



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA COMPOSIÇÃO  
QUÍMICA E PRODUÇÃO DO MILHETO (*PENNISETUM  
GLAUCUM*) NO  
SEMI-ÁRIDO**

**WLADEMIR NICOLAU SOBRINHO**

**Patos/PB  
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA COMPOSIÇÃO  
QUÍMICA E PRODUÇÃO DO MILHETO (*PENNISETUM  
GLAUCUM*) NO  
SEMI-ÁRIDO**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Campina Grande, como parte  
das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, área de concen-  
tração Sistemas Agrossilvipastoris no  
Semi-árido, para obtenção do título de  
Mestre.**

**Wlademir Nicolau Sobrinho**

**Orientador: Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto**

**Patos/PB**

**2007**

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO  
CAMPUS DE PATOS - UFCG

N639a

2007

Nicolau Sobrinho, Wlademir

Adubação orgânica e mineral na composição química e produção do milheto (*Pennisetum glaucum*) no Semi-Árido. / Wlademir Nicolau Sobrinho. – Patos: CSTR/UFCG, 2007.

49 p.

Inclui bibliografia.

Orientador: Rivaldo Vital dos Santos.

Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1 – Forragem – Milheto. I – Título.

CDU: 633.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

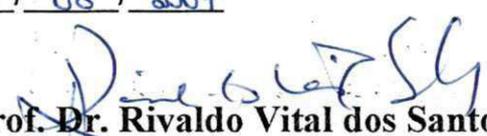
TÍTULO: ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA COMPOSIÇÃO  
QUÍMICA E PRODUÇÃO DO MILHETO (*Pennisetum glaucum*) NO  
SEMI-ÁRIDO.

AUTOR: Wlademir Nicolau Sobrinho

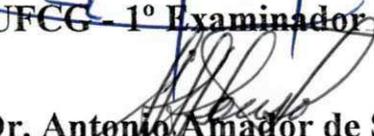
ORIENTADOR: Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

APROVADA em... 24 / 08 / 2007

  
Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos  
UFCCG - Orientador

  
Prof. Dr. José Romilson Paes de Miranda  
UFCCG - 1º Examinador

  
Prof. Dr. Antonio Amador de Sousa  
UFCCG - 2º Examinador

Patos/PB

2007

  
Aderbal Marcos de Azevedo Silva  
Coordenador PPGZ / UFCCG / CSTR  
Mat.: 334974-8

UFCCG/BIBLIOTECA

**Patos/PB**  
**2007**

**AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, que pela força e luz do Divino Espírito Santo deu-me forças para a realização deste objetivo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na pessoa do Professor Dr. Aderbal Marcos de Azevedo Silva, pela oportunidade, credibilidade e apoio moral; eternamente grato.

Ao Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos, pela orientação, paciência, capacidade e ensinamentos.

Ao Professor Dr. Jacob Silva Souto, responsável pela minha permanência, pelo apoio e ensinamentos como co-orientador.

Ao Professor Dr. Antônio Amador de Sousa, pela sua disponibilidade, apoio e colaboração.

Ao Professor Dr. Juarez Benigno Paes, pela sincera amizade.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Ana Célia Rodrigues de Athayde, pela compreensão e grande coração.

Ao Professor Carlos Roberto de Lima, pelo apoio.

Ao Professor Dr. José Romilson Paes de Miranda, pela atenção, contribuição e sugestões.

Aos funcionários da UFCG/ Patos - PB, em especial José Aminthas Farias Júnior, Maria José de Medeiros Moraes, Alexandre José Moraes e Otávio Sá dos Santos (laboratório).

À aluna da graduação Osilene da Nóbrega Pereira, pela ajuda em campo.

Ao prestador de serviços Damião Amaro Filho, pelo companheirismo.

Aos funcionários da Fazenda Nupeárido / UFCG / Patos – PB, pela colaboração, atenção e cuidados para com a área do experimento e da minha pessoa.

Ao Dr. José Nildo Tabosa da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), pela atenção e presteza.

Ao amigo Engenheiro Agrônomo Minúcio Monteiro Filho (IPA/PE), por ter cedido as sementes de milheto.

Ao meu cunhado Edilberto Brandão de Lucena e ao meu filho Ícaro Tadeu Brandão Nicolau, pela ajuda em campo.

A Werlaneide Araújo da Silva, pela presteza de seus conhecimentos e trabalhos em meu favor.

À minha turma da Pós-Graduação: Denise Aline, Aloísio Monteiro, Flamário Araújo, Giovana Nóbrega, Silvio Moreira, José Carlos, Séfora Gil, Adailton Pereira, José Pereira, Francisco Chagas, Guilherme Sobral; pela dedicação, apoio e companheirismo; jamais os esquecerei obrigado pelos incentivos, que Deus ilumine seus caminhos.

## **DEDICO**

Ao meu Deus,

A minha esposa Edvânia de Lucena Brandão Nicolau,

Aos meus filhos Izabel Carolina, Cariza Nalian e Ícaro Tadeu,

Às minhas netas Jamila e Elouiza,

Ao meu genro Faroque Hussain.

Nem toda aparência externa representa um todo.

A análise superficial nem sempre revela todo o conteúdo.

Nem tudo que parece velho ou ocioso é improdutivo.

Na sua profundidade dará subsídios para quem nele lançar suas sementes, não se deixando enganar pelas aparências.

Os frutos virão conforme o potencial do seu trabalho.

Wladimir.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIACOES.....	xi
RESUMO.....	xii/xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÕES DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos botânicos e descrição da planta.....	3
2.2 Mecanismos de adaptação à seca.....	4
2.3 Nutrição mineral de milho.....	5
2.4 Adubação mineral no milho.....	7
2.5 Utilização de fontes orgânicas no milho.....	11
2.6 Bromatologia do milho.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização do experimento.....	15
3.2 Preparo da área e caracterização do solo.....	15
3.3 Cultivo e incorporação da leguminosa.....	16
3.4 Tratamentos.....	16
3.5 Semeadura e desbaste.....	17
3.6 Condução do experimento.....	17
3.7 Colheita.....	17
3.8 Delineamento experimental.....	18
3.9 Variáveis estudadas.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Variáveis de produção.....	20
4.2 Macronutrientes na parte aérea.....	24
4.2.1 Teores.....	24
4.2.2 Acúmulo de nutrientes.....	28

4.3 Micronutrientes na parte aérea.....	32
4.3.1 Teores.....	32
4.3.2 Acúmulo de nutrientes.....	36
4.4 Análise bromatológica.....	39
5 Conclusões.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42 a 47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias mensais dos índices pluviométricos.....	15
Tabela 2 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental.....	16
Tabela 3 – Caracterização dos esterços utilizados nos tratamentos.....	16
Tabela 4 – Teores de nutrientes do material vegetal seco da leguminosa.....	17
Tabela 5 – Esquema de análise de variância utilizada no experimento.....	18
Tabela 6 – Altura, comprimento do entrenó e diâmetro do colmo.....	21
Tabela 7 – Número de perfilhos, número de panículas e número de folhas.....	21
Tabela 8 – Massa verde, massa seca, massa da panícula fresca e massa da panícula seca.....	22
Tabela 9 – Massa de mil sementes, massa da semente seca, massa do sabugo e massa da cariopse mais hilo.....	23
Tabela 10 – Determinação do material mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.....	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do milho nos tratamentos.....	26
Figura 02 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	28
Figura 03 - Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do milho nos tratamentos.....	30
Figura 04 - Acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	32
Figura 05 - Teores de boro, ferro e cobre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	34
Figura 06 - Teores de manganês e zinco na parte aérea do milho nos tratamentos..	35
Figura 07 - Acúmulo de boro, ferro e cobre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	37
Figura 08 - Acúmulo de manganês e zinco na parte aérea do milho nos tratamentos.....	38

## LISTA DE ABREVIACÕES

01. Tratamentos.....	TRAT
1.1 Testemunha.....	TEST
1.2 Leguminosa.....	LEG
1.3 Nitrogênio, Fósforo e Potássio.....	NPK
1.4 Esterco Bovino.....	EB
1.5 Esterco Caprino.....	EC
02. Material Mineral.....	MM
03. Proteína Bruta.....	PB
04. Fibra em Detergente Neutro.....	FDN
05. Fibra em Detergente Ácido.....	FDA
06. Comprimento do Entrenó.....	CE
07. Diâmetro do Colmo.....	DC
08. Massa Verde.....	MV
09. Massa Seca.....	MS
10. Massa da Panícula Fresca.....	MPF
11. Massa da Panícula Seca.....	MPS
12. Massa de Mil Sementes.....	MMS
13. Massa da Semente Seca.....	MSS
14. Massa Seca do Sabugo.....	MSSAB
15. Massa da Cariopse + Hilo.....	M (C+H)
16. Número de Perfilhos.....	N.Perfilhos
17. Número de Panículas.....	N.Panículas
18. Número de Folhas.....	N.Folhas

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Médias mensais dos índices pluviométricos.....	15
Tabela 2 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental.....	16
Tabela 3 – Caracterização dos esterco utilizados nos tratamentos.....	16
Tabela 4 – Teores de nutrientes do material vegetal seco da leguminosa.....	17
Tabela 5 – Esquema de análise de variância utilizada no experimento.....	18
Tabela 6 – Altura, comprimento do entrenó e diâmetro do colmo.....	21
Tabela 7 – Número de perfilhos, número de panículas e número de folhas.....	21
Tabela 8 – Massa verde, massa seca, massa da panícula fresca e massa da panícula seca.....	22
Tabela 9 – Massa de mil sementes, massa da semente seca, massa do sabugo e massa da cariopse mais hilo.....	23
Tabela 10 – Determinação do material mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.....	40

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do milho nos tratamentos.....	26
Figura 2 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	28
Figura 3 - Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do milho nos tratamentos.....	30
Figura 4 - Acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do milho nos tratamentos.....	32
Figura 5 - Teores de boro, ferro e cobre na parte aérea do milho nos tratamentos...	34
Figura 6 - Teores de manganês e zinco na parte aérea do milho nos tratamentos.....	35
Figura 7 - Acúmulo de boro, ferro e cobre na parte aérea do milho nos tratamentos	37
Figura 8 - Acúmulo de manganês e zinco na parte aérea do milho nos tratamentos.	38

## LISTA DE ABREVIACÕES

01. Tratamentos.....	TRAT
1.1 Testemunha.....	TEST
1.2 Leguminosa.....	LEG
1.3 Nitrogênio, Fósforo e Potássio.....	NPK
1.4 Esterco Bovino.....	EB
1.5 Esterco Caprino.....	EC
02. Material Mineral.....	MM
03. Proteína Bruta.....	PB
04. Fibra em Detergente Neutro.....	FDN
05. Fibra em Detergente Ácido.....	FDA
06. Comprimento do Entrenó.....	CE
07. Diâmetro do Colmo.....	DC
08. Massa Verde.....	MV
09. Massa Seca.....	MS
10. Massa da Panícula Fresca.....	MPF
11. Massa da Panícula Seca.....	MPS
12. Massa de Mil Sementes.....	MMS
13. Massa da Semente Seca.....	MSS
14. Massa Seca do Sabugo.....	MSSAB
15. Massa da Cariopse + Hilo.....	M (C+H)
16. Número de Perfilhos.....	N.Perfilhos
17. Número de Panículas.....	N.Panículas
18. Número de Folhas.....	N.Folhas

NICOLAU, Wladimir Sobrinho. **Adubação orgânica e mineral na composição química e produção do milheto (*Pennisetum glaucum*) no semi-árido**. Patos, PB: UFCG, 2007. 49p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido)

### Resumo

Devido à alta resistência à seca e adaptação a solos de baixa fertilidade, rápido crescimento e boa produção de massa e de grãos, o milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma alternativa agrícola promissora para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro. Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação orgânica e mineral na produção do milheto, foi realizado um experimento em um solo Luvisolo Crômico, na fazenda experimental “NUPEARIDO”, domínio da UFCG / CSTR / PB. Após a capina da área experimental, as parcelas de 13,44 e 8,00m<sup>2</sup> de área total e útil, respectivamente, foram demarcadas. Em seguida procedeu-se em quatro parcelas a semeadura do feijão macassar, leguminosa usada como adubação verde, a qual foi incorporada ao solo 45 dias após a germinação. Os tratamentos consistiram de testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino ou esterco caprino, com 4 repetições totalizando 20 parcelas. O esterco caprino e bovino foi aplicado no solo na dosagem de 3,4 kg.m<sup>-2</sup>, a leguminosa 12,5 kg.parcela<sup>-1</sup> de massa verde e a fonte mineral utilizada na adubação foi o sulfato de amônio, superfosfato simples e o cloreto de potássio nas dosagens de 25,2; 22,2 e 3,3 g.m<sup>-2</sup>. A semeadura do milheto obedeceu ao espaçamento de 0,8m x 0,4m por parcela. A coleta de dados de altura, comprimento de entrenó, diâmetro do colmo, número de perfilhos e número de folhas ocorreram 35 dias após a germinação. 60 dias após a germinação se efetuou o corte do milheto para coleta de dados adicionais de número de panículas, massa verde, massa seca, massa da panícula fresca e seca, massa de mil sementes, massa de sementes secas, massa seca do sabugo e massa da cariopse mais hilo. Realizou-se ainda análise da composição química e bromatológica da parte aérea do milheto. Os resultados demonstraram que os esterco caprino e bovino aplicados no solo aumentaram a altura, comprimento do entrenó, diâmetro do colmo, número de perfilhos, número de panículas, massa verde, massa seca, massa de panícula fresca e seca, massa de mil sementes, massa de sementes secas, massa seca do sabugo e massa da cariopse mais hilo. Os teores de N na parte aérea da planta foram maiores na testemunha, os de P foram maiores com aplicação de esterco, os de K, Ca e Mg praticamente não diferiram e os de S exibiram superioridade com a aplicação de NPK e esterco. Os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn não apresentaram diferenças. O acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn presentes na forragem foram maiores com a aplicação de esterco, com significância para Mn e Zn. A análise bromatológica revelou diferenças significativas para a variável proteína bruta e fibra em detergente neutro, não ocorrendo diferenças para a variável fibra em detergente ácido e material mineral. Conclui-se que o milheto apresentou alta produtividade nas condições Semi-áridas do Estado da Paraíba.

Palavras-chave: forragem, esterco, adubo verde, NPK.

NICOLAU, Wladimir Sobrinho. **Effects of organic and chemical fertilization on *Pennisetum glaucum* composition and production in a semi-arid region.** Patos, PB: UFCG, 2007. 49p. (Dissertation – Animal husbandry M.Sc. Program – Agrossilvipastoral Systems in the Semiarid)

### Abstract

Due to its high drought resistance and adaptation to low fertility soils, fast growth, and good biomass and seed production, pearl millet (*Pennisetum glaucum*) is a promising agricultural alternative of the Brazilian Northeast semiarid region. With the objective to evaluate the effects of organic and mineral fertilization on pearl millet composition and production, an experiment was carried out in a Cromic Luvisol, on the UFCG/CSTR/PB experimental station “NUPEARIDO”. The plots (total plot area = 13.44m<sup>2</sup>, and net plot area = 8m<sup>2</sup>) were demarcated after weeding the experimental site. Then, macassar bean was sown in four experimental plots and incorporated in the soil as green manure 45 days later. The treatments consisted in control (no fertilization), NPK (25.2g.m<sup>-2</sup> of ammonium sulphate, 22.2g.m<sup>-2</sup> of simple superphosphate, 3.3g.m<sup>-2</sup> of potassium chloride) or green (12.5 kg.m<sup>-2</sup> of fresh macassar bean plant biomass), cattle (3.4kg.m<sup>-2</sup>) or goat (3.4kg.m<sup>-2</sup>) manure incorporated in the soil, with four replications totaling 20 plots in the whole experiment. Plant spacing (0.8mx0.4m) was similar in all plots. Data on plant height, internode length, stem diameter, and tiller and leaf number were collected at day 35 after germination. At day 60, millet plants were cut and data on fresh and dry biomass, number of panicles, fresh and dry panicle biomass, and 1000-seed, dry seed, dry cob, and dry caryopsis plus hilum biomass were collected. Also, chemical and bromatological analyses were carried out in samples collected from the millet aboveground biomass. The results showed that bovine and goat manure applied on the soil increased plant height, internode length, stem diameter, tiller and panicle number, fresh and dry aboveground biomass, fresh and dry panicle biomass, 1000-seed and seed biomass, dry cob and caryopses plus hilum biomass. Nitrogen content in millet aboveground biomass was higher in control plants, P content was higher in cattle and goat manure treated plants, and S content was positively affected by NPK and cattle and goat manure. Potassium, Ca and Mg contents in millet plants were practically not affected by treatments, especially B, Cu, Fe, Mn and Zn contents. Forage N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu and Fe accumulation tended to increase with cattle or goat manure application. Cattle or goat manure increased significantly Mn and Zn levels in forage. Bromatological analyses showed significant differences in crude protein and neutral detergent fiber contents, while no significant differences were observed in acid detergent fiber and ash contents. It is concluded that millet presented a high productivity in the semiarid region of Paraíba.

Keywords: forage, manure, green manure, NPK.

## 1 INTRODUÇÃO

O milheto é utilizado para a produção de grãos como cultura de subsistência para a alimentação humana e o resíduo destinado à alimentação animal. As maiores produções do grão de milheto encontram-se nos trópicos semi-árido da África 14 milhões de hectares e no subcontinente indiano 10 milhões de hectares (PAYNE, 2000).

No Brasil é utilizada em sistema de plantio direto (SPD) em sucessão à cultura da soja e/ou do milho com planta de cobertura do solo ou para forragem, prática conhecida por “safrinha”.

Adaptou-se bem ao cerrado e ao semi-árido brasileiro por ser tolerante ao clima quente de regiões com precipitações entre 150 a 600 mm anuais, vegeta bem em solos arenosos, pobres e ácidos. É uma planta cespitosa, não invasora, de 1 a 5 metros de altura (o cultivar IPA - BULK – 1BF têm em média 2,50 m de altura), sistema radicular vigoroso podendo penetrar 3,50 m de profundidade apesar de que 80% das raízes estarem nos primeiros 10 cm da superfície do solo.

Exigente em nitrogênio, fósforo e principalmente potássio conferindo precocidade como forrageira e ciclo curto até o estágio de maturidade.

Vários estudos foram realizados objetivando identificar a adubação mineral exigida pela cultura do milheto. Pereira et al (2003) recomendam a aplicação de 20 a 30 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura, juntamente com o fósforo e o potássio se necessários, quando o milheto for utilizado como planta de cobertura do solo em sucessão a uma gramínea. Quando cultivado em sucessão a uma leguminosa, pode-se dispensar a adubação nitrogenada. Quando o milheto for utilizado como forragem (pastejo ou silagem), além da aplicação de nitrogênio na semeadura recomenda-se a aplicação de 60 a 80 kg.ha<sup>-1</sup> em cobertura no início do perfilhamento.

Pesquisas realizadas com o consórcio do milheto e leguminosas demonstraram ser viáveis esta prática considerando-se os diferentes resultados obtidos devido às condições edafoclimáticas e manejo adotado.

A adubação orgânica com esterco traz benefícios imediatos à cultura pela sua rápida decomposição, corrigindo o pH do solo, fornecendo nutrientes, melhorando o teor de umidade e reduzindo a compactação e erosão do solo. De disponibilidade relativa, sua qualidade varia de acordo com o tipo de animal e seu regime de alimentação.

Quanto ao teor e qualidade da proteína bruta, as análises demonstraram ser o milheto semelhante ao sorgo e superior ao milho e o seu teor de energia metabolizável é semelhantes

aos demais grãos energéticos com vantagem de não possuir agentes antinutricionais. Considerando a fase de desenvolvimento entre o emborrachamento e o estágio de grão leitoso, evidencia-se elevado teor de proteína bruta na matéria seca, atingindo valores de 18 – 20%. Nestas circunstâncias, os níveis de produtividade ficaram em torno de 6-8 t/há de matéria seca ao final do ciclo da cultura (TABOSA et al., 1998a).

