1.6 Outros parâmetros:

#### 1.6.1 Ciclo vegetativo

ANOVA

<b>Fonte</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrados médios</b>	<b>F calculado</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Repetição</b>	3	26.5500	8.85000	1.02	0.42
<b>Tratamento</b>	4	4.30000	1.07500	0.12	0.97
<b>Erro</b>	12	103.700	8.64167		
<b>Total(corrigido)</b>	19	1334.55	7.08158		

#### 1.6.2 Altura das plantas

ANOVA

<b>Fonte</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrados médios</b>	<b>F calculado</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Repetição</b>	3	1.86400	0.621334	0.04	0.989
<b>Tratamento</b>	4	12.0080	3.00200	0.19	0.938
<b>Erro</b>	12	190.536	15.8780		
<b>Total(corrigido)</b>	19	204.408	10.7583		

**Anexo 2:** Desenho experimental do ensaio sobre ensaio de controlo de infestantes

	Combro							
<b>Rep. 1</b>	Bordadura	TRT 5	TRT4	TRT2	TRT3	TRT1	Bordadura	
		M	M	M	M	M		
	CR							
<b>Rep. 2</b>	Bordadura	TRT3	TRT5	TRT1	TRT4	TRT2	Bordadura	
			M	M	M	M		
	Combro						CRP	
<b>Rep. 3</b>	Bordadura	TRT4	TRT2	TRT1	TRT5	TRT3		Bordadura
		M	M	M	M	M		
	CR							
<b>Rep. 4</b>	Bordadura	TRT3	TRT4	TRT1	TRT5	TRT2	Bordadura	
		M	M	M	M	M		
	CD							

**Legenda:** Rep.- Repetição, TRT – tratamento, M -Makassane, CR – Canal de rega, CRP - canal de rega principal, CD - canal de drenagem

**Anexo 3:** Dados meteorológicos da Temperatura mínima, máxima e Precipitação durante os meses de Janeiro a Junho

Década	Temperatura											
	Janeiro		Fevereiro		Marco		Abril		Maio		Junho	
	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima
01 a 10	22.0	33.7	21.7	31.3	21.9	30.5	18.0	28.8	13.7	27.6	13.8	29.8
11 a 20	22.2	29.5	22.6	32.4	19.5	31.6	<b>17.6</b>	27.56	<b>14.4</b>	30.2	<b>9.7</b>	26.7
21 a 31	21.6	34.3	16.8	25.1	23.1	30.0	<b>14.9</b>	28.72	<b>15.2</b>	29.9	<b>11.4</b>	30.4
<b>Média</b>	22.0	32.5	20.4	29.6	21.5	30.7	16.8	28.4	29.2	14.5	11.6	29.0
<b>Média mensal</b>	<b>27.2</b>		<b>25.0</b>		<b>26.1</b>		<b>22.6</b>		<b>21.9</b>		<b>20.3</b>	
<b>Precipitação</b>	<b>297.7</b>		<b>136.1</b>		<b>74.4</b>		<b>46.7</b>		<b>0.6</b>		<b>0.0</b>	

**Anexo 4:** Resultados de análise do solo

No.	cmol/kg d solo									Soma	PST	ms/cm				
	calcio	Mg	K	Na	soma de bases	H KCL	AL KCL	CTC ef	CTC-ef 100gr argila			AL/CTC-ef	Bases CTC-ef	Na CTC-ef	Ca/Mg	Mg/K
1	7.81	3.91	0.94	0.5	13.16	0	0	13.16	0.81	0	100	3.8	2	4.16	12.47	0.65
2	9.42	5.22	1.74	0.66	17.04	0	0	17.04	0.83	0	100	3.87	1.8	3	8.41	0.65
3	8.68	4.93	1.6	0.62	15.83	0	0	15.83	0.79	0	100	3.92	1.76	3.08	8.51	0.6
<b>Média</b>	<b>8.64</b>	<b>4.69</b>	<b>1.43</b>	<b>0.59</b>	<b>15.34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15.34</b>	<b>0.81</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>3.86</b>	<b>1.85</b>	<b>3.41</b>	<b>9.80</b>	<b>0.63</b>

No.	ph	Ph	ppm P	% N			% Argila			Classe textura	Limo/ Argila	Areia grossa	Areia fina
	água	KCL	Olsen	m.o.	total	C/N	Areia	Limo	Argila				
1	7.1	6.15	44.33	2.36	0.11	12.4	58.9	24.8	16.3	FA	1.5	7.2	51.7
2	7.46	6.28	51.33	2.72	0.08	19.7	47.3	32.2	20.5	FA	1.6	5.5	41.8
3	7.4	6.06	72.33	2.34	0.11	12.3	52.1	27.9	20	FA	1.4	8	44.1
<b>Média</b>	<b>7.32</b>	<b>6.16</b>	<b>56.00</b>	<b>2.47</b>	<b>0.1</b>	<b>14.83</b>	<b>52.77</b>	<b>28.3</b>	<b>18.93</b>		<b>1.5</b>	<b>6.9</b>	<b>45.87</b>

**Anexo 5:** ANOVA dos parâmetros para avaliação do efeito da *Azolla* como biofertilizante na produção de arroz

### 5.1 Quantidade de nitrogénio na planta de arroz

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	2	506.167	253.083	13.22	0.001
Tratamento	6	3003.48	500.579	26.16	0.000
Erro	12	229.667	19.1389		
Total(corrigido)	20	3739.31	186.965		

### 5.2 Quantidade de nitrogénio na planta de *Azolla*

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	2	257.056	128.528	1.73	0.287
Tratamento	2	330.056	165.028	2.22	0.224
Erro	4	296.778	74.1944		
Total(corrigido)	8	883.889	110.486		

### 5.3 Matéria seca na planta de arroz

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	2	58.8426	29.4213	1.18	0.342
Tratamento	6	128.527	21.4211	0.86	0.552
Erro	12	299.790	24.9825		
Total(corrigido)	20	487.160	24.3580		

## 5.4 Matéria seca na planta de *Azolla*

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	2	78.672	39.3358	1.21	0.390
Tratamento	2	140.682	70.3408	2.16	0.232
Erro	4	130.522	32.6304		
Total(corrigido)	8	349.875	43.7344		

## 5.5 Outros parâmetros agronômicos

### 5.5.1 Alturas das plantas

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	85.8628	28.6209	2.93	0.61
Tratamento	6	35..3086	5.88476	0.60	0.727
Erro	18	175.937	9.77429		
Total(corrigido)	27	297.109	11.0040		

### 5.5.2 Ciclo vegetativo da cultura

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	18.1071	6.03571	2.81	0.068
Tratamento	6	13.3571	2.22619	1.04	0.435
Erro	18	38.6429	2.14683		
Total(corrigido)	27	70.1071	2.59656		

## 5.6 Rendimento e seus componentes

### 5.6.1 Rendimento

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	189094	63031.3	0.16	0.924
Tratamento	6	0.215315E+08	0.358858E+07	<b>8.89</b>	<b>0.000</b>
Erro	18	0.726289E+07	403494.		
Total(corrigido)	27	0.289835E+08	0.107346E+07		

### 5.6.2 Número de panículas por m<sup>2</sup>

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	89345.9	29782.0	<b>4.39</b>	<b>0.017</b>
Tratamento	6	112015	18669.2	<b>2.75</b>	<b>0.045</b>
Erro	18	122242	6791.23		
Total(corrigido)	27	323603	11985.3		

### 5.6.3 Número de plantas por m<sup>2</sup>

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	118.639	39.5462	<b>2.77</b>	<b>0.071</b>
Tratamento	6	123.568	20.5947	1.44	0.253
Erro	18	256.941	14.2745		
Total(corrigido)	27	499.148	18.4870		

#### 5.6.4 Número de grão por panícula

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	33	2143.40	714.468	0.31	0.818
Tratamento	6	22971.5	3828.58	1.67	0.185
Erro	18	41199.0	2288.83		
Total(corrigido)	27	66313.9	2456.07		

#### 5.6.5 Número de grãos cheios

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	1942.77	647.590	0.89	0.465
Tratamento	6	11800.6	1966.77	2.72	0.0465
Erro	18	13025.9	723.660		
Total(corrigido)	27	26769.3	991.454		

#### 5.6.6 Peso de mil sementes

ANOVA

Fonte	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado	Probabilidade
Repetição	3	19.7143	6.57143	0.87	0.476
Tratamento	6	9.92857	1.65476	0.22	0.964
Erro	18	135.786	7.54365		
Total(corrigido)	27	165.429	6.12698		

**Anexo 6:** Desenho experimental

Combro									
<b>Rep. 1</b>	Bordadura	TRT7	TRT4	TRT6	TRT5	TRT3	TRT2	TRT1	Bordadura
Canal de rega									
<b>Rep. 2</b>	Bordadura	TRT4	TRT1	TRT3	TRT7	TRT5	TRT6	TRT2	Bordadura
Combro									
<b>Rep. 3</b>	Bordadura	TRT3	TRT4	TRT1	TRT6	TRT7	TRT5	TRT2	Bordadura
Canal de rega									
<b>Rep. 4</b>	Bordadura	TRT2	TRT3	TRT4	TRT6	TRT1	TRT5	TRT7	Bordadura
Canal de drenagem									

Canal de rega

**Legenda:** Rep.- repetição, TRT – tratamento