



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL**  
**CURSO DE PRODUÇÃO VEGETAL**

**Avaliação da eficiência da Adubação Orgânica e uso de feijão  
nhemba como fixador de nitrogénio no rendimento do trigo**

**Norberto Armando Guilengue**

Maputo, Dezembro de 2013



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL**  
**CURSO DE PRODUÇÃO VEGETAL**

**Avaliação da eficiência da Adubação Orgânica e uso de feijão  
nhemba como fixador de nitrogénio no rendimento do trigo.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Produção Vegetal

**Norberto Armando Guilengue**

**Supervisor: Professor Doutor Inácio Maposse**

## **DEDICATÓRIA**

Em memória do meu pai Armando Armindo Taula Guilengue, a quem devo a paixão pela ciência e o desejo de buscar e trilhar novos caminhos.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro, por minha honra, que este trabalho de mestrado nunca foi apresentado na sua essência ou parte dela para a obtenção de qualquer grau acadêmico. Este é resultado da pesquisa realizada no campo e da pesquisa bibliográfica, estando indicadas as fontes utilizadas no texto e na bibliografia.

---

(Norberto Armando Guilengue)

Maputo aos \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013

## Índice

DEDICATÓRIA .....	i
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ii
LISTA DE TABELAS .....	vii
ANEXOS .....	x
AGRADECIMENTOS .....	xi
RESUMO.....	xii
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Problema de estudo .....	3
1.1.1 Hipótese .....	5
1.2. Objectivos .....	6
1.2.1. Geral.....	6
1.2.2. Específicos:.....	6
II. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Origem do trigo.....	7
2.2. Morfologia do trigo.....	7
2.3. Importância do trigo.....	7
2.4.Exigência edafoclimática do trigo .....	8
2.4.1.Clima.....	8
2.4.2. Solos.....	8
2.5. Estágios fenológicos do trigo.....	8
2.6. Componentes do rendimento em trigo.....	10
2.7. Nitrogénio e suas funções .....	11
2.8. Nitrogénio na expressão dos componentes de produção .....	12
2.9. Sistemas de cultivo; relação Carbono/Nitrogénio.....	13
2.10. Dinâmica do nitrogénio no solo.....	14
2.10.1. Mineralização ou Amonificação .....	14
2.10.2 Nitrificação .....	15
2.10.3 Desnitrificação .....	15
2.10.4 Perdas de Nitrogénio: Volatilização e Lixiviação .....	16
2.10.5 Formas preferenciais de assimilação do nitrogénio nas plantas .....	16
2.10.6 Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e sua actividade redutase nos nódulos .....	16
2.10.7 Assimilação do Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).....	17
2.10.8 Assimilação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	17

2.11. Doses de nitrogénio no desenvolvimento das plantas de trigo .....	18
2.12. Nutrientes e sua importância para as plantas .....	18
2.12.1. Funções dos nutrientes .....	18
2.12.2. Sintomatologia da deficiência de nutrientes .....	20
2.12.3. Absorção, transporte e redistribuição de nutrientes .....	21
2.13. Necessidades de Nutrientes nas plantas .....	22
2.13.1. Exigências nutricionais das culturas .....	22
2.13.2. Necessidades de nutrientes no trigo .....	22
2.13. Época de aplicação do nitrogénio .....	23
2.14. Potencial produtivo do trigo.....	24
2.14.1. Produção mundial do trigo.....	25
2.14.2. Produção, consumo e importação do trigo na África Sub Sahariana.....	25
2.14.3. Produção de trigo em Moçambique .....	26
2.14.4. Regiões agroclimáticas para o cultivo do trigo em Moçambique.....	26
2.15. Feijão nhemba.....	26
2.15.1. Produção de feijão nhemba no mundo.....	28
2.15.2. Produção de feijão nhemba em Moçambique .....	28
2.15.3. Importância da Fixação Biológica de Nitrogénio .....	29
2.15.4. A Fixação Biológica de Nitrogénio em Feijão nhemba.....	29
2.15.5. Respostas de estirpes a FBN em feijão nhemba .....	30
2.15.6. Diferença do Nitrogénio Total do Sistema Solo-planta.....	30
2.15.7. Factores que afectam a nodulação .....	30
2.16. Adubos Orgânicos.....	32
2.16.1. Esterco bovino .....	34
2.16.2. Cama de frango .....	36
2.17. Uso de fertilizantes em Moçambique .....	37
2.17.1. Acesso a fertilizantes .....	38
<b>III. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1. Características da área de estudo .....	39
3.1.2. Descrição do clima e do solo do Chókwè.....	40
3.2. Preparação do solo .....	40
3.3. Rega .....	41
3.4. Controlo de infestantes .....	41
3.6. Colheita.....	41

3.7. Variedade usada .....	42
3.8. Delineamento experimental .....	42
3.9. Tratamentos.....	42
3.9.2. Aplicação dos tratamentos .....	43
3.10. Amostragens .....	43
3.10.1. Análises do solo e dos materiais .....	43
3.12. Variáveis avaliadas: .....	44
3.13. Análise económica.....	47
3.13.1. Custo total da produção do trigo .....	47
3.13.2. Receita Bruta.....	47
3.13.3. Margem Bruta .....	47
3.13.4. Relação custo/benefício .....	48
3.14. Análise estatística.....	48
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
4.1. Afilhamento .....	49
4.2. Altura da folha e da panícula .....	50
4.2.1 Relação entre dose de nitrogénio e altura .....	52
4.3. Número de Panículas .....	53
4.4. Número de grão por panícula.....	53
4.4.1 Relação entre dose de nitrogénio e número de grãos por panícula.....	54
4.5. Rendimento .....	55
4.5.1 Relação entre dose de nitrogénio e rendimento .....	57
4.6. Peso de 1000 sementes.....	58
4.6.1. Relação entre dose de nitrogénio e peso de 1000 sementes.....	59
4.7. Acamamento .....	60
4.8. Matéria Seca Total .....	61
4.8.1. Relação entre dose de nitrogénio e matéria seca total .....	62
4.9. Análise de contrastes.....	63
4.10. Relação entre a produtividade e as variáveis estudadas.....	65
4.11. Regressão linear múltipla.....	66
4.12. Conteúdo de macronutrientes nos grãos de trigo .....	66
4.12.1. Nitrogénio .....	67
4.12.2. Cálcio .....	69
4.12.3. Magnésio.....	70

4.12.4. Potássio .....	71
4.12.5. Fósforo .....	73
4.13.1. Relação entre doses de nitrogénio e Eficiência Agronómica.....	77
4.13.2. Relação entre doses de nitrogénio e Eficiência Fisiológica.....	78
4.13.3. Relação entre doses de nitrogénio e Eficiência Agrofisiológica .....	79
4.13.4. Relação entre doses de nitrogénio e Eficiência de Recuperação .....	80
4.13.5. Relação entre doses de nitrogénio e Eficiência de Utilização .....	81
4.14. Teores de nutrientes no solo após a fixação de nitrogénio .....	82
4.15. Análise económica da produção do trigo.....	84
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	86
5.1. Conclusões .....	86
5.2. Recomendações.....	86
VI. Referência Bibliográfica.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Macro e micronutrientes essenciais para as plantas.....	19
Tabela 2: Funções dos nutrientes nas plantas .....	19
Tabela 3: Sintomatologia da deficiência de nutrientes nas plantas.....	21
Tabela 4: Necessidades de nutrientes em função das variedades .....	23
Tabela 5: Produção mundial do Feijão nhemba em toneladas no período de 2006 a 2009.....	28
Tabela 6: Proveniência dos Fertilizantes mais usados em Moçambique.....	38
Tabela 7: Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio.....	43
Tabela 8: Análise de variância para a variável afilhamento .....	49
Tabela 9: Análise de variância da altura da folha .....	50
Tabela 10: Análise de variância da altura da panícula.....	50
Tabela 11: Comparação de médias dos tratamentos .....	51
Tabela 12: Análise de variância para a variável panícula.....	53
Tabela 13: Análise de variância do número de grão por panículas .....	53
Tabela 14: Média do número de grãos por panículas/m <sup>2</sup> .....	54
Tabela 15: Análise de variância de rendimento .....	56
Tabela 16: Médias de rendimento em Kilograma.....	57
Tabela 17: ANOVA de peso médio de 1000 sementes.....	58
Tabela 18: Comparação de médias de peso de 1000 sementes.....	59
Tabela 19: Análise de Variância da Matéria Seca Total.....	61
Tabela 20: Comparação de médias da matéria seca total .....	61
Tabela 21: Comparações das médias dos contrastes nas variáveis Altura da planta até a folha (ALTF), Altura da planta até a panícula (ALTP), Número de grãos /panícula (NGP), peso de 1000 sementes (PMS), Matéria Seca (MS) e Rendimento (REND).....	64
Tabela 22: Correlação de Pearson entre as variáveis altura da planta, número de grãos por panícula, número de panículas, afilhamento com o rendimento .....	65
Tabela 23: ANOVA da regressão múltipla.....	66
Tabela 24: ANOVA do teor de nitrogénio.....	67
Tabela 25: Comparação de médias de teor de nitrogénio .....	68
Tabela 26: ANOVA do teor de Cálcio.....	69
Tabela 27: Comparação de médias do teor de Cálcio.....	70
Tabela 28: ANOVA do teor de Magnésio .....	70
Tabela 29: Comparação de médias do teor de Magnésio .....	71

Tabela 30: ANOVA do teor de Potássio nos grãos.....	71
Tabela 31: Comparação de médias de teor de Potássio .....	72
Tabela 32: ANOVA do teor de Fósforo nos grãos .....	73
Tabela 33: Comparação de médias de teor de Fósforo .....	74
Tabela 34: Afilhamento, altura até a folha e panícula, número de panículas, número de grãos por panícula, rendimento e os respectivos CV .....	76
Tabela 35: Resultados de análise de solos antes da sementeira do feijão nhemba e aplicação de cama de frango e esterco bovino.....	82
Tabela 36: Resultados de análise de solos, após a sementeira de feijão nhemba e aplicação de cama de frango e esterco bovino .....	83
Tabela 37: Análise económica da produção do trigo em função de cada tratamento.....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção mundial de trigo de 2001 a 2010.....	25
Figura 2: Produção, consumo e importação do trigo na África Sub Sahariana.....	26
Figura 3: Mapa do Distrito de Chókwè.....	39
Figura 4: Dados climáticos durante o período de ensaio.....	40
Figura 5: Identificação de afillhos de trigo adaptada de Masle (1985).....	44
Figura 6: Efeito dos tratamentos sobre a altura.....	52
Figura 7: Efeito da densidade sobre a altura.....	52
Figura 8: Efeitos dos tratamento sobre o número de grãos por panícula.....	55
Figura 9: Efeito dos tratamentos sobre a altura.....	55
Figura 10: Efeito dos tratamentos sobre o rendimento.....	57
Figura 11: Efeito da densidade sobre o rendimento.....	58
Figura 12: Efeito dos tratamentos sobre o peso de 1000 sementes.....	59
Figura 13: Efeito da densidade sobre o peso de 1000 sementes.....	60
Figura 14: Efeito dos tratamentos na produção da matéria seca.....	62
Figura 15: Efeito da densidade na produção da matéria seca.....	62
Figura 166: Relação doses de nitrogénio e teor de nitrogénio nos grãos.....	68
Figura 17: Relação densidade de plantas e o teor de nitrogénio nos grãos.....	69
Figura 18: Relação dose de nitrogénio e acumulação do teor de K, Ca e Mg nos grãos de trigo. ..	73
Figura 19: Relação densidade de plantas e acumulação do teor de K, Ca e Mg nos grãos de trigo.	73
Figura 20: Efeito dos tratamentos na acumulação de fósforo nos grãos.....	75
Figura 21: Relação densidade de plantas e acumulação do teor de P nos grãos de trigo. ....	75
Figura 22: Efeito da dose de N na Eficiência Agronómica.....	77
Figura 23: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Agronómica.....	77
Figura 24: Efeito da dose de N na Eficiência Fisiológica.....	78
Figura 25: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Fisiológica.....	78
Figura 26: Efeito da dose de N na Eficiência Agrofisiológica.....	79
Figura 27: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Agrofisiológica.....	79
Figura 28: Efeito da dose de N na Eficiência de Recuperação.....	80
Figura 29: Efeito da densidade de plantas na Eficiência de Recuperação.....	80
Figura 30: Efeito da dose de N na Eficiência de Utilização de N.....	81
Figura 31: Efeito da densidade de plantas na Eficiência de Utilização de N.....	81

## **ANEXOS**

Anexo 1: Verificação da normalidade dos dados .....	117
Anexo 2: Verificação da homogeneidade de variâncias.....	119
Anexo 3: Análise da correlação entre as variáveis .....	122
Anexo 4: Análise de variância dos contrastes.....	123
Anexo 5: Regressão linear múltipla.....	127
Anexo 6: Resultados da análise do teor de N, P, K, Ca e Mg nos grãos .....	127
Anexo 7: Resultados da análise do teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas .....	128
Anexo 8: Custo para a produção do trigo .....	129
Anexo 9: Layout do ensaio .....	132

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela sua presença constante em minha vida nos momentos felizes e tristes e pela orientação nas decisões iluminando o meu caminho, dando-me força, coragem e saúde para seguir em frente.

Meus profundos agradecimentos, em especial, vão para o meu supervisor, Professor Doutor Inácio Calvino Maposse, pela orientação, compreensão, ensinamentos e pela valiosa oportunidade e amizade em todas as etapas de realização deste trabalho.

Agradecimentos especiais vão para os meus familiares, em especial aos meus pais, Armando Armindo Taula Guilengue (*in memoriam*) e Rosa Fernando Nhabete, que sempre serão parte dessa história, pelo amor, carácter, carinho e atenção prestada em toda a caminhada académica e aos meus irmãos, pela confiança, compreensão e pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis.

A todos os docentes da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, em especial aos Professores Tomás Chiconela, Rogério Chiulele e Ivone Muocha, que compartilharam os seus conhecimentos, ideias, amizade e sugestões sempre oportunas que contribuíram para mais um passo da minha formação.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação que transformaram o ambiente de estudo em agradáveis momentos de crescimento profissional – Domingos Cossa, Janete Americano, Lizarda Cossa, Lídia Fernandes, Dirce Madeira, Dade Rebocho, Crimildo Cassamo, Arménio Cangela, Luís Comissário e José Chamissanga. Serão sempre lembrados com muito júbilo.

À *Alliance for Green Revolution in Africa* (AGRA) pela bolsa concedida e aos coordenadores de bolsas de AGRA em Moçambique, Professor Doutor Inácio Calvino Maposse e Professor Doutor Tomás Chiconela pela oportunidade. Meu cordial agradecimento.

Aos meus colegas do ISPG, pela força transmitida e encorajamento em especial ao dr. Domício Guambe e aos meus estudantes Anastácio Tafula, António Cuna, Chilton Mazuze e Jorge Camacho, muito obrigado.

A todos os que de alguma forma, directa e indirectamente, contribuíram para esta conquista.

## RESUMO

O presente estudo foi realizado no distrito de Chókwè, de Novembro de 2011 a Setembro de 2012, nos campos da Estação Agrária de Chókwè pertencentes ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, na qual foi feito o ensaio usando a cultura de trigo (variedade Nduna). O mesmo teve como objectivo avaliar o desempenho agronómico do trigo submetido a diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada (esterco bovino, cama de frango e nitrogénio fixado biologicamente pelo feijão nhemba). Para o efeito, foram testados 8 tratamentos: T1-sem fertilização (0 Kg N/ha), T2-feijão nhemba à densidade de 55555 plantas/ha, T3-cama de frango à dose de 1458Kg/ha (35 Kg N/ha), T4- esterco bovino à dose de 1750Kg/ha (35 Kg/ha de N), T5-feijão nhemba à densidade 111111 plantas/ha, T6-NPK à dose de 150Kg/ha+108Kg de ureia, totalizando 70 Kg N/ha, T7- cama de frango à dose de 2916Kg/ha (70 Kg N/ha) e T8- esterco bovino à dose de 3500Kg/ha (70 Kg N/ha). As variáveis analisadas foram: afilhamento, altura das plantas, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula, rendimento, peso de 1000 sementes, acamamento e matéria seca. Os dados foram submetidos ao pacote estatístico *GenStat Discovery Edition 4* para avaliar se existem diferenças significativas no rendimento do trigo submetido a diferentes fontes e doses de nitrogénio. Os resultados do estudo mostraram haver uma influência significativa dos tratamentos nas variáveis altura das plantas, número de grãos por panícula, rendimento, peso de 1000 sementes e na matéria seca. Os maiores rendimentos foram verificados no tratamento T8, com cerca de 3532Kg/ha, seguindo pelo tratamento T6, com rendimento estimado 3349Kg/ha, o que, conseqüentemente, levou a um elevado retorno económico destes tratamentos na ordem dos 10312.00Mt e 5773.00Mt, respectivamente. O menor rendimento foi registado no tratamento T1, com cerca de 1368,23 Kg/ha. Quanto ao teor de macronutrientes nos grãos, a maior concentração de nitrogénio foi verificada no tratamento T6 e as maiores concentrações de Potássio, Magnésio e Cálcio foram verificados nos tratamentos T3, T4 e T5, respectivamente.

**Palavras-chave:** trigo, eficiências e doses de nitrogénio, rendimento.

## I. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é a segunda maior cultura de grãos mais produzida no mundo, sendo superado apenas pelo milho em cerca de 1,050% (Agroclubes, 2007; Collares, 2008). Apesar do aumento crescente a nível mundial, Moçambique ainda está longe de garantir auto-sustento na produção do trigo, mesmo possuindo condições edafoclimáticas adequadas para atingir patamares mais elevados no rendimento e na qualidade de grãos (MINAG, 2008).

Um dos factores que mais concorrem para esta situação é a baixa taxa de utilização de fertilizantes, devido à fraca capacidade financeira dos agricultores (MINAG, 2008). Para contornar este cenário, várias são as práticas utilizadas como alternativa a fertilizantes minerais visando a reposição dos nutrientes extraídos pelas plantas, ajudando na fertilização e na recuperação de solos degradados, através do fornecimento de nitrogénio (N), usando adubação orgânica e cultivo de leguminosas capazes de fixar nitrogénio do ar atmosférico (Santos, 2010).

A adubação orgânica e cultivo de plantas fixadoras de nitrogénio no solo, aliada à incorporação dos respectivos resíduos vegetais destacam-se pela possibilidade de fornecer todos os elementos requeridos pelas plantas (Kiehl, 1985; Marschener, 1995), além de apresentar viabilidade económica e disponibilidade, principalmente em pequenas propriedades rurais (Streck *et al.*, 2008).

Deste modo, os adubos orgânicos têm-se revelado pelo seu potencial fertilizante devido ao seu elevado teor de matéria orgânica e à presença de nutrientes essenciais às plantas. A sua utilização tem sido vista como opção para a redução dos custos de produção e o uso contínuo melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Gliessman, 2000) substituindo, em parte ou totalmente, os fertilizantes minerais (Konzen, 2005; Ceretta *et al.*, 2005), contribuindo para o aumento da produtividade agrícola.

A adubação orgânica baseada em leguminosas é de extrema importância pois, para além de algumas das suas espécies serem utilizadas na alimentação humana e/ou animal (APG II, 2003), estas podem ser aplicadas na recuperação de solos degradados pela acção de suas raízes e deposição de matéria orgânica com elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das culturas. Evidentemente que algumas dessas espécies são bem mais eficientes do que outras. A maioria das leguminosas possui a capacidade de fixar o nitrogénio

do ar em simbiose com bactérias do género *Rhizobium*, tornando-o disponível para as plantas (Franco e Campelo, 2005).

## 1.1.Problema de estudo

O trigo é um dos cereais pouco produzidos pelo sector familiar em Moçambique e a actual produção não consegue suprir a demanda, resultando na especulação e no encarecimento dos seus derivados. Os rendimentos médios estão estimados em 1.3 ton/ha (MINAG, 2009), muito abaixo do rendimento potencial de 3 ton/ha, relatado pelo MINAG (2008) na sua carta tecnológica para a variedade Nduna. Estudos feitos por MINAG (2009) apontam para a redução da produção dos 15879000 Kg para 13605000 Kg, respectivamente. Em 2008 o país produzia cerca de 5% das necessidades nacionais de trigo e em 2009 a produção baixou 14% e em 2010 a produção voltou a declinar para 10000000 Kg (FAO, 2012), em 2011 a produção registou uma ligeira subida, 12000000 Kg, como resultado do aumento das áreas de cultivo (MINAG, 2011). Em parte, isto deve-se ao facto de o sector familiar, principal produtor de alimentos para os mais de 20 milhões de habitantes (Nuvunga, 2006) apresentar limitações económicas e explorações agrícolas caracterizadas pela contínua redução dos seus rendimentos devido à falta de práticas que visam a fertilização dos solos ou reposição dos nutrientes retirados pelas plantas, culminando com a deterioração das características dos solos em decorrência da redução dos teores de matéria orgânica e dos nutrientes (Perez-Marin *et al.*, 2006).

Segundo TIA (2002), no sector familiar, apenas cerca de 3.7% dos agricultores utilizam fertilizantes. De acordo com IFDC (2011), Moçambique apresenta a mais baixa taxa de uso de fertilizantes na África Austral com uma média anual de 25000Kg e cerca de 4Kg/ha, estando longe da média africana e das metas de Abuja, que são 8Kg/ha e 50Kg/ha, respectivamente. Este fenómeno propicia a baixa produção e produtividade do trigo e causa oscilações frequentes na oferta, criando um ambiente susceptível à manipulação do preço, resultando no aumento do custo de vida e alteração do padrão de consumo.

O aumento crescente do preço e do consumo dos derivados do trigo no país, tem pressionado o governo a adoptar novas estratégias e imprimir uma nova dinâmica, visando uma celeridade na sua produção, através de programas de estímulo à produção de trigo e desafiando os investigadores a encontrar tecnologias ajustáveis à realidade do sector familiar, permitindo-lhes a optimização dos seus rendimentos em suas explorações agrícolas, em especial na produção de trigo.

Em várias regiões do mundo são reportados casos de sucessos do aproveitamento dos adubos orgânicos no aumento dos rendimentos e na estabilidade dos sistemas de produção, bem como

na maximização da eficiência produtiva e redução dos custos (Espíndola *et al.*, 1997). Em todo o mundo o interesse pelo uso de resíduos de animais (esterco bovino e cama de frango) e vegetais (nitrogénio fixado biologicamente por leguminosas) na produção de culturas tem vindo a aumentar nos últimos anos (Wietholter, 1994). Isso deve-se, principalmente, aos altos custos dos adubos químicos ao impacto negativo que têm causado ao ambiente (Souza, 2001).

Estudos feitos por Barcellos (2005), constataram que o uso de resíduos animais aumenta os rendimentos entre 9 a 25% em relação à não aplicação de fertilizante. Um outro estudo feito por Melo *et al.* (2007) revelou maior potencial dos resíduos animais com o aumento dos rendimentos entre 85 e 101%. Santos (2009) obteve 47.26% no rendimento com a aplicação de 4000Kg/ha de cama de frango. Reina *et al.* (2010) obtiveram um rendimento de 3053Kg/ha com a aplicação de 10000Kg/ha de esterco bovino, representando um incremento na produção na ordem de 42.64%.

Trabalhos desenvolvidos por Martins *et al.* (2003) revelam que a fixação biológica do nitrogénio resultou na obtenção de rendimentos de grão de, aproximadamente, 700Kg/ha, sendo semelhante ao obtido na adubação mineral na dose de 50Kg N/ha. Ensaio conduzidos por Lacerda *et al.* (2004) e Soares *et al.* (2006) apontam para um aumento dos rendimentos, entre 1000 e 1400Kg/ha com a fixação biológica do nitrogénio, tendo sido reportado similaridade na dose de 70Kg/ha de adubação com ureia 46%.

Apesar do reconhecimento mundial da importância do uso dos esterco bovinos, da cama de frango e leguminosas fixadoras de nitrogénio no aumento da produção e produtividade, os rendimentos obtidos pelos agricultores moçambicanos são baixos, embora o país possua potencialidades diversificadas no que concerne a fontes de adubos orgânicos (MINAG, 2008).

Nessas condições, a reversão da situação actual de baixa produção de trigo e baixa fertilidade dos solos passa, necessariamente, pelo reforço da capacidade tecnológica do produtor do sector familiar através da busca de alternativas aos fertilizantes minerais. Neste aspecto, o esterco bovino, a cama de frango e leguminosas fixadoras de nitrogénio biológico como o feijão nhemba, constituem insumos naturais, de baixo custo e de fácil acesso nas zonas rurais (Streck *et al.*, 2008). Para que, futuramente, estes materiais sejam utilizados pelos agricultores moçambicanos em seu próprio benefício e de forma segura e racional, urge a realização de pesquisas visando a produção de recomendações e a determinação das doses ideais que proporcionam maior desempenho agronómico na cultura de trigo.

### **1.1.1 Hipótese**

O uso do esterco bovino, cama de frango, adubo mineral e aproveitamento de nitrogénio residual fixado por feijão nhemba promove igual produtividade de grãos, retornos económicos e acúmulo de macronutrientes nos grãos do trigo.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Geral:**

Avaliar o desempenho agronómico do trigo submetido à adubação com esterco bovino, cama de frango e ao nitrogénio residual fixado pelo feijão nhemba.

### **1.2.2. Específicos:**

- ✓ Analisar os tratamentos responsáveis pelos maiores rendimentos;
- ✓ Avaliar os tratamentos que proporcionam maiores retornos económicos;
- ✓ Quantificar o teor de macronutrientes nos grãos de trigo nos oito tratamentos testados;
- ✓ Determinar a eficiência agronómica, fisiológica, agrofisiológica, de recuperação e de utilização do nitrogénio.

## **II. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Origem do trigo**

O trigo (*Triticum sp.*) é o cereal mais consumido pelo Homem. O seu cultivo é amplamente difundido em todo o mundo. A sua origem deu-se a partir do cruzamento de algumas gramíneas silvestres que existiam nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates (Silva *et al.*, 1996). Pesquisas históricas indicam que o cultivo deste cereal iniciou por volta de 8.000 anos A.C., na região compreendida entre os rios Jordão, Nilo, Tigre e Eufrates, conhecida na antiguidade como Crescente Fértil (actualmente compreende a região de Israel, Cisjordânia e Líbano, bem como partes da Jordânia, da Síria, do Iraque, do Egipto e do sudeste da Turquia), (Aykroyd e Doughty, 1971; Atwell, 2001; Mckeivith, 2004). No Egipto, registos encontrados em tumbas, na forma de hieróglifos, indicam que essa sociedade já cultivava trigo a 5.000 anos. Os chineses apresentam registos do cultivo de trigo desde 2700 A.C. (Aykroyd e Doughty, 1971; Atwell, 2001; Rossi e Neves, 2004).

### **2.2. Morfologia do trigo**

O trigo é um cereal da família *Poaceae*, com mais de 30 espécies. As espécies mais cultivadas são *Triticum aestivum* L. e *Triticum durum* L. A planta é anual, com ciclo de vida de cerca de 90 a 180 dias, conforme o ambiente e o genótipo (Filho, 1999). Possui seis a nove folhas, cada uma composta por bainha e lâmina foliar, dispostas de forma alternada. Dependendo das condições onde é cultivada, a planta pode atingir 0,5 a 1,5m de altura. O colmo é cilíndrico e oco, possuindo seis a nove entrenós. As flores aparecem em espigas compostas por várias espiguetas, dispostas de forma alternada e opostas ao longo da ráquis. O fruto é um grão (cariopse), pequeno e seco, chegando a medir em torno de 6 mm de comprimento, formado após fecundação da flor (Silva *et al.*, 1996). Há variedades que necessitam de frio, sem o qual não completam o seu ciclo e outras, cuja floração depende da duração do dia. A parte utilizada é o endosperma do fruto, que se transforma em farinha pela operação da moagem, baseada no grau de friabilidade do endosperma, da casca e do embrião (Filho, 1999).

### **2.3. Importância do trigo**

O trigo constitui uma excelente fonte de energia e é rico em carboidratos, proteínas e fibras, como também em minerais como o ferro e as vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub>. Na saúde humana, nalgumas vezes, o grão pode ser usado como alimento medicinal para reduzir o desenvolvimento de doenças como: hemorróidas e câncer do cólon (Silva *et al.*, 1996) e pode, ainda, ser usado com carnes ou na fabricação de massas, doces, pão e biscoitos (Filho, 1999).

## **2.4.Exigência edafoclimática do trigo**

### **2.4.1.Clima**

Na cultura do trigo a temperatura, a luz e a água são fundamentais para condicionar a adaptação a diversas regiões. No geral, as necessidades variam em função do estágio de desenvolvimento. Para a germinação, a temperatura mínima varia de 3 a 5°C, a máxima é de 32°C e a ideal varia de 20 a 25°C. Para a emergência, a temperatura do solo deve situar-se em torno dos 15°C, com uma humidade de cerca de 120 mm (50-200 mm). Temperaturas mais baixas atrasam a emergência e as mais altas aceleram-na (Rodrigues *et al.*, 2006).

Segundo Rodrigues *et al.* (2006) até à fase de afilhamento, a temperatura deve estar entre 8 e 18°C, com precipitação de cerca de 55 mm/mês (30 a 80 mm). Entre o fim do afilhamento e o espigamento, a temperatura deve situar-se entre os 8 °C e 20°C, com precipitação mensal de cerca de 40 mm. Desde o espigamento à maturação, a temperatura deve estar em torno de 18°C, com precipitação abaixo de 60 mm/mês (Rodrigues *et al.*, 2006).

### **2.4.2. Solos**

Para o cultivo de trigo o solo deve apresentar textura média (argilo-arenosa), deve ser profundo, drenado, fértil, com pH 6.0, uma saturação de bases entre 40 e 60%, em áreas planas ou com pouco declive. O cultivo do trigo em solos arenosos não é recomendável, por estes apresentarem baixa capacidade de troca catiónica, baixa retenção de água e maior susceptibilidade à erosão. Em termos nutricionais, o trigo é muito exigente em elementos como nitrogénio, fósforo e potássio para o seu crescimento (Baker *et al.*, 1965 e Rodrigues *et al.*, 2006).

## **2.5. Estágios fenológicos do trigo**

As fases de desenvolvimento são importantes, pois permitem definir, de modo preciso, as épocas ideais dos tratos culturais, além de permitir sincronismo de entendimento das fases de desenvolvimento das plantas entre técnicos e produtores das plantas. Além disso, o estágio de desenvolvimento, em trigo, é um importante indicador do momento de aplicação do nitrogénio. No trigo várias escalas têm sido usadas, no entanto, o referido trabalho baseia-se na proposta de Feekes-Large (1954). De acordo com esta proposta, o ciclo fenológico do trigo é dividido em cinco fases, com as respectivas subdivisões:

### **A: Afilhamento**

- Estágio 1: Emergência do coleóptilo e das primeiras folhas.

Após a germinação da semente, a emergência da planta ocorre entre 5 a 7 dias. A partir da emergência dá-se a fase de plântula – aparecimento das três (3) primeiras folhas verdadeiras.

Esta fase tem a duração de 12 a 16 dias.

- Estágio 2: Início do afilhamento.

- Estágio 3: Afilhos formados.

- Estágio 4: Alongamento das bainhas foliares.

- Estágio 5: Bainhas foliares erectas.

Desde o início do afilhamento até à formação de bainhas foliares abrem-se as folhas, surgem os afilhos num número de 7 a 8 unidades, com uma duração de 15 a 17 dias.

### **B: Alongamento do Colmo**

- Estágio 6: Primeiro nó do colmo visível.

- Estágio 7: Segundo nó do colmo visível.

- Estágio 8: Última folha é visível.

- Estágio 9: Lígula da última folha é visível.

- Estágio 10: Emborrachamento.

Nesta fase surge o primeiro nó do colmo, a planta cresce e aparece a folha-bandeira (última da planta). Esta fase dura 15 a 18 dias e no final dá-se o emborrachamento.

### **C: Espigamento**

- Estágio 10.1: Primeiras espigas recém visíveis

- Estágio 10.2:  $\frac{1}{4}$  do processo de espigamento.

- Estágio 10.3:  $\frac{1}{2}$  do processo de espigamento completo.

- Estágio 10.4:  $\frac{3}{4}$  do processo de espigamento completo.

- Estágio 10.5: Todas as espigas fora da bainha.

Nesta fase ocorre a emergência completa da espiga, floração, frutificação e início de enchimento dos grãos. Esta fase tem duração de 12 a 16 dias.

## **D: Florescimento**

- Estágio 10.5.1: Início do florescimento.
- Estágio 10.5.2: Florescimento completo na ponta da espiga.
- Estágio 10.5.3: Florescimento completo na base da espiga.
- Estágio 10.5.4: Florescimento terminado e início da formação do grão.

## **E: Maturação**

- Estágio 11.1: Grão em estado leitoso.
- Estágio 11.2: Grão em estado de massa mole.
- Estágio 11.3: Grão em estado de massa dura.
- Estágio 11.4: Grão maduro. Palha morta.

Ocorre o término de enchimento dos grãos, maturação do grão e as folhas e a espiga secam. Esta fase tem uma duração de 30 a 40 dias, dependendo da variedade (Rodrigues *et al.*, 2006).

## **2.6. Componentes do rendimento em trigo**

A produção do trigo depende de processos interdependentes, como a fotossíntese, a translocação e o acúmulo de fotoassimilados nos grãos. A capacidade de acúmulo de fotoassimilados nos grãos depende do número de espigas por unidade de área, da quantidade de espiguetas por espigas, dos grãos existentes por espiguetas e do peso individual do grão (Kozelinski, 2009).

Braz *et al.* (2006) relatam que os componentes do rendimento como o número de espigas por unidade de área e o número de espiguetas por espigas, sofrem forte influência pela variação do momento em que o N é fornecido. No período compreendido entre a fase inicial até ao início da diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz a formação de espiguetas e a formação de grãos, afectando a produção final (Benett *et al.*, 2011). Segundo Malavolta (2006) o nitrogénio é o maior responsável pelo crescimento vegetal, reflectindo-se este no aumento da área foliar e, consequentemente, no aumento da massa por planta.

Segundo Sartori (2003), para a maximização dos componentes de rendimento, o trigo passa por diferentes estágios de desenvolvimento, iniciando pela germinação e terminando com a fase vegetativa. Nesse período ocorre o ápice de crescimento, geração de folhas e afilhos até aparecer

o primeiro primórdio de espiguetas, que é o estágio denominado de duplo anel, etapa final da fase de produção de folhas e afilhos.

A produtividade e qualidade do trigo são definidas em função da variedade utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo usadas (Zagonel *et al.*, 2002). Em relação à quantidade de insumos usados, o nitrogénio constitui um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura do trigo (Da Ros *et al.*, 2003). Somente, as culturas do trigo, milho e arroz consomem, aproximadamente, 60% do total de fertilizantes nitrogenados utilizados no mundo (Ladha *et al.*, 2005).

## **2.7. Nitrogénio e suas funções**

O nitrogénio é importante na expansão da área foliar, no crescimento da vegetação e na formação de botões florais, sendo o constituinte dos aminoácidos (proteínas), enzimas, co-enzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila que desempenha um papel importante nos processos bioquímicos da planta e localiza-se, principalmente, nos cloroplastos das folhas, com extrema importância na actividade fotossintética (Matiello *et al.*, 2008). Portanto, é um dos nutrientes mais necessários para o trigo (Kutman *et al.*, 2011). Uma maior disponibilidade de nitrogénio na cultura do trigo tende a proporcionar um aumento no nível de nitrogénio no grão e na qualidade do grão de trigo influenciado, em parte, pela adubação nitrogenada realizada. Cazetta *et al.* (2008) relatam que a adubação nitrogenada proporciona um aumento linear no teor de proteína nos grãos. Soares Sobrinho (1999) e Cazetta *et al.* (2008) observaram que as características físico-químicas e reológicas mais influenciadas positivamente pela adubação nitrogenada foram o teor proteico e o glúten.

O nitrogénio apresenta uma função estimuladora das gemas axilares e a sua aplicação precoce acarreta uma maior emissão de afilhos. Em variedades de porte baixo e de padrão unicolmo, a aplicação precoce pode beneficiar a produção de afilhos férteis. Em cultivares onde o potencial de afilhamento é presente e de maneira bastante expressiva, a aplicação de nitrogénio em fases mais tardias pode maximizar o número de afilhos férteis por planta. Por outro lado, no período de afilhamento, quando em deficiência, ocasiona assincronia na emissão de afilhos. Quando a deficiência ocorre neste período, os afilhos têm menores possibilidades de sobreviver, mesmo que a planta receba suplementação de nitrogénio em períodos posteriores (Mundstock, 1999), afectando, consideravelmente, o rendimento de grãos da cultura, justamente em virtude da exportação de carboidratos do colmo principal para os novos afilhos ser reduzida.

A necessidade de nitrogénio pelas culturas depende da espécie em questão, da sua produtividade de matéria seca, seu potencial de exploração do solo, competição com infestantes e tipo de solo. Geralmente, as leguminosas têm as suas necessidades supridas através da fixação biológica. Por outro lado, as gramíneas são altamente dependentes de suprimento mineral para expressar o seu potencial produtivo (Wendling, 2007).

## **2.8. Nitrogénio na expressão dos componentes de produção**

O trigo apresenta, na sua constituição, cerca de 2,9% de N na planta inteira e 2% nos grãos (Cantarella, 2007). Sangoi *et al.*, (2007) relatam que a aplicação de nitrogénio no momento apropriado pode aumentar a eficiência de uso do nitrogénio pelo trigo, aumentando o número de grãos por espiga e o número de espigas por área. Para que os componentes de rendimento tenham a sua expressão favorecida, Bredemeier e Mundstock (2001) preconizam que o nitrogénio deve ser disponibilizado às plantas de trigo, preferencialmente, entre a emergência e a emissão da sétima folha do colmo principal. No início deste período, há forte exigência de N para estabelecer o número de espiguetas diferenciadas e, em consequência, o número de grãos por espigas. Na época da emissão da sétima folha, o suprimento de nitrogénio é crítico para determinar o número de colmos que sobrevivem e produzem espigas.

Sangoi *et al.* (2007), afirmam que as variedades de trigo diferem, substancialmente, na sua capacidade de emissão de afilhos, no seu ciclo, na arquitectura de planta e no potencial produtivo. Estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão do nitrogénio à produção de grãos. Este autor afirma, ainda, que a aplicação de nitrogénio no emborrachamento acarreta maior peso de grão, comparado com aplicações mais precoces. Porém, este maior peso de grão não se traduz efectivamente em maior produtividade final, isso porque este carácter possui alta herdabilidade e as suas variações não acontecem de maneira muito significativa. Por outro lado, aplicações precoces de nitrogénio aumentam o rendimento final de grão, isto porque é estimulada uma maior contribuição dos afilhos no incremento do rendimento final (Silva *et al.*, 2005).

De acordo com Didonet *et al.* (2000) a produção de grãos por área apresenta maior correlação com a produtividade da cultura do que a massa de grãos, dado que ela associa dois componentes do rendimento, o número de espigas por área e o número de grãos por espiga. Devido à importância dos afilhos na formação do rendimento, a aplicação precoce de nitrogénio promove a sua emissão e sobrevivência, proporcionando um desenvolvimento similar ao do colmo

principal e, desta feita, contribui para o aumento do rendimento de grãos (Almeida e Mundstock, 1998). Pesquisas de Zagonel *et al.* (2002) revelaram que o aumento da produtividade ocorreu em função do aumento do número de espigas por unidade de área, dado que o número de espiguetas por espiga e o peso de mil grãos não foram afectados pela aplicação de nitrogénio. Ainda em conformidade com Zagonel *et al.* (2002) a utilização de elevadas doses de nitrogénio é factor positivo para o incremento da produção do trigo, porém, pode resultar no acamamento da cultura, interferindo negativamente na produção e na qualidade dos grãos.

## **2.9. Sistemas de cultivo: relação carbono/nitrogénio**

Estudos sobre a influência dos resíduos culturais na superfície do solo sobre o rendimento de culturas em sucessão são recentes. Apesar de existir grande quantidade de nitrogénio na parte aérea das culturas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (Bráz *et al.*, 2006).

O posicionamento do trigo em uma sequência de cultivos deve permitir o máximo aproveitamento dos recursos do ambiente e maximizar a interação benéfica entre as espécies, no que diz respeito à incorporação de matéria orgânica, estruturação do solo e reciclagem de nutrientes (Viola, 2011). Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de factores como: a época de sementeira e de manejo da biomassa, a espécie utilizada, o período de permanência dos resíduos sobre o solo e as condições ambientais locais (Neto *et al.*, 2008).

A disponibilidade dos nutrientes no solo está relacionada, entre outros factores, com a relação carbono/nitrogénio (C/N) dos resíduos culturais, principalmente no sistema de sementeira directa, onde os mesmos permanecem na superfície do solo (Da Ros *et al.*, 2003). A disponibilidade do N no solo proveniente da adubação nitrogenada é influenciada, além da relação C/N, por outros factores, como o tipo de solo e a precipitação pluviométrica, que variam conforme o ano e o local (Da Ros *et al.*, 2003).

A decomposição dos resíduos sobre o solo é regulada, principalmente, pela relação C/N do material vegetal. A relação C/N é inerente à espécie e reflecte a velocidade de decomposição do material vegetal. Quanto a essa característica, as espécies de cobertura de solo podem ser agrupadas em duas classes: uma de decomposição rápida (leguminosas, crucíferas) e a outra de

decomposição lenta (gramíneas), sendo bem aceite um valor de relação C/N próximo a 25 para o equilíbrio entre os processos de imobilização e mineralização (Viola, 2011). Quanto mais rápida for sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a protecção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos, mais lenta será a sua decomposição (Floss, 2000).

As leguminosas têm a capacidade de fixar nitrogénio do ar por meio da associação com bactérias do género *Rhizobium*, que possuem alta capacidade de absorção de nutrientes do solo e, a maioria, possui decomposição rápida, incrementando a oferta de nutrientes às culturas. Neste sentido, pela sua capacidade de fixação de nitrogénio, tornam-se alternativas interessantes e atractivas para o cultivo de Outono antecedendo o do trigo. Conforme Calegari (2001) o desempenho de cada espécie com a finalidade de cobertura de solo deve ser avaliado para cada particularidade, tanto para condições de solo, condições de clima e situação económica do agricultor.

## **2.10. Dinâmica do nitrogénio no solo**

### **2.10.1. Mineralização ou Amonificação**

A mineralização ou amonificação consiste em uma série de reacções bioquímicas, predominantemente de desaminação, em que o excedente de N é liberado para o exterior da célula, aparecendo no solo na forma de amônia onde é oxidada a nitrato por bactérias nitrificadoras (Yamada *et al.*, 2007).

Ormond (2006) afirma que a mineralização é um processo de transformação de matéria orgânica em substâncias inorgânicas que ocorre no solo, geralmente de forma lenta, a partir do qual são retornados os nutrientes retirados pelas plantas. Durante o processo de mineralização ocorre a transformação do N orgânico em nitrato mas, para que isso aconteça, a quantidade de resíduos que fica no solo, como os resíduos das culturas ou a adubação verde, é fundamental para a recomposição da matéria orgânica e para a mineralização.

Segundo Ormond (2006) os compostos orgânicos complexos, tais como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e nucleótideos são decompostos em substâncias mais simples pelos microorganismos do solo como as bactérias saprófitas e várias espécies de fungos. Estes microorganismos utilizam os aminoácidos e as proteínas como fonte para a síntese das suas próprias proteínas e liberam o excesso sob a forma de amônio.

A equação de nitrificação é demonstrada da seguinte forma:  $N_{\text{org}} + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

### 2.10.2 Nitrificação

Nitrificação é um processo químico no qual os organismos do solo oxidam a matéria orgânica resultante dos processos de decomposição, principalmente na forma de amônia, nitritos e depois em nitratos ( $NO_3^-$ ). Ao contrário da amônia, os nitratos, além de serem a forma de maior assimilação pelas plantas, são prontamente absorvidos pelas suas raízes. É efectuado, principalmente pelas bactérias *nitrossomas* e *nitrobacter*, com forma de bastonete, sendo fundamentais no ciclo do nitrogénio.

A equação de nitrificação é demonstrada da seguinte forma:



Neste ciclo o nitrogénio, na primeira parte, perde  $6e^-$  (elétrons) e depois  $2e^-$  mudando seu estado e desassimilando. Por ser um processo de oxidação só irá ocorrer na presença de um agente oxidante (receptor de  $e^-$ ), sendo este o oxigénio e quando este não estiver presente ocorre a desnitrificação.

De acordo com Ormond (2006) é a transformação dos sais amoníacos nos solos em nitratos pelos organismos que nele vivem, através da utilização de matéria orgânica nitrogenada. É um processo que acidifica o solo, pois ocorre a liberação de hidrogénio ( $H^+$ ) no momento da conversão dos adubos amoniacais em nitratos.

### 2.10.3 Desnitrificação

É o processo químico pelo qual o nitrato ou o nitrito sofrem redução biológica até à forma gasosa de nitrogénio  $N_2$ , passando por outras formas intermediárias de N, com destaque para o óxido nitroso ( $N_2O$ ) (Yamada *et al.*, 2007). As bactérias responsáveis por este processo são, normalmente, aeróbicas mas, em condições anaeróbicas, elas podem usar o nitrato para substituir o oxigénio como receptor de elétrons produzidos durante a decomposição da matéria orgânica. O encharcamento, alto teor de matéria orgânica e de nitrato são os principais factores do solo que favorecem a desnitrificação.

A equação de desnitrificação é demonstrada da seguinte forma:



#### **2.10.4 Perdas de Nitrogénio: Volatilização e Lixiviação**

Ormond (2006) define volatilização como sendo a capacidade de uma substância ser reduzida a gás ou vapor. No caso do nitrogénio, este tem a capacidade de se transformar da forma iónica para o estado de gás ( $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2$ ) ocasionando, desta forma, a perda deste elemento do solo para a atmosfera devido à acção da temperatura sobre a molécula. Outra forma de perda de nitrogénio é a lixiviação, por seguirem o movimento da água no solo, percolando no perfil e acabando por se perder. Segundo Coelho (1973) da quase totalidade do nitrogénio perdido na lixiviação, cerca de 99% encontra-se na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), pois é bastante solúvel na água do solo e facilmente transportada, menos de 1% na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e traços de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).

#### **2.10.5 Formas preferenciais de assimilação do nitrogénio nas plantas**

No solo, o nitrogénio encontra-se em formas orgânicas (restos culturais e matéria orgânica), mineral (solução do solo,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) e em formas gasosas combinadas ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{NO}$ ) e, desta quantidade total de N presente no solo, apenas 2% encontra-se disponíveis para as plantas, sendo 98% encontrado em formas orgânicas (Tavares e Dalto, 2004). Deste modo, as plantas podem apresentar preferências por  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ou mesmo N-orgânico. Por exemplo, o arroz usa, preferencialmente, o  $\text{NH}_4^+$  por ser adaptado a solos alagados e em famílias como *Cruciferae*, *Gramineae (Poaceae)* e *Solanaceae* acumulam frequentemente  $\text{NO}_3^-$ . Segundo Larcher (1929) as plantas verdes utilizam o nitrogénio ligado inorganicamente, sendo retirado do solo como íons nitrato e amônio e, posteriormente, incorporado nos compostos de carbono nos grupos amino, formando os aminoácidos.

#### **2.10.6 Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e sua actividade redutase nos nódulos**

A nitrato redutase (NR) é uma enzima encontrada nas raízes e folhas das leguminosas e auxilia na assimilação do nitrogénio. Esta enzima é responsável pela redução do nitrato absorvido do solo a nitrito ( $\text{NO}_3^- + \text{NADP(H)} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{NAD(P)} + \text{H}_2\text{O}$ ). Através do nitrito desidrogenase, o nitrito é transformado em  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NO}_2^- + 6\text{Fdred} + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + 6\text{Fdox} + 2\text{H}_2\text{O}$ ) e incorporado em esqueletos carbónicos para a formação de aminoácidos (Hunter, 1983; Taíz e Zieger, 2004).

A nitrato redutase pode ser encontrada no interior do bacteróide e auxilia na redução do nitrato através de um sistema redutase (Burriss, 1999; Taíz e Zieger, 2004), o que contribui para a assimilação extra de nitrogénio pelas leguminosas. Entretanto, a redução de nitrato no nódulo é menor que a quantidade de nitrato reduzido em outras partes da raiz e na parte aérea, mostrando que o nódulo radicular não é o principal local de redução do nitrato da planta.

De acordo com Schimdt *et al.*(1999), a presença da nitrato redutase nos nódulos constitui um factor importante no sentido da adubação nitrogenada servir como complemento de N para a planta em períodos onde a actividade da nitrogenase é baixa, como o início da nodulação e subperíodo de florescimento e frutificação, promovendo o aumento de produtividade.

### **2.10.7 Assimilação do Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )**

O nitrato previamente absorvido pelo sistema radicular da planta é assimilado em compostos orgânicos nitrogenados, quando o nitrato é transportado para dentro da célula do córtex e da epiderme ele pode ser armazenado nos vacúolos, ser translocado para a parte aérea e reduzido nas folhas ou sofrer efluxo para o apoplasto ou para o ambiente. Também pode ser reduzido até a forma de amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) pela acção das enzimas nitrato redutase e nitrito redutase (Taiz e Zieger, 2004).

A redução do nitrato ocorre em duas etapas: primeiramente a enzima nitrato redutase catalisa a reacção de redução do nitrato em nitrito no citoplasma da célula, esta reacção necessita de energia para que esta possa ocorrer, ela provém da respiração através do NADH, e da fotossíntese através do NADPH, onde ambas vão consumir elétrons. Na segunda etapa, o nitrito é convertido em amónio pela enzima nitrito redutase, onde as células transportam, rapidamente, o nitrito do citosol para o interior do cloroplasto nas folhas e nos plastídios nas raízes com gasto de  $6e^-$  fornecidos pela ferredoxina (Taiz e Zieger, 2004).

### **2.10.8 Assimilação do amónio ( $\text{NH}_4^+$ )**

As células evitam a toxicidade do amónio pela sua rápida conversão a partir da assimilação do nitrato ou da fotorrespiração em aminoácidos, onde a principal via para esta conversão envolve a acção sequencial da glutamina sintetase e da glutamato sintase. O amónio que é absorvido pelas raízes das plantas não pode ser acumulado pois, apresenta toxicidade ao organismo dos indivíduos. Desta forma, é rapidamente incorporado, gerando aminoácidos glutamina e glutamato. No

momento em que se faz a síntese de uma molécula de glutamina ocorre o gasto de 1ATP e, para o glutamato, irá requerer redutores que podem ser o NADH ou ferrodoxina, dependendo da isoenzima envolvida (Taiz e Zieger, 2004).

## **2.11. Doses de nitrogénio no desenvolvimento das plantas de trigo**

A produtividade obtida nos cultivos de trigo esta intimamente ligada o ao manejo da adubação nitrogenada, sendo que esse nutriente é de fundamental importância quando os componentes do rendimento estão sendo formados. As quantidades e a fonte adequadas de nitrogénio são essenciais para incrementar a produtividade e a qualidade do trigo, promovendo o máximo potencial de produtividade (Megda *et al.*, 2009). Neste sentido, vários trabalhos apontam a relação positiva entre nitrogénio e trigo.

Trindade *et al.* (2006) averiguaram que doses de nitrogénio afectaram, significativamente, a produtividade do trigo cultivado em solo de Cerrado. Teixeira Filho *et al.* (2007) observaram, em diferentes genótipos, que doses de nitrogénio foram suficientes para aumentar o teor de nitrogénio foliar, o número de espigas por metro, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos. Espindula *et al.* (2010) verificaram resposta quadrática na produtividade dos grãos de trigos adubados com nitrogénio, com ponto de máxima de 5.032 kg ha<sup>-1</sup>, estimado na dose de 96,8 kg ha<sup>-1</sup>, para a cultivar Pioneiro.

## **2.12. Nutrientes e sua importância para as plantas**

### **2.12.1. Funções dos nutrientes**

Os nutrientes são agrupados em dois grupos, os macronutrientes e os micronutrientes. Por sua vez, os macronutrientes são divididos em dois grupos, os macronutrientes primários e os secundários, conforme as tabelas abaixo.

Tabela 1: Macro e micronutrientes essenciais para as plantas

Macronutrientes	
Primário	Secundário
Nitrogénio (N)	Cálcio (Ca)
Fósforo (P)	Magnésio (Mg)
Potássio (K)	Enxofre (S)
Micronutrientes	
Boro (Br)	Ferro (Fe)
Zinco (Zn)	Molibdênio (Mo)
Manganês (Mn)	Cloro
Cobre (Cu)	

Fonte: Serrat *et al.* 2012

As plantas retiram do solo água, sais minerais e oxigénio necessário à respiração das raízes. Uma planta pode desenvolver-se normalmente na ausência do solo, desde que sejam adicionados certos sais minerais à água que lhe é fornecida, mas o mesmo já não acontece se não forem fornecidos nutrientes. A falta, ou mesmo o excesso, de qualquer um dos macronutrientes ou micronutrientes provoca, dependendo da sua função, anomalias no crescimento e desenvolvimento da planta, muitas das vezes manifestada nos órgãos da própria planta (Marschner, 1995).

Tabela 2: Funções dos nutrientes nas plantas

Elemento	Função
Nitrogénio	Aumenta o teor de proteína; Estimula a formação e desenvolvimento de flores e frutos; Maior crescimento das plantas em altura e afilamento;
Fósforo	Participa na produção de energia para a planta; Acelera a formação de raízes; Aumenta a frutificação; Apressa a maturação dos frutos; Aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; Ajuda na fixação simbiótica de nitrogénio
Potássio	Aumenta o teor de açúcares, óleos, gorduras e proteínas; Aumenta a resistência à secas, geadas, pragas e moléstias; Melhora a utilização de água; Estimula o enchimento de grãos, diminuindo o chochamento; Estimula a vegetação e afilamento em gramíneas; Ajuda na fixação simbiótica de nitrogénio.
Cálcio	Estimula o desenvolvimento das raízes; Aumenta a resistência a pragas e moléstias; Promove maior pegamento das floradas; Ajuda na fixação simbiótica de nitrogénio.
Magnésio	Participa na clorofila (pigmento verde da planta)

Enxofre	Aumenta a frutificação; Aumenta o teor de carboidratos, óleos, Gorduras e proteínas; Ajuda fixação simbiótica de nitrogénio.
Boro	Promove maior pegamento das floradas; Aumenta a granação e diminui o chochamento de grãos.
Cloro	Importante para a fotossíntese.
Cobre	Aumenta a resistência às doenças; Importante na fotossíntese
Ferro	Importante na fixação de nitrogénio; Participa na síntese da clorofila
Manganês	Aumenta a resistência a algumas doenças; Contribui juntamente com Cloro na fotossíntese.
Molibdênio	Auxilia na fixação simbiótica de nitrogénio dentro da planta
Zinco	Estimula o crescimento e frutificação

Fonte: Malavolta (1997)

### **2.12.2. Sintomatologia da deficiência de nutrientes**

A falta ou insuficiência de nutrientes debilita e atrasa o desenvolvimento das plantas, que passam a apresentar sintomas de deficiência nutricional, e interfere, igualmente, no rendimento a ser formado. No caso da deficiência nutricional e factores associados, são recomendadas medidas de correcção para diminuir o impacto no rendimento. Abaixo é apresentado um quadro com sintomas de deficiência de nutrientes.

Tabela 3: Sintomatologia da deficiência de nutrientes nas plantas

Elemento	Sintomas
N	Atrasa o crescimento, plantas verde clara, folhas de baixo amareladas.
P	Plantas verde-escuras, folhas e plantas menores, às vezes arroxeadas. Os sintomas iniciam pelas folhas de baixo.
K	Descoloração castanha e queimadura ao longo das bordas das folhas de baixo.
Mg	Folhas de baixo apresentam coloração amarelada (às vezes ficam avermelhadas) de fora para dentro e as nervuras ficam bem verdes.
Ca	Demoram aparecer as primeiras folhas e ocorre apodrecimento do broto
S	Folhas das pontas verde-pálidas e amarelas
B	Folhas amareladas e brotos de crescimento esbranquiçados ou castanho claros. Folhas mais grossas.
Zn	Folhas amareladas na região central e posterior escurecimento. Menor crescimento da planta (planta anã).
Fe	Folhas das pontas amarelas e quase brancas.
Mn	Folhas cinza-amareladas ou cinza-avermelhadas e com nervuras verdes.
Cu	Folhas novas de coloração amarelo-pálido, secam e morrem rápido.

Fonte: Instituto da Potassa e Fosfato (1998)

### 2.12.3. Absorção, transporte e redistribuição de nutrientes

A absorção de um nutriente é a sua entrada, na forma iônica ou molecular, nos espaços intercelulares ou em organelos vivos da planta. Dessa forma, podem-se considerar "absorvidos", tanto os nutrientes advindos do processo radicular como do foliar. Após a absorção, o nutriente é

transportado pelo interior da planta, dando-se a esse processo o nome de translocação. O transporte pode ser feito com o nutriente estando, ou não, na mesma forma em que foi absorvido, indo de um órgão (ou região) a outro da planta, em geral da raiz para as folhas. Esse movimento é a favor da corrente transpiratória, via xilema, e, portanto, todos os nutrientes são considerados móveis quanto à translocação (Malavolta, 1980).

A redistribuição é a transferência de um elemento de um órgão (ou região) a outro da planta, em forma igual, ou não, à que foi absorvida, tendo, entretanto, sofrido metabolização. A redistribuição ocorre através do floema, levando o nutriente das áreas de síntese (folhas) para as áreas de armazenamento/crescimento (frutos) (Malavolta, 1980).

## **2.13. Necessidades de Nutrientes nas plantas**

### **2.13.1. Exigências nutricionais das culturas**

A exigência nutricional (EN) é a quantidade de nutrientes acumulados na planta inteira durante o seu ciclo de produção. Para contabilizar a exigência nutricional (EN) de uma cultura, é necessário considerar os nutrientes absorvidos pela planta inteira e não somente a parte colhida, ou seja,  $EN (kg ha^{-1}) = \text{teor do nutriente na planta} \times \text{matéria seca da planta inteira}$ . Normalmente, o incremento da produção da cultura implicará aumento da quantidade de nutrientes acumulados pela planta, ou melhor, a exigência nutricional. Segundo Grove (1979), existe uma relação linear entre a produção de grãos e o acúmulo de N na parte aérea. Entretanto, o maior acúmulo de nutrientes, como o P, não indica que as plantas são mais ou menos eficientes, uma vez que híbridos por meio de adaptações genéticas podem-se desenvolver e produzir bem com menor quantidade do nutriente, ou seja, plantas com alta quantidade deste nutriente podem não ser mais produtivas e vice-versa (Machado, 2000). Sendo assim, espera-se que a exigência nutricional seja específica a cada cultura.

### **2.13.2. Necessidades de nutrientes no trigo**

Em termos de nutrientes, as plantas de trigo necessitam de maiores quantidades de macronutrientes nitrogênio e potássio (Pauletti, 1998). O nitrogênio é extremamente importante pois, proporciona alto rendimento e qualidade no trigo. E a sua absorção é determinada pela disponibilidade, exigências e necessidades da planta nos vários estágios fenológicos (Campbell e De Jong, 2000). O potássio é fundamental porque estimula o enchimento de grãos, diminuindo o chochamento, estimula igualmente o crescimento vegetativo e afilhamento nas gramíneas (Malavolta, 1997). As quantidades de nutrientes

necessários para o crescimento, desenvolvimento até à formação de rendimento nas plantas de trigo varia de acordo com as variedades (Gargantini e Blanco, 1973). De uma forma geral, na adubação esta cultura necessita de 20 a 100kg/ha de N, 60 a 100kg/ha de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> e 40kg/ha de K<sub>2</sub>O (Baker *et al.*, 1965 e Rodrigues *et al.*, 2006), podendo variar em função da variedade, conforme a tabela 4.

Tabela 4: Necessidades de nutrientes em função das variedades

Variedade	Nutrientes (Kg/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
BH	200	32	180	30	20	25
IAS	250	60	520	65	30	55

Fonte: Seed Co (2010)

### 2.13. Época de aplicação do nitrogénio

Uma alternativa para o aumento da produtividade do trigo é a aplicação de nitrogénio em cobertura, pois os genótipos de trigo apresentam variabilidade nas respostas à aplicação deste elemento. Isto possibilitará o fornecimento do nitrogénio no momento de maior consumo pela planta, alterando o rendimento de grãos (Freitas *et al.*, 1995). A época adequada de aplicação do nitrogénio é fundamental para incrementar a produtividade de grãos, dado que aplicações muito precoces ou muito tardias podem ser pouco aproveitadas pelas plantas (Silva *et al.*, 2005). A época de aplicação do nitrogénio em trigo é em função do estágio de crescimento e desenvolvimento da planta. O nitrogénio tem que estar disponível no estágio de afilhamento, período no qual o mesmo é muito importante na determinação do número de afilhos por planta, espigas por planta e de grãos por espiga (Megda, 2009).

Da Ros *et al.* (2003) reportaram que a aplicação do nitrogénio na sementeira e o restante em cobertura, aumenta a sua disponibilidade no solo nos estágios de maior demanda deste nutriente pela cultura de trigo. Estes autores salientam que a antecipação da adubação nitrogenada em condições de alta precipitação pluviométrica pode não possibilitar a maior disponibilidade de nitrogénio no solo na época de maior demanda de N pelas culturas, devido às perdas de nitrato por lixiviação. Além dos aspectos agronômicos, a fertilização em época apropriada pode reduzir os riscos de poluição das águas subterrâneas ocasionados pelo acúmulo de nitrato (Mahler *et al.*, 1994).

Tendo em conta as perdas, o escalonamento da adubação nitrogenada proporciona uma maior eficiência na assimilação do nutriente pelo trigo, diminuindo as perdas por lixiviação em anos chuvosos e por volatilização em anos secos (Mundstock, 1999). O aumento no aproveitamento da adubação nitrogenada pode ser obtido por vários meios, dentre os quais se destaca a utilização de doses e épocas adequadas (Malavolta, 2006).

#### **2.14. Potencial produtivo do trigo**

Segundo Sleeper e Poelman (2006) o potencial produtivo é uma característica quantitativa complexa, pois está relacionada com a habilidade manifestada na planta em produzir, translocar e armazenar carboidratos nos grãos. Para alcançar uma elevada produtividade é necessário maximizar e estender a duração da interceptação foliar, utilizar a energia absorvida de maneira eficiente para a fotossíntese e alocar os fotoassimilados de maneira a obter proporções ótimas de folhas, colmos, raízes e estruturas reprodutivas, mantendo-os a um custo mínimo (Loomis e Amthor, 1999).

O rendimento de grãos em trigo é determinado por vários componentes, entre eles o número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso médio do grão, dependendo, directamente, dos factores de origem genética e do ambiente (Cruz *et al.*, 2003). Outros factores que podem influenciar nos rendimentos dos grãos do trigo são os stress, dependendo da intensidade e duração, podendo, ou não, resultar em alterações na produtividade final da cultura, em função da sua capacidade de compensação dos principais componentes ligados à produção.

Uma maior disponibilidade de fotoassimilados próximo à antese pode representar mais flores férteis e, conseqüentemente, maior número e tamanho de sementes, com maior capacidade de formar grãos cheios (Rodrigues, 2000). Existem duas fontes principais de fotoassimilados para os grãos em crescimento, uma em que os fotoassimilados são provenientes da fotossíntese actual e outra a partir da remobilização de fotoassimilados armazenados temporariamente em outros órgãos da planta, principalmente nos colmos (Simmons, 1987). Embora as duas características ocorram em diferentes materiais, ambas as formas são de extrema importância para a produção de grãos, sobretudo susceptível à ocorrência de deficit hídrico (Inoue *et al.*, 2004).

### 2.14.1. Produção mundial do trigo

Os cinco maiores produtores do trigo a nível mundial são a China, a Índia, os EUA, a Rússia e a França. Os cinco países contribuem para a balança global da produção mundial do trigo com, aproximadamente, 50% da produção mundial. A área global cultivada em 2010 para a produção de trigo em todo o mundo foi de 223211000 hectares. As campanhas do ano 2008/09 e 2009/10 foram as que apresentaram maiores produções no período de 2000 a 2010 (USDA, 2012).

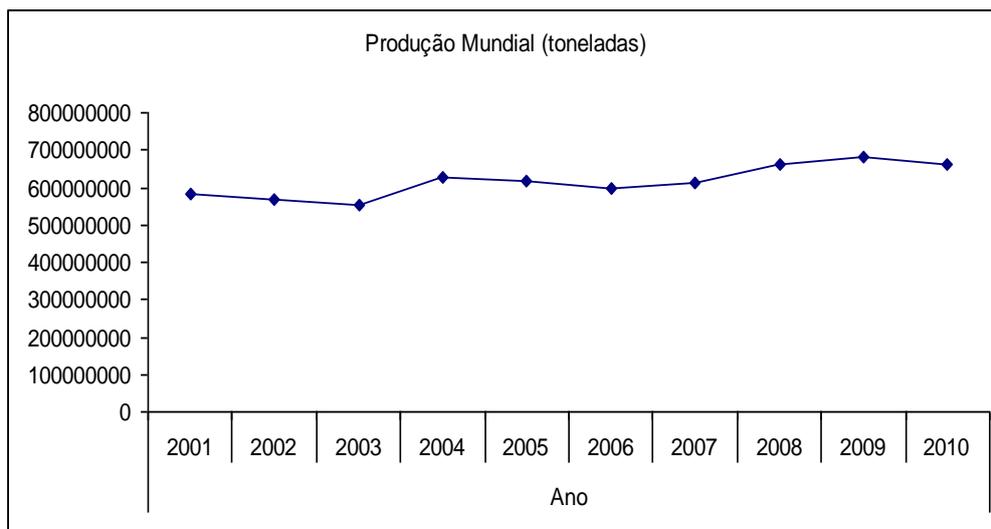


Figura 1: Produção mundial de trigo de 2001 a 2010  
Fonte: CONAB (2010)

### 2.14.2. Produção, consumo e importação do trigo na África Sub Sahariana

De acordo com FAO (2002), os maiores produtores de trigo na zona Austral de África são: África do Sul, Zâmbia, Zimbábue e Tanzânia. Moçambique e Angola não constam na lista dos maiores produtores de trigo a nível da região. A figura abaixo ilustra que a produção do trigo nesta região está muito longe de satisfazer as necessidades de consumo e que, ao longo dos anos, a produção mantém-se estacionária. Em contrapartida, tem-se registado aumento no consumo dos derivados do trigo na região, que não é acompanhado pelo aumento da produção mas sim pelo aumento do volume das importações.

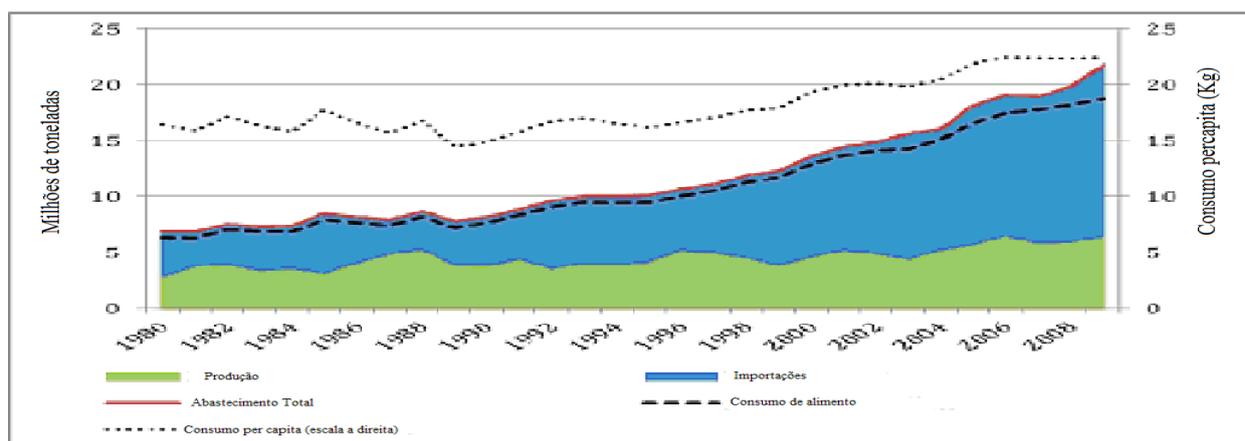


Figura 2: Produção, consumo e importação do trigo na África Sub Sahariana  
 Fonte: FAOSTAT Commodity Balances and Population databases (2012).

### 2.14.3. Produção de trigo em Moçambique

Devido a situação reportada no subcapítulo 2.14.2. o Governo de Moçambique, através do Ministério da Agricultura, decidiu reactivar a produção do trigo na campanha 2007/08 com a aquisição dos insumos e respectiva disponibilização aos agricultores, como estratégia de reversão do ciclo deficitário que o país regista anualmente em termos de produção deste cereal (MINAG, 2008).

### 2.14.4. Regiões agroclimáticas para o cultivo do trigo em Moçambique

Em Moçambique as regiões com potencialidade para o cultivo do trigo são as regiões Centro e Norte, concretamente nas províncias de Manica (distritos de Sussundenga, Bárue e Manica), Tete (distritos de Tsangano e Angónia), Niassa (distritos de Lago, Lichinga, Sanga e Muembe). Na zona sul do país, as províncias que oferecem condições para o cultivo do trigo são Maputo e Gaza. Em Maputo o trigo é cultivado nos distritos de Matutuíne, Manhiça e Marracuene, e em Gaza, nos distritos de Chókwè e Xai-Xai (MINAG, 2009).

## 2.15. Feijão nhemba

O feijão nhemba (*Vigna Unguiculata L.*), apresenta uma ampla distribuição mundial com uma área total de cultivo estimada em 11,3 milhões de hectares, sendo o continente africano o maior produtor, destacando-se entre os maiores produtores a Nigéria, o Níger e o Brasil, os quais representam, respectivamente, 84,1 % da área e 70,9 % da produção mundial (FAO, 2008).

O feijão nhemba é uma dicotiledônea, pertencente à ordem *Fabales* da família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae* da tribo *Phaseoleae*, Género *Vigna*, espécie *Vigna Unguiculata* (L.) (Filho *et al.*, 2005). Apresenta características agronómicas desejáveis, como ciclo curto, baixa exigência hídrica e reconhecida capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade, o que lhe confere rusticidade e capacidade de ser cultivado em quase todos os tipos de solo (Filho *et al.*, (2005), e tem sido apontado como excelente fixador de nitrogénio no solo.

A Fixação Biológica de nitrogénio atmosférico (FBN) é um processo bioquímico natural e, essencialmente, desenvolvido por bactérias. Os organismos responsáveis pela FBN são encontrados em vários ambientes, vivendo livremente ou associados a outros seres vivos, como por exemplo em simbiose com leguminosas (Moreira e Siqueira, 2006). Quando em simbiose, estabelece-se uma relação mutualística entre o microssimbionte e a planta, ocorrendo uma parceria de troca mútua entre a bactéria e a planta, em que o microorganismo fornece o nitrogénio à planta e esta, em troca, a supre com carboidratos (Cassini e Franco, 2006). O processo de simbiose em leguminosas ocorre no interior de estruturas específicas, denominadas nódulos, que se formam no sistema radicular.

As bactérias, na forma de bacteróide, convertem o  $N_2$  atmosférico em amónia, através do complexo enzimático da nitrogenase que é incorporada em diversas formas de nitrogénio orgânico para utilização pelas plantas (Araújo e Carvalho, 2006). As espécies de bactérias fixadoras de nitrogénio nodulíferas em leguminosas têm sido denominadas, colectivamente, rizóbio, sendo a maioria pertencente à família *Rhizobiaceae* (Filho *et al.*, 2005).

A simbiose de rizóbio com leguminosas é classificada como complexa, devido à grande heterogeneidade encontrada entre as estirpes de rizóbio e à susceptibilidade das estirpes aos factores ambientais (Mello e Faria, 1998; Zilli *et al.*, 1998; Stralio e Rumjanek, 1999). Outro factor que determina a complexibilidade rizóbio-leguminosa é a população nativa de solos, que podem apresentar-se em baixas ou altas concentrações. Esta população caracteriza-se pela baixa eficiência e alta capacidade de formar nódulos, o que é um factor limitante à nodulação com estirpes mais eficientes inoculantes (Neves e Rumjanek, 1997). Entretanto, para que se alcancem benefícios na simbiose, é fundamental que a planta esteja suficientemente nodulada, o que depende de uma série de factores relacionados com a planta: bactéria, solo, e interacção entre eles (Martins, 1996).

Dentre os factores destacam-se a efectividade e competitividade das estirpes presentes no inóculo ou no solo, riqueza do inóculo em número de células, técnica de inoculação, sementeira e factores ambientais, principalmente os factores químicos e físicos do solo (Vargas e Hungria, 1997; Zilli *et al.*, 1998; Straliozzo e Rumjanek, 1999) que asseguram a sobrevivência e multiplicação do rizóbio no solo, a rápida nodulação e adequada fisiologia da planta.

### 2.15.1. Produção de feijão nhemba no mundo

Dados disponíveis no site da FAO sobre a produção mundial de feijão nhemba no período de 2006 a 2009, indicam que a cultura atingiu 5,2 milhões de toneladas (Tabela 5). O maior produtor mundial de feijão nhemba é a Nigéria, que responde por 45% do total da produção global a nível mundial. Em seguida vem o Níger, com 30% do volume total médio produzido. A área ocupada pelo feijão nhemba no mundo é estimada em cerca de 12,5 milhões de hectares, onde, aproximadamente, 8 milhões de hectares (64% da área mundial) são encontrados na parte oeste e central da África. A restante área está localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e da Oceânia (Quin, 1997).

**Tabela 5: Produção mundial do feijão nhemba em toneladas no período de 2006 a 2009**

Países	2006	2007	2008	2009
Nigéria	3.040.000	2.800.000	2.916.000	2.369.580
Níger	703.300	1.013.300	1.569.300	1.550.000
Burkina	436.156	253.190	300.000	325.000
Mianmar	148.700	150.400	175.900	180.000
Camarões	108.406	122.790	130.101	130.000
Outros	613.616	573.071	713.508	694.991
<b>Total</b>	<b>5.050.178</b>	<b>4.912.751</b>	<b>5.804.809</b>	<b>5.249.571</b>

Fonte: FAOSTAT Commodity Balances Database (2012).

### 2.15.2. Produção de feijão nhemba em Moçambique

Em Moçambique calcula-se que, aproximadamente, 82% do feijão nhemba é produzido sob forma de consociação com mapira, milho, mandioca e batata-doce. Este sistema de cultivo

predomina em quase todo o país, com exceção de Nampula, Cabo Delgado e Niassa, onde é frequente o cultivo puro. A província de Nampula destaca-se por ser a maior produtora de feijão nhemba com uma área estimada em mais de 64 mil hectares. Em segunda, terceira, quarta, quinta e sexta posição encontram-se as províncias de Tete, Inhambane, Zambézia, Gaza e Cabo Delgado, ocupando áreas de cerca de 55 mil, 51 mil, 40 mil, 40 mil e 36 mil hectares, respectivamente (MINAG, 2008).

### **2.15.3. Importância da Fixação Biológica de Nitrogénio**

Estima-se que a FBN contribua com a maior parte do N fixando, anualmente, 175 milhões de toneladas, ou seja, 65% do total, fazendo com que este seja considerado o segundo processo biológico mais importante do planeta depois da fotossíntese, juntamente com a decomposição orgânica (Moreira e Sequeira, 2006). A exploração da FBN na produção agrícola oferece cerca de 30% do nitrogénio necessário ao desenvolvimento das culturas (Galloway *et al.*, 2003). Desta forma, há a contribuição para o aumento da produção vegetal, a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a recuperação de áreas degradadas e o incremento da fertilidade e da matéria orgânica do solo. Portanto, a sua principal vantagem a curto prazo está associada à economia no uso de fertilizantes nitrogenados de origem industrial.

### **2.15.4. A Fixação Biológica de Nitrogénio em feijão nhemba**

A FBN é reconhecidamente eficiente em feijão nhemba e, quando bem nodulada, pode dispensar outras fontes de nitrogénio e atingir altos níveis de produtividade (Rumjanek *et al.*, 2005). Segundo este autor, estimativas da contribuição FBN no campo são, entretanto, bastante variáveis, tendo sido obtidos valores numa faixa de 40 a 90% do total de N acumulado pela cultura. Essa variabilidade pode ser atribuída à simbiose e a diferenças, tanto do genótipo da planta como no do rizóbio, que podem influenciar os níveis de fixação biológica de nitrogénio.

A simbiose entre o feijão nhemba e o rizóbio é relatada, frequentemente, como sendo de baixa especificidade pois, reconhecidamente, esta leguminosa é capaz de nodular com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, especialmente dos géneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Burkholderia* e *Azorhizobium* (Lewin *et al.*, 1987; Mpeperek *et al.*, 1996; Neves e Rumjanek, 1997; Gonsalves e Moreira, 2004; Zilli *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2007; Moreira, 2008). Segundo Fauvart e Michiels (2008), a simbiose leguminosa-rizóbio requer forte e intrincada comunicação molecular entre os componentes da interação, não só

antes como também durante a invasão do microssimbionte. A especificidade do hospedeiro é determinada por vários factores e a do rizóbio é determinada, principalmente, por sinais moleculares como factores nod, os polissacarídeos e as proteínas secretadas.

#### **2.15.5. Respostas de estirpes à FBN em feijão nhemba**

A fixação biológica de nitrogénio é mediada por ampla gama de microorganismos procarióticos, com substancial diversidade morfológica, fisiológica, genética, bioquímica e filogenética. Tal diversidade garante a ocorrência desse processo nos mais diferentes habitats terrestres. Contudo, apesar da sua grande importância na manutenção da biosfera, estima-se que menos de 1% dos microorganismos existentes no planeta tenham sido caracterizados e descritos (Moreira e Sequeira, 2002). Existe uma grande variabilidade na habilidade das estirpes em infectar, nodular e fixar o nitrogénio atmosférico, associada à influência exercida pela planta através de características intrínsecas, podendo levar estirpes eficientes na fixação biológica de nitrogénio em algumas espécies de leguminosas hospedeiras a apresentarem baixa fixação (Xavier *et al.*, 2006).

#### **2.15.6. Diferença do Nitrogénio Total do Sistema Solo-planta**

A diferença do nitrogénio total do sistema solo-planta constitui uma das primeiras técnicas a serem usadas. A sua eficiência é maior quanto maior for o nível de contribuição de fixação. O princípio desta técnica baseia-se em cultivar uma planta não fixadora e uma fixadora em meios pobres em nitrogénio. Esta técnica pressupõe que, tanto a planta fixadora como a não fixadora acumulam a mesma quantidade de nitrogénio derivado do meio de cultivo. A maior eficiência desta técnica é reportada, frequentemente, em plantas que apresentam maior nível de contribuição de FBN. Assim a sua aplicação é mais aconselhável para as leguminosas, que possuem esta característica (Resende *et al.*, 2003).

#### **2.15.7. Factores que afectam a nodulação**

Segundo Kamicker e Brill, (1986) os factores determinantes na nodulação ou fixação biológica do N<sub>2</sub> nas leguminosas são: tensão da água, teor de O<sub>2</sub> no nódulo, temperatura e pH do solo, salinidade, toxinas e predadores que podem actuar junto aos estirpes de rizóbio.

O nódulo representa uma região cortical da raiz infectada, envolvida por células corticais que possuem uma rede vascularizada. A camada vascular apresenta uma rede de esclereídeos que

serve de sustentação e protecção e que estão associadas a células parenquimáticas (Walsh, 1995). Entretanto, esta camada de esclereídeos pode limitar o movimento de água entre o solo e o nódulo cortical. A fronteira vascular é apoplásticamente isolada do nódulo cortical via estria de Kaspary. Esta camada possui poucos plasmodesmos e representa restrição do fluxo via simplasto. Contudo, as células corticais podem secretar glicoproteínas para o apoplasto, diminuindo o potencial osmótico e aumentando a absorção de água (Walsh, 1995). Também se observa o efeito da disponibilidade hídrica no transporte de sacarose e compostos nitrogenados.

Segundo Walsh (1995), o sistema vascular desenvolve turgor positivo em resposta ao transporte de compostos nitrogenados via fluxo de massa. Isso supõe que a exportação requer água e esta é indispensável neste fluxo, uma vez que a água que traz sacarose, via floema, é absorvida pelo nódulo, seguindo o caminho de volta, carregando os solutos nitrogenados. Portanto, o balanço de água via transporte simplasto e apoplasto altera o amido hidrolase responsável pela degradação de ureídeos nas folhas, que é dependente de  $Mn^{++}$ . Sendo assim, em condições de estresse hídrico, o suprimento de manganês pode auxiliar na manutenção da fixação biológica de nitrogénio.

A eficiência de fixação de nitrogénio está relacionada com o pH e a disponibilidade de alguns nutrientes no solo. Para obter boa eficiência de bactérias fixadoras a nível de solo, o pH deve estar em torno de 6,5. Altos teores de alumínio trocável e íons  $H^+$  prejudicam o desenvolvimento radicular, o crescimento do rizóbio e a infecção radicular (Silva *et al.*, 2002). O fósforo é um elemento fundamental e tem influência na iniciação, crescimento e funcionamento dos nódulos (Sá e Israel, 1991). Israel (1987) ressalta que altos requerimentos de fósforo são necessários para a fixação biológica de N, de forma a que o aumento do suprimento de fósforo promova incremento na actividade e no acúmulo de fitomassa seca do nódulo.

O molibdênio é importante no metabolismo do nitrogénio por fazer parte do complexo enzima nitrogenase e redutase do nitrato (Burris, 1999; Taíz e Zieger, 2004). A produção de aminoácidos e, conseqüentemente, de proteínas são afectados pela deficiência de molibdênio. O Cobalto faz parte de precursores da leghemoglobina (Taíz e Zieger, 2004), portanto, também está associado à fixação biológica de N.

## 2.16. Adubos Orgânicos

As plantas, em geral, necessitam de, aproximadamente, 16 elementos químicos para a sua nutrição, os quais podem ser obtidos a partir do solo, do ar, da água e/ou de adubos orgânicos e minerais (Kiehl, 1985; Marschener, 1995). Dentre estas fontes, os resíduos de animais destacam-se pela possibilidade de fornecer todos os elementos requeridos pelas plantas, além de apresentarem viabilidade econômica e disponibilidade, principalmente, em pequenas propriedades rurais (Streck *et al.*, 2008).

Uma vez aplicados ao solo, os adubos orgânicos sofrem transformações que levam à formação de uma mistura complexa de compostos em diferentes estágios de decomposição, a qual é conhecida como matéria orgânica do solo (Camargo, 1999; Stevenson, 1994). Um aspecto relevante dos adubos orgânicos em relação aos adubos minerais é que o primeiro promove a libertação de nutrientes para plantas de acordo com a sua exigência nutricional ao longo do seu ciclo, oferecendo aos produtores insumos de baixo custo e, conseqüentemente, proporcionando economia na utilização de fertilizantes minerais (Cianicio, 2010).

Na agricultura, os efeitos benéficos da matéria orgânica do solo têm sido amplamente difundidos por incorporar ao solo dois elementos químicos essenciais: o carbono e o nitrogênio. Outros dois elementos encontrados em importantes proporções na matéria orgânica do solo são o fósforo e o enxofre (Raij, 1991). Além disto, os adubos orgânicos são compostos por mais de quinze micronutrientes, em contrapartida, a agricultura moderna preocupa-se, unicamente, com cinco ou seis desses elementos. Isto demonstra que a prática da adubação orgânica representa uma importante estratégia de manejo para a conservação da qualidade do solo e do ambiente, devido ao incremento nas reservas de carbono orgânico e nitrogênio total, em relação aos sistemas de produção que utilizam adubação mineral ou sem adubação (Leite *et al.*, 2003) e operando positivamente no solo por seus efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas, melhorando, conseqüentemente, as condições para as plantas.

Além disto, as culturas que recebem aplicação de adubos orgânicos (Pires e Junqueira, 2001) geralmente apresentam plantas com nutrição mais equilibrada e com melhor desenvolvimento do que aquelas adubadas unicamente com fertilizantes minerais (Oliveira e Dantas, 1995). Os efeitos da matéria orgânica do solo são dependentes da quantidade de adubos a serem aplicados em uma determinada área, da sua composição, do seu próprio teor, da classe textural do solo, do nível de fertilidade do solo, das exigências nutricionais da cultura, das condições

edafoclimáticas regionais e da presença de metais pesados, podendo estes gerar efeitos desfavoráveis no ambiente solo-planta (Durigon *et al.*, 2002).

Por outro lado, considerando os adubos com baixa relação Carbono/Nitrogénio (C:N) e, portanto, alta taxa de mineralização, podem disponibilizar o nitrogénio na etapa inicial demandada pelas culturas de interesse económico (Quadros *et al.*, 2000). Entretanto, o uso de resíduos com alta relação C:N pode ocasionar deficiência de N às culturas (Kiehl, 1985). Os esterco na forma sólida apresentam maior relação C:N e menores quantidades de nutrientes na forma mineral, contêm altos teores de fibra e lignina e menores quantidades de nutrientes. Dessa forma, são decompostos mais lentamente no solo e menor quantidade de nutrientes é libertada para as plantas. No entanto, o acúmulo de matéria orgânica no solo é favorecido pela aplicação de esterco líquidos, os quais contêm nutrientes minerais em maior quantidade e prontamente disponíveis às plantas (CQFS-RS/SC, 2004).

A matéria seca dos esterco apresenta grande variação nos reservatórios das propriedades rurais em função da chuva, local de colecta do esterco (estábulo ou pocilga), temperatura ambiente e excesso de água da lavagem diária. A quantidade de nutrientes, especialmente de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , está directamente relacionada com o teor de massa seca dos esterco. O esterco é considerado sólido se a matéria seca for maior que 20%, pastoso, se for de 8 a 20% e líquido, se for menor de 8% (Streck *et al.*, 2008).

O teor de nitrogénio, fósforo e potássio está directamente relacionado com a alimentação e tamanho dos animais e com parâmetros fisiológicos. Quanto mais excedente em nutrientes for a alimentação em relação às exigências nutricionais dos animais, melhor a qualidade dos esterco. Em média, 75% do N, 80% do  $P_2O_5$  e 85% do  $K_2O$  presentes nos alimentos são excretados nas fezes (Streck *et al.*, 2008).

No entanto, as aplicações sucessivas de esterco podem causar impactos ambientais, desequilíbrios de nutrientes no solo, poluição das águas, perdas de produtividade e da qualidade dos produtos agropecuários, tendo como consequência uma diminuição da diversidade de plantas e organismos do solo (Seganfredo, 2001). Esse problema dependerá do tempo de aplicação, da composição, da quantidade aplicada, do tipo de solo e da capacidade de extracção das plantas. Através de um plano de manejo de nutrientes pode-se calcular a dose

adequada corrigindo, desta maneira, deficiências e/ou excessos do uso contínuo dos mesmos como fertilizantes.

### **2.16.1. Esterco bovino**

O esterco bovino tem na sua composição, entre 30 a 58% de Matéria Orgânica; 0,3 a 2,9% de N; 0,2 a 2,4% de P; 0,1 a 4,2% de K e relação C/N 18 a 32. É um ótimo meio de cultura para os organismos, aumenta a quantidade de bactérias do solo quando adicionado como fertilizante. Inicialmente, pensava-se que esse aumento era devido aos microorganismos existentes no esterco; mais tarde foi demonstrado que mesmo adicionando ao solo esterco esterilizado, sem microorganismos vivos, obtinha-se um aumento considerável da população microbiana. Quando curtido, o esterco não causa deficiência de N, porém apresenta maior perda de N por volatilização, apresenta ainda efeito regulador sobre o pH e neutraliza os efeitos do alumínio trocável do solo, aumenta os teores de P, K e Ca (Fry, 1973; Kiehl, 1985; Demétrio, 1988; Primavesi, 1989; Araújo *et al.*, 1999).

A incorporação de esterco bovino tem-se revelado uma prática viável no incremento da produtividade dos solos. Devido à sua actuação sobre as características químicas do solo, estimula a actividade biológica e favorece o condicionamento físico do solo (Baldissera e Scherer, 1992). Contudo, a produtividade agrícola depende da quantidade adequada de nutrientes existentes no perfil do solo, sendo o esterco bovino forte aliado na sua fertilidade (Konzen *et al.*, 1997).

A aplicação de quantidades adequadas de esterco bovino de boa qualidade pode suprir as necessidades das plantas em macronutrientes, sendo o potássio o elemento cujo teor atinge valores mais elevados no solo pelo seu uso contínuo (Camargo, 1984; Raij *et al.*, 1985). Porém, a sua adição em quantidade excessiva pode trazer prejuízos às plantas em algumas situações de solos muito ácidos e argilosos (Brady, 1979; Silva *et al.*, 2000).

#### **2.16.1.1. Efeitos do esterco bovino no crescimento e rendimento do trigo**

Negi *et al.* (1988) observaram que a aplicação de 10 toneladas, por hectare, do esterco bovino no trigo resultou no incremento do número de espigas por metro de comprimento na linha, em relação a parcelas não fertilizadas durante três anos de experimentação. Além disso, o número de

grãos por espiga, o peso de grãos por espiga e o peso de 1000 grãos (excepto no primeiro ano) foram significativamente maiores com a aplicação do esterco bovino.

Subbarão *et al.* (1998) revelaram que as parcelas de trigo a que foram aplicadas 16 toneladas, por hectare, de esterco bovino renderam 2,07 toneladas por hectare em trigo, enquanto parcelas sem esterco bovino renderam apenas 1,66 toneladas, por hectare. Adeshsingh e Singh (2006) constataram que a aplicação de 5 toneladas, por hectare, de esterco bovino na cultura do trigo resultou em rendimento de grãos significativamente maior e o rendimento biológico sobre controlo. Ghuman e Sur (2006) verificaram que a aplicação de 18 toneladas, por hectare, do esterco bovino no campo de trigo resultou em maior produtividade de grãos de 1.615 kg por hectare, em comparação ao controlo.

Kler e Walia (2006) notaram que, a adubação com 20 toneladas, por hectare, de esterco bovino resultou em maior altura de planta (96,8 cm) e acúmulo de matéria seca mais elevada. Singh (1999) constatou que a aplicação de 10 toneladas, por hectare, do esterco bovino em trigo obteve maior número de plantas por m<sup>2</sup> (88,7), maior número de afilhos eficazes por m<sup>2</sup> (235,4) e maior altura de plantas (79,0 cm) em relação ao controlo (85,2 , 220,0 e 75,9 cm, respectivamente). Resultados similares aos de Singh (1999) foram reportados por Suschila e Giri (2000), tendo-se registado maior altura (81.4cm) e um total de 78.5 afilhos por m<sup>2</sup> com a aplicação de 10 toneladas de esterco bovino em relação ao controlo (74,5 cm e 69,2, respectivamente).

Ponsica *et al.* (1983) constataram um rendimento de 2,67 toneladas por ha com a aplicação de 12.0 toneladas de esterco bovino, por hectare, na cultura de milho em relação a 1.2 ton/ha de controlo. Srinivasan (1992) salienta que a aplicação 10 toneladas, por hectare de esterco bovino aumentou os atributos de crescimento do milho sobre o controlo.

A aplicação de 23 toneladas de esterco bovino, por hectare, resultou, significativamente, numa maior produção de biomassa do milho sobre o controlo (Brinton e Seekins, 1994). Devarajan e Palanippa (1995) observaram, na cultura de soja, que a aplicação de 10 toneladas de esterco bovino por hectare aumentou a produtividade de grãos na ordem de 15 por cento (1085 kg/ha) em comparação com NPK 20:80:40 kg por ha (943 kg/ha).

Manish Kumar *et al.* (2003) registaram que a aplicação de 20 toneladas de esterco bovino por hectare no ensaio de arroz resultou na produção de sementes de 4880Kg/ha, em comparação com

o controle (2950Kg/ha). Também foi constatada uma menor percentagem de grãos chochos (17.7%) em relação a 21.5% do controle.

O estudo de Subbareddy *et al.* (2004) revela aumento no rendimento de sementes de sorgo em 27%, com o uso de 10 toneladas, por hectare, de esterco bovino, em comparação com a dose recomendada de fertilizantes.

### **2.16.2. Cama de frango**

A cama de frango pode ser definida como produto resultante dos excrementos das aves, detritos alimentares, penas e material absorvente utilizado como piso nos aviários. Os materiais frequentemente usados como piso são: casca de arroz, casca de amendoim, palhas, bagaço de cana e capim elefante. Esses materiais têm a propriedade de evitar a humidade e o frio, além de diminuir a aderência das dejectões e facilitarem a remoção do esterco no final de cada ciclo de criação (Lancini, 1986).

A composição, a quantidade e características da cama de frango variam de acordo com o tipo de material, número de aves por m<sup>2</sup>, duração do ciclo, número de lotes criados, tempo de criação, além de factores de manejo ambiental e fisiológico que podem influenciar na produção e composição físico-química da cama (Alves *et al.*, 1991, Weaver e Meijeihof, 1991). Uma tonelada de cama de frango tem em média 35 Kg de nitrogénio, 30kg de uma fonte de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 30 Kg de potássio (K<sub>2</sub>O) e equivale a uma fórmula de 3,5-3-3 de NPK e mais 30 Kg de cálcio (4,2% de CaO) e 6 Kg de magnésio (1% de MgO), (Souza, 2009).

Em função da disponibilidade, o material mais usado como cama de frango em regiões avícolas, segundo vários autores, é a casca de arroz que, mesmo com baixa capacidade de absorção, apresenta empastamento devido ao uso contínuo de nebulização e à prática da reutilização (Mizubuti *et al.*,1994).

#### **2.16.2.1 Efeito do esterco de frango no crescimento e produtividade**

O esterco de frango contém mais nitrogénio e fósforo em comparação com outros adubos orgânicos volumosos. Segundo Malone *et al.* (1992) o teor de nutrientes, em média, no esterco de frango é de 3,03 por cento N, 2,63 por cento P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1,4 por cento de K<sub>2</sub>O.

A aplicação de 5 toneladas de esterco de frango por ha, sozinho ou em combinação com NPK, NPK + Zn, Fe + NPK ou NPK + Zn + Fe no trigo aumentou, significativamente, o rendimento de sementes e palha, quando comparado com o controlo (Prasad *et al.*, 1984). Stefanescu e Dasca (1988) obtiveram um rendimento na ordem de 5,39 e 6,92 toneladas para trigo e milho, por hectare, respectivamente, com a aplicação de quatro toneladas, por hectare, de esterco de frango sem fertilizantes, obtiveram 3,54 e 4,56 toneladas/ha.

Singh *et al.* (2001) constataram que a aplicação de 80 Kg N, por ha, de esterco de frango no trigo resultou numa maior raiz, maior biomassa da parte aérea, maior número de plantas por metro de linha ( 62,73) e maior produtividade de sementes (1537Kg/ha) em relação ao controle (49,37 e 1000 Kg/ha, respectivamente).

Ponisca *et al.* (1983) relataram que a aplicação de 12 toneladas, por ha, de cama de frango melhorou o desempenho da safra e aumentou a produção de sementes de milho, tendo apresentado melhores resultados, em comparação com esterco de bovino e fertilizantes inorgânicos.

Chandrashekara *et al.* (2000) observaram que, a aplicação de 10 toneladas de cama de frango por hectare originou plantas mais altas (187.5 cm), mais espigas (14,35 cm) de diâmetro maior (15,6 cm) e maior rendimento de grãos (5080 Kg/ha) em comparação com o controlo.

Em soja, Sharaiha e Hatier (1993) verificaram que, entre os três níveis de adubação (0, 20 ou 40 toneladas/ha) com esterco de frango, observou-se maior produtividade de sementes com doses mais elevadas.

### **2.17. Uso de fertilizantes em Moçambique**

De uma maneira geral, o uso de fertilizantes em Moçambique ainda é muito baixo e apresenta os menores índices de utilização de fertilizantes da África Austral. Dos fertilizantes usados para a agricultura destacam-se o NPK e a ureia. Isso pode ser justificado pelo facto da *Mozambique Fertilizer Company* predominantemente fornecer NPK, ureia e misturas para o mercado. Fertilizante como o nitrato de amónio é usado, porém, em poucas quantidades devido ao seu baixo fornecimento no país.

A maior utilização de fertilizantes é verificada nas culturas de rendimento, como tabaco, com 84%, impulsionada pelas grandes companhias, cebola, 76%, alho, couve, em média de 60%. Os cereais apresentam a menor percentagem de utilização de fertilizantes no país, sendo esta estimada em 3% (IFDC, 2011) e, de acordo com MINAG (2008), a província de Gaza apresenta a menor taxa de utilização de fertilizantes, muito próximo de zero, sendo superada pelas províncias de Nampula, Niassa, Manica e Zambézia, com taxa de utilização de fertilizantes na ordem de 13,7%, 11,2%, 7.6% e 1.5%, respectivamente.

### 2.17.1. Acesso a fertilizantes

Em Moçambique o acesso a fertilizante ainda é muito reduzido. Somente os agricultores que estão próximo das grandes cidades ou que têm alguma facilidade de se deslocar até aos centros urbanos é que têm acesso aos mesmos. Isto porque os agentes comerciais de insumos agrícolas realizam as suas actividades nas grandes cidades, motivados pelo elevado volume de negócios nas cidades, fazendo com que nas zonas rurais haja poucos operantes na venda de insumos agrícolas para os produtores (MINAG, 2008).

Tabela 6: Proveniência dos Fertilizantes mais usados em Moçambique

Proveniência	NPK	Ureia
Comerciantes de Insumos Agrícolas	61	59
Empresas privadas	33	26
Governo	2	11
Feiras Agrícolas	3	0
ONG	1	0
Desconhecidos	1	0

Fonte: IFDC (2011)

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Características da área de estudo

O ensaio foi realizado no Distrito de Chókwè, na Estação Agrária de Chókwè, pertencente ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, de Dezembro de 2011 a Setembro de 2012. O Distrito de Chókwè está localizado na província de Gaza, à longitude 32° 30' Este e à latitude 24° 10' Sul. O distrito é limitado pelos rios Limpopo e Mazemichope e pelos distritos de Macia, Chibuto, Guijá, Massingir e Magude e possui uma superfície de 2.706 quilómetros quadrados (Mosca, 1988).

**Mapa do Distrito de Chókwè**

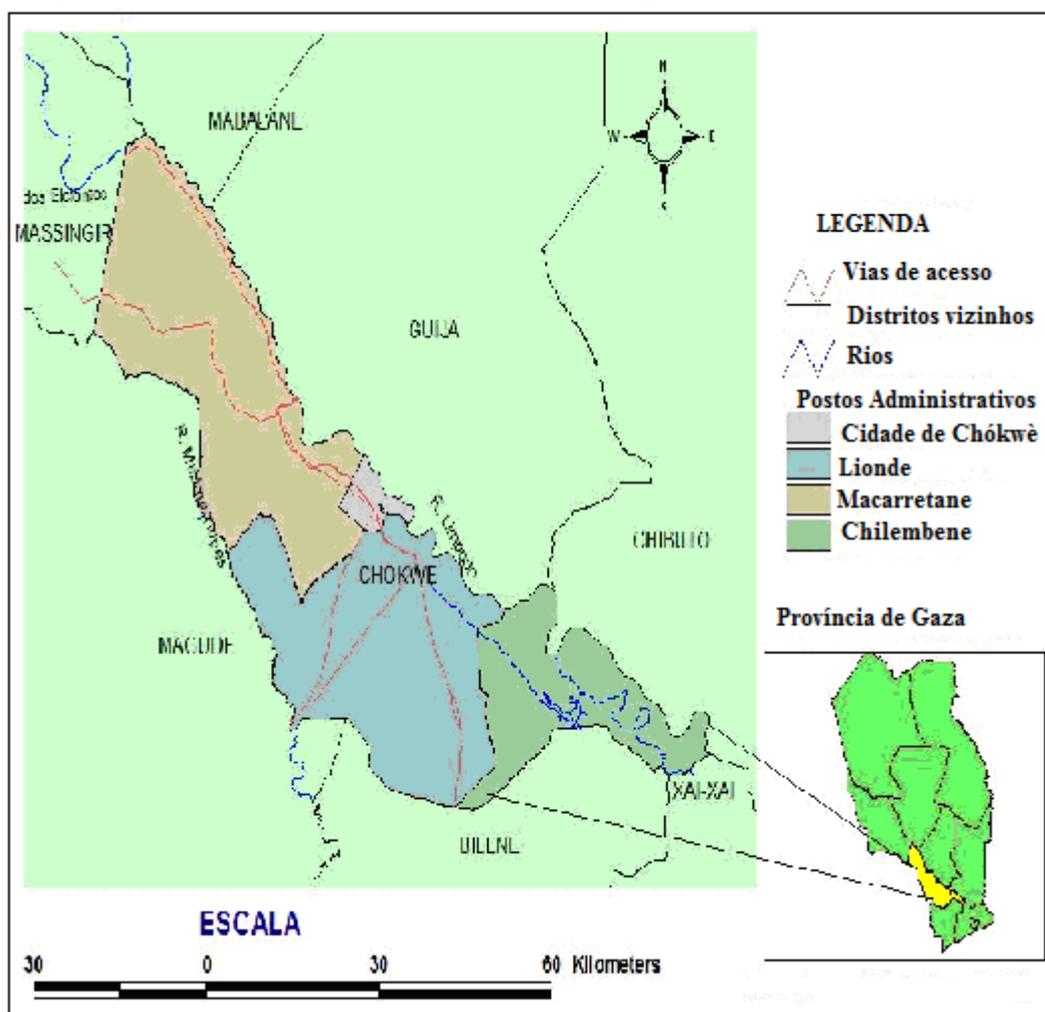


Figura 3: Mapa do Distrito de Chókwè

### 3.1.2. Descrição do clima e do solo do Chókwè

O clima é semi-árido, com precipitação média anual ao redor de 660 mm. A evapotranspiração média anual oscila entre 1400 e 1600 mm (Mosca, 1988). As temperaturas médias mensais variam de 18,5° C, no mês mais frio (Junho) a 27° C nos meses mais quentes (Dezembro a Fevereiro). A temperatura média anual é de 23,6° C. A humidade relativa, em Novembro está em torno de 54% e 77% em Maio (Gomes, 1998). Os solos de Chókwè são, na sua maioria, constituídos por formações marinhas e por terraços fluviais de boa fertilidade. São solos de textura predominantemente argilosa a franco-argilosa, pesados e impermeáveis (Sogreah, 1996).

Segundo MAE (2005), o distrito de Chókwè é caracterizado pela ocorrência frequente de deficiência de água, como resultado das baixas precipitações verificadas ao longo do ano e elevadas temperaturas propiciando o surgimento de secas e estiagem. Na figura abaixo estão apresentadas as temperaturas e precipitações mínimas, médias e máximas durante o período em que o ensaio ocorreu.

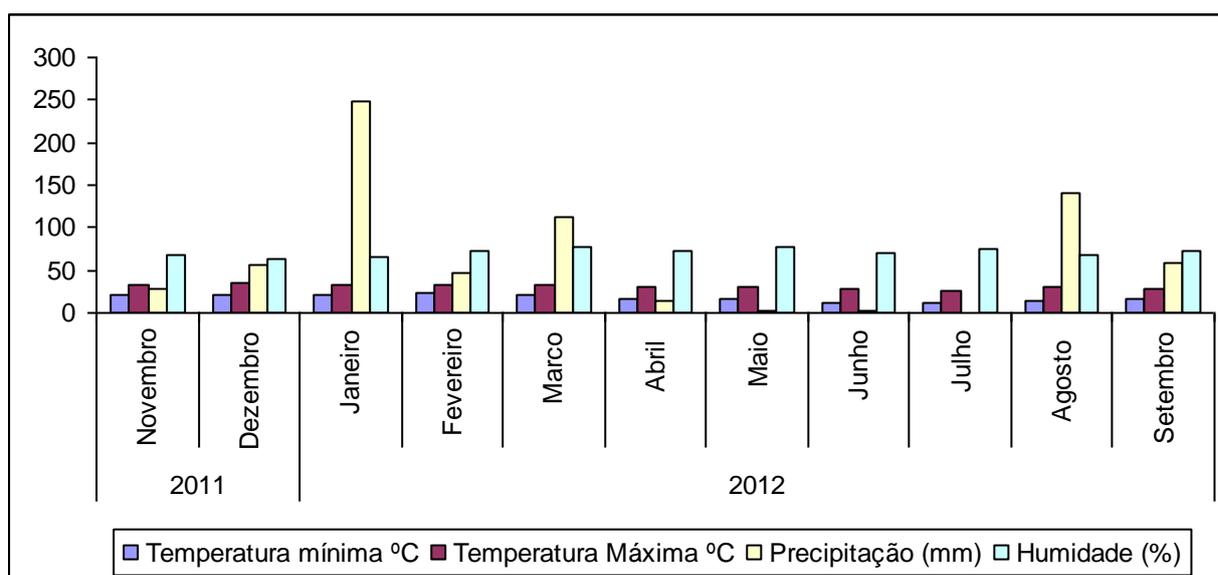


Figura 4: Dados climáticos durante o período de ensaio  
Fonte: Estação Agrária de Chókwè (2011, 2012)

### 3.2. Preparação do solo

A preparação do solo foi convencional, como o solo é argiloso e não se apresentava em boas condições, foram feitas duas lavouras e duas gradagens. A primeira lavoura foi efectuada aos 60 dias antes da sementeira e a segunda foi feita aos 30 dias, a primeira gradagem foi realizada aos 10 dias antes da sementeira do feijão nhemba e a segunda aos 5 dias. O marachamento foi feito

aos 2 dias antes da sementeira tendo sido usada uma charrua de três discos. Nesta operação os primeiros dois discos próximo do ponto de engate foram retirados para garantir marcação de linhas rectas no marachamento. O objectivo do marachamento era separar os blocos e criar os combros. Usando enxada e ancinho foram feitas bacias e de seguida foram niveladas para permitir melhor distribuição da água na bacia.

### **3.3. Rega**

A rega foi por gravidade e através de uma electrobomba. A água era captada numa das derivações do canal e transportada por meio dos tubos até ao local do ensaio. A mesma era feita semanalmente, dado que a região apresenta baixas precipitações e altas temperaturas, propiciando a ocorrência de altas taxas de evapotranspiração estimada em 1400 a 1500mm (MAE, 2005). A rega foi interrompida logo depois do enchimento das vagens e dos grãos do trigo, isto é, aos 90 dias depois da sementeira.

### **3.4. Controlo de infestantes**

Para o controlo de infestantes foi feita monda manual, com o solo ligeiramente húmido, para que as infestantes fossem arrancadas com as suas raízes e também para evitar que danificassem o sistema radicular das plantas de trigo. Quando arrancadas, as infestantes eram isoladas das parcelas e do ensaio para evitar que elas tivessem alguma influência nas variáveis em análise pela adição de seus nutrientes contidos nas infestantes.

### **3.5. Pragas e doenças**

Durante o ensaio apenas foi registada a ocorrência de ratos que causaram danos estimados em 300Kg/ha, esta praga galgava as plantas e cortava as panículas. Para o controlo desta praga foi usado o insecticida cipermetrina, misturado com amendoim torrado e, seguidamente, o amendoim foi espalhado ao redor de cada parcela em todo o ensaio. Não foi registada a ocorrência de doenças no experimento.

### **3.6. Colheita**

A colheita foi feita em Setembro, primeiro colheu-se as bordaduras colocando as panículas nos sacos depois da sua identificação e, seguidamente, foi colhida toda a área útil em cada parcela, onde, também, as panículas foram colocadas nos sacos sem misturá-las com as panículas

colhidas nas bordaduras. Concluída a colheita, o trigo foi levado para o armazém, onde foi feita a desgranação.

### **3.7. Variedade usada**

A sementeira do trigo foi feita em Maio e a variedade de trigo usada foi a *Nduna*, por ser a mais usada pelos agricultores e a mais divulgada e disseminada pelas entidades governamentais junto dos agricultores. O compasso usado na produção do trigo foi de 18\*18cm. A Variedade de feijão nhemba usada foi a IT 18. A mesma é de época quente, de crescimento rápido e determinado e altamente produtiva, o grão é pequeno, castanho- claro, ciclo de 90 dias, os genes respondem melhor nas zonas baixas e de média altitude.

### **3.8. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 parcelas para todo o ensaio e ocupando uma área de 432m<sup>2</sup>. As dimensões de cada parcela foram de 4,5 x 3,0 m, obtendo-se uma área total de 13.5 m<sup>2</sup> por parcela. Foi considerada bordadura de um metro no início e no final de cada parcela, resultando em 7m<sup>2</sup> de área útil.

### **3.9. Tratamentos**

Os tratamentos usados nesta pesquisa foram: T1-sem fertilização (0 Kg/ha de N), T2-feijão nhemba à densidade de 55555plantas/ha, T3-cama de frango à dose de 1459Kg/ha (35 Kg/ha de N), T4- esterco bovino à dose de 1750Kg/ha (35Kg/ha de N), T5-feijão nhemba à densidade 111111 plantas/ha, T6-NPK (12-24-12) à dose de 150kg/ha+108Kg de ureia (70 Kg/ha de N), T7- cama de frango à dose de 2917Kg/ha (70 Kg/ha de N) e T8- esterco bovino à dose de 3500Kg/ha (70Kg/ha de N). As doses foram definidas tendo em conta as recomendações de adubação nitrogenada que é de 70Kg N/ha para a cultura de trigo. A determinação da dose do feijão nhemba foi em função da densidade recomendada por hectare, tendo em conta o compasso de 60\*15 cm para 100% de densidade e 120\*30 cm para uma densidade de 50%, perfazendo um total de 111111 e 55555, plantas respectivamente. O cálculo das doses para o esterco bovino e cama de frango foi com base no elemento nitrogénio, por ser o elemento mais importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Na tabela 8 são apresentados os tratamentos e respectivas doses de adubação para os oito tratamentos.

Tabela 7: Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio

Tratamento	Dose de Nitrogénio/densidade de plantas	Fonte
T1	Controlo (0Kg/ha)	Solo
T2	Fixador de N (55555plantas/ha)	Feijão nhemba
T3	Cama de frango (35Kg/ha)	Cama de frango
T4	Esterco bovino (35Kg/ha)	Esterco bovino
T5	Fixador de N (111111 plantas/ha)	Feijão nhemba
T6	150 kg/ha de NPK +108Kg de Ureia (70Kg N/ha)	NPK+Ureia
T7	Cama de frango (70Kg N/ha)	Cama de frango
T8	Esterco bovino (70Kg N/ha)	Esterco bovino

### 3.9.2. Aplicação dos tratamentos

A sementeira do feijão nhemba foi efectuada no dia 15/01/2012 e 60 dias depois da sementeira do feijão nhemba fez-se a aplicação dos tratamentos na base de esterco bovino e cama de frango já curtido, cujo objectivo era fazer coincidir o momento da disponibilidade dos nutrientes presentes no esterco bovino, cama de frango com nitrogénio fixado no solo para as plantas de trigo.

Para a adubação de fundo recomenda-se a aplicação de 20Kg N/ha de nitrogénio e os restantes 50Kg N/ha de nitrogénio na adubação de cobertura com adubação mineral. A adubação com o esterco bovino, cama de frango e feijão nhemba foi aplicada de uma só vez, uma vez que os adubos orgânicos levam algum tempo para que os nutrientes estejam disponíveis para as plantas. Depois de se atingir a maturação fisiológica das vagens foi feita a colheita do feijão.

### 3.10. Amostragens

#### 3.10.1. Análises do solo e dos materiais

As amostras de solo foram tiradas em todas as parcelas do ensaio. O processo de colecta de solo consistiu em cinco pontos em cada parcela que depois foram misturadas, constituindo uma única amostra. As amostras obtidas em cada parcela que receberam o mesmo tratamento nos diferentes blocos foram agrupadas e misturadas, obtendo-se a amostra laboratorial que pesava 1Kg.

A primeira colecta de amostras de solo ocorreu antes da sementeira do feijão nhemba e a segunda e última colecta foi feita 80 dias depois da sementeira, com o objectivo de verificar a fixação do nitrogénio nas parcelas que receberam os tratamentos T2 e T5 e, ao mesmo tempo, conhecer o nitrogénio disponível noutras parcelas que receberão outros tratamentos. Foram tiradas amostras de 1Kg de esterco bovino e cama de frango, as quais foram submetidas à análise laboratorial, a fim de se conhecer as quantidades de nutrientes existentes..

A colheita do solo em todas as parcelas foi feita a uma profundidade de 20 cm para a determinação das características químicas: teor de nitrogénio (N), fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), sódio ( $Na^+$ ), matéria orgânica, relação C/N, pH ( $H_2O$  e KCl), condutividade eléctrica, antes e depois da sementeira do feijão nhemba.

### 3.12. Variáveis avaliadas:

(i) **Emissão de afilhos** - a avaliação da emissão dos afilhos foi realizada em toda a fase de afilhamento da cultura do trigo com intervalo de cinco dias. A avaliação iniciou logo que ocorreram as primeiras brotações. Foram avaliadas 5 plantas por parcela, divididas em cinco pontos distribuídos aleatoriamente com 1 planta cada um. A identificação dos afilhos foi realizada conforme proposto por Masle (1985) (Figura 5). Os afilhos foram denominados pela letra A, seguidos do número da folha cujo nó foram originados conforme segue: CP - colmo principal; A0 - afilho originado do nó do coleóptilo; A1 - afilho originado do nó da primeira folha do CP; An - afilho originado do nó da enésima folha do CP.

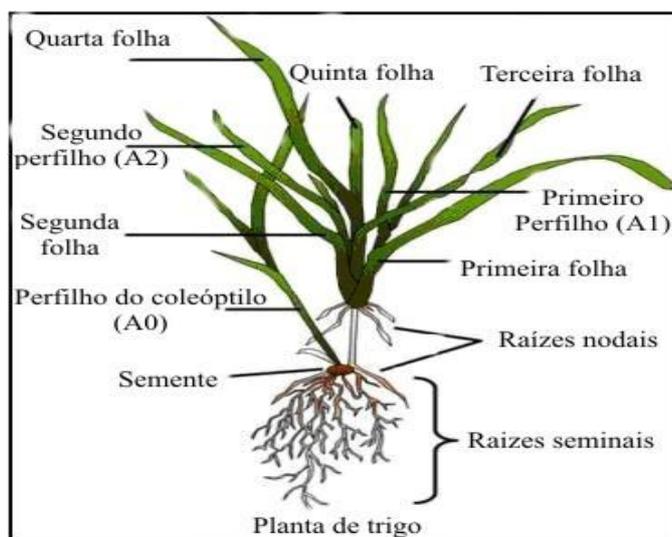


Figura 5: Identificação de afilhos de trigo adaptada de Masle (1985)

**(ii) Matéria seca** – para avaliar esta variável foram seleccionadas 5 plantas em cada parcela da área útil usando uma amostragem do tipo X numa área de 1m<sup>2</sup>, levando-as para o laboratório dentro de sacos de polietileno e deixando-as para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 60-70°C durante três dias. A determinação da matéria seca foi feita após as plantas atingirem a maturação fisiológica.

**(iii) Altura da planta** – com o intuito de verificar a influência do esterco bovino, cama de frango e o efeito do nitrogénio fixado biologicamente na altura das plantas de trigo a cada 15 dias esta variável foi determinada usando-se uma fita métrica até a época da maturação fisiológica, e em centímetro a partir do nível do solo até ao ápice foliar e da panícula, excluindo as aristas, e levando-se em consideração a média de diferentes pontos em cada parcela.

**(iv) Grau de acamamento** – Esta variável foi determinada com base na observação directa (Amaya *et al.*, 2000), a nível de campo na fase de maturação fisiológica, utilizando-se a seguinte escala: 0: sem acamamento; 1: até 5% de plantas acamadas; 2: 5 a 25%; 3: 25 a 50%; 4: 50 a 75%, e 5: 75 a 100% de plantas acamadas.

**(v) Número de grãos por panícula** – com o propósito de determinar o número de grãos por panícula em cada parcela foram colhidas panículas de cinco plantas da área útil e levadas ao laboratório para proceder-se à contagem. O critério escolhido na selecção das plantas na área útil obedeceu à amostragem do tipo X.

**(vi) Rendimento-** As plantas da área útil de cada parcela foram colhidas manualmente e depois foi feita a desgranação com o objectivo de separar o grão da panícula e pesá-lo. Seguidamente, os dados foram usados para estimar o rendimento em kg/ha. Esta determinação foi realizada com 13% de nível de humidade dos grãos.

**(vii) Peso de 1000 grãos** – a determinação desta variável foi com base na contagem de 1000 grãos da área útil de cada parcela em cada repetição, sendo que a selecção dos grãos foi aleatória. No campo os grãos foram colhidos com humidade de 20 % e depois secados ao sol até 13% de humidade. Assim, os 1000 grãos foram pesados na balança electrónica e registado o seu peso.

Para a avaliação da eficiência do uso de N, foi determinado o teor de N pelo método de Kjeldahl na parte aérea e nos grãos secos. Para o cálculo da eficiência do uso de N foram empregues as seguintes fórmulas (Fageria *et al.*, 2007):

**(viii) Eficiência Agronômica (EA)** =  $(PG_{cf} - PG_{sf}) / (QNa)$ , dada em Kg/Kg, onde:  $PG_{cf}$  = rendimento de grãos com aplicação do fertilizante,  $PG_{sf}$  = rendimento de grãos sem aplicação do fertilizante e  $QNa$  = quantidade de nutriente aplicado. Este índice indica a capacidade de produção de grãos por unidade de fertilizante aplicado no solo.

**(ix) Eficiência Fisiológica (EF)** =  $(PTB_{cf} - PTB_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , dada em Kg/Kg, onde:  $PTB_{cf}$  = rendimento total biológico (parte aérea e grãos) com aplicação do fertilizante;  $PTB_{sf}$  = rendimento total biológico sem aplicação do fertilizante;  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com fertilizante e  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem fertilizante. Este índice indica a capacidade de produção da parte aérea total por unidade de nutriente acumulado na planta.

**(x) Eficiência Agrofisiológica (EAF)** =  $(PG_{cf} - PG_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , dada em Kg/Kg, onde:  $PG_{cf}$  = rendimento de grãos com aplicação do fertilizante,  $PG_{sf}$  = rendimento de grãos sem aplicação do fertilizante,  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com fertilizante e  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem fertilizante. Este índice é semelhante ao anterior, entretanto, indica a capacidade específica de produção de grãos por unidade de nutriente acumulado na planta.

**(xi) Eficiência de Recuperação (ER%)** =  $((AN_{cf} - AN_{sf}) / (QNa)) * 100$ , onde:  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com aplicação do fertilizante,  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem aplicação do fertilizante e  $QNa$  = quantidade de nutriente aplicado. Este índice indica o quanto do nutriente aplicado no solo a planta conseguiu absorver.

**(xii) Eficiência de Utilização (EU)** = eficiência fisiológica (EF) x eficiência de recuperação (ER). Este índice indica a capacidade de produção da parte aérea total por unidade de nutriente aplicado. O presente índice regista a capacidade da planta para absorção/aquisição de nutriente do solo.

### 3.13. Análise económica

#### 3.13.1. Custo total da produção do trigo

O custo total de produção compreende os custos fixos e variáveis. Neste estudo os itens que foram usados para o cálculo do custo total de produção podem ser vistos no anexo 8. A expressão matemática usada para o cálculo dos custos totais foi a seguinte:

$$CT=CF+CV$$

Onde:

CT: é o custo total de produção de trigo em função de cada tratamento (Mt/ha);

CF: é o custo fixo (Mt/ha);

CV: é o custo variável (Mt/ha).

#### 3.13.2. Receita Bruta

A Receita Bruta representa o resultado da actividade em valores monetários. Em sua expressão mais simples, é a multiplicação do preço pela quantidade produzida. Assim sendo, matematicamente obtém-se a seguinte expressão:

$$RB = \sum_{i=1}^n (P_i * Q_i)$$

Onde:

RB: é a receita bruta da produtividade em cada tratamento (Mt/ha);

P<sub>i</sub>: é preço da venda do trigo em grão (Mt/Kg);

Q<sub>i</sub>: é a quantidade produzida em cada tratamento (Kg/ha).

#### 3.13.3. Margem Bruta

Um dos principais objectivos de uma unidade de produção agrícola é apurar o resultado de uma determinada actividade em termos remunerativos. A análise consiste, em geral, na comparação da receita com o custo de produção. Dessa análise monetária saem muitos indicadores que mostram a eficiência do capital:

A margem bruta (MB) é a diferença entre a receita bruta total (RBT) e o custo variável total (CVT).

Logo:  $MB = RBT - CVT$

A margem líquida total (MLT) ou lucro (L) é a diferença entre a renda bruta total (RBT) e o custo total (CT).

Logo:  $MLT = L = RBT - CT$

#### **3.13.4. Relação custo/benefício**

A relação custo/benefício é um indicador que relaciona os benefícios de um projecto ou proposta, expressos em termos monetários, e os seus custos, também expressos em termos monetários. Este parâmetro ajuda-nos a saber se os produtores ganharão algum benefício usando estes tratamentos ou não, podendo, em função dos ganhos, decidir sobre a continuidade, ou não, do projecto.

$$\text{Relação Custo/benefício} = \frac{RBT}{CT}$$

Onde:

RB: é a receita bruta total (Mt/ha);

CT: é o custo total de produção trigo (Mt/ha).

#### **3.14. Análise estatística**

Após a colecta dos dados no campo, em fichas de registo, fez-se a descarga e a codificação no *Microsoft Excel 2003*. Seguidamente foram importados para a planilha do pacote *Genstat Discovery Edition 4*. Com este pacote estatístico foram analisadas as seguintes variáveis: afilhamento, altura da planta, número de panículas, número de grãos por panículas, rendimento, peso de 1000 sementes, acamamento, matéria seca total, teor de nitrogénio, teor de fósforo, teor de potássio, teor de magnésio e cálcio. Para saber se os tratamentos diferem ou não quanto ao seu efeito sobre as variáveis fez-se a análise de variância cuja execução foi precedida pela verificação dos pressupostos de aditividade, independência, normalidade e homogeneidade de variâncias recorrendo aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett's para os dois últimos pressupostos. Detectada a existência de diferenças significativas entre os tratamentos em relação às variáveis, procedeu-se ao teste de comparações de médias. Para este estudo o teste escolhido foi o de Tukey, a 5% de probabilidade, por ser robusto e rigoroso. Para a identificação do melhor tratamento foram definidos e testados os contrastes ortogonais.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Afilhamento

O resumo da análise de variância a nível de 5% consta da tabela 8 e revelou não haver diferenças significativas entre tratamentos quanto ao número de afilhamento. Este resultado coincide com o de Nakagawa *et al.* (1994, 1995) que atribui existência de sincronia entre o momento da disponibilidade dos nutrientes e o momento em que os nutrientes são necessários para estimular o afilhamento. Para Peixoto (2010), a ausência de diferenças na emissão e desenvolvimento de afilhos representa um sinal de que as condições de crescimento são favoráveis e que existem grandes quantidades disponíveis de nutrientes, água e luz solar. Ainda de acordo com o mesmo autor, essas condições favoráveis podem existir, simplesmente devido ao clima ou porque o número de plantas é baixo, em relação à densidade recomendada. Resultado semelhante a este foi encontrado por Castamann (2005) em seu estudo, onde verificou que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação ao afilhamento.

Tabela 8: Análise de variância para a variável afilhamento

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
REP	3	862.	287.	0.27	
TRAT	7	8030.	1147.	1.09	0.406
RESIDUOS	21	22145.	1055.		
TOTAL	31	31036.			

Os resultados da presente pesquisa contrastam com os de Ibrahim *et al.* (2008) que observaram um aumento linear no número dos afilhos com aplicação do esterco bovino e cama de frango. Resultados similares aos de Ibrahim *et al.* (2008) foram, alcançados por Dixit e Gupta (2000) e Khoshgoftarmanesh e Kalbasi (2002), que verificaram um incremento significativo no número de afilhos com a aplicação de esterco bovino e cama de frango. Lopes (2007), verificou que o uso de leguminosas com acção fixadora de nitrogénio atmosférico no solo promove maior afilhamento em relação ao tratamento sem fertilização. Este resultado não foi verificado nesta pesquisa, apesar da ocorrência da fixação do nitrogénio atmosférico no tratamento T5.

## 4.2. Altura da folha e da panícula

De acordo com os resultados da ANOVA, nas tabelas 9 e 10, verificou-se a existência de diferenças quanto ao desempenho dos tratamentos para a variável altura. Estes resultados concordam com os de Ibrahim *et al.* (2007) em seu estudo sobre a avaliação da resposta do trigo a diferentes doses de esterco orgânico. Maldonado (2001) obteve resultados similares aos do presente estudo em anos diferentes e em locais diferentes. Estudos de vários autores (Costa *et al.*, 1998; Alves, 1999; Santos, 1999; Silva *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2002; Barbosa, 2001) revelam diferenças significativas ocasionadas pelo desempenho dos tratamentos.

Tabela 9: Análise de variância da altura da folha

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
TRAT	7	1601.43	228.78	4.64	0.003
REP	3	32.16	10.72	0.22	0.883
RESIDUOS	21	1035.52	49.31		
TOTAL	31	2669.11			

Tabela 10: Análise de variância da altura da panícula

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
TRAT	7	1142.54	163.22	6.37	<.001
REP	3	108.67	36.22	1.41	0.267
RESIDUOS	21	538.39	25.64		
TOTAL	31	1789.60			

Os dados colhidos aos 60 dias depois da sementeira e submetidos ao teste Tukey (tabela 11), revelam que a unidade experimental que recebeu o tratamento T4 foi a que registou maior crescimento em altura em relação ao tratamento controlo na ordem de 23,54 cm e 21,44, na última folha e última panícula, respectivamente. Possivelmente este resultado esteja relacionado com o maior aproveitamento dos benefícios da matéria orgânica inicialmente contido no solo, conforme as tabelas 38 e 39. Segundo Simonete (2001), Ceretta *et al.* (2003) e Rocha *et al.* (2004) a matéria orgânica promove o crescimento das plantas, aumenta a estabilização de macronutrientes e micronutrientes no solo, promove a inactivação de elementos tóxicos, permite maior aeração e favorece o aumento da actividade e da diversidade microbiana.

A resposta do trigo aos 60 dias depois da sementeira quando adubada com a cama de frango foi superior ao tratamento controlo em 14.917cm na dose 39Kg de N e 18.041cm na dose 78Kg de

N, para a última folha e última panícula, respectivamente. Provavelmente o facto de a cama de frango possuir 24g N/Kg (Tabela 39) esteja na origem destes resultados, uma vez que excrementos dos frangos são ricos em nutrientes, principalmente nitrogénio, elemento essencial para o crescimento das plantas. Segundo Figueroa (2008), o esterco de frango é bastante rico em N devido ao alto conteúdo proteico da ração, podendo ser aplicado junto com a cama.

O desempenho do trigo não foi positivo no tratamento T2, comparativamente ao tratamento T5, a razão para tal é que no tratamento T2 houve menor fixação do nitrogénio, isto, provavelmente, se deva ao menor número de plantas com tal função, o que contribui para uma maior redução da percentagem de fósforo inicialmente contido no solo (tabela 35). Segundo Burity *et al.* (2000) a eficiência do processo de fixação do N<sub>2</sub> depende da disponibilidade de P, devido à sua participação no processo simbiótico. Okeleye e Okelana (1997) afirmam que o fósforo é importante para o estabelecimento de nodulação, pois aumenta o número de pêlos radiculares, proporcionando mais sítios de infecção para as bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>.

No tratamento controlo verificou-se pouco crescimento das plantas, facto que pode ser justificado pela deficiência de nutrientes nas plantas, beneficiando-se apenas dos nutrientes residuais das produções anteriores. Provavelmente, os nutrientes residuais não foram suficientes para fornecer à planta elementos essenciais para promover o seu crescimento em altura. Segundo Epstein e Bloom (2004) a ausência de adubação nas plantas compromete o crescimento, proporcionando produtividade baixa.

Tabela 11: Comparação de médias dos tratamentos  
F N- Feijão nhemba; dens=densidade

Tratamento	altura até a última folha	altura até a última panícula
T1 (sem adubação = 0 Kg N/ha)	41.693a	49.883a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	50.403b	55.945b
T3 (cama de frango dose 1459Kg/ha = 35 Kg N/ha)	59.671c	64.800d
T4 (esterco bovino dose 1750Kg/ha = 35Kg N/ha)	65.232c	71.320e
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	57.997c	61.010d
T6 (NPK 150Kg+108Kg Ureia = 70 Kg N/ha)	56.563b	64.579d
T7 (cama de frango dose 2918Kg/ha = 70 Kg N/ha)	59.734c	63.164d
T8 (esterco bovino dose 3500Kg/ha = 70 Kg N/ha)	63.262c	61.452d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.2.1 Relação entre dose de nitrogénio e altura

Na figura 6 pode-se constatar que os dados ajustaram-se ao modelo quadrático e 63.84% da variação é explicada pelo modelo. Fageria e Baligar (2005) obtiveram resultados idênticos aos do presente estudo, onde constataram a influência dos factores ambientais e genéticos na variação da altura das plantas.

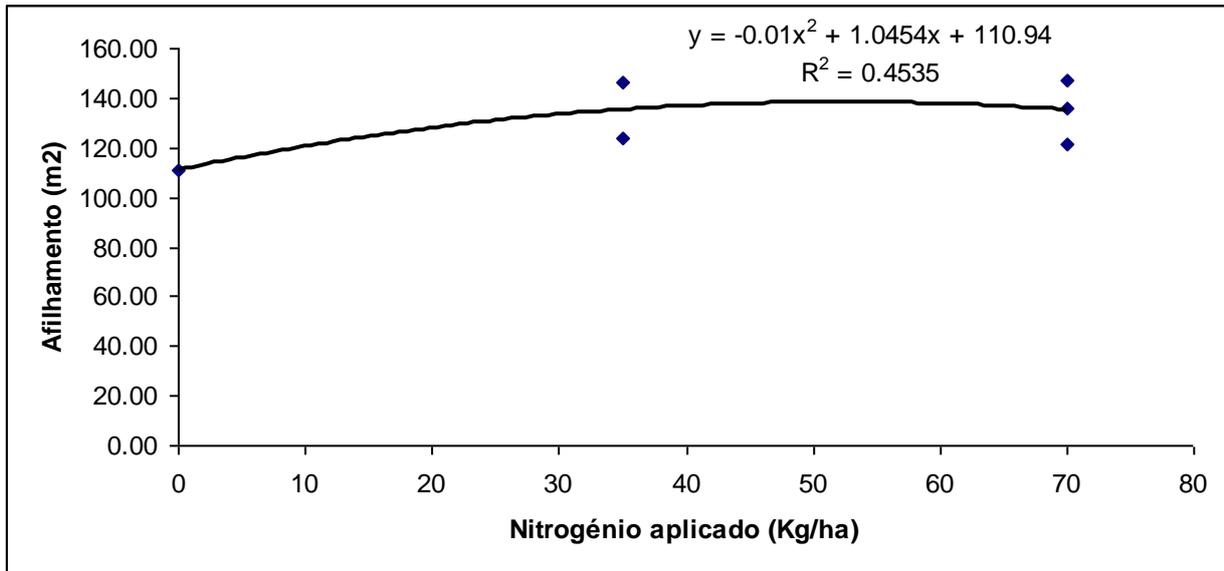


Figura 6: Efeito dos tratamentos sobre a altura

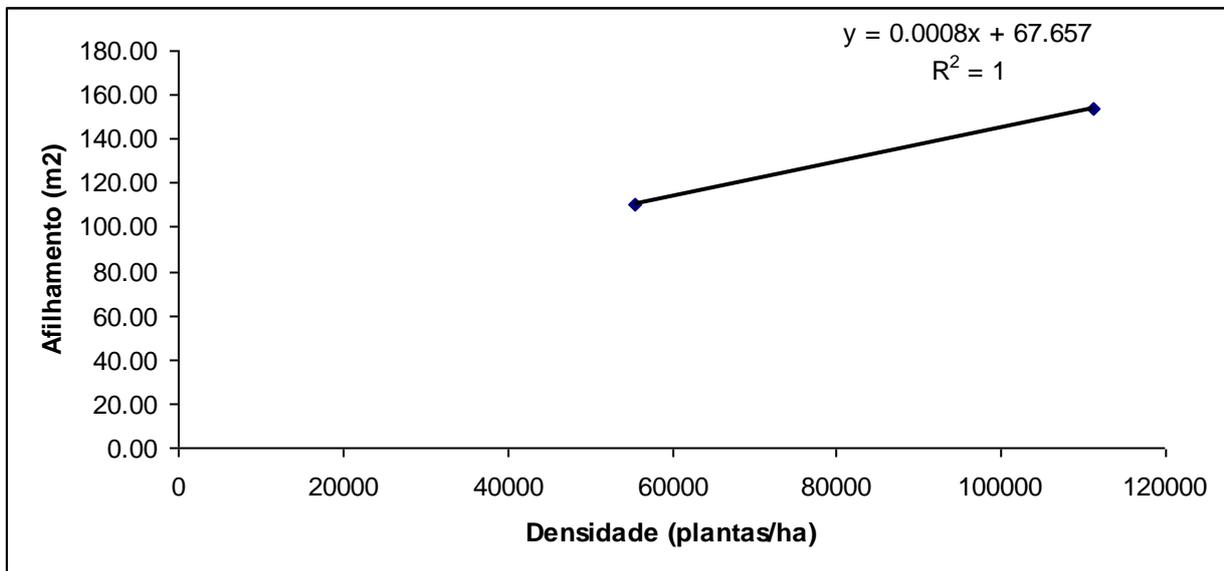


Figura 7: Efeito da densidade sobre a altura

### 4.3. Número de Panículas

Os testes de análise de variância (tabela 12), concluíram que as diferenças entre os tratamentos no número de panículas não são significativas. Resultado similar foi obtido por Farhad *et al.* (2009) em seu estudo sobre determinação de doses e fontes de esterco com maior eficiência produtiva. Efeitos não significativos no número de panículas com a aplicação da cama de frango e esterco bovino em diferentes doses foram reportados, também, por Maqsood *et al.* (2001) na sua pesquisa sobre efeitos de adubos orgânicos nos cereais. Davidson e Chevalier (1990) consideram que o número de panículas é determinado pelo número de afilhos pois, cada afilho irá terminar com a emissão de uma panícula.

Tabela 12: Análise de variância para a variável panícula

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	8248.5	1178.4	1.25	0.322
REPETIÇÃO	3	408.0	136.0	0.14	0.932
RESIDUOS	21	19815.9	943.6		
TOTAL	31	28472.5			

### 4.4. Número de grão por panícula

O número de grão por panículas foi influenciado, significativamente, pelos tratamentos, de acordo com a ANOVA (tabela 13), a 5% de probabilidade. Sadur *et al.* (2008) reportaram que os adubos orgânicos influenciaram o número de grãos por panículas. Os resultados do presente estudo concordam com os de Sadur *et al.* (2008), Iqtidar *et al.* (2006), Lloveras *et al.* (2001), Frederick e Comberato (2006), Ayoub *et al.* (1994) e Mossedaq e Smith (1994) os quais revelaram que o aumento das doses tem efeitos no número de grão por panículas.

Tabela 13: Análise de variância do número de grão por panículas

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
TRATAMENTO	7	2071.862	295.980	82.31	<.001
REPETIÇÃO	3	17.280	5.760	1.60	0.219
RESÍDUOS	21	75.511	3.596		
TOTAL	31	2164.653			

Realizado o teste de Tukey (tabela 14) constatou-se que o tratamento controle difere dos restantes tratamentos no número de grão por panícula. Esta diferença, possivelmente se deva ao

fraco crescimento e desenvolvimento das estruturas das plantas observadas nas parcelas com este tratamento, dado que, durante o ciclo da cultura, não foi adubada, culminando com a redução da área fotossintética e da produção de fotoassimilados, traduzindo-se na fraca formação e enchimento dos grãos. Segundo Bortolini (2004), no crescimento reprodutivo do trigo, qualquer parte da planta é importante para o enchimento do grão. Da mesma forma que a folha contribui na formação de assimilados, qualquer outra parte aérea também contribui, daí que a diminuição do crescimento e desenvolvimento da biomassa aérea pode afectar a formação de grãos. Para Peixoto (1996) e Mundstock (1977), a baixa disponibilidade de nutrientes pode conduzir a uma série de processos que resultam no baixo enchimento e formação de grão.

Tabela 14: Média do número de grãos por panículas/m<sup>2</sup>

Tratamento	Média do número de grãos por panículas
T1 (sem adubação = 0 Kg N/ha)	470.679b
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	1187.114a
T3 (cama de frango dose 1459Kg/ha = 35 Kg N/ha)	1188.117a
T4 (Esterco bovino dose 1750Kg/ha = 35 Kg N/ha)	1190.432a
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	1220.062a
T6 ( NPK dose 150Kg/ha+108Kg Ureia = 70 Kg N/ha)	1245.679a
T7 (Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	1223.765a
T8 (Esterco bovino dose 3500Kg/ha = 70 Kg N/ha)	1265.741a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.4.1 Relação entre dose de nitrogénio e número de grãos por panícula

Os dados ajustaram-se à equação do modelo quadrático, ressaltando que o número de grãos por panícula pode ser aumentada com a elevação da dose de nitrogénio, facto também relatado por Fageria e Baligar (2005).

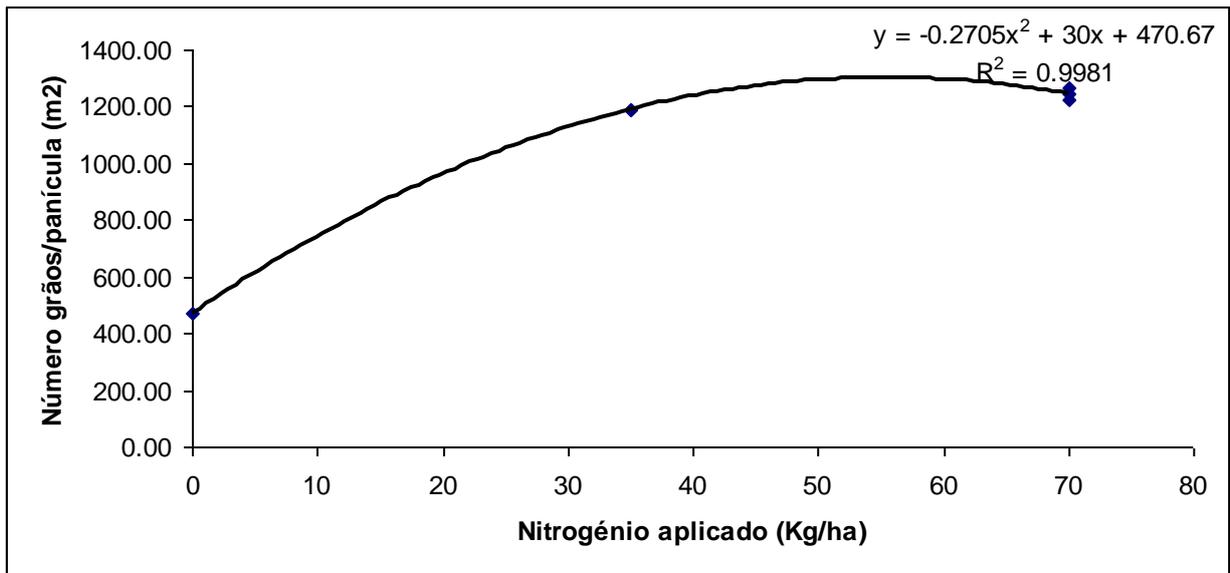


Figura 8: Efeitos dos tratamento sobre o número de grãos por panícula

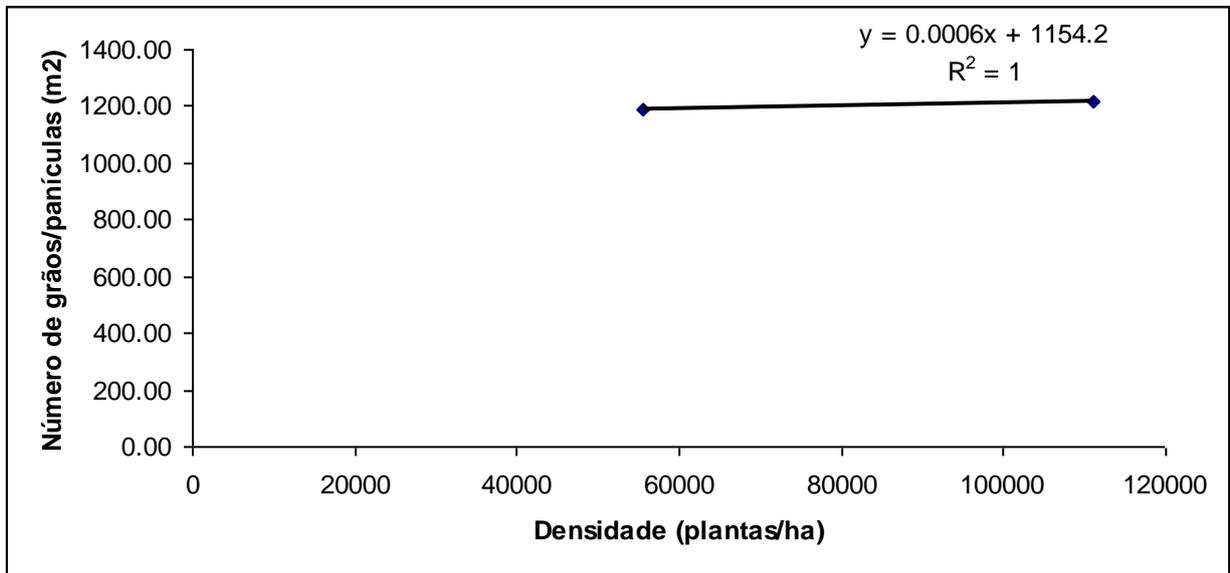


Figura 9: Efeito dos tratamentos sobre a altura

#### 4.5. Rendimento

Os resultados da tabela 15 ilustram a significância do efeito dos tratamentos sobre o rendimento a 5% de probabilidade.

Tabela 15: Análise de variância de rendimento

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
TRATAMENTO	7	13261081.	1894440.	6.63	<.001
REPETIÇÃO	3	647955.	215985.	0.76	0.531
RESÍDUOS	21	5997564.	285598.		
TOTAL	31	19906600.			

Pode-se concluir, a partir do teste de Tukey (tabela 16) que os tratamentos T1 e T2 apresentaram os menores rendimentos e diferem, estatisticamente, entre si e dos demais tratamentos. Este resultado pode estar relacionado com o esgotamento do N residual existente no tratamento T1 e ao facto de no tratamento T2 não ter havido fixação do N. Segundo Farhad *et al.* (2009) o aumento da dose dos adubos implica aumento do teor de macronutrientes e, conseqüentemente, aumento dos rendimentos.

Por outro lado, o facto de os tratamentos T1 e T2 terem apresentado maiores valores de pH, de acordo com os resultados laboratoriais (tabela 35 e 36) provavelmente, tenha contribuído para a formação de menor número de grãos por panículas, resultando em baixo rendimento e aumento do pH dos grãos. Nos restantes tratamentos os produtos resultantes da fotossíntese foram destinados a formar mais grãos por área, diminuindo os níveis de pH. Este resultado foi confirmado por Dartora e Floss (2002), durante os seus ensaios de suplementação de nitrogénio na aveia.

A comparação de médias entre os tratamentos T2 e T5 mostrou haver diferenças significativas. Este resultado pode ser justificado pelo facto do T5 ter proporcionado maior possibilidade de fixação de nitrogénio atmosférico. Aita *et al.* (2004) afirmam que gramíneas de inverno, em geral, têm sido beneficiadas com a libertação do N<sub>2</sub> fixado por leguminosas de verão, dentre elas o feijão nhemba, que depois é disponibilizado, lentamente, para as plantas (Aita *et al.*, 2001).

Os tratamentos T3, T4, T5, T6, T7 e T8, não diferiram entre si em relação ao rendimento. Kiehl (1985) em suas pesquisas, não encontrou diferenças entre adubos orgânicos e inorgânicos.

Segundo este autor, os adubos orgânicos, quando usados de forma adequada, podem igualar, ou até mesmo superar rendimentos obtidos com fertilizantes químicos. Para Camargo (1984) e Raij *et al.* (1985), proporções adequadas de adubos orgânicos de excelente qualidade são capazes de suprir as exigências das plantas em macronutrientes, resultando no aumento da produtividade por proporcionarem a elevação dos teores de N, P e K disponíveis.

Tabela 16: Médias de rendimento em Kilograma

Tratamento	Média do rendimento
T1(Sem adubação = 0 Kg N/ha)	1368.234a
T2(F N a dens. 55555 plantas/ha)	2372.694b
T3(Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	2627.083c
T4(Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	3174.919c
T5(F N a dens. 111111 plantas/ha)	2864.397c
T6(NPK 150 Kg/ha+108Kg Ureia = 70 Kg N/ha)	3349.713c
T7(Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	3066.987c
T8(Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	3532.981c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.5.1 Relação entre dose de nitrogênio e rendimento

O gráfico da regressão revela que 82.68% da variação do rendimento é devido ao efeito dos tratamentos e 17.32% de variação é devido a outros factores não estudados.

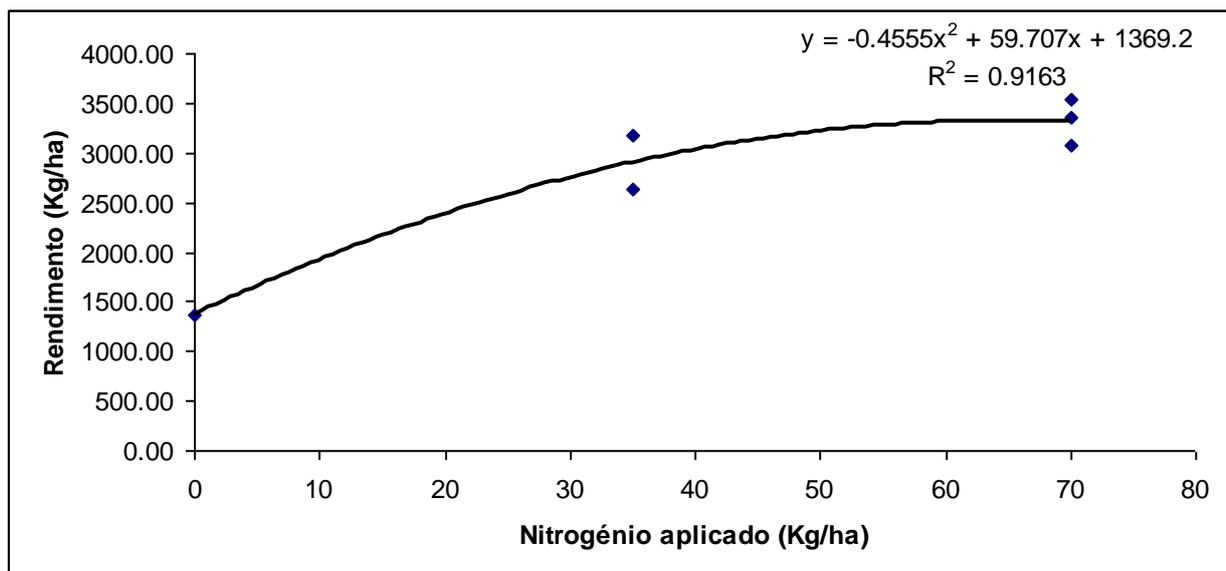


Figura 10: Efeito dos tratamentos sobre o rendimento

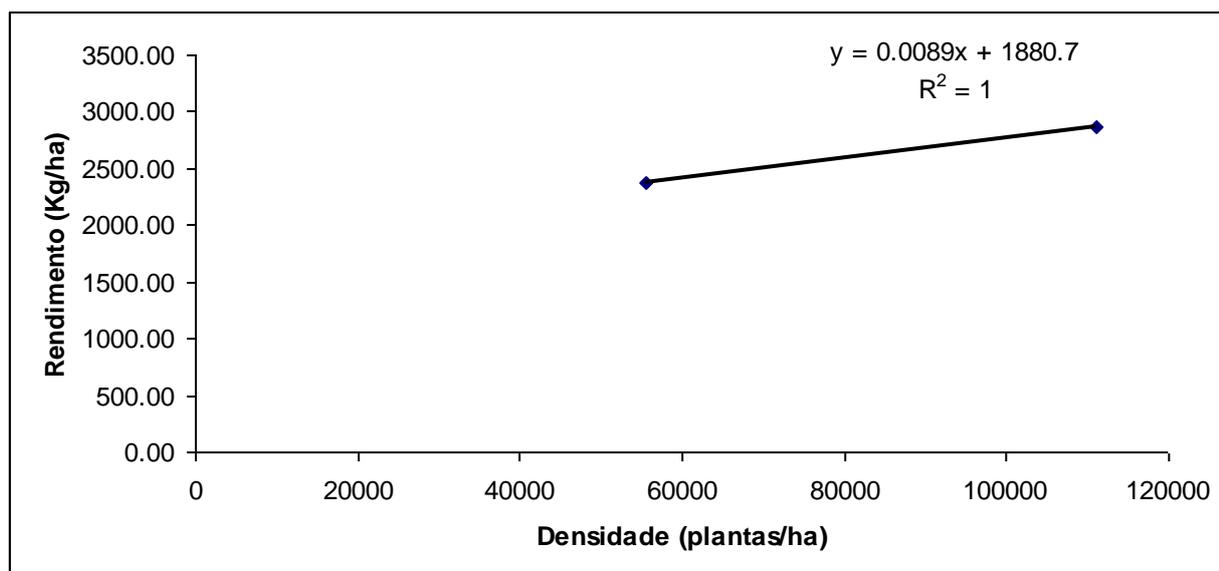


Figura 11: Efeito da densidade sobre o rendimento

#### 4.6. Peso de 1000 sementes

A tabela abaixo mostraram haver diferenças significativas entre o peso de 1000 sementes.

Tabela 17: ANOVA de peso médio de 1000 sementes

FONTES DE VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
REPETIÇÃO	3	7.125E-06	2.375E-06	5.96	
TRATAMENTO	7	1.892E+02	2.703E+01	6.776E+07	<.001
RESÍDUOS	21	8.375E-06	3.988E-07		
TOTAL	31	1.892E+02			

As diferenças existentes no peso de 1000 sementes pode ser observadas na tabela 18. Tais diferenças podem ser atribuídas a uma série de factores e traduz-se no crescimento e desenvolvimento diferenciado das plantas, culminando com a produção de biomassa diferente entre os tratamentos e, conseqüentemente, diferente actividade fotossintética e diferente produção e distribuição dos fotoassimilados para os grãos. Segundo Ntanos e Koutroubas (2002), o peso do grão é reflexo de vários processos, desde o crescimento, desenvolvimento, fotossíntese, produção e distribuição de fotoassimilados pela planta. Estudo feito por Dos Santos *et al.*, (2009), considera a quantidade de nutrientes disponibilizados pela adubação orgânica e as respectivas doses como fundamentais no peso dos grãos. Ribeiro *et al.* (2000) alcançaram resultados positivos e semelhantes aos do presente estudo com uso de adubos orgânicos em suas pesquisas de cereais de inverno. Silva Jr. (1987) e Lyra Filho (1998) encontraram resultados

similares em repolho, Costa *et al.* (1998) em alho e Santos (1999) em feijão-vagem. Isso pode ser constatado no presente estudo, onde o aumento da dose resulta no aumento do peso da semente.

Tabela 18: Comparação de médias de peso de 1000 sementes

Tratamento	Peso médio de 1000 sementes
T1(Sem adubação = 0 Kg N/ha)	38.23a
T2(F N a dens. 55555 plantas/ha)	39.02b
T3(Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	40.92c
T4(Esterco bovino dose 1750 Kg/ha =35 Kg N/ha)	43.23d
T5(F N a dens. 111111 plantas/ha)	43.79f
T6(NPK 150 Kg/ha+108Kg Ureia = 70 Kg/ha)	44.92h
T7(Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 78 Kg N/ha)	43.58e
T8(Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 83 Kg N/ha)	44.61g

#### 4.6.1. Relação entre dose de nitrogénio e peso de 1000 sementes

Os efeitos das doses ajustaram-se a uma equação quadrática (figura 12), onde houve aumento da massa de grãos de trigo para todos os tratamentos em relação ao tratamento controlo. Os tratamentos tiveram influência, ou foram responsáveis, em 85.3% do peso dos grãos do trigo.

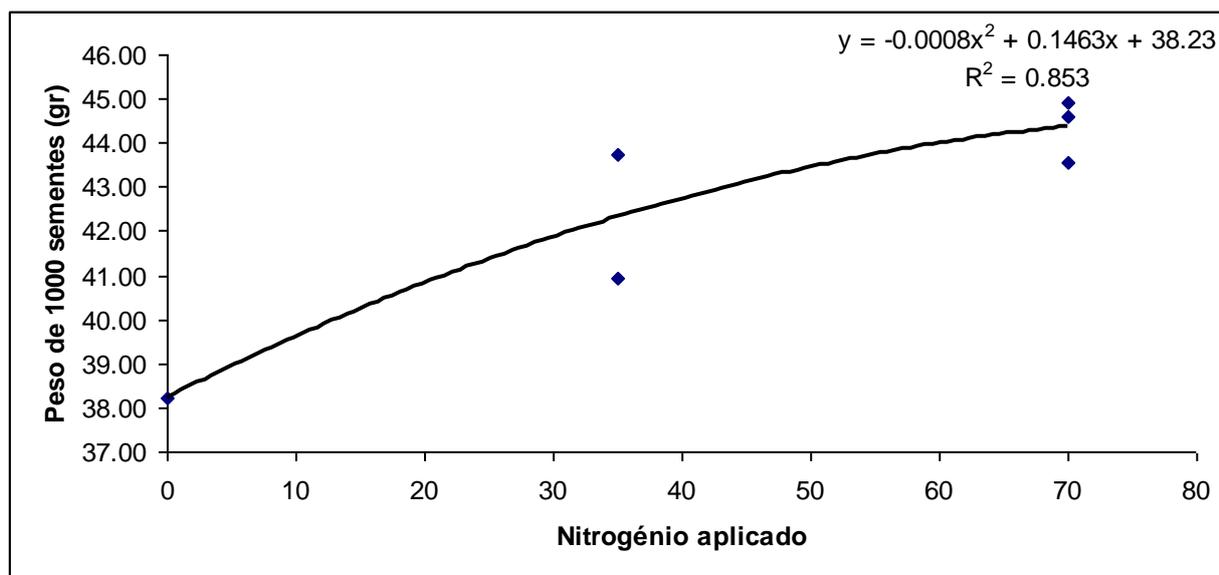


Figura 12: Efeito dos tratamentos sobre o peso de 1000 sementes

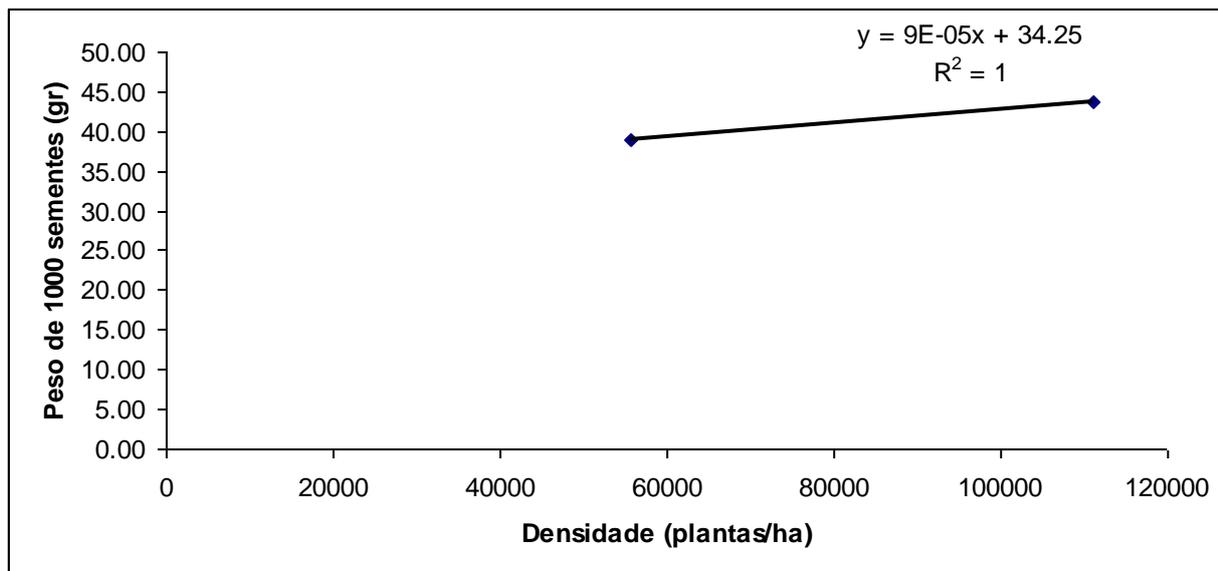


Figura 13: Efeito da densidade sobre o peso de 1000 sementes

#### 4.7. Acamamento

De acordo com a observação visual feita ao longo do ensaio verificou-se que os tratamentos não diferiram em relação a esta variável, na qual não se verificou nenhum acamamento das plantas quando sujeitas aos diferentes tratamentos. Possivelmente, a ausência de vento e chuvas fortes durante o período do ensaio justifiquem este resultado, pois, de acordo com Egan (1993) e Caputo (2003), sob condições de ventos e chuvas fortes, as plantas ficam mais susceptíveis ao acamamento, porque as estruturas da planta ficam fragilizadas. A ausência de acamamento também pode ser atribuída às características da variedade, a variedade de trigo usada é de baixo porte, atingindo altura máxima de 88cm Seed Co (2010). Segundo Luna *et al.* (1993) uma variedade que apresenta elevada taxa de crescimento e desenvolvimento do material vegetal, geralmente, apresenta maior probabilidade de acamamento.

#### 4.8. Matéria Seca Total

Os resultados da ANOVA apontam para a existência de diferenças significativas entre os tratamentos quanto a esta variável.

Tabela 19: Análise de Variância da Matéria Seca Total

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	4.56205	0.65172	8.48	<.001
REPETIÇÃO	3	0.04505	0.01502	0.20	
RESÍDUOS	21	1.61345	0.07683		
Total	31	6.22055			

As diferenças observada na tabela 20 na acumulação de matéria seca nos tratamentos deve-se às diferenças na quantidade de nitrogénio administrada às plantas. De acordo com Liu (2006), o acúmulo de matéria seca relaciona-se, directamente, com a produtividade final que, por sua vez, também se relaciona com doses de N, mas também é favorecida pela ocorrência de fósforo. Segundo Volk e Mclean (1961), Novoa e Nunez (1974), Goedert e Sousa (1984) os solos com maior disponibilidade de fósforo apresentam melhores condições para a produção de elevadas quantidades da matéria seca.

Tabela 20: Comparação de médias da matéria seca total

Tratamento	Matéria seca total (Kg/m <sup>2</sup> )
T1 (Sem adubação = 0 Kg N/ha)	1.00a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	1.29b
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 39 Kg N/ha)	1.48b
T4 (Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 42 Kg N/ha)	1.73c
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	1.85c
T6 (NPK 150 Kg+108Kg Ureia = 70 Kg N/ha)	1.46b
T7 (Cama de frango dose 2918Kg/ha = 70 Kg N/ha)	2.14d
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	2.14d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

#### 4.8.1. Relação entre dose de nitrogénio e matéria seca total

A figura 14 informa que 76.67% da variação da matéria seca é explicada pelos tratamentos e apenas 23.33% se deve a outros factores bióticos e abióticos não estudados neste trabalho. Povh (2007) obteve coeficiente de determinação próximo ao obtido neste trabalho, 0,74, quando analisou doses de N com matéria seca em um latossolo.

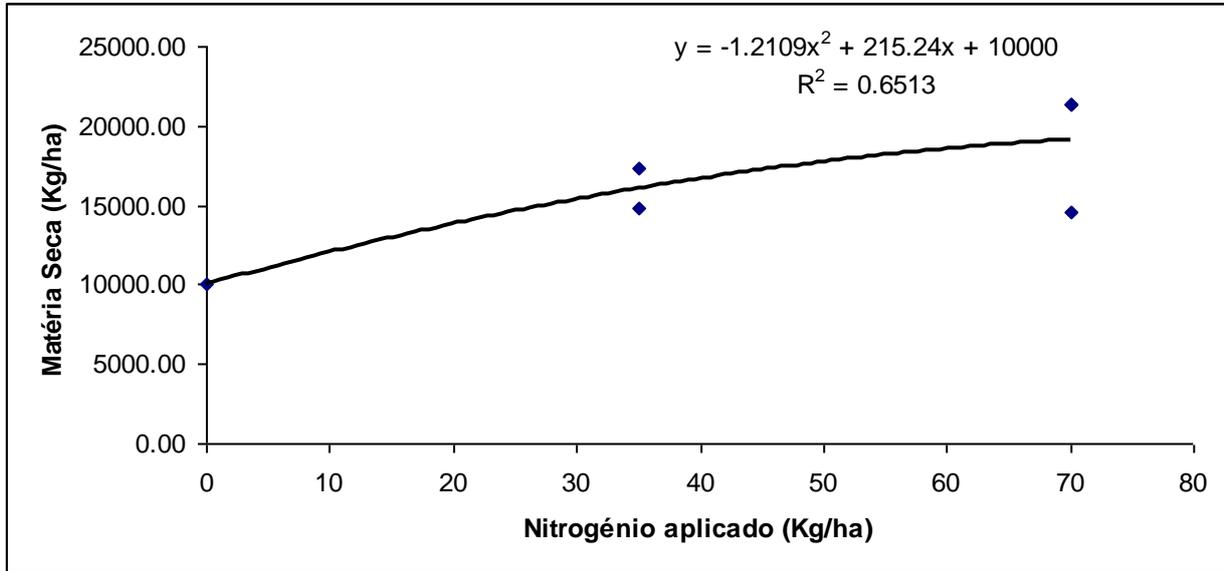


Figura 14: Efeito dos tratamentos na produção da matéria seca

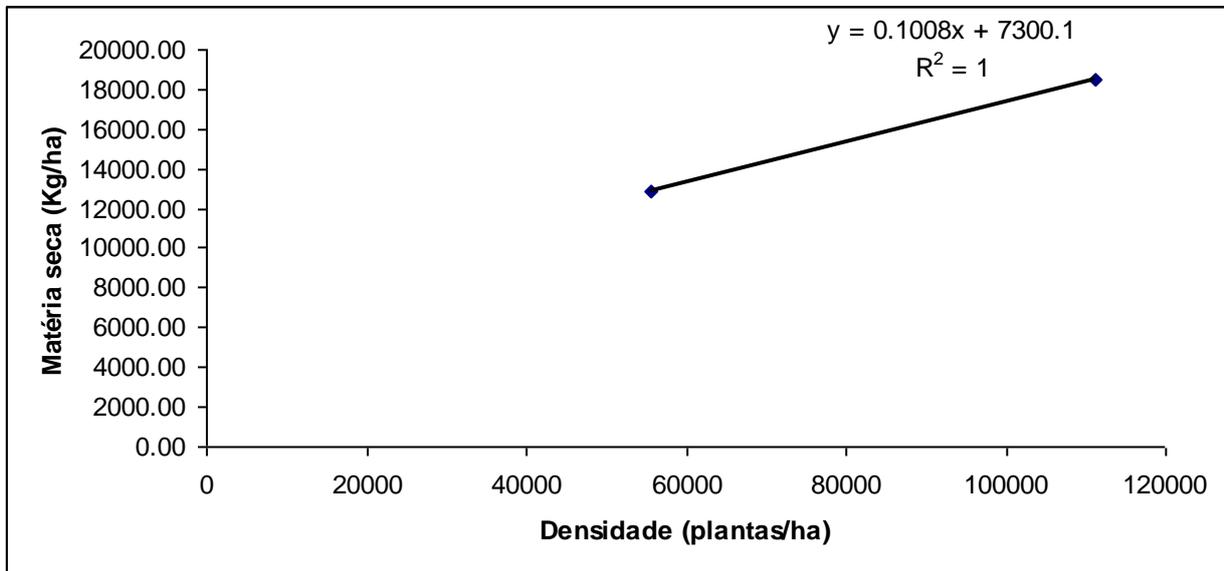


Figura 15: Efeito da densidade na produção da matéria seca

#### **4.9. Análise de contrastes**

Através do teste de Tukey vemos, claramente, que adubar aumenta a produtividade, mas fica mais complicado identificar o melhor tratamento entre os que apresentaram as maiores médias (T4, T5, T6, T7 e T8), já que não diferem, estatisticamente entre si. Isso pode ser resolvido com a análise dos contrastes nas variáveis em que se verificou efeito significativo dos tratamentos. Os resultados das análises de variâncias dos contrastes podem ser vistos no anexo 4. É de referir que as variáveis em que se notou efeito significativo dos tratamentos foram altura, peso de 1000 sementes, matéria seca e rendimento.

Com base na ANOVA (anexo 4.2.) pode-se inferir que existem diferenças quanto ao efeito da não adubação no crescimento das plantas em altura do que quando adubado (contraste 1). O Contraste 5 informa-nos que existem diferenças no crescimento das plantas quando adubadas a partir do nitrogénio, fixação biológica pelo feijão nhemba em relação à aplicação conjunta dos tratamentos T3, T4, T6, T7 e T8. No Contraste 2 pode-se observar que o efeito originado pela adubação mineral não difere do da adubação orgânica.

Baseando-se na análise da variância dos contrastes (anexo 4.3 e 4.4) pode-se concluir que há diferenças entre o trigo adubado em relação ao não adubado quanto ao número de grãos por panícula e rendimento (contraste 1). No contraste 2 não se detectaram diferenças no número de grãos por panícula e rendimento quanto à adubação mineral, comparada com adubação orgânica.

No anexo 4.5 verificou-se que a quantidade de matéria seca obtida sem adubação é diferente da obtida com adubação (contraste 1). A aplicação do T6 gera efeitos diferentes em relação à aplicação conjunta do T7 e T8 na quantidade de matéria seca produzida (contraste 6).

Tabela 21: Comparações das médias dos contrastes nas variáveis Altura da Planta até Folha (ALTF), Altura da Planta até Panícula (ALTP), Número de Grãos /Panícula (NGP), Peso de 1000 Sementes (PMS), Matéria Seca (MS) e Rendimento (REND)

Contraste	ALTF (m <sup>2</sup> )	ALTP (m <sup>2</sup> )	GRAO/PAN (m <sup>2</sup> )	PMS (gr)	MS (kg/m <sup>2</sup> )	REND (kg)/ha
C1(Não adubado vs Adubado): (7T1-T2-T3-T4-T5-T6-T7-T8)	-121	-93	-5226	-33	-5.09	-11405
C2(Mineral Vs Orgânico): (-T2-T3-T4-T5+6T6-T7-T8)	-17	10	199	14	-2	2463
C3(Fixação Vs Aplicação): (-T3-T4+5T5-T6-T7-T8)	-14	-20	-13	1	0.30	-1429
C4(Aplicação Vs Aplicação): (4T8-T3-T4-T6-T7)	12	-18	215	5	17500	1913
C5(Aplicação Vs Aplicação): (3T7-T3-T4-T6)	-2	-11	47	1	17500	49
C6(Aplicação Vs Aplicação): (2T6-T3-T4)	-12	-7	113	5	-2900	899
C7(Aplicação Vs Aplicação): (T4-T3)	-6	-7	-2	-3	-2500	-548
CV	11.7	8.4	5.4	0	16.1	25.6

Ao observar a estimativa do contraste 1, no que diz respeito às variáveis em estudo conclui-se que a decisão de produzir trigo sem adubação seria prejudicial, conduzindo- nos a uma perda de 121cm/m<sup>2</sup> de ALTF, 93cm/m<sup>2</sup> de ALTP, -5226 de NGP/m<sup>2</sup>, -33 gr de PSM, -5.09Kg de MS/m<sup>2</sup> e -11406Kg/ha de REND. O uso do adubo mineral, em detrimento do uso combinado dos orgânicos, resultaria num ganho de 246Kg/ha de trigo, conforme a estimativa do contraste 2. O efeito da fixação biológica (T5) não foi positivo em relação ao efeito combinado dos adubos de aplicação (contraste 3), proporcionando uma perda de 1429Kg/ha no rendimento. O resultado obtido, adubando com o tratamento T8 é benéfico, do que quando adubado com T3, T4, T6 e T7 , obtendo-se um ganho de 1913 (contraste 4). A decisão pelo uso tratamento T6 resultaria num benefício de 899Kg/ha de rendimento (contraste 6).

#### 4.10. Relação entre a produtividade e as variáveis estudadas

Para estudar a relação existente entre a produtividade e as diferentes variáveis (afilhamento, altura da planta, número de panículas, número de grãos por panícula, peso de mil grãos, acamamento e matéria seca), determinou-se a correlação de Pearson (anexo 3). De acordo com os resultados obtidos no teste de correlação verificou-se a existência de uma correlação positiva e forte entre a produtividade e as variáveis afilhamento, número de panículas, número de grãos por panícula e peso de 1000 sementes (tabela 22), demonstrando, deste modo, haver uma associação entre as variáveis acima referenciadas.

Tabela 22: Correlação de Pearson entre as variáveis altura da planta, número de grãos por panícula, número de panículas, afilhamento com o rendimento

Variáveis Independentes	Variável dependente	Observações	Correlação	Interpretação
ALTF	REND	32	0.4832	Positiva
ALTP	REND	32	0.4485	Positiva
GRAO/PAN	REND	32	0.7271	Forte positiva
PAN	REND	32	0.8245	Forte positiva
AFIL	REND	32	0.8426	Forte positiva
PMS	REND	32	0.7542	Forte positiva
MS	REND	32	0.5599	Positiva

De todas as variáveis, a que mais se correlacionou com a produtividade foi o afilhamento ( $r=0.8426$ ), mostrando haver maior grau de associação entre afilhamento e rendimento. Roy e Gallagher (1985) relatam que a produção de afilhos é um processo extremamente importante e crucial na determinação do rendimento de grãos em trigo. Primeiro, porque está intimamente relacionada com a expansão da área foliar durante os estádios iniciais do desenvolvimento e, em segundo, porque influencia o número de espigas por área, que é um importante determinante do rendimento de grãos. Isto se dá pela proporção de afilhos que sobrevivem e produzem inflorescências férteis (Davidson e Chevalier, 1990).

#### 4.11. Regressão linear múltipla

A tabela abaixo revela que as variáveis afilhamento, altura das plantas até à última folha, altura das plantas até à última panícula, número de panículas, número de grãos por panícula, peso de 1000 sementes e matéria seca, contribuíram de forma diferente na formação do rendimento.

Tabela 23: ANOVA da regressão múltipla

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Regressão	7	19748627.	2821232.	428.62	<.001
Resíduos	24	157973.	6582.		
Total	31	19906600.	642148.		

A contribuição específica de cada uma das seguintes variáveis: afilhamento, altura das plantas até à última folha, altura das plantas até à última panícula, número de panículas, número de grãos por panícula, peso de 1000 sementes e matéria seca na formação do rendimento consta do anexo 5.

O modelo da regressão linear múltipla ajustado para a formação do rendimento é apresentado abaixo:

$$\text{Rendimento (Kg/ha)} = -3665.99 + 16.90\text{AFIL} + 43.13\text{GRÃO/PAN} + 46.91\text{PMS}$$

O valor previsto no rendimento com o nulo nas variáveis afilhamento, número de grãos por panícula e peso de mil sementes é de -3665.99. O aumento em uma unidade no afilhamento, número de grãos por panícula e peso de mil sementes traduz-se na contribuição em 16.90, 43.13 e 46.91 unidades no rendimento, respectivamente. Em termos individuais a variável peso de mil sementes é a que mais contribui no rendimento. O modelo ajustado possui um grau de explicação de 99.2% da variabilidade dos dados ( $R^2 = 0,992$ ), (anexo 5.1).

#### 4.12. Conteúdo de macronutrientes nos grãos de trigo

Abaixo estão apresentadas as análises de variâncias e testes de comparação de média (Tukey) dos resultados laboratoriais para os nutrientes nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, que também podem ser vistos no anexo 6.

#### 4.12.1. Nitrogénio

Os resultados da análise de variância (tabela 24) do teor de nitrogénio nos grãos revelaram haver diferenças entre os tratamentos testados.

Tabela 24: ANOVA do teor de nitrogénio

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
TRATAMENTO	7	8.066E-01	1.152E-01	1.793E+05	<.001
REPETIÇÃO	2	2.333E-06	1.167E-06	1.81	
RESÍDUOS	14	9.000E-06	6.429E-07		
TOTAL	23	8.066E-01			

De uma forma geral pode-se constatar, na tabela 25, que o nitrogénio total nos grãos aumentou com a aplicação do nitrogénio. A resposta obtida com a aplicação de nitrogénio neste estudo foi semelhante à encontrada na Síria, no trigo, por Ryan *et al.* (2008), e no Brasil (Trindade *et al.*, 2006). Este aumento, provavelmente esteja relacionado à maior absorção do nutriente, devido à maior disponibilidade de N no solo e, conseqüentemente, maior translocação para os grãos. O aumento da dose do esterco bovino (T4 e T8) e da densidade do feijão nhemba (T2 e T5) resultou numa tendência linear positiva. Em relação ao teor de nitrogénio nos grãos não se observou o mesmo em relação aos tratamentos à base de cama de frango (T3 e T7). Esta constatação, provavelmente se deva à baixa relação C/N no tratamento T3 em relação ao T7 (tabela 35 e 36), fazendo com que, no tratamento T3, o nitrogénio seja rapidamente disponibilizado para as plantas, permitindo que maior quantidade de nutrientes seja translocada para os grãos. O tratamento T3 foi o que apresentou a máxima percentagem de acúmulo de nitrogénio nos grãos.

Por outro lado, este resultado pode ser atribuído à elevada condutividade eléctrica observada neste tratamento (tabela 35 e 36). Bezerra *et al.* (2010), verificou, no seu estudo, que o aumento da condutividade eléctrica proporciona aumento da concentração de nitrogénio nos grãos, como resultado de maior troca dos íons e sua interacção (Nadler e Frenkel, 1980), permitindo uma fácil absorção de nutrientes às plantas que, posteriormente, são distribuídos por toda a planta, incluindo nos grãos. Resultados semelhantes também foram encontrados por Lacerda *et al.* (2011).

Tabela 25: Comparação de médias de teor de nitrogénio

Tratamento	Nitrogénio
T1 (Sem adubação = 0 Kg N/ha)	1.820a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	1.820a
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 39 Kg N/ha)	2.311d
T4 (esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 42 Kg N/ha)	1.961e
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	2.030b
T6 (NPK dose 150 Kg/ha+ 108Kg de Ureia = 70 Kg N/ha)	1.680c
T7 (cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	2.100f
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70Kg N/ha)	2.030b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

#### 4.12.1.1 Relação entre dose de nitrogénio e teor de N nos grãos

Os dados ajustaram-se ao modelo quadrático, onde apenas 32.94% da variação do teor de N nos grãos são explicados pela dose de nitrogénio aplicado.

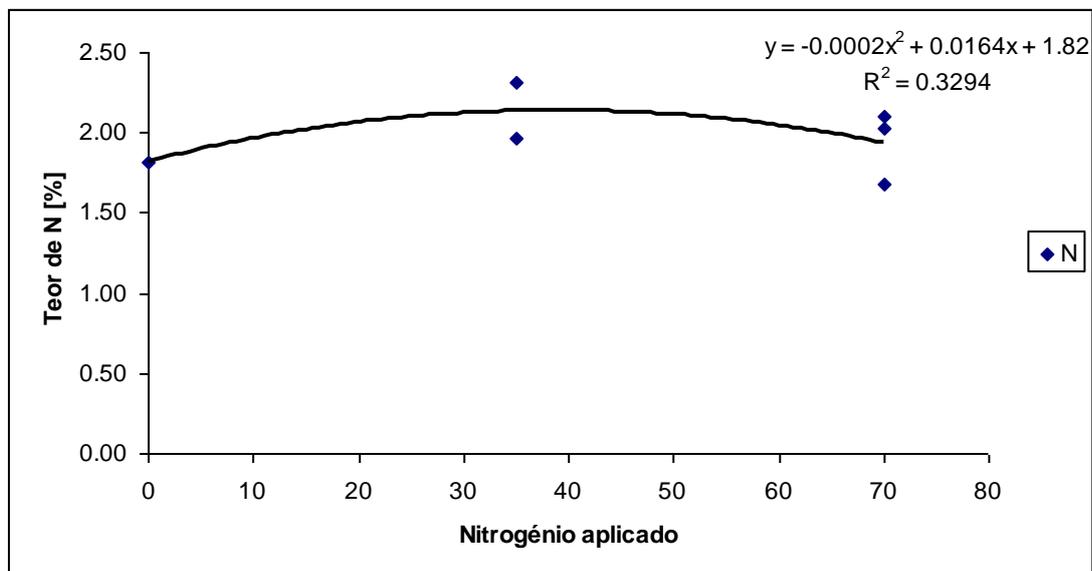


Figura 16: Relação doses de nitrogénio e teor de nitrogénio nos grãos

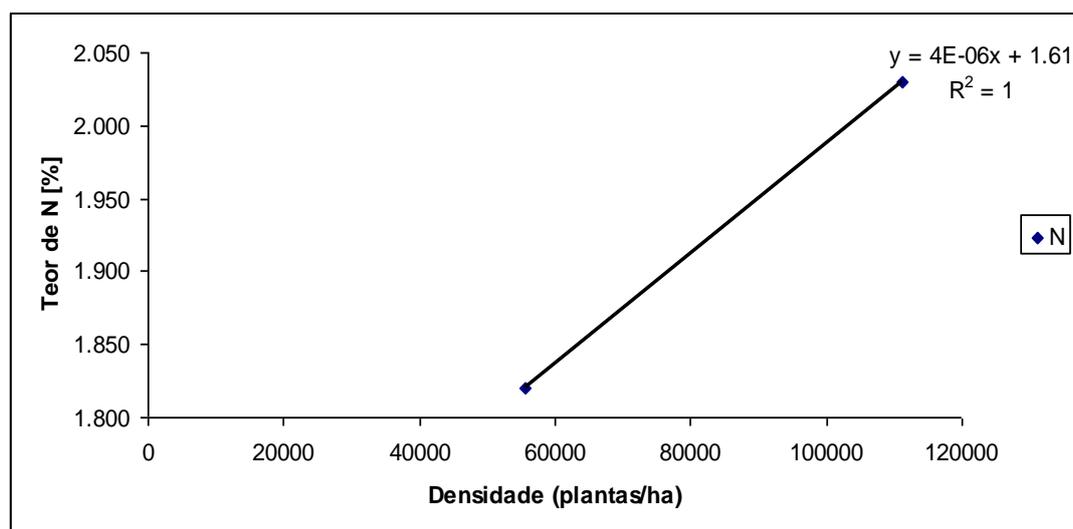


Figura 17: Relação densidade de plantas e o teor de nitrogênio nos grãos

#### 4.12.2. Cálcio

A análise de variância constatou haver diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 26: ANOVA do teor de Cálcio

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	1.768E+02	2.525E+01	7.071E+07	<.001
REPETIÇÃO	2	3.333E-07	1.667E-07	0.47	
RESIDUAL	14	5.000E-06	3.571E-07		
TOTAL	23	1.768E+02			

Todos os tratamentos apresentaram teores de cálcio diferenciados nos grãos, conforme a tabela 27. A menor concentração do teor de cálcio foi observada no tratamento T5. É provável que a menor concentração observada neste tratamento seja justificada pela baixa eficiência agrônômica, promovendo efeito negativo na acumulação de cálcio nos grãos. Segundo Júnior *et al.* (2009) a baixa eficiência agrônômica do nitrogênio pode ser explicada pelo decréscimo da recuperação do N no sistema solo-planta, resultando na baixa concentração dos nutrientes nos grãos.

Tabela 27: Comparação de médias do teor de Cálcio

Tratamento	Cálcio
T1 (Sem adubação = 0 Kg N/ha)	9.800a
T2 (F N dens. 55555 plantas/ha)	11.399b
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	12.800e
T4 (Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	11.000f
T5 (F N dens. 111111 plantas/ha)	6.200c
T6 (NPK dose 150 Kg/ha+108Kg Ureia = 70 Kg N/ha)	15.400d
T7 (Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	10.600g
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70Kg N/ha)	7.400h

#### 4.12.3. Magnésio

O teste de ANOVA para o teor de Magnésio nos grãos de trigo mostrou haver efeitos diferentes entre os tratamentos no acúmulo deste nutriente.

Tabela 28: ANOVA do teor de Magnésio

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	3.648E+02	5.212E+01	8.501E+07	<.001
REPETIÇÃO	2	4.083E-06	2.042E-06	3.33	
RESÍDUOS	14	8.583E-06	6.131E-07		
TOTAL	23	3.648E+02			

Os resultados obtidos na tabela 29 são os esperados, visto que, com a aplicação de N, ocorrem aumentos nos níveis de clorofila nas folhas e, como consequência, os níveis de  $Mg^{2+}$  também aumentam, resultando numa maior concentração de  $Mg^{2+}$  para a translocação e, conseqüentemente, maior concentração de  $Mg^{2+}$  nos grãos. Estes resultados também foram confirmados no trigo (Coelho *et al.*, 2001) e no milho (Ferreira *et al.*, 2001). Vidigal *et al.* (1995), verificaram a influência do incremento das doses dos adubos orgânicos nos teores de Magnésio. Souza *et al.* (2005) confirmaram que o teor foliar de Magnésio aumentou em função das doses de compostos orgânicos. Silva (2005) observou que houve diferença significativa entre as doses e, à medida que se aumentava as doses maior era o acúmulo da quantidade de  $Mg^{2+}$  nos grãos. O efeito positivo do nitrogênio nas plantas ocorre a doses dentro das quantidades exigidas pela cultura, e tende a diminuir a concentração dos nutrientes nos grãos, à medida que se ultrapassa a dose ideal, para o caso de trigo a dose ideal é de 70kg/ha de nitrogênio. Esta constatação foi confirmada por Malavolta (1997).

Tabela 29: Comparação de médias do teor de Magnésio

Tratamento	Magnésio
T1 (sem adubação = 0 Kg N/ha)	4.800a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	8.800c
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	6.400e
T4 (Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 35Kg N/ha)	14.400f
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	15.199b
T6 (NPK dose 150 Kg/ha+108Kg Ureia = 70Kg N/ha)	13.200d
T7 (Ccama de frango dose 2917 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	8.600g
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70Kg N/ha)	5.201h

#### 4.12.4. Potássio

Houve efeito significativo dos tratamentos em relação ao teor de  $K^+$ , conforme a tabela 30

Tabela 30: ANOVA do teor de Potássio nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	3.035E+01	4.336E+00	9.220E+06	<.001
REPETIÇÃO	2	2.083E-06	1.042E-06	2.22	
RESÍDUOS	14	6.583E-06	4.702E-07		
TOTAL	23	3.035E+01			

Facilmente se pode notar, na tabela 31, que os tratamentos T2, T6, T7 e T8 não foram acompanhados pelo aumento da concentração de  $K^+$ , (figura 18). O resultado da presente pesquisa concorda com os resultados relatados para o trigo com a cultivar EMBRAPA-22, em dois anos de cultivo (Coelho *et al.* 2001), onde se verificou que os teores de  $K^+$  nos grãos não foram influenciados pelas doses de N. O incremento nas concentrações de  $K^+$  nos grãos do trigo não é esperado, principalmente quando se registra aumento das concentrações de N, uma vez que o  $K^+$  não faz parte dos carboidratos, principal componente dos grãos de trigo. É provável que existam características inerentes às variedades que estimulam maior acúmulo de  $K^+$  traduzindo-se no aumento do número de grãos.

Os efeitos dos tratamentos T2, T6, T7 e T8 estão em concordância com o esperado, visto que o elemento potássio não faz parte das moléculas que compõem os grãos, apesar da sua relevância

para os tecidos vegetais, devido à sua participação como co-factor de enzimas e do estabelecimento do turgor celular (Taiz e Zeiger, 2004).

Tabela 31: Comparação de médias de teor de Potássio

Tratamento	Potássio
T1 (Sem adubação = 0 Kg N/ha)	15.000a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	14.199b
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	15.199d
T4 (Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 35 Kg N/ha)	15.399e
T5 ( F N a dens. 111111 plantas/ha)	16.800c
T6 (NPK dose 150 Kg/h+108Kg Ureia a = 70 Kg N/ha)	14.199b
T7 (Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	14.799f
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70 Kg N/ha)	12.599g

#### 4.12.4.1. Relação entre dose de nitrogénio e teores de Ca, K e Mg.

Os nutrientes foram extraídos em maior grandeza obedecendo à seguinte ordem decrescente K>Ca >Mg, sendo que o tratamento T5 foi o que apresentou a maior concentração de potássio e magnésio, proporcionando maior qualidade dos grãos do trigo. A ordem de extracção dos nutrientes observada neste estudo é semelhante à obtida por Robinson (1973), Machado (1979) e Gachon (1972).

Na figura 18 pode-se verificar que os dados, para os três nutrientes em análise, ajustaram-se ao modelo quadrático. Os coeficientes de determinação revelam que 32.26% da variação do potássio nos grãos, 8.71% da variação de cálcio nos grãos e 45.3% da variação de magnésio nos grãos é explicada pela variação do nitrogénio aplicado.

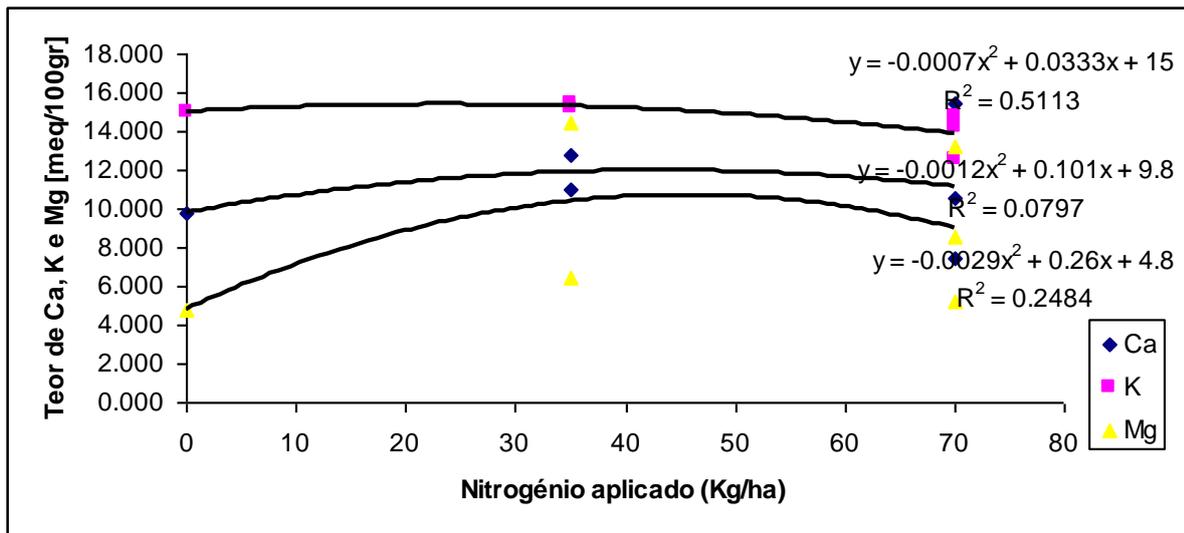


Figura 18: Relação dose de nitrogênio e acumulação do teor de K, Ca e Mg nos grãos de trigo.

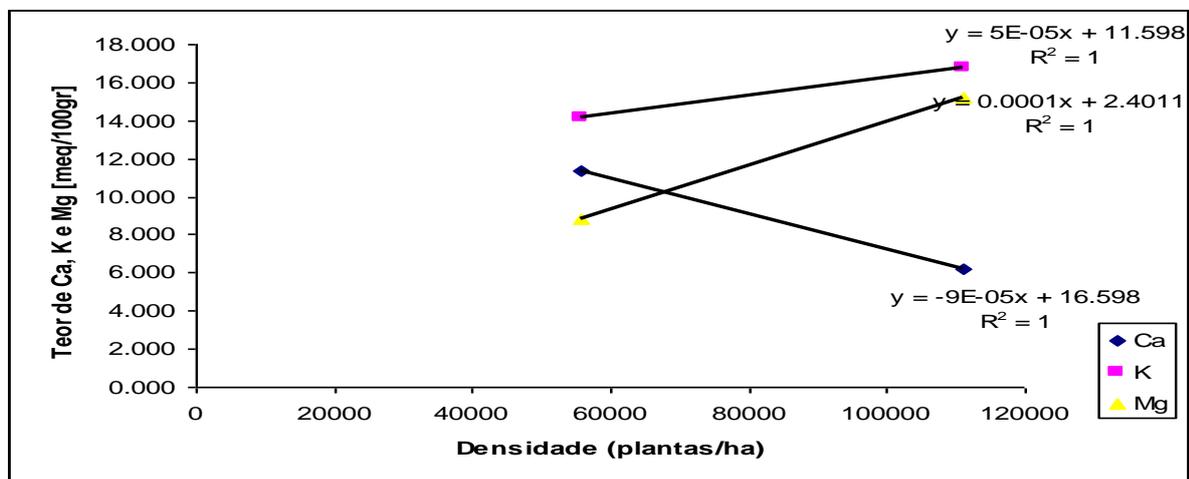


Figura 19: Relação densidade de plantas e acumulação do teor de K, Ca e Mg nos grãos de trigo.

#### 4.12.5. Fósforo

Os resultados da análise de variância mostraram haver diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao teor de fósforo nos grãos de trigo, conforme a tabela abaixo

Tabela 32: ANOVA do teor de Fósforo nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
TRATAMENTO	7	4.381E+04	6.259E+03	3.366E+08	<.001
REPETIÇÃO	2	8.233E-05	4.117E-05	2.21	
RESÍDUOS	14	2.603E-04	1.860E-05		
TOTAL	23	4.381E+04			

A concentração de P nos grãos, em todos os tratamentos, aumentou em relação ao tratamento controlo (T1), (tabela 33). Este aumento, provavelmente esteja relacionado ao maior enchimento de grãos, como discutido para o teor de N no subcapítulo 4.12.1. Segundo Ferreira *et al.* (2001) as doses de nitrogénio contribuem para aumento do teor de fósforo nos grãos.

O presente estudo contrasta com o estudo feito por Coelho *et al.* (2001) que relatam diminuição dos teores de fósforo com a aplicação do nitrogénio. O resultado obtido neste estudo também pode estar relacionado com o aumento do número de grãos por panícula, dado que o movimento do fósforo é definido pela demanda de carboidratos dentro da planta (Fernandes, 2006).

O resultado alcançado a partir das equações não difere do resultado esperado pois, de uma maneira geral, a elevação das doses resultou num aumento ligeiro dos teores do fósforo no grão. Vidigal *et al.* (1995) e Souza *et al.* (2005) constataram nos seus trabalhos que o teor de fósforo aumenta com o aumento das doses de composto orgânico, resultando num efeito linear crescente.

Tabela 33: Comparação de médias de teor de fósforo

Tratamento	Fósforo
T1 (Sem adubação = 0 Kg N/ha)	452.82a
T2 (F N a dens. 55555 plantas/ha)	491.14e
T3 (Cama de frango dose 1459 Kg/ha = 35 N Kg/ha)	537.34b
T4 (Esterco bovino dose 1750 Kg/ha = 35 N Kg/ha)	537.34b
T5 (F N a dens. 111111 plantas/ha)	560.43c
T6 (NPK dose 150 Kg+108Kg Ureia = 70 N Kg/ha)	560.43c
T7 (Cama de frango dose 2918 Kg/ha = 70 N Kg/ha)	583.53d
T8 (Esterco bovino dose 3500 Kg/ha = 70 N Kg/ha)	583.53d

#### 4.12.5.1. Relação entre a dose de nitrogénio e teor de fósforo

Os dados ajustaram-se ao modelo linear, onde cerca de 93.98% da variação de teor de fósforo nos grãos é explicada pela variação das doses de nitrogénio.

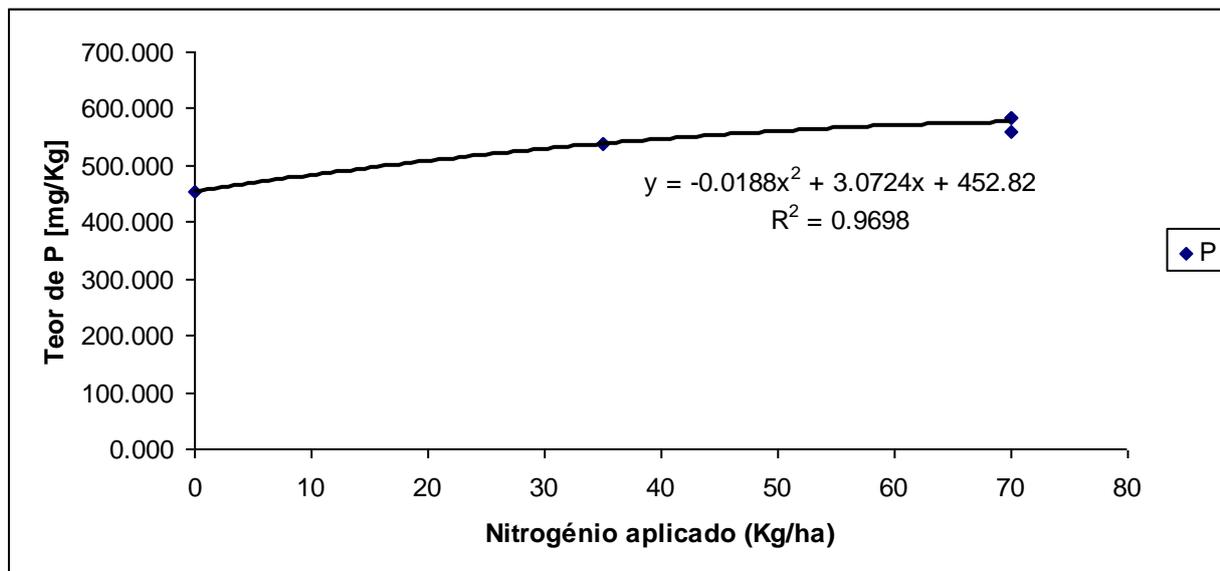


Figura 20: Efeito dos tratamentos na acumulação de fósforo nos grãos

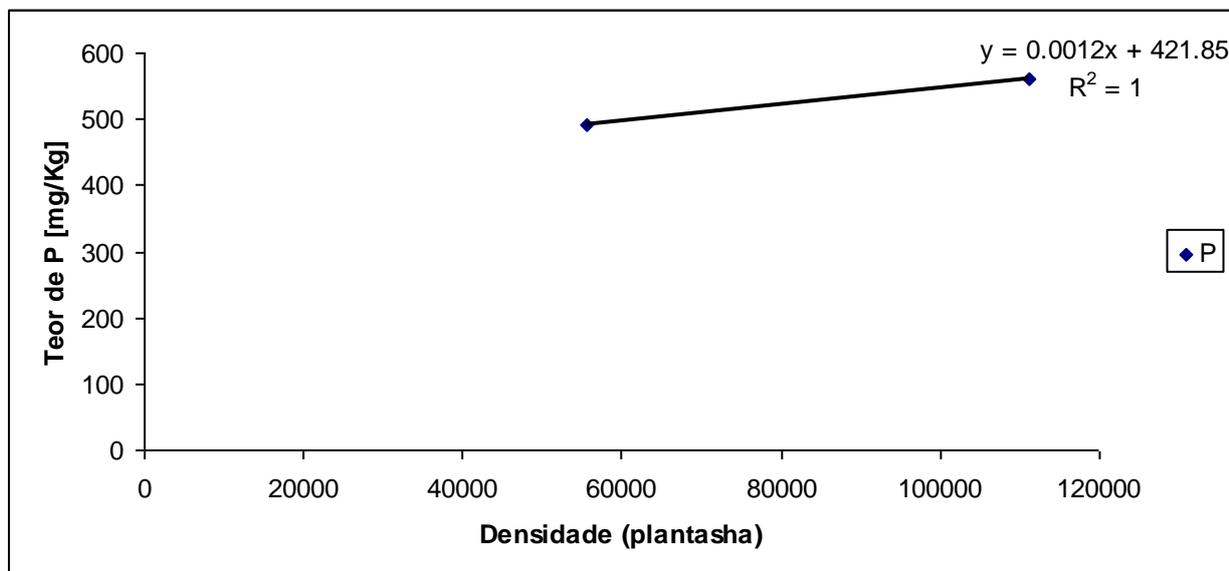


Figura 21: Relação densidade de plantas e acumulação do teor de P nos grãos de trigo.

Na tabela 34 são apresentados os coeficientes de variação para as variáveis estudadas, utilizando a metodologia proposta por Garcia (1989) que relaciona a média e o desvio padrão dos coeficientes de variação. Pode-se observar, na tabela seguinte, que cada variável estudada apresentou valores específicos dos coeficientes de variação, justificando a necessidade de se considerar a natureza da variável na validação do experimento. Os coeficientes de variação obtidos neste estudo estão dentro dos intervalos de validação do experimento. Segundo Gomes (2000), nos experimentos conduzidos no campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% diz-se, que é baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão, no intervalo de 10 a 20% é considerado médio e de e com boa precisão e, acima de 30%, são altos e com baixa precisão. Diante esta classificação proposta por

Gomes (2000), pode-se concluir que o experimento teve boa precisão e que os factores de variação foram controlados.

Tabela 34: Afilhamento, altura até à folha e panícula, número de panículas, número de grãos por panícula, rendimento e os respectivos CV

Tratamentos	AFIL	ALTF (m <sup>2</sup> )	ALTP (m <sup>2</sup> )	PAN/m <sup>2</sup>	GRAO/PAN	REND (Kg/ha)
T1	110.94	41.69	49.88	105.31	470.68	1369.23
T2	110.70	50.40	55.95	107.00	1187.11	2372.69
T3	124.06	59.67	64.80	117.19	1188.11	2628.08
T4	146.48	65.23	71.32	136.02	1190.43	3174.92
T5	153.75	57.99	61.01	147.97	1200.06	2826.40
T6	121.56	56.56	64.57	113.75	1245.68	3349.71
T7	147.50	59.73	63.16	147.03	1223.77	3066.99
T8	136.25	63.26	61.45	130.63	1265.74	3532.98
Total	1051.25	454.55	492.15	1004.89	291.33	22360.01
Média	131.41	56.82	61.52	125.61	36.42	2795.00
Desvio Padrão	30.96	6.67	5.19	29.03	1.97	526.2
CV	23.6	11.7	8.4	23.1	5.4	18.8

Legenda: AFIL-afilhamento; ALTF-altura da planta até a folha; ALTP-altura da planta até a panícula; PAN-número de panículas; GRAO/PAN-número de grãos por panícula; REND-rendimento

#### 4.13. Análise da Eficiência Agronómica, Fisiológica, Agrofisiológica, Recuperação e Utilização

Na figura 22 pode-se constatar que a maior eficiência agronómica foi verificada na dose 43.87Kg N/ha, estimada em 39.26Kg, isso quer dizer que cada kilograma de nitrogénio aplicado produz 39.26 Kg de grãos de trigo. A eficiência agronómica verificada neste estudo é similar à verificada por Rambo *et al.* (2007) porém, com doses de nitrogénio mais baixas. Estes autores alcançaram eficiências agronómicas de 39.2 e 50,8 com a aplicação de 100 e 130 Kg N/ha, respectivamente. No presente estudo as maiores eficiências agronómicas foram alcançadas com doses menores, revelando maior eficiência do nitrogénio aplicado na produção de grãos, contrastando com Rambo *et al.* (2007). Este estudo está em conformidade com os resultados

relatados por Mota e Filho (2001), que apontam para a diminuição da eficiência agronômica com acréscimo das doses de nitrogênio.

#### 4.13.1. Relação entre doses de nitrogênio e a eficiência agronômica

Com base na figura 22 conclui-se que os dados ajustaram-se ao modelo quadrático e 92.26% da variação da eficiência agronômica deve-se à variação do nitrogênio aplicado. Na figura 23 os dados ajustaram-se ao modelo linear, onde cerca de 100% da variação da eficiência agronômica deve-se à variação da densidade de plantas por hectare.

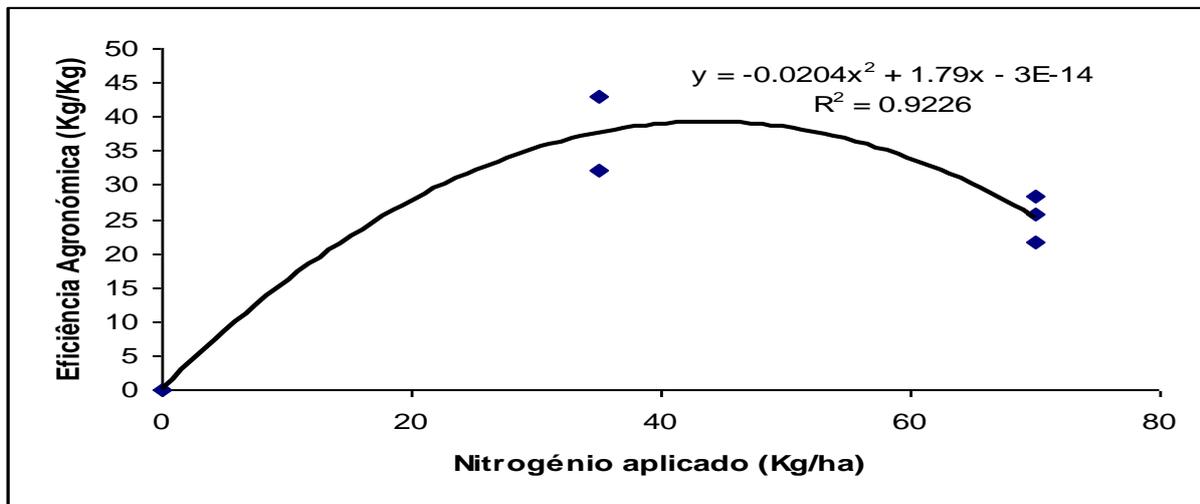


Figura 22: Efeito da dose de N na Eficiência Agronômica

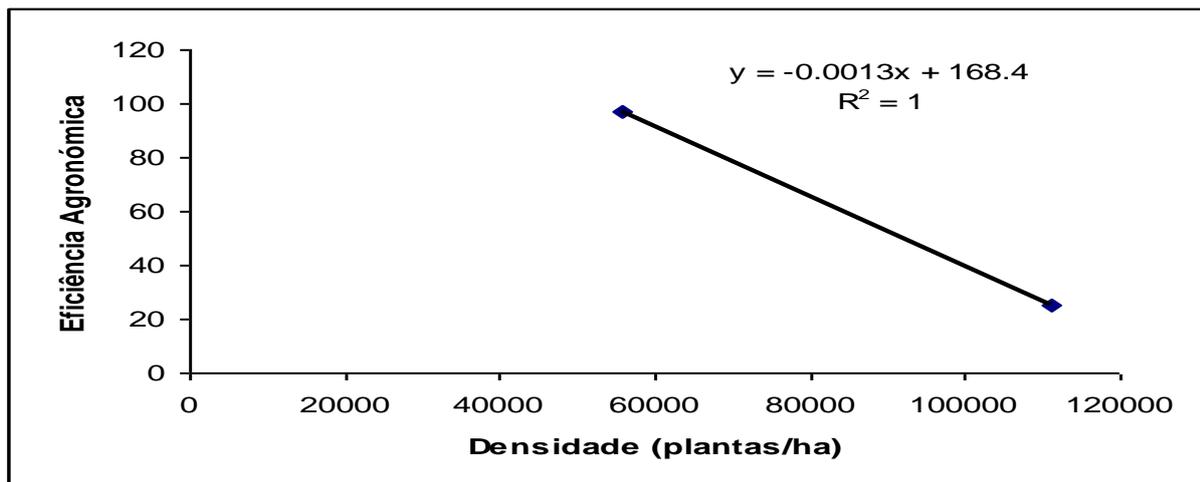


Figura 23: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Agronômica

A dose 58.91 Kg/ha de N foi responsável pela maior eficiência fisiológica, em cada 1Kg de nitrogênio aplicado há uma produção de 322Kg da parte aérea total.

#### 4.13.2. Relação entre doses de nitrogénio e eficiência fisiológica

O coeficiente de determinação revela que 90.8% da variação ocorrida na eficiência fisiológica é explicada pelos tratamentos em estudo.

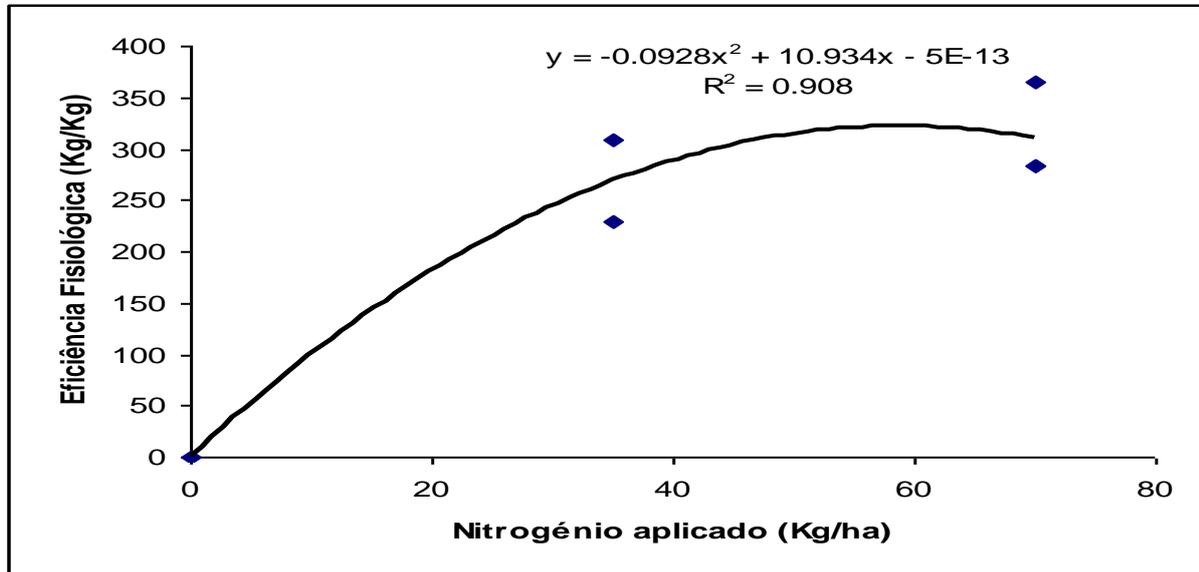


Figura 24: Efeito da dose de N na Eficiência Fisiológica

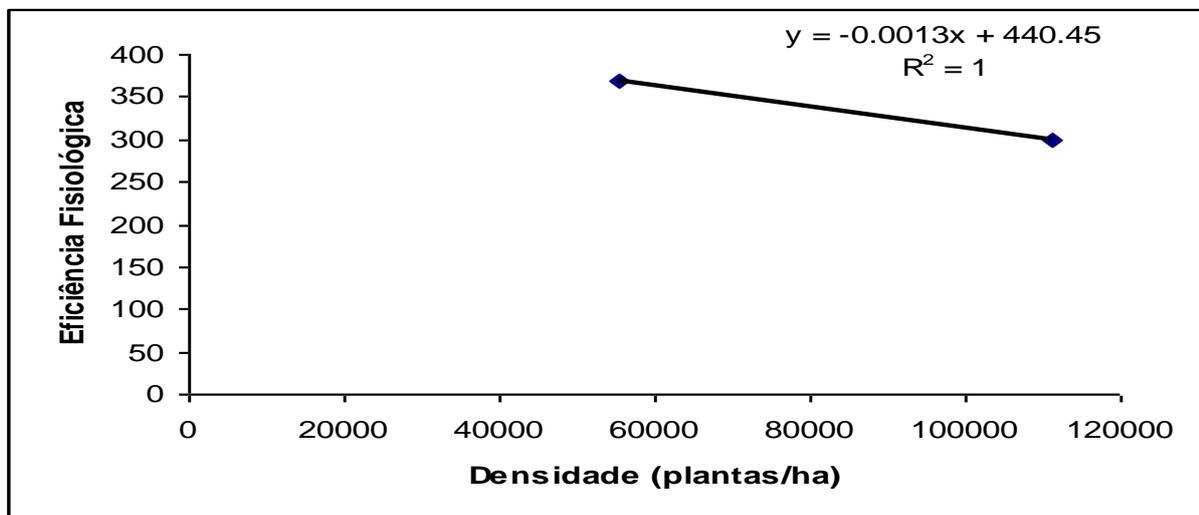


Figura 25: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Fisiológica

A máxima eficiência agrofisiológica foi verificada com a aplicação de 54.28Kg N/ha , onde cada kilograma de nitrogénio acumulado na plantas resulta na produção de 342.74Kg de grãos. Este resultado supera o alcançado por Fageria *et al.* (2003) que relatam a produção de 239 Kg material sec para cada kilograma de nitrogénio aplicado.

### 4.13.3. Relação entre doses de nitrogénio e eficiência agrofisiológica

A dose de nitrogénio aplicado influenciou na variação da eficiência agrofisiológica em cerca de 90.41%.

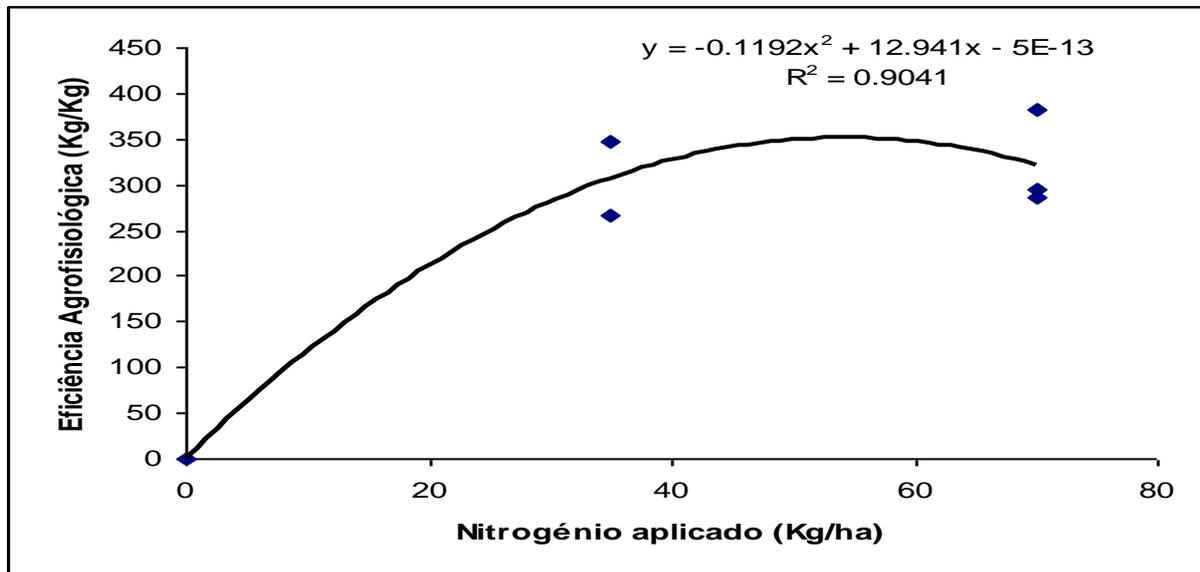


Figura 26: Efeito da dose de N na Eficiência Agrofisiológica

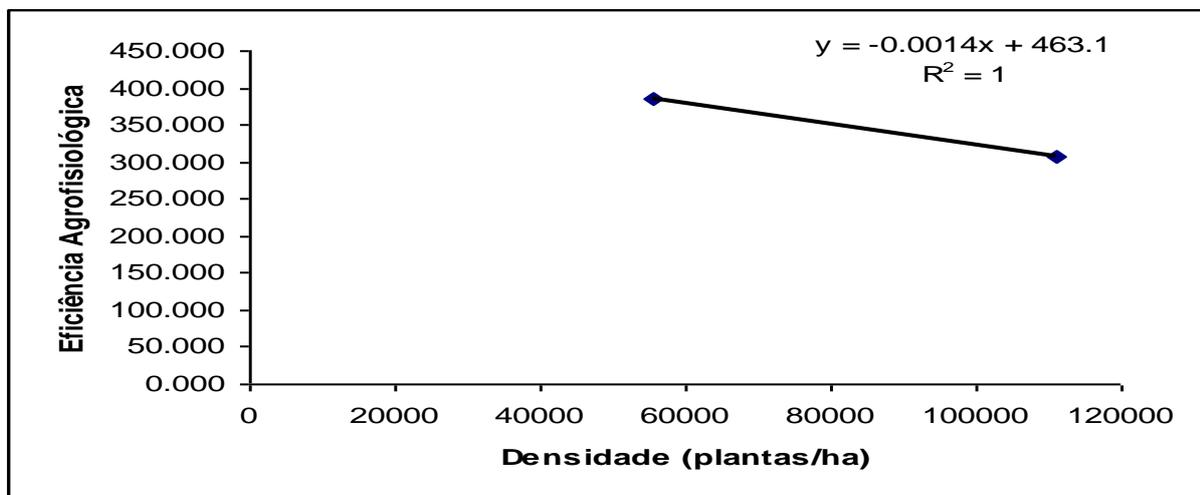


Figura 27: Efeito da densidade de plantas na Eficiência Agrofisiológica

A eficiência de recuperação varia consoante as características e propriedades do solo, formas de aplicação do nitrogénio e outras práticas de manejo da cultura do trigo. A média de recuperação foi de 37.17 Kg/ha. Este valor difere do encontrado por Yoshida (1981) que varia de 0.3 a 0.5. A diferença verificada entre os dois estudos, provavelmente se deva à ocorrência de maiores perdas por volatilização, imobilização e lixiviação na pesquisa de Yoshida (1981). Pois, segundo Fageria *et al.* (2003) baixas eficiências de recuperação do nitrogénio pelas plantas estão

relacionadas com a sua perda por volatilização, imobilização, lixiviação. A maior eficiência de recuperação do N foi verificada no tratamento T3, onde dos 35Kg de nitrogénio aplicado, cerca de 53.667 % de N foi recuperado pela planta. Todos os tratamentos, com excepção do tratamento T2 e T6 apresentaram boas eficiências de recuperação do nitrogénio pelas plantas.

#### 4.13.4. Relação entre doses de nitrogénio e eficiência de recuperação

O poder explicativo dos tratamento em relação à eficiência de recuperação é de cerca de 73.8%.

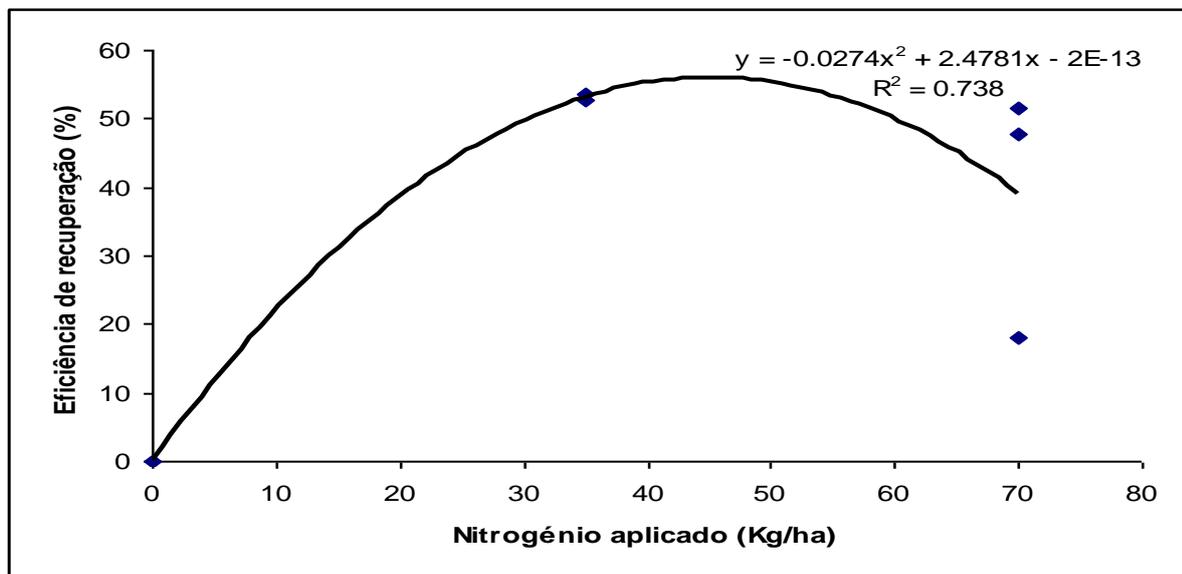


Figura 28: Efeito da dose de N na Eficiência de Recuperação

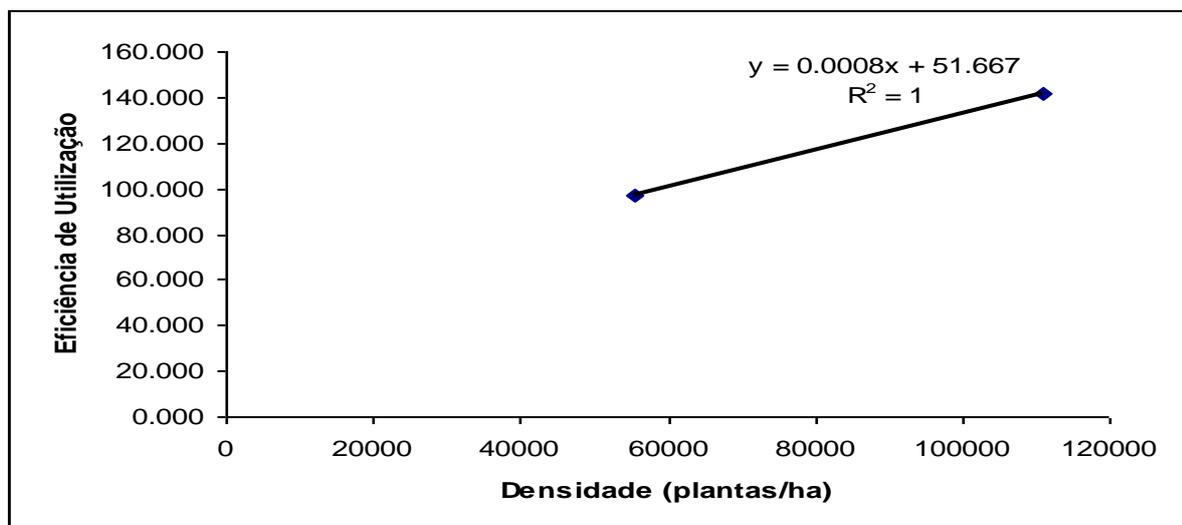


Figura 29: Efeito da densidade de plantas na Eficiência de Recuperação

A máxima eficiência de utilização do N foi alcançada com a aplicação de 45.22Kg N/ha, que resultou numa maior absorção do nitrogénio no solo e respectiva translocação para a parte aérea da planta. Como consequência da eficiência da absorção e eficiência de translocação do nitrogénio, houve maior aproveitamento e utilização do nitrogénio aplicado, o que se traduziu na produção de 56.03Kg de grãos de trigo por cada kilograma de nitrogénio absorvido.

#### 4.13.5. Relação entre doses de nitrogénio e eficiência de utilização

Os tratamentos são responsáveis pela eficiência de utilização de nitrogénio em cerca de 75.56%.

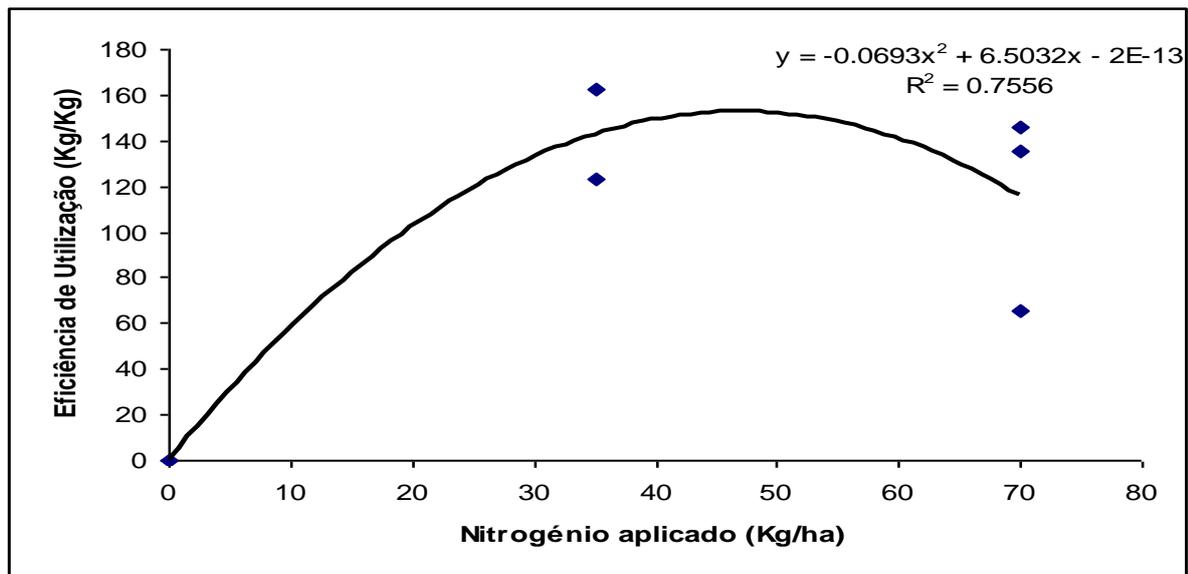


Figura 30: Efeito da dose de N na Eficiência de Utilização de N

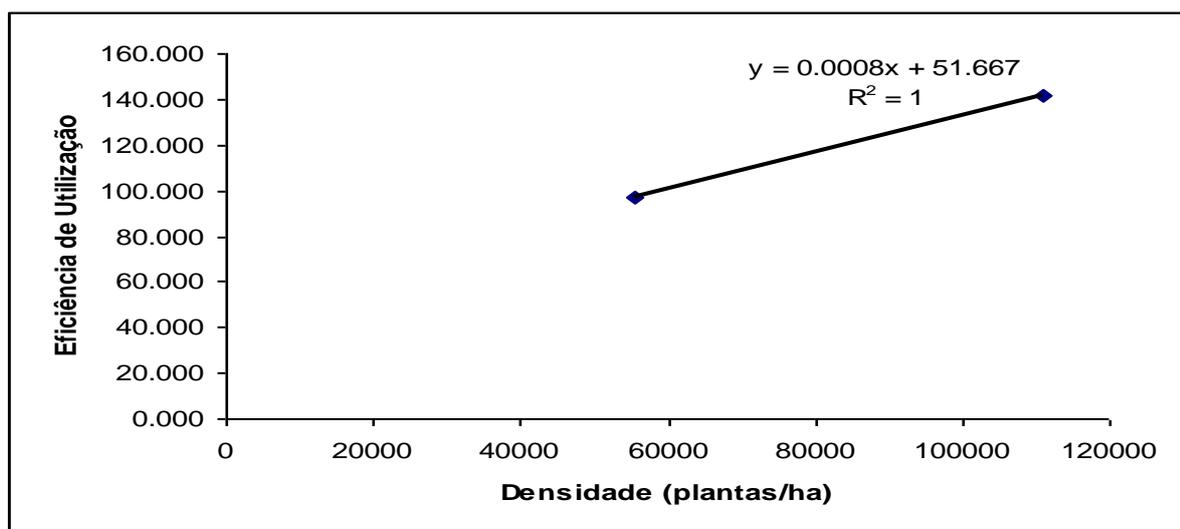


Figura 31: Efeito da densidade de plantas na Eficiência de Utilização de N

#### 4.14. Teores de nutrientes no solo após a fixação de nitrogénio

Tabela 35: Resultados de análise de solos antes da sementeira do feijão nhemba e aplicação de cama de frango e esterco bovino

	Unidade															
	Ms/cm			Ppm			%									
Trat.	K	Na	CE 1:2,5	pH H2O	pH KCl	P Olsen	M.O.	N Total	C / N	Areia	Limo	Ar- Gila	Classe textura	Limo / arg.	Areia grossa	Areia Fina
T1	1.521	0.882	0.441	7.31	6.30	40.231	2.570	0.141	10.651	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T2	1.520	0.880	0.440	7.31	6.30	40.232	2.570	0.140	10.652	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T3	1.521	0.881	0.442	7.31	6.30	40.232	2.571	0.140	10.652	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T4	1.520	0.880	0.440	7.31	6.30	40.232	2.571	0.140	10.652	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T5	1.522	0.880	0.440	7.31	6.30	40.232	2.570	0.141	10.651	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T6	1.520	0.881	0.441	7.31	6.30	40.231	2.570	0.142	10.651	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T7	1.520	0.881	0.441	7.31	6.30	40.230	2.572	0.140	10.652	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3
T8	1.521	0.881	0.441	7.31	6.30	40.230	2.570	0.142	10.651	22.1	44.2	33.7	FAG	1.3	4.8	17.3

Tabela 36: Resultados de análise de solos, após a sementeira de feijão nhemba e aplicação de cama de frango e esterco bovino

Trat.	Unidade															
	Ms/cm			Ppm			%									
	K	Na	CE 1:2,5	Ph H2O	pH KCl	P Olsen	M.O.	N Total	C / N	Areia	Limo	Ar- gila	Classe textura	Limo / arg.	Areia grossa	Areia Fina
T1	1.52	0.88	0.44	7.31	6.30	40.23	2.57	0.14	10.65	22.1	44.2	33.7	FAg	1.3	4.8	17.3
T2	1.38	0.78	0.76	7.26	6.24	36.51	0.95	0.08	6.89	31.1	35.7	33.2	FAg	1.1	3.7	27.4
T3	1.62	1.04	1.03	7.06	6.12	35.48	0.71	0.14	2.94	25.8	40.8	33.4	FAg	1.2	5	20.8
T4	1.68	0.98	0.92	7.12	6.08	48.98	0.97	0.11	7.12	28	39.4	32.6	FAg	1.2	6.3	21.7
T5	1.98	1.04	0.67	7.17	6.06	81.05	1.83	0.17	6.24	33.2	36.7	30.1	FAg	1.2	5.4	27.8
T6	1.58	0.92	0.61	7.15	6.09	43.94	1.64	0.08	11.89	27.9	39.2	32.9	FAg	1.2	4.2	23.7
T7	1.28	0.78	0.72	7.03	6.01	51.66	2.58	0.14	10.69	33.9	33.6	32.5	FAg	1	4.1	29.8
T8	2.1	1.22	0.78	7.12	6.1	50.76	1.35	0.11	5.11	32.2	36	31.8	FAg	1.1	5.2	27
E.B <sup>1</sup>	57	36	0.93	7.19	6.11	117.26	1.78	2.0	1.15	75.8	10.2	14		0.7	69.8	6
C.F <sup>2</sup> .	62	47	1.63	7.1	6.05	129	1.98	2.4	2.56	69.6	8.9	24		0.37	73.4	9

<sup>1</sup> E.B-Esterco Bovino

<sup>2</sup> C.F-Cama de frango

Em média, a concentração do nitrogénio antes da alocação dos tratamentos situava-se em torno de 0.14% para todas as parcelas, o equivalente a 14Kg de nitrogénio disponível por hectare para plantas, conforme a taxa de mineralização de 1% proposto por Malavolta (1980). Depois da fixação, os valores de pH e os teores de N, P, K, Na e de matéria orgânica, aumentaram no tratamento T5 quando comparado com o tratamento T2 e em relação ao tratamento-controlo.

No tratamento T5 foi fixado 60Kg/ha de nitrogénio contra 30 Kg/ha do tratamento T2. A variação do pH em todos os tratamentos situou-se na zona neutra, estando dentro da faixa recomendada, que varia de 5.5 a 8. A matéria orgânica, mesmo tendo aumentado, continuou apresentando níveis baixos, de acordo com Kiehl (1985). Estes resultados confirmam os reportados por vários autores que apontam para o aumento da concentração de nutrientes com a utilização de leguminosas fixadoras de nitrogénio. Portanto, o processo de fixação de nutrientes no solo ocorre de forma gradual em função da idade do nódulo e vários factores condicionam o seu sucesso. Dobereiner (1966) e Knauth *et al.* (2005) reportaram diferenças quanto à fixação biológica de nitrogénio no solo, tendo referenciado a quantidade ou a densidade de plantas a usar por unidade de área como fundamental, facto este confirmado no presente estudo. Por outro lado, Mantelin e Touraine (2004) consideram que a fixação activa de nitrogénio pelas bactérias não se traduz directamente na transferência do N fixado para a planta e sua absorção por esta.

#### **4.15. Análise económica da produção do trigo**

Na tabela 37 são apresentados os resultados da rentabilidade económica da produção dos grãos de trigo. Nela constatou-se que os custos superam os benefícios nos tratamentos T1 e T2 em cerca de 50% e 13%, respectivamente. O tratamento T8 foi o que apresentou maiores benefícios na ordem de 24% seguido do tratamento T4 com benefício em torno de 14%. Isto significa que, para cada um metical investido na produção do trigo com o tratamento T1 há uma perda de 0.5 meticais e no tratamento T2 há uma perda de 0.13 meticais. Em relação ao tratamento T8, em cada um metical investido há um retorno de 0.24 Meticais e 0.14 meticais de retorno no tratamento T4. As diferenças verificadas nos custos-benefícios nos tratamentos usados nesta pesquisa estão relacionadas com os custos totais incorridos pela produção do trigo e pelas receitas totais obtidas com a venda do trigo.

A produção do trigo não é viável se for feita sem adubação (T1) e com a aplicação do tratamento T2, por ter ocasionado baixa produtividade em detrimento de outros tratamentos, isso porque a quantidade de nutrientes disponibilizados pelos tratamentos T1 e T2 não foi suficiente para

promover uma maior formação do rendimento. A produção do trigo pelos agricultores pode representar um bom negócio, visto que a actividade tem retornos elevados, sobretudo quando produzido com aplicação dos tratamentos T4 e T8. Porém, há que salientar que os custos incorridos para a produção do trigo não estão ao alcance da maioria dos agricultores do sector familiar que, basicamente, produzem para o auto-consumo, constituindo uma grande limitante à produção desta cultura por parte destes.

Tabela 37: Análise económica da produção do trigo em função de cada tratamento

Tratamento	Dose (kg/ha)	Produção (kg/ha)	Receita Bruta (Mt/ha)	Custo de Tratamento (Mt)	Custo total (Mt/ha)	Margem líquida total (Mt)	Custo/Benefícios
T1	0	1368	20524	0	41000	-20476	0.50
T2	30	2372	35575	20	41020	-5445	0.87
T3	39	2627	39406	785	41785	-2379	0.94
T4	42	3174	47609	836	41836	5773	1.14
T5	60	2864	42956	40	41040	1916	1.05
T6	70	3349	50241	4500	45500	4741	1.10
T7	78	3066	45990	1565	42565	3425	1.08
T8	84	3532	52980	1668	42668	10312	1.24

## **V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. Conclusões**

Dos oito tratamentos testados, o tratamento T8 foi o que apresentou o rendimento mais elevado e maiores retornos económicos.

Os tratamentos T3, T6, e T7 revelaram ser os melhores quanto à concentração de K, Ca e Mg, respectivamente. O melhor tratamento, quanto à concentração de nitrogénio e fósforo foi o tratamento T5.

A maior Eficiência Agronómica, de recuperação e de utilização de nitrogénio, foi observada na dose 42Kg/ha de N e a dose 84Kg/ha de N mostrou ser eficiente quanto aos aspectos fisiológicos. A dose 39Kg/ha de N foi a que proporcionou a maior eficiência agrofisiológica.

### **5.2. Recomendações**

O tratamento T8 é o recomendado, tendo em conta a maior produtividade verificada e, também, os benefícios económicos que advêm do uso deste tratamento, permitindo, deste modo, aos agricultores suportar os encargos da próxima campanha agrícola e ainda ficarem com uma margem líquida maior em relação a outros tratamentos.

Que se realize pesquisas da mesma natureza, com outras variedades e em diferentes locais com potencial para a produção de trigo, tendo em conta os materiais orgânicos existentes localmente, o que irá permitir maior adopção da tecnologia pelos produtores.

## VI. Referências Bibliográficas

1. Adeshsingh e Singh N.P. (2006). **Direct and residual effects of organic and inorganic sources of nutrients under urdbean (*Vinga munga*)- wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence in foot-hills of Uttaranchal.** *Indian J. Agron.*, **51**(2): p. 97-99.
2. Agroclubes, (2007). **Clube do trigo: Ficha técnica.** Disponível em: <[http://www.agroclubes.com.br/ficha\\_tecnica/fichas.asp?ficha=209&codigo\\_produto=209](http://www.agroclubes.com.br/ficha_tecnica/fichas.asp?ficha=209&codigo_produto=209)>. Acesso em 30 Setembro de 2012.
3. Aita, C.; Basso, C.J.; Ceretta, C.A.; Gonçalves, C.N. e Da Ros, C.O.C. (2001). **Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogénio ao milho.** *R. Bras. Ci. Solo*, **25**: p. 157-1165.
4. Aita, C.; Giacomini, S.J.; Hubner, A.P.; chziapinotto, I.C. e Fries, M.R. (2004). **Consortiação de plantas de cobertura no Outono/Inverno antecedendo o milho em plantio directo: Dinâmica do nitrogénio no solo.** *R. Bras. Ci. Solo*, **28**: p. 739-749.
5. Almeida, M.L. e Mundstock, C.M. (1998). **O afilhamento em comunidades de cereais de estação fria é afectado pela qualidade da luz?** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.28, p.511-519.
6. Alves, A. A., Azevedo, A. R., Souza, F. M. e Ciríaco, A .L.T. (1991). **Materiais alternativos para cama de frangos. I- Desempenho produtivo de frangos de corte.** In: Reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 28, 1991, João Pessoa. anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 621.
7. Alves, B. JR.; Cabezas, W.A.R.L.; E.A. e Urquiaga, S. (1999). **Balanço de N em soja estabelecida em um latossolo vermelho escuro do triângulo mineiro em condições de plantio directo e preparo convencional do solo.** In: congresso brasileiro de ciência do solo. P. 27.
8. Amaya, A.; Gomez, A.L.; Buitrago, J.T.; Moreno, C.A. e Cassalett, C. (2000). **Characterisation of lodging in sugarcane.** In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR

- CANE TECHNOLOGISTS CONFERENCE, 22, 2000, Bundaberg. Proceedings....  
Bundaberg: D.M. Hogarth, p. 321-327.
9. Araújo, A. de P.; Negreiros, M. Z. de.; Pedrosa, J. F.; Oliveira, M. e Oliveira, H. M. G. (1999). **Características químicas de um solo adubado com esterco de bovinos e cultivado com repolho**. In: Congresso brasileiro de olericultura, 39. Tubarão. Resumo...Tubarão: SOB,. n. 021.
  10. Araújo, A. S. F. e Carvalho, E. M. S. (2006). **Fixação Biológica de Nitrogénio em Leguminosas**. UFPI. Comunicado Técnico, n. 11, p. 1-4, Abril.
  11. Atwell, W. A. (2001). **Wheat Flour: Pratical Guides for the Food Industry**. 1 ed. St. Paul, Minnesota, Eagan Press, p. 137.
  12. Australian Society of Plant Scientists (1999). **Plants in Action. Adaptation in nature performance in cultivation**. Edition.1. New Zealand Institute of Agricultural and Horticultural Science.
  13. Aykroyd, W. R. e Doughty, J. (1971). **FAO Nutritional Studies no. 23: Wheat in human nutrition**, 2nd edition, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, p. 163.
  14. Ayoub, M., S. Guertin, S. Lussier e D.L. Smith. (1994). **Timing and level of nitrogen fertilizer effects on spring wheat yield in eastern Canada**. Crop Science. 34: p. 748-756.
  15. Baker, D. N e Stebbins, B. L, (1965). **Characteristics and modes origin of weeds and the Genetics of the Colonizing Species**. New York, Academic Press, p. 124.
  16. Baldissera, I. T. e Scherer, E. E. (1992). **Correcção da acidez do solo e adubação da cultura do feijão**. In: **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis, Epagri, p. 285.
  17. Barcellos, M. (2005). **Adubação orgânica e mineral na produção de culturas em rotação sob plantio directo e nas propriedades químicas do solo da região dos campos Gerais do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Paraná. p. 24.

18. Benett, C. G. S. *et al.* (2011). **Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838.
19. Bezerra, A. K. P.; Lacerda, C. F.; Hernandez, F. F. F.; Silva, F. B. e Gheyi, H. R. (2010). **Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes.** Ciência Rural, v.40, p.1075-1082.
20. Boddey, R.M.; Peoples, M.B.; Palmer, B.; Dart, P.J. (2000). **Use of the <sup>15</sup>N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials.** Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.57, p. 235-270.
21. Bonato, C. M.; Filho, C. J.; Melges, Elena e Dos Santos, V. (1998). **Nutrição Mineral das plantas.** Universidade Estadual de Maringá. p. 5.
22. Bortolini, P.C. (2004). **Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.1, p. 45-50.
23. Brady, N. C. (1979). **Matéria orgânica dos solos minerais.** In: Natureza e propriedades dos solos. 5 ed. Rio de Janeiro: p.141-168.
24. Braz, A. J. B. P.; Silveira, P. M.; Kliemann, H. J. e Zimmermann, F. J. P. (2006). **Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema plantio directo após diferentes culturas.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198.
25. Bredemeier, C. e Mundstock, M. C. (2001). **Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 317-323.
26. Brinton, J.W.F. e Seekins, M.D. (1994). **Evaluation of farm plot conditions and effects of fish scrap compost on yield and mineral composition of field grown maize.** Compost Science & Utilization, v.2, n.1, p.10-15.
27. Burris, R.H. (1999). **Advances in biological nitrogen fixation.** Journal of Industrial of Microbiology e Biotecnology, v. 22, p.381-393.

28. Burity, H. A.; Lyra, M. C. C. P. e Souza, E. S. (2000). **Efectividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, p. 801-807.
29. Buzetti, S.; Bazanini, G.C.; Freitas, J.G; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M.E. e Meira, F. A. (2006). **Resposta de cultivares de arroz de nitrogênio e de regulador de crescimento de cloreto de cloromequat.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.41, n.12, p.1731-1737.
30. Calegari, A. O (2001). **Uso de plantas de cobertura e a rotação de culturas visando alto rendimento.** In: IV Curso sobre aspectos básicos de fertilidade de solo em plantio directo. 4, 2001. Ijuí. Resumos de palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 5-20.
31. Camargo, F. O. (1999). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre, RS: Génesis, p. 69-90.
32. Camargo, L. de S. (1984). **As hortaliças e seu cultivo.** Campinas: Fundação cargill, p. 28-29,.
33. Campbell, C. A. e De Jong, R. (2000). **Root-to-straw influence of moisture and rate of N fertilizer.** *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 81, p. 39-43.
34. Cantarella, H. (2007). **Nitrogênio.** In: Novais, R.F.; Alvarez,V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.;Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
35. Caputo, M.M. (2003). **Efeito do tombamento nas características tecnológicas e biométricas de variedades de cana-de-açúcar.** 63f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
36. Casagrande, A. A. (1999). **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** jaboticabal: FUNEP, p. 157.
37. Cassini, S. T. A. e Franco, M. C. (2006). **Fixação biológica de nitrogênio microbiologia, factores ambientais e genéticos.** In: Vieira, C.; Paula Jr., T. J.; borém, Al. (Ed.). Feijão. 2.ed.actual.Viçosa, Mg: EFV. p. 143-170.

38. Cazetta, D. A.; Fornasieri Filho, D.; Arf, O. e Germani, R. (2008). **Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticales submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio directo.** *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 3, p. 741-750.
39. Ceretta, C.A.; Durigon, R.; Basso, C.J.; Barcellos, L.A.R. e Vieira, F.C.B. (2003). **Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural.** *Pesq. Agropec. Bras.*, 38: p. 729-735.
40. Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Vieira, F.C.B.; Herbes, M.G.; Moreira, I.C.L. e Berwanger, A.L. (2005). **Dejecto líquido de suínos: I-Perdas de nitrogénio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio directo.** *Ci. Rural*, 35: p. 1296-1304.
41. Chandrasekhara, G. K., Harlapur, S. I., Muralikrishna, S., e GIRISH, G. (2000). **Response of maize (*Zea mays* L) to organic manures with inorganic fertilizers.** *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 13 (1) : p. 144-146.
42. Cianicio, N.H.R. (2010). **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes a culturas submetidas a adubação orgânica e mineral.** Dissertação Mestrado. Santa Maria, RS, Brasil. p. 19.
43. Coelho, E.F.; Andrade, C.L.T.; Or, D.; Lopes, L.C. e Souza, C.F. (2001). **Desempenho de diferentes guias de ondas para uso com o analisador de humidade TRASE.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande v.5, n.1, p. 81-87.
44. Coelho, F. S. (1973). **Adubação orgânica: adubo verde, esterco, composição e subprodutos de indústrias.** In: *Fertilidade do solo*. 2. ed. Campinas: ICEA, 1973. p. 331-355.
45. Collares, A. G. (2008). **Elaboração de massas congelados para a produção de pão francês. 2008.93f. trabalho de conclusão de curso (graduação)-Engenharia de alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de alimentos, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.**
46. CONAB. [Site oficial] Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: Julho a Dezembro de 2010 e Janeiro de 2011.

47. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. CQFS RS/SC. (2004). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, RS. p. 400.
48. Costa, C. C.; Oliveira, A. P.; Ferreira, D. S. e Silva, A. F. (1998). **Produção de alho em função de húmus de minhoca e esterco bovino**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 16, n. 1. (resumo 081).
49. Cruz, P. J.; Carvalho, F.I.F.; Silva, Simone.; Kurek, Andreomar, J.; Barbieri, R.L. e Cargnin, A. (2003). **Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo**. Revista Brasileira de Agrociências, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 05-08.
50. Dartora, K.S. e Floss, E.L. (2002). **Componentes do rendimento em aveia-branca sob diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE 66 PESQUISA DE AVEIA, 22. Passo Fundo. Resumos... Passo Fundo: UPF, 2002b. p. 731-735.
51. Da Ros, C. O.; Salet, R. L.; Porn, R. L. e Machado, J. N. C. (2003). **Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio directo**. Ciência Rural, v. 33, n. 5, p. 799-804.
52. Davidson, D.J. e Chevalier, P.M. (1990). **Preanthesis tiller mortality in spring wheat**. Crop Science, Madison, v.30, n.4, p.832-836.
53. Demétrio, R. (1988). **Efeito da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-c microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea Mays L.*)** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. P. 89. Dissertação de mestrado.
54. Devarajan, R. e Palanippan, S. P. (1995). **Zinc and molybdenum on yield and nutrition of soybean**. Madras Agril. J., 82: p. 188-189.
55. Didonet, A.D. *et al.* (2000). **Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido à inoculação de *Azospirillum***. Pesquisa Agropecuária Brasileira,

Brasília, v.35, p. 401-411,

56. Dionísio, A.C. (1985). **Evolução da produção pecuária na Republica Popular de Moçambique com especial ênfase para bovinos de corte.** (Evolution of animal production in RPM with especial reference to beef cattle.) Report of IREMA, Min. of Agriculture, Maputo.
57. Dixit, K.G. e B.R. Gupta. (2000). **Effect of Farmyard manure, chemical and biofertilizers on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) and soil properties.** *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 48: p. 773-780.
58. Dobereiner, J. (1966). **Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight.** *Nature*, v. 210, p. 850-852.
59. Dos Santos, J. F.; Grangeiro, J. I. T.; Oliveira, M. E. C.; Bezerra, S. A. e Santos. M. C. C. A. (2009). **Adubação orgânica na cultura do milho no brejo paraibano.** *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 2, p. 209-216.
60. Durigon, R.; *et al.* (2002). **Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 26, p. 983 – 992.
61. Egan, B.T. (1993). **How does the Australian sugar industry compare with other important cane producers.** p. 49-56. (Informação em jornal).
62. Epstein, E. e Bloom, A. (2004). **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução de Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Plantas. p.318
63. Espíndola, J. A. A.; Guerra, J. G. M. e Almeida, D. L. (1997). **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável.** Seropédica: Embrapa-Agrobiologia. p. 20. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).
64. Espindula, M. C.; Rocha, V. S.; Souza, M. A. de; Grossi, J. A. S. e Souza, L. T. (2010). **Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.1404-1411.

65. Fabre, D.V.O.; Cordeiro, A.C.C.; Ferreira, G.B.; Vilarino, A.A. e Medeiros, R.D. (2011). **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v41, n1, p.29-38.
66. Fageria, N.K.; Santos, A.B. e Cutrim, V.A. (2007). **Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso de nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p. 1029-1034.
67. Fageria, N.K. e Baligar, V.C. (2005). **Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants.** *Advances in Agronomy.* v.88, p. 97-185.
68. FAO. 2008. **State of Food Insecurity in the World 2008.** Roma: FAO.
69. FAO (2002). FAOSTAT Online Database (<http://faostat.fao.org/>, acessado em 19 de Setembro de 2012).
70. FAO, (1982). **Animal disease control and eradication. Report to Veterinary Research Institute, Mozambique.** Consultants' report GCP/MOZ/018/SW. FAO, Rome.
71. FAO. **FAOSTAT Commodity Balances Database.** Rome: FAO. Acessado em <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>, no dia 20/10/2012
72. Farhad, M. F.; Saleem, M. A. Cheema e Hammad, H. M. (2009). **Effect of poultry manure levels on the productivity of spring maize (*zea mays* L).** The Journal of Animal e Plant Sciences 19(3): 2009, Pages: p. 122-125.
73. Fauvart, M. e Michiels, J. (2008). **Rhizobial secreted proteins as determinants of host specificity in the rhizobium-legume symbiosis.** Fems Microbiology, v.285, p.1-9.
74. Fernandes, M. F.; Fernandes, R. P. M. e Rodrigues, L. S. (2001). **Bactérias diazotróficas associadas a coqueiros na região da baixada litorânea em Sergipe.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 12. p. 1509-1517.

75. Ferreira, E., F. Breseghello, E. da M. de Castro e J.A.F. Barrigossi. (2001). **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz do Brasil**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás. p. 42. (Documentos 114).
76. Floss, E. (2000). **Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura directa**. Revista Plantio Directo, v.57, p. 25-29.
77. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). **Base de dados**. disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/>. Acesso em; 27 de Dezembro de 2012.
78. Franco, A. A. e Neves, M. C. P. (1992). **Factores limitantes à fixação biológica de nitrogénio**. In: Cardoso, E. J. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. (Ed.) Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, p. 219-230.
79. Frederick, J.R. e J.J. Camberato (1995). **Water and nitrogen effects on winter, wheat in the southeasten coastal plain**: I. Grain yield and kernel traits. Agron. J. 87: p. 521-526.
80. Filho, F. F. R.; Lima, J, A, A, e Ribeiro, V, Q.(2005). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília-DF: Embrapa Informações Tecnológicas. p. 519.
81. Freitas, J. G.; Camargo, C. E. O.; Ferreira Filho, A. W. P. e Astro, J. L. (1995). **Eficiência e resposta de génotipos de trigo ao nitrogénio**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v.19, p. 229-234.
82. Filho, F. R.; Lima, J. A. A. e Ribeiro, V. Q. (2005). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília-Df: Embrapa Informação tecnológica. p. 519.
83. Filho, M. J.(1987). **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba: FEALQ, p. 320.
84. Freitas, J.G.; Azzini, L.E.; Cantarella, H.; Bastos, C.R.; Castro, L.H.S.M.; Gallo, P.B. e Felício, J.C. (2001). **Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogénio**. SCIENTIA Agrícola, v.58, n3, p. 573-579.
85. Fry, L. J. (1973). **Mathane digesters for fuel, gas and fertilizer**. Santa Califórnia, p. 46.

86. Gachon, L. 1972. **La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez le Tournesol.** Ann. Agron. Clermont Ferrand. 23(5) : p. 547- 566.
87. Galloway, J.N.; Aber, J. D.; Erisman, J.W.; Seitzinger, S. P.; Howarth R. W.; Cowling, E. B. e Cosby, B. J. (2003). **The nitrogen cascade.** Bioscience, v.53, p. 341-356.
88. Garcia, C.H. (1989). **Tabelas para classificação dos coeficientes de variação.** Piracicaba: IPEF, (circular técnica, 171). p. 12.
89. Gargantini, H.; Blanco, H. G.; Haag, H, P.; Malavolta, E. (1973). **Absorção de nutrientes pelo trigo.** Bragantia, 32: p. 285-307.
90. Ghuman, B. S. e Sur, H. S., (2006). **Effect of manuring on soil properties and yield of rainfed wheat.** J. Indian Soc. Soil Sci., 44(2): p. 347-352.
91. Gliessman, S. R. (2000). **Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture.** Boca Raton: Lewis Publishers, p. 357.
92. Goedert, W.J. e Sousa, D.M.G. (1986). **Avaliação preliminar de fosfatos com acidulação parcial.** R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10: p. 75-80.
93. Gomes, A. (1988). **A irrigação em Moçambique,** MADER, Maputo.
94. Gomes, P.F (2000). **Curso de Estatística Experimental.** 14.ed. Piracicaba: Degaspari. p. 477.
95. Gonsalves, M. e Moreira, F. M. S. (2004). **Specificity of the legume Sesbania vigrata (Caz.) Pers. And its nodule isolates Azorhizobium johannae with other legume hosts and rhizzobia.** Symbiosis, v.36, p. 57-68.
96. Grove, T.L. (1979). **Nitrogen fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics.** Ithaca: Cornell University. p. 28. (Cornell International Agriculture Bulletin, 36).
97. Hungria, M.; e Campo, R.J. (2005). **Fixação biológica do nitrogénio em sistemas agrícolas.** In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 30. Pernambuco. Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental. Pernambuco: SBCS, UFPE; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.1-30. CD-ROM.

98. Hunter, W.J. (1983). **Soybean root and nodule nitrate reductase**. *Physiologia Plantarum*, v.59, p. 471-475.
99. Ibrahim, M.B.M., A.S. Moursy, A.H. Bedair and E.K. Radwan, (2008). **Comparison of DAX-8 and DEAE for isolation of humic substances from surface water**. *J. Environ. Sci. Technol.*, 1: p. 90-96.
100. IFDC (2011) IFDC and Mozambique Government Partner to Improve Food Security, <http://www.ifdc.org/Alliances/MOUs/IFDC>, Accessed on 7 May 2012.
101. Imsande, J. e Schmidt, J.M. (1998). **Effect of N source during soybean pod filling on nitrogen and sulfur assimilation and remobilization**. *Plant and Soil*, v.202, p. 41- 47.
102. Inoue, T. *et al.* (2004). **Contribution of pre-anthesis assimilates and current photosynthesis to grain yield, and their relationships to drought resistance in wheat cultivars grown under different soil moisture**. *Photosynthetica*, Dordrecht, v. 42, n. 1, p. 99-104.
103. Instituto da Potassa e Fosfato (1998). **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e adaptação: Alfredo Scheid Lopes. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba: POTAFOS, p.177 .
104. Iqtidar, H., K.M. Ayyaz e K. E. Ahmad. (2006). **Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels**. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 7: p. 70-78.
105. Israel, D.W. (1987). **Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation**. *Plant Physiology*, v.84, n.3, p. 835-840.
106. Júnior, G. B. M.; Corsi, M.; Trivelin, P. C. O.; Vilela, L. (2009). **Recuperação de <sup>15</sup>N-ureia no sistema solo-planta de pastagem de capim-tanzânia**. p. 95.
107. Kamicker, B.J. e Brill, W.J. (1986). **Identification of Bradyrhizobium japonicum nodule isolates from Wisconsin soybean farms**. *Applied and Environmental Microbiology*, v.51, n.3, p. 487-492.

108. Khoshgoftarmanesh, A.H. e M. Kalbasi. 2002. **Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice.** *Commun. Soil Sci. Plant Analysis.*, 33 (13 e 14): p. 2011- 2020.
109. Kiehl, A. J. (1985). **Fertilizantes Orgânicos.** Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, p. 492.
110. Kiehl, E.J. (1985). **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, p. 494.
111. Kischel, E.; Fidelis, R.R.; Santos, M.M.; Brandão, D.R., Cancellier, E.L. e Nascimento, I.R. (2011). **Efeito do nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea húmida do estado Tocantins.** *Revista ceres, Viçosa, v,58, n1, p. 84-89.*
112. Kler, D. S. e Walia, S. S., (2006). **Organic, integrated and chemical farming in wheat (*Triticum aestivum*) under maize (*Zea mays*) wheat cropping system.** *Indian J.*
113. Knauth, S.; Hurek, T.; Brar, D. e Reinhold-Hurek, B. (2005). **Influence of different *Oryza* cultivars on expression of *nifh* gene pools in roots of rice.** *Environmental Microbiology*, v. 7, n. 11, p. 1725-1733.
114. Konzen, E. A.; Pereira Filho, I. A. e Bahia Filho, A. F. C. (1997). **Manejo de esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho.** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, p. 31. (circular Técnica, 25.).
115. Konzen, E.A. (2003). **Fertilização de lavoura e pastagem com dejectos de suínos e cama de aves.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. (Circular técnica, 31).
116. Konzen, E. A. (2005). **Fertilização de lavouras e pastagens com dejectos suínos e cama de aves.**
117. Kozelinski, S. M. (2009). **Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, p. 90.

118. Lacerda, A.M.; Moreira, F.M.S.; Andrade, M.J.B. e Soares, A.L.L. (2004). **Yield and nodulation of cowpea inoculated with selected strains.** Revista Ceres, V.51, p. 67-82.
119. Lacerda, C. F.; Sousa, G. G.; Silva, F. L. B.; Guimarães, F. V. A.; Silva, G. L. e Cavalcante, L. F. (2011). **Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters.** Engenharia Agrícola, v.31, p. 663-675.
120. Lancini, J. B. (1986). **Aspectos gerais sobre a intoxicação e contaminação através de cama aviária.** Avicult. Ind., v.76, n.923, p. 32-4.
121. Larcher, E. C. (1929). **Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale.** Plant Pathology, London, v.3., n.4, p. 128-129.
122. Large, E. C.(1954). **Growth stages in cereals.** Illustration of the Feekes scale. Plant Pathology, London, v.3., n.4, p.128-129.
123. Leite, L. F. C. *et al.* (2003). **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 821-832.
124. Lewin, A.; Rosenberg, C.; Meyer, H. Z. A.; Wong, C. H.; Nelson, L.; Manen, J. F.; Stanley, J.; Dowling, D. N.; Denarie, J. e Broughton, W. J. (1987). **Multiple host-specificity loci of the broad host range Rhizobium sp. NGR234 selected using the widely compatible legume Vigna unguiculata.** Plant molecular Biology, v.8, p. 447-459.
125. Li, Y.L.; Zhang, Y.L.; Hu, J. e Shen, Q.R. (2007). **Contribution of nitrification happened in rhizospheric soil growing with different rice cultivars to N nutrition.** Biology and fertility of Soils, v.43, p. 417-425.
126. Lima, R. e Menezes, V. (2010). **Utilização da Adubação Verde na Agricultura sustentável.** Faculdade Católica do Tocantins (FCT).
127. Lin, S.; LI, J.; Sattelmacher, B. e Bruck, H. (2005). **Response of lowland and aerobic rice to ammonium and nitrate supply during early growth stages.** Journal of plant Nutrition, v.28, p. 1495-1510.

128. Liu, W.T.H. (2006). **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, p. 908.
129. Lloveras, J., A. Lopez, J. Ferran, S. Espachs e J. Solsona. (2001). **Bread-making wheat and soil nitrate as affected by nitrogen fertilization in irrigated Mediterranean conditions**. Agron. J. 93: p. 1183-1190.
130. Loomis, R. S. e Amthor, J. S. (1999). **Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies**. Crop Science, Madison, v. 39, n. 1, p. 1584-1596.
131. Lopes, E. A. P. (2007). **Curva de Resposta da cultura do milho ao N adicionado como adubo verde e sua Equivalência com a fertilização com sulfato de Amônio**. dissertação. UFRRJ. Instituto de Agronomia. p. 25-28.
132. Luna, C.A.; Palma, A.E.; Ramirez, G. (1993). **Analisis de la eficiencia de los corteros por variedad en el Ingenio Riopaila S.A**. Int. Sugar Tour, v.95, n.1139, p. 465-470.
133. Lyra Filho, H. P.; Rodrigues, V. J. L. B.; Maranhão, E. H.A.; Maranhão, E. A.A. (1998 ). **Estudo do comportamento de cultivares de híbridos de repolho (Brassica oleraceae var. capitata) para a zona da mata de Pernambuco**. CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA 38°. Petrolina-PE. Julho. (Resumos)
134. Macamo, V. A. e Tomo, P. 1999. **The status of farm animals genetic resources in Mozambique and proposed interventions**. Document submitted to the 1<sup>st</sup> Steering committee for the Management of Farm Animal genetic Resources (FAnGR). Maputo.
135. Machado, C. T. (2000). **Caracterização de genótipo de milho quanto a parâmetros morfológicos, fisiológicos e microbiológicos associados à eficiência de absorção e uso de fósforo**. Seropédica, 2000. 365p. Tese (Doutoramento em Agronomia/Ciência de solo)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

136. Machado, P. R. (1979). **Absorção de nutrientes por duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) em função da idade e adubação em condições de campo.** ESALQ. Piracicaba (SP) , p. 83. (Dissertação de Mestrado).
137. Mahler, R.L. *et. al.* (1994). **Soils. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production.** Agronomy Journal, Madison, v.86, p. 637-642.
138. Malavolta, E. (2006). **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, p. 638.
139. Malavolta, E.; Vitti, G.C. e Oliveira, S.A. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato.
140. Malavolta, E. (1980). **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres. p. 251.
141. Malone, G. W. (1992). **Nutrient enrichment in integrated broiler production systems.** Poultry Science, v. 71, p. 1117-1122.
142. Manish Kumar, S. R. P. e Rana, N. S. (2003). **Effect of organic and inorganic sources of nutrition on productivity of rice (*Oryza sativa*).** Indian J. Agron., 48(3): p. 175-177.
143. Mantelin, S. e Touraine, B. (2004). **Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake.** Journal of Experimental Botany, v. 55, n. 394, p. 27-34.
144. Maqsood, M., A.M. Abid, A. Iqbal e M.I. Hussain (2001). **Effect of variable rate of nitrogen and phosphorus on growth and yield of maize (golden).** Online J. Biol. Sci., 1: p. 19-20.
145. Matiello, J. B.; Almeida, A. W. R. e Almeida, S. R. (2008). **Adubação racional da lavoura cafeeira.** Varginha: Bom Pastor, 2008. p. 106.

146. Marschener, H. (1995). **Mineral Nutrition of Higher plants**. 2. ed. London: academic Press. p. 889.
147. Martins, L. M. V. (1996). **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbios de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos de região Nordeste do Brasil**. Seropédica. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 213.
148. Martins, L. M. V.; Xavier, G.R.; Rumjanek, N.G.; Rangel, F.W.; Ribeiro, J.R.A. e Morgado, L.B. (2003). **Contribuição of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brasil**. *Biology and fertility of Soils*, V.38, p. 333-339.
149. Maskey S.; Bhattarai, S. L.; People, M. B. e Herridge, D. F. (2001). **On farm measurements of nitrogen fixation by winter and summer legumes in the hill and Terai regions of Nepal**. *Fields Crops Res*, 70: p. 209-221.
150. Masle, J. (1985). **Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and**
151. **development of the crop**. In: DAY, W.; ATKIN, R. K. (Ed.). **Wheat growth and modeling**. New York : Plenum, p. 33-54.
152. Mauad, M.; Grassi Filho, H.; Crusciol, C.A.C. e Correa, J.C. (2003). **Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada**. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, campinas, v.27, n.5, p. 867-873.
153. Mckeivith, B. (2004). **Nutritional aspects of cereals**. *Nutrition Bulletin*, v.29, p. 111-142.
154. Megda, M. M.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Teixeira Filho, M. C. M.; Vieira, M. X. (2009). **Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio directo e irrigação por aspersão**. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1055-1060.

155. Mello, R. B. e Faria, S. M. (1998). **Compatibilidade de bactérias fixadoras de nitrogénio, rizóbio, com espécies da família leguminosae**. Seropédica: Embrapa agrobiologia. p. 3. (comunicado Técnico, N° 27).
156. Melo, R. ; Brito, L. ; Pereira, L. e Anjos, J.; (2007). **Avaliação do Uso de Adubo orgânico nas Culturas de Milho e Feijão Caupi em Barragem Subterrânea**. rev. bras. De Agroecologia/nov. Vol. 4 No. 2.
157. Ministério da Agricultura. (2008). **Plano de Acção para a produção de alimentos**.
158. Ministério da Agricultura. **Relatório do Programa de Trigo na Campanha agrícola 2009/10**. p. 3
159. Ministério da Agricultura. (2011). **Balanço preliminar da campanha agrícola (2010/2011)**.
160. Mizubuti, I. Y., Fonseca, N. A. N. e Pinheiro, J.W. (1994). **Desempenho de duas linhagens de frangos de corte, criadas sob diferentes densidades populacionais e diferentes tipos de camas**. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 23, p. 476-84.
161. Moreira, F. M. S. (2008). **Bactéria fixadoras de nitrogénio que nodulam leguminosae**. In: Moreira, F. M. S., Siqueira, J. O. e Brussaard, L. (Ed.). **biodiversidade do solo em ecossistema brasileiro**. Lavras: UFLA. p. 621-680.
162. Moreira, F. M. S. e Siqueira, J.O. (2002). **Microbiologia e Bioquímica do solo**, Lavras, Universidade Federal de Lavras. p. 625.
163. Moreira, F. M. S. e Siqueira, J.O. (2006). **Microbiologia e Bioquímica do solo**, lavras, UFLA. p. 729.
164. Mosca, J. (1988). **Contribuição para o estudo do sector agrário de Chókwe**. MADER
165. Mossedaq, F. e D.H .Smith. (1994). **Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a Mediterranean climates**. *Agron. J.* 86: p. 221-226.

166. Mota, J. C. A e Filho, J. A. (2001). **Índices de eficiência nutricional para nitrogênio em meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. Agropecuária Técnica, V. 22.
167. Mpeperek, S. Wollum, A. G. e Makonese, F. (1996). **Diversity in symbiotic specificity of cowpea rhizobia indigenous to Zimbabwean soils**. Plant and Soil, v. 186, pag. p. 167-171.
168. Mundstock, C.M. (1977). **Milho: distribuição da distância entre linhas. Lavoura arrozeira**, Porto Alegre, n.299, p. 28-29.
169. Mundstock, C.M. (1999). **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Evnagraf, p. 227.
170. Nadler, A. e Frenkel, H. (1980). **Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method**. Soil Science Society of America Journal, v.44, n.5, p. 1216-1221.
171. Nakagawa, J.; Cavariani, C.; Amaral, W.A.N. e Machado, J.R. (1994). **Produção e qualidade de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) em função da adubação nitrogenada**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.16, n.1, p. 95-101.
172. Nakagawa, J.; Cavariani, C. e Machado, J.R.(1995). **Efeito da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de aveia-preta**. Científica, São Paulo, v.23, n.1, p. 31-43.
173. Negi, S. S.; Singh, B.; Makkar, H. P. S., (1988). **Rumen degradability of nitrogen in typical cultivated grasses and leguminous fodders**. Anim. Feed Sci. Technol., 22 (1-2): p. 79-89.
174. Neto, R.C.A.; Góes, G.B.; Miranda, N.O.; Filho, E.T.D. e Filho, F.S.T.P. (2008). **Adubação verde uma alternativa sustentável para o Brasil**. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável, v.3, n.1: p. 16-20.

175. Novoa, F.V. e Nunez, R. (1974). **Efficiency of five phosphate fertilizer sources in soils with different phosphate fixing capacities.** crop. Agric. Trinidad, 51: p. 235-245.
176. Ntanos, D.A.; Koutroubas, S.D. (2002). **Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions.** Field Crops Research, v.74, p. 93-101.
177. Nuvunga, B. (2006). **Reforma agrária e desenvolvimento rural em Moçambique - situação actual e perspectivas.** Documento apresentado na Conferência da FAO sobre a Reforma Agrária e Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, Brasil, 7-10 de Março, p. 2.
178. Okeleye, K. A. e Okelana, M. A. (1997). **Effect of phosphorus fertilizer on nodulation, growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties.** Indian Journal of Agricultural Sciences, New Dehli, v. 67, p. 10-12.
179. Oliveira, A. M. G. e Dantas, J. L. L. (1995). **Composto Orgânico.** Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMF, p. 12.
180. Ormond, J. G. P. (2006). **Glossário de termos usados em actividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais; Banco nacional de desenvolvimento económico e social (BNDS), 3ª edição,** p. 316.
181. Pauletti, V. (1998). **Plantio directo: Actualização tecnológica.** São Paulo: fundação Cargil.
182. Peixoto, C. M. (2010). **Manejo de milho, Perfislos: ajudam ou prejudicam a produtividade.** Comunicado técnico. Editora: Oggi/Graphik-Prod.Gráf. e Eletr.Ltda
183. Peixoto, C.M. (1996). **Resposta de génotipos de milho à densidade de plantas, em dois níveis de manejo.** Porto Alegre, p. 118. Dissertação (Mestrado em agronomia) programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, universidade Federal do Rio Grande do Sul.
184. Peoples, M.B.; Herridge, D.F. e Ladha, J.K. (1995). **Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production.** Plant and Soil: 174, 1, pag.3-28.

185. Perez-Marin, A. M.; Menezes, R. S. C.; Silva, E. D. e Sampaio, E.V. S. B. (2006). **Efeito da *Gliricídia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistemas agroflorestal no agreste paraibano.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p. 555-564.
186. Pires, J. F. e Junqueira, A. M. R. (2001). **Impacto da adubação orgânica na produtividade e qualidade das hortaliças.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, n. 2, p. 195.
187. Ponsica, E. P.; Escalada, R. G. e Quirol, B. F. (1983). **Effect of animal manure application on the growth and yield of corn.** Annals of Tropical Research, 5 (3/4) : p. 110-116.
188. Portela, J. F. G, (1973). **Ensaio de Profundidade e Oportunidade de Rega, cultura de Trigo,** Universidade de Lourenço Marques, p. 151.
189. Povh, F. P. (2007). **Utilização de sensor ótico activo em culturas de cereais.** p. 86. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
190. Prasad, U. K.; Dadasingh; Sharma, N. N. e Prasad, T. N. (1985). **Effect of soil moisture and nitrogen levels on the grain yield, water requirement, WUE and growth of winter maize.** Indian Journal of Agricultural Sciences, 55(4) : p. 265-268.
191. Primavesi, A. (1989). **Manejo Biológico do Solo: A agricultura em regiões tropicais.** 8 a. ed. São Paulo: Nobel, p. 541.
192. Qian, X.; Shen, Q.; Xu, G.; Wang, J. e Zhou, M. (2004). **Nitrogen form effects on yield and nitrogen uptake of rice crop grown in aerobic soil.** Journal of Plant nutrition, v.27, p. 1071-1076.
193. Quadros, V.; Fernandes, S. B. V. e Uhde, L. T. (2000). **Disponibilização de nitrogênio a partir de esterco bovino.** In: Reunião sul brasileira de ciência do solo. pelotas, RS. Anais. Pelotas, RS: SBCS, 1 CD-ROM.

194. Quin, F. M. (1997). Introduction. In: SING, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIEL, K. E.; Jackai, L. E. N. (Ed.) **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS,. p. 4-15.
195. Raij B. V. 1991. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. Ceres, p. 343.
196. Raij, B. (1981). **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, SP: Potafos: Instituto do Estado de São Paulo.
197. Raij, B. V.; Silva, M. N.; Bataglia, O. C. e Quagio, J. A. (1985). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas-SP: Instituto agrônômico, p. 170. (Boletim, 100).
198. Rambo, L.; Silva, P.R.F.; Bayer, C.; Argenta, G.; Strieder, M.L. e Silva, A.A. (2007). **Teor de nitrato como indicador complementar da disponibilidade de nitrogênio no solo para o milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.731-738.
199. Reina, E.; Afférri, F.S.; Carvalho, E.V.; Dott, M.A. e Peluzio, J.M. (2010). **Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho**. revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável Grupo verde de agricultura alternativa (gvaa) issn 1981-8203. p. 3.
200. Ribeiro, C. M. R. *et al.* (2000). **Projecto de Avaliação Institucional da Universidade Federal de Goiás**. p. 15.
201. Robinson, R.G. (1973). **Elemental composition and response of sunflower and corn**. Agron. J. 65 : p. 318-320.
202. Rocha, G.N.; Gonçalves, J.L.M. e Moura, I.M. (2004). **Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido**. R. Bras. Ci. Solo, 28: p. 623-639.
203. Rodrigues, O.; Marchese, J. A.; Vargas, L.; Velloso, J. A. O.; Rodrigues, R. C. S, (2006). **Efeito da aplicação de herbicida hormonal em estádios diferentes de**

**desenvolvimento de trigo** (*Triticum aestivum* L. cvs. embrapa 16 e br 23), Brasil. p. 11.

204. Rodrigues, O. (2000). **Manejo de trigo: bases ecofisiológicas**. In: CUNHA, G.R.; bacaltchuk, B. (Eds.). Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul. Porto alegre: Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, p. 120-169.
205. Rossi, R.M. e Neves, M. F. (2004). **Estratégias para o trigo no Brasil**. 1a edição, são Paulo: Atlas, p. 224.
206. Roy, S.K. e Gallagher, J.N. (1985). **Production and survival of tillers in relation to plant growth and development**. In: DAY, W. & ATKIN, R.K., eds. Wheat growth and modelling. New York, Plenum Press, p. 59-67.
207. Rumjanek, N. G.; Martins, L. M. V.; Xavier, G. R. e Neves, M. C. P. (2005). **fixação biológica de nitrogênio**. In: Freire Filho, F.R.; Lima, J.A.A.; Ribeiro, V.Q. (Ed.). feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, p. 279-335.
208. Ryle ,G.J. A. *et al.* (1979). **The respiratory costs of nitrogen fixation in soyabean, cowpea, and white clover**. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, v.30, p. 145-153.
209. Sa, T.M. e Israel, D.W. (1991). **Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules**. *Plant Physiology*, v.97, n.4, p. 928-935.
210. Sadur, R.; Shad, K.K. e Abdur, R.A.U.R. (2008). **Organic and inorganic fertilizers increase wheat yield components and biomass under rainfed condition**. *Sarhad J. Agric.* Vol.24, No.1.
211. Sangoi, L.; Berns, A.C.; Almeida, M.L.; Zanin, C.G. e Schweitzer, C. (2007). **Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570.
212. Santos, D. D. (2010). **Atributos físicos do solo e produtividade da soja sob plantas de cobertura**. Cascavel. p. 78.

213. Santos, G.M. (1999). **Produção e qualidade do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica.** Areia:CCA-UFPB. p. 98. (Tese mestrado).
214. Sartori, J. (2003). **Simulação do crescimento e desenvolvimento do trigo através de animações gráficas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência da Computação) Instituto de Ciências Exactas e Geociências - Universidade de Passo Fundo.
215. Schmidt, J.S., Harper, J.E., Hoffman, T.K. & Bent, A.F. (1999). **Regulation of soybean nodulation independent of ethylene signaling.** Plant Physiology Vol. 119 p. 951-959.
216. Seed Co (2010/2011). **Product manual.** The african Seed Campany. p. 29.
217. Seganfredo, M. A. A. (2001). **Aplicação do princípio do balanço de nutrientes, no planejamento do uso de dejectos animais para adubação orgânica.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. (Comunicado técnico, n. 291).
218. Serrat, B. M.; Lima, M. R.; Garcia, C. E. e Fantin, E. R.; Carnieri, I. M. R.S.A. (2012). **Conhecendo o solo-projecto de extensão Universitária solo planta.** Universidade Federal de Paraná. Curitiba. Novembro. p.7
219. Sharaiha, R. K. e Hatyar, B., (1993). **Inter cropping and poultry manure effect on yield of corn, water melon and soybean grown in calcareous soil in the Jordan Valley,** J. of Agron. and Crop Sci., 171 : p. 260-267.
220. Shearer, G.; Kohl, D.H. (1986). **N<sub>2</sub>-fixation in field settings: estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance.** Australian Journal of Plant Physiology, v.13, p. 699-756.
221. Silva, F. N.; Maia, S. S. S. e Oliveira, de M. (2000). **Doses de matéria orgânica na produtividade da cultura da alface em solo eutrófico na região de Mossoró, rn.** **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, Suplemento Julho.
222. Silva, J.; Silva, P.S.L.; Oliveira, M. e Silva, K.M.B. (2004). **Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho.** Horticultura Brasileira, v. 22, n. 2, p. 326-331.

223. Silva, S. A.; Carvalho, F. I. F. de; Nedel, J. L.; Cruz, P. J.; Silva, J. A. G. da; Caetano, V. da R.; Hartwig, I.; Sousa, C. da S. (2005). **Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo**. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.2, p.191-196, 2005.
224. Silva, A. F.; *et al.* (2002). **Efeito da inoculação da soja (Cultivar Tropical) com rizóbios de crescimento rápido e lento em solo ácido submetido à calagem**. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 5, p.1327-1333.
225. Silva, R. J. S. e Vahl, L. C. (2002). **Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada num Neossolo Litólico distrófico da região sul do Rio Grande do Sul**. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 8, p. 129-132.
226. Silva Júnior, A. A. (1986). **Adubação mineral e orgânica em repolho**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 4, n. 2, p. 19-21.
227. Simmons, R. S. (1987). **Growth, development, and physiology**. In: HEYNE, E.G. (Ed.). **Wheat and heat improvement**. Madison: Wisconsin, p.77-113.
228. Simonete, M.A. (2001). **Alterações nas propriedades químicas de um Argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p. 89. (Tese de Doutorado)
229. Singh, B. B. *et al.* (2002). **Recent progress in cowpea breeding**. In: Fatokun, C. a.; Tarawali, S. A.; Singh, B. B.; Kormawa, P. M.; Tamo, M. (Ed.). *Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production*. Ibadan: IITA. p. 22-40.
230. Singh, G. R., Chaure, N. K. e Prihar, S. S. (2001). **Effect of poultry manure and chemical fertilizer on summer sesame**. *Indian Farming*, 51(3) : 13. *Agron.*, 51(1):p. 6-9.
231. Sleper, D. A. e Poehlman, J. M (2006). **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Pub Iowa, p. 424.

232. Soares, A.L.L.; Pereira, J.P.A.R.; Ferreira, P.A.A.; Vale, H.M.M.; Lima, A.S.; Andrade, M.J.B. e Moreira, F.M.S. (2006). **Eficiência agronômica de rizóbios seleccionados e diversidade de população nativas nodulíferas em perdões** (Minas Gerais). Revista Brasileira da Ciência do solo. V.30, nº. 5. Viçosa.
233. Soares Sobrinho, J. (1999). **Efeito de doses de nitrogénio e de lâminas de água sobre as características agrônômicas e industriais em duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Jaboticabal: UNESP, p. 102. Tese (Doutorado em Produção Vegetal).
234. Sogreah (1996). **Programa de Reabilitação do Perímetro Irrigado de Chókwe**, MADER, Maputo.
235. Souza, M. C. M. R. *et al.* (2005). **Avaliação da Fertilidade dos Solos do Planalto da Ibiapaba-Ceará**. XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Julho de 2005, Recife – PE. Anais.
236. Souza, J.C. (2009). Revista **Mundo do Leite divulga matéria sobre esterco de frango**.
237. Souza, J. L. (2001). **Pesquisas em horticultura orgânica – a experiência do INCAPER**. In: Hortibio 1º Congresso Brasileiro de Horticultura Orgânica, Natural, Ecológica e Biodinâmica, 1,2001, [Botucatu]. **Resumos**. Botucatu: Livraria e Editora Agroecológic. p. 96-103.
238. Souza, J. M. P. F.; Leal, M. A. e Araújo M. L. (2002). **Produção de mudas de tomateiro utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio como adubação foliar**. Seropédica - RJ: PESAGRO RIO.
239. Srinivasan, K., (1992). **Effect of amendment and zinc level on the growth and yield of maize**. Indian Journal of Agronomy, 37(2) : p. 246-249.
240. Stefanescu, M. e Dasca, I. (1988). **The effect of application date of organic and chemical fertilizers on wheat and maize**. Probleme de Agrofitechnic Teoreticasi

Applicate, 10 (1): p. 15-24.

241. Stevenson, F. J. (1994). **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: J. Wiley. p. 496.
242. Straliootto, R. e Rumjanek, N. G. (1999). **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais factores que afectam a simbiose**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. p51. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 94).
243. Streck *et al.* (2008). **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre, RS: emater/RSASCAR.
244. Subbarao, K., Klimov, A., Katz, J., Regnery, H., Lim, W., Hall, H., Perdue, M., Swayne, D., Bender, C., Jing, H., Hemphill, M., Rowe, T., Shaw, M., Xu, X., Fukuda, K., e Cox, N. (1998). **Characterization of avian 122 bender et al. influenza A (H5N1) virus isolated from a child with a fatal respiratory illness**. Science 279, p. 393-396.
245. Sushila R. e Gajendra Giri, (2000). **Influence of farmyard manure, nitrogen and biofertilizers**
246. **on growth, yield attributes and yield of wheat (*Triticum aestivum*) under limited water supply**. Indian J. Agron., 45(3): p. 590-595.
247. Taiz, L e Zeiger, E. (2004). **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. p. 719.
248. Teixeira Filho, M. C. M.; Buzetti, S.; Alvarez, R. C. F.; Freitas, J. G.; Arf, O. e Sá, M. E. (2007). **Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogénio em cobertura na região do Cerrado**. Acta Scientiarum Agronomy, v.29, p. 421-425.
249. USDA – United States Department of Agriculture (2012). **World agricultural production**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/>>. Acesso em: 27 dez. 2012.
250. Vargas, M.A.T e Hungria, M. (1997). **Bilogia dos solos dos cerrados**. Embrapa, Planaltina. p. 524.

251. Viola, R. (2011). **Efeito de espécies outonais cultivadas em sucessão ao milho na produtividade do trigo, sob diferentes doses de adubação nitrogenada.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, p. 83.
252. Vidigal, S.M.; Ribeiro, A.C.; Casali, V.W.D.; Fontes, L.E.F. (1995). **Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica I – ensaio de campo (a).** Revista Ceres, Viçosa, v.42, n.239, p. 80-88.
253. Vitosh, M. L., Davis, J.F. e Knezek, B.D. (1973). **Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system.** Journal of Environmental Quality. v. 2, n. 2, p. 296-299.
254. Volk, V.V. e Mclean, E.O. (1961). **The fate of applied phosphorus in four Ohio soil.** Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 27: p. 53-58.
255. Yamada, T.; Abdalla, S. R. S. e VITTI, G. C. (2007). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira;** Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira, p.: il. Piracicaba, SP.
256. Walsh, K.B. (1995). **Physiology of the legume nodule and its response to stress.** Soil Biologic Biochemical, v.27, n.4/5, p. 637- 655.
257. Wang, X.T. e Below, F.E. **Cytokinins in enhanced growth and tillering of wheat induced by mixed nitrogen source.** crop Science, v.36, p. 121-126.
258. Weaver, .Junior., W. D. e Meijerhof, R. (1991). **The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens.** Poult. Sci., v.70, p.746-55.
259. Wendling, A.; Eltz, F.L.F.; Cubilla, M.M.; Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J. e Lovato, T. (2007). **Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio directo no Paraguai.** Revista Brasileira Ciência do Solo, 31: p. 985-994.

260. Wietholter, S. *et al.* (1994). **Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em factores de fertilidade do solo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 713-724.
261. Xavier, G. R.; Martins.: L. M. V.; Ribeiro., J. R. A. e Rumjanek, N. G. (2006). **especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidade.** *Caatinga*, v.19, p. 25-33.
262. Xu, H. S., N. Roberts, F. L. Singleton, R. W. Attwell, D. J. Grimes, and R. R. Colwell. (1982). **Survival and viability of nonculturable *E. coli* and *V. cholerae* in the estuarine and marine environment.** *Microb. Ecol.* 8: p. 313-323.
263. Yoshida, S. (1981). **Fundamentals of rice crop science.** Intl. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines. p. 269.
264. Zagonel, J. e Fernandes, E.C. (2007). **Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afectando cultivares de trigo em duas doses de nitrogénio.** *Planta Daninha*, v. 25, n. 2, p. 331-339.
265. Zagonel, J. *et al.* (2002). **Doses de nitrogénio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afectando o trigo, cultivar OR-1.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 1.
266. Zhang, W. T.; Yang, J. k.; Yuan, T. Y. e Zhou, J. C. (2007). **Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].** *biology and Fertilizer of soils*, v.44, p. 201-210.
267. Zilli, J. E.; Neves, M. C. P. e Rumjanek, N. (1998). **Diversidade genética em um sistema integrado de produção agroecológica** In: fertbio 98, v simpósio brasileiro de Microbiologia do Solo, 5. Caxambu. Resumos.SBCS: Caxambu.
268. Zilli, J.E.; Marson, L.C.; Xavier, G.R. e Rumjanek, N.G. (2006). **Avaliação de estirpes de rizóbio para a cultura do feijão-caupi em Roraima.** Boa Vista, Embrapa Roraima.. (EMBRAPA RORAIMA, Circular Técnica, 01). p. 9.

269. Zotarell, L.; Resende, A.; Hungria, M.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. e Alves, B.J.R. (1998). **O papel da soja para as reservas de N de um latossolo roxo sob plantio directo na região de Londrina, PR.** In: Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 23., 1998, larvas Anais.larvas :UFLA/SBM, p.863.
270. Zotarell, L.; Torres, E.; Hungria, M.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. e Alves, B.J.R. (1999). **Efeitos dos resíduos de colheita da cultura da soja sobre a produtividade de trigo e sobre o balanço de N dos sistema conduzido sob plantio directo.** In: congresso brasileiro de soja, 1., londrina. Anais...Londrina: Embrapa soja, p. 345.

# ANEXOS

Anexo 1: Verificação da normalidade dos dados

56 WSTATISTIC [PRINT=test] ALTF

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: ALTF  
Test statistic W: 0.9068  
Probability: 0.09

57 WSTATISTIC [PRINT=test] ALTP

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: ALTP  
Test statistic W: 0.9454  
Probability: 0.107

58 WSTATISTIC [PRINT=test] GRAO\_PAN

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: GRAO\_PAN  
Test statistic W: 0.5817  
Probability: 0.103

59 WSTATISTIC [PRINT=test] PAN\_m2

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: PAN\_m2  
Test statistic W: 0.9027  
Probability: 0.071

60 WSTATISTIC [PRINT=test] AFIL\_m2

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: AFIL\_m2

Test statistic W: 0.8702

Probability: 0.107

61 WSTATISTIC [PRINT=test] REND\_Kg\_ha

Shapiro-Wilk test for Normality

Data variate: REND\_Kg\_ha

Test statistic W: 0.9664

Probability: 0.406

Anexo 2: Verificação da homogeneidade de variâncias

69 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] ALTF

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_l
T1	4.04	3
T2	2.70	3
T3	100.09	3
T4	159.23	3
T5	23.10	3
T6	35.92	3
T7	4.45	3
T8	26.37	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 18.16 on 7 degrees of freedom: probability 0.110

70 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] ALTP

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_l
T1	33.36	3
T2	4.19	3
T3	13.58	3
T4	70.99	3
T5	12.13	3
T6	45.32	3
T7	0.71	3
T8	35.42	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 13.38 on 7 degrees of freedom: probability 0.063

71 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] GRAO\_PAN

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_1
T1	11.806	3
T2	6.904	3
T3	1.435	3
T4	3.415	3
T5	3.325	3
T6	0.391	3
T7	0.841	3
T8	2.813	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 9.88 on 7 degrees of freedom: probability 0.195

72 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] PAN\_m2

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_1
T1	282.7	3
T2	180.0	3
T3	766.0	3
T4	743.2	3
T5	1163.9	3
T6	328.1	3
T7	2639.4	3
T8	638.0	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 6.97 on 7 degrees of freedom: probability 0.432

73 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] AFIL\_m2

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_l
T1	235.8	3
T2	77.5	3
T3	798.3	3
T4	702.6	3
T5	1332.3	3
T6	296.2	3
T7	3838.5	3
T8	387.5	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 12.73 on 7 degrees of freedom: probability 0.079

74 VHOMOGENEITY [PRINT=test,variance; GROUPS=TRAT] REND\_Kg\_ha

Variances and degrees of freedom

TRAT	Var_	g_l
T1	17925	3
T2	12057	3
T3	277281	3
T4	168107	3
T5	600141	3
T6	76078	3
T7	902921	3
T8	160663	3

Bartlett's test for homogeneity of variances

Chi-square 16.67 on 7 degrees of freedom: probability 0.060

Anexo 3: Análise da correlação entre as variáveis

54 FCORRELATION [PRINT=correlations]

ALTF,ALTP,GRAO\_PAN,PAN\_m2,AFIL\_m2,REND\_Kg\_ha

Correlations

ALTF						
ALTP	0.8679					
GRAO_PAN	0.6248	0.5931				
PAN_m2	0.1951	0.1555	0.2778			
AFIL_m2	0.1800	0.1578	0.2679	0.9659		
REND_Kg_ha	0.4832	0.4485	0.7271	0.8245	0.8426	
	ALTF	ALTP	GRAO_PAN	PAN_m2	AFIL_m2	REND_Kg_ha

Number of observations: 32

Two-sided test of correlations different from zero

probabilities

ALTF						
ALTP	0.0000					
GRAO_PAN	0.0001	0.0003				
PAN_m2	0.2846	0.3954	0.1237			
AFIL_m2	0.3242	0.3883	0.1382	0.0000		
REND_Kg_ha	0.0051	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	ALTF	ALTP	GRAO_PAN	PAN_m2	AFIL_m2	REND_Kg_ha

#### Anexo 4: Análise de variância dos contrastes

##### Anexo 4.1: ANOVA de contraste para a variável altura das plantas até a folha

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	1601.43	228.78	5.14	0.001
Contraste 1	1	1046.02	1046.02	23.51	<.001
Contraste 2	1	27.27	27.27	0.61	0.441
Contraste 3	1	27.95	27.95	0.63	0.436
Contraste 4	1	7.46	7.46	0.17	0.686
Contraste 5	1	86.80	86.80	1.95	0.175
Contraste 6	1	64.94	64.94	1.46	0.239
Contraste 7	1	24.89	24.89	0.56	0.462
Resíduos	24	1067.68	44.49		
Total	31	2669.11			

##### Anexo 4.2: ANOVA de contraste para a variável altura das plantas até a panícula

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	1142.54	163.22	6.05	<.001
Contraste 1	1	619.01	619.01	22.96	<.001
Contraste 2	1	9.12	9.12	0.34	0.566
Contraste 3	1	54.77	54.77	2.03	0.167
Contraste 4	1	0.35	0.35	0.01	0.911
Contraste 5	1	204.44	204.44	7.58	0.011
Contraste 6	1	13.75	13.75	0.51	0.482
Contraste 7	1	5.86	5.86	0.22	0.645
Resíduos	24	647.06	26.96		
Total	31	1789.60			

##### Anexo 4.3: ANOVA de contraste para a variável número de grãos por panícula

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	2071.862	295.980	76.55	<.001
Contraste 1	1	2047.986	2047.986	529.70	<.001
Contraste 2	1	3.953	3.953	1.02	0.322
Contraste 3	1	0.025	0.025	0.01	0.936
Contraste 4	1	6.294	6.294	1.63	0.214
Contraste 5	1	9.399	9.399	2.43	0.132
Contraste 6	1	0.002	0.002	0.00	0.980
Contraste 7	1	3.699	3.699	0.96	0.338
Resíduos	24	92.791	3.866		
Total	31	2164.653			

Anexo 4.4: ANOVA de contraste para a variável rendimento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	13261081.	1894440.	6.84	<.001
Contraste 1	1	9292857.	9292857.	33.56	<.001
Contraste 2	1	640938.	640938.	2.31	0.141
Contraste 3	1	887387.	887387.	3.20	0.086
Contraste 4	1	115987.	115987.	0.42	0.524
Contraste 5	1	465079.	465079.	1.68	0.207
Contraste 6	1	647790.	647790.	2.34	0.139
Contraste 7	1	23299.	23299.	0.08	0.774
Resíduos	24	6645519.	276897.		
Total	31	19906600.			

Anexo 4.5: ANOVA de contraste para a variável matéria seca total

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	4.56205	0.65172	9.43	<.001
Contraste 1	1	1.83606	1.83606	26.57	<.001
Contraste 2	1	0.33840	0.33840	4.90	0.037
Contraste 3	1	0.01344	0.01344	0.19	0.663
Contraste 4	1	0.47740	0.47740	6.91	0.015
Contraste 5	1	0.10267	0.10267	1.49	0.235
Contraste 6	1	1.24215	1.24215	17.98	<.001
Contraste 7	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
Resíduos	24	1.65850	0.06910		
Total	31	6.22055			

Anexo 4.6: ANOVA dos Contrastes do teor de nitrogénio nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	7.645E-01	1.092E-01	1.542E+05	<.001
Contraste 1	1	6.696E-02	6.696E-02	94532.07	<.001
Contraste 2	1	3.151E-01	3.151E-01	4.448E+05	<.001
Contraste 3	1	1.951E-03	1.951E-03	2753.90	<.001
Contraste 4	1	3.564E-01	3.564E-01	5.031E+05	<.001
Contraste 5	1	5.088E-03	5.088E-03	7183.69	<.001
Contraste 6	1	2.445E-01	2.445E-01	3.452E+05	<.001
Contraste 7	1	0.000E+00	0.000E+00	0.00	1.000
Resíduos	16	1.133E-05	7.083E-07		
Total	23	7.646E-01			

Anexo 4.7: ANOVA de Contraste de P nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	4.381E+04	6.259E+03	2.923E+08	<.001
Contraste 1	1	2.507E+04	2.507E+04	1.171E+09	<.001
Contraste 2	1	6.094E+02	6.094E+02	2.845E+07	<.001
Contraste 3	1	3.414E+03	3.414E+03	1.594E+08	<.001
Contraste 4	1	1.152E+04	1.152E+04	5.380E+08	<.001
Contraste 5	1	0.000E+00	0.000E+00	0.00	1.000
Contraste 6	1	2.401E+03	2.401E+03	1.121E+08	<.001
Contraste 7	1	7.999E+02	7.999E+02	3.735E+07	<.001
Resíduos	16	3.427E-04	2.142E-05		
Total	23	4.381E+04			

Anexo 4.8: ANOVA de Contraste de K nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
Tratamento	7	4.278E+01	6.111E+00	1.103E+06	<.001
Contraste 1	1	8.620E-01	8.620E-01	1.556E+05	<.001
Contraste 2	1	1.819E-01	1.819E-01	32818.29	<.001
Contraste 3	1	1.962E+01	1.962E+01	3.540E+06	<.001
Contraste 4	1	5.408E+00	5.408E+00	9.760E+05	<.001
Contraste 5	1	1.157E+01	1.157E+01	2.088E+06	<.001
Contraste 6	1	5.134E+00	5.134E+00	9.264E+05	<.001
Contraste 7	1	2.817E-05	2.817E-05	5.08	0.039
Resíduos	16	8.867E-05	5.542E-06		
Total	23	4.278E+01			

Anexo 4.9: ANOVA de Contraste de Ca nos grãos

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F pr.
Tratamento	7	1.768E+02	2.525E+01	7.576E+07	<.001
Contraste 1	1	2.057E+00	2.057E+00	6.170E+06	<.001
Contraste 2	1	7.780E+01	7.780E+01	2.334E+08	<.001
Contraste 3	1	6.866E+01	6.866E+01	2.060E+08	<.001
Contraste 4	1	6.939E+00	6.939E+00	2.082E+07	<.001
Contraste 5	1	3.993E-02	3.993E-02	1.198E+05	<.001
Contraste 6	1	8.194E+01	8.194E+01	2.458E+08	<.001
Contraste 7	1	1.535E+01	1.535E+01	4.606E+07	<.001
Resíduos	16	5.333E-06	3.333E-07		
Total	23	1.768E+02			

Anexo 4.10: ANOVA de Contraste de Mg nos grãos

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	F pr.
Tratamento	7	3.648E+02	5.212E+01	9.622E+07	<.001
Contraste 1	1	7.816E+01	7.816E+01	1.443E+08	<.001
Contraste 2	1	3.030E+01	3.030E+01	5.593E+07	<.001
Contraste 3	1	7.949E+01	7.949E+01	1.467E+08	<.001
Contraste 4	1	3.745E+01	3.745E+01	6.913E+07	<.001
Contraste 5	1	6.561E+01	6.561E+01	1.211E+08	<.001
Contraste 6	1	7.934E+01	7.934E+01	1.465E+08	<.001
Contraste 7	1	1.734E+01	1.734E+01	3.202E+07	<.001
Resíduos	16	8.667E-06	5.417E-07		
Total	23	3.648E+02			

## Anexo 5: Regressão linear múltipla

### Anexo 5.1: Estatística de Regressão

Estatística de Regressão	
R Múltipla	0.996
R Quadrado	0.992
R Quadrado Ajustado	0.989
Erro Padrão	81.130
Observações	32

### Anexo 5.2: Significância das variáveis na formação do rendimento

	Coeficientes	Erro Padrão	Stat t	valor P	95% Inferior	95% superior
Intersecção	-3665.99	323.84	-11.32	0.00	-4334.35	-2997.62
AFIL/m <sup>2</sup>	16.90	1.81	9.35	0.00	13.17	20.64
ALTF	-3.64	3.97	-0.92	0.37	-11.845	4.55
ALTP	1.63	4.34	0.38	0.71	-7.32	10.57
PAN/m <sup>2</sup>	-0.46	1.89	-0.241	0.81	-4.36	3.45
GRAO/PAN	43.13	2.59	16.67	0.00	37.79	48.47
Peso de 1000 MATS	46.91	10.16	4.616	0.00	25.93	67.89
(Kg/m <sup>2</sup> )	67.67	53.24	1.27	0.22	-42.22	177.55

## Anexo 6: Resultados da análise do teor de N, P, K, Ca e Mg nos grãos

Tratamento	REP	N [%]	P [mg/Kg]	K [meq/100g]	Ca [meq/100g]	Mg [meq/100g]
T1	1	1.820	452.810	15.000	9.800	4.800
T1	2	1.822	452.811	15.001	9.801	4.801
T1	3	1.820	452.810	15.001	9.801	4.801
T2	1	1.820	537.340	14.200	11.400	8.800
T2	2	1.820	537.338	14.200	11.399	8.800
T2	3	1.821	537.339	14.199	11.399	8.799
T3	1	2.310	583.530	15.200	12.800	6.400
T3	2	2.311	583.529	15.200	12.801	6.401
T3	3	2.311	583.528	15.199	12.801	6.401
T4	1	1.960	491.150	15.400	11.000	14.400
T4	2	1.961	491.130	15.400	11.000	14.401
T4	3	1.962	491.150	15.398	11.001	14.401
T5	1	2.030	560.430	16.800	6.200	15.200
T5	2	2.031	560.428	16.801	6.200	15.199
T5	3	2.030	560.429	16.799	6.199	15.199
T6	1	1.680	560.430	14.200	15.400	13.200
T6	2	1.681	560.431	14.199	15.401	13.202
T6	3	1.680	560.430	14.200	15.401	13.199
T7	1	2.100	583.530	14.800	10.600	8.600
T7	2	2.099	583.529	14.800	10.600	8.602
T7	3	2.101	583.528	14.799	10.599	8.602
T8	1	2.030	537.340	12.600	7.400	5.200
T8	2	2.031	537.330	12.599	7.400	5.202
T8	3	2.029	537.340	12.600	7.401	5.201

Anexo 7: Resultados da análise do teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas

Tratamento	REP	N [%]	P [mg/Kg]	K [meq/100g]	Ca [meq/100g]	Mg [meq/100g]
1	1	0.644	356.11	4.90	3.01	7.42
1	2	0.643	356.10	4.89	3.01	7.43
1	3	0.644	356.12	4.90	3.02	7.42
2	1	0.698	401.27	6.80	4.22	8.97
2	2	0.699	401.26	6.79	4.22	8.96
2	3	0.699	401.27	6.79	4.23	8.97
3	1	0.769	436.41	2.98	7.45	9.75
3	2	0.768	436.40	2.99	7.44	9.74
3	3	0.769	436.40	2.99	7.45	9.74
4	1	0.741	409.20	8.12	5.21	8.35
4	2	0.742	409.21	8.12	5.20	8.34
4	3	0.741	409.20	8.11	5.21	8.35
5	1	0.842	479.89	7.11	5.63	7.81
5	2	0.843	479.88	7.10	5.63	7.81
5	3	0.842	479.88	7.12	5.62	7.80
6	1	0.872	400.61	6.01	2.01	8.69
6	2	0.873	400.61	6.00	2.00	8.69
6	3	0.871	400.62	6.00	2.00	8.68
7	1	0.931	468.13	6.61	7.05	8.09
7	2	0.932	468.12	6.61	7.05	8.09
7	3	0.931	468.11	6.60	7.06	8.08
8	1	0.998	478.92	5.07	8.09	7.90
8	2	0.998	478.91	5.07	8.09	7.89
8	3	0.999	478.92	5.06	8.10	7.90

Semanas antes ou depois do transplante	Operações	Unidade	Quant.	Custo Unitário (Mt)	Custo/ha
-4	Lavoura 1	H/M	4.3	2000.00	3655
-3	Lavoura 2	H/M	3.6	2000.00	3060
-2	Gradagem 1	H/M	1.1	2000.00	935
-1	Adubação de fundo	Jornas/ha	5	90.00	450
-1	Gradagem 2	H/M	1.3	2000.00	1105
-1	Armação do terreno	H/M	2	850	1700
0	Rega 1	Jornas/ha	2.5	90	225
0	Sementeira 18*18cm	Jornas/ha	20	90	1800
0	Rega 2	Jornas/ha	2.5	90	225
1	Rega 3	Jornas/ha	2.5	90	225
2	Rega 4	Jornas/ha	2.5	90	225
3	Sacha 1 e Rega 5	Jornas/ha	22.5	90	2025
3	Pulverização 1	Jornas/ha	5	90	450
4	Rega 6 e Pulverização 2	Jornas/ha	7.5	90	675
5	Pulverização 3	Jornas/ha	5	90	450
5	Amontoa e sacha 2	Jornas/ha	30	90	2700
5	Adubação de cobertura	Jornas/ha	1.3	90	117
5	Rega 7	Jornas/ha	2.5	90	225
6	Rega 8 Pulverização 4	Jornas/ha	7.5	90	675
7	Amontoa e sacha 3	Jornas/ha	30	90	2700
7	Rega 9 e Pulverização 5	Jornas/ha	7.5	90	675
8	Rega 10 Pulverização 6	Jornas/ha	7.5	90	675
9	Rega 11 Pulverização 7	Jornas/ha	7.5	90	675
9	Controlo de pássaros	Jornas/ha	60	90	5400
11	Rega 12 Pulverização 8	Jornas/ha	7.5	90	675
13	Rega 13 Pulverização 9	Jornas/ha	7.5	90	675
17	Colheita	Jornas/ha	60	90	4800
17	Transporte	H/M	1	800	800
				Subtotal	38000

Custo dos insumos de produção

Insumo	Unidade	Quantidade/ha	Custo unitário (Mt)	Custo Mt/ha
Semente de trigo	Kg	100	26.50	2650.00
Cipermetrina	L	1	350	350.00
			<b>Subtotal</b>	<b>3000.00</b>

Anexo 9: Layout do ensaio