Devido ao baixo custo de implantação, precocidade da cultura e à boa qualidade do grão de milho, este tem sido utilizado pela indústria de ração de animais como bovinos, suínos e aves.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de adubação orgânica e da mineral na produção do milho forrageiro sob condições de semi-árido.

## 2 REVISÕES DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS E DESCRIÇÃO DA PLANTA

O milheto pérola [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] pertencente à seção Paniceae da família Poaceae, tem um grande potencial por causa de sua adaptabilidade aos limites extremos da agricultura. O total de 21.392 ascensões do germoplasma incluindo 750 ascensões das espécies selvagens dos gêneros *Pennisetum* e *Cenchrus*, oriundos de 50 países é conservado no banco de genes do ICRISAT (INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS). Muitos dos parentes selvagens evoluíram sobrevivendo à seca, inundações, calor e frio extremos; e no processo de adaptação e desenvolvimento tornaram-se resistentes às pragas e doenças, que causam perdas às colheitas (<http://www.icrisat.org/PearlMillet/Tax...>).

A família Poaceae, anteriormente Gramineae, é a maior entre todas as famílias do reino das plantas, e consiste em mais de 8000 espécies que pertencem a aproximadamente 60 gêneros (BOR, 1960). O gênero *Pennisetum* inclui aproximadamente 140 espécies que são distribuídas nos trópicos e nos subtropicais. O *Pennisetum* conhecido genérico foi derivado de duas palavras em Latim – *Penna* e *Seta*, isto é, significando cerdas plúmeo da pena.

Linnaeus, em 1753, colocou originalmente variedades do milheto pérola em duas espécies separadas (*Pennisetum glaucum* e *Pennisetum americanum*) do gênero Panicum. A sua classificação obedece a seguinte seqüência: Reino – Plantas; Subreino – Planta vascular; Superdivisão – Plantas de sementes; Divisão – Plantas florescentes; Classe – Monocotiledônea; Subclasse – Commelinidae; Ordem – Cierperales; Família – Gramínea; Gênero – Fonte de forragem; Espécie – *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. ([www.icrisat.org/PearlMillet/Taxonomy/pmillet.htm-1k](http://www.icrisat.org/PearlMillet/Taxonomy/pmillet.htm-1k)).

A variedade de milheto forrageiro IPA-BULK-1-BF, originário do composto IPA-BULK-1, foi obtido através de seleção dentre 400 progênies. Compreende materiais precoces, rústicos e adaptados às condições do semi-árido. Apresenta porte de até 250 cm com produção de matéria seca por corte de ordem de 6-8 t/ha. Pode ser colhido entre os estádios de emborrachamento a grão leitoso, quando o teor de proteína bruta poderá chegar a 18-20%. Atualmente é o material recomendado para Pernambuco e áreas similares (TABOSA et al., 1998 a).

Como antecedentes, o IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária) desenvolveu trabalhos de introdução desta cultura, avaliando em Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de cerca de 700 acessos de origem africana (Nigéria, Sudão, Uganda etc.) e do International Crops Research Institute for the Semi-Árid Tropics (ICRISAT – Índia). Foram conduzidos ensaios internacionais, competições para grãos e para forragem. No momento, estão sendo realizados estudos de obtenção de progênies de meio-irmãos no Composto IPA-BULK-1-BF, WC-C75 e ICMS 7703 com vistas à qualidade e produção de forragem para feno (TABOSA et al., 1998a).

Segundo Mendes (1986) o milheto é uma gramínea anual, de crescimento inicial lento, mas depois de certo estágio desenvolve-se rapidamente, formando colmos robustos, que chegam a medir 2 m de altura. A região do colmo imediatamente abaixo da inflorescência apresenta-se densamente vilosa. O sistema radicular é muito volumoso, porém aproximadamente 80% das raízes encontram-se nos primeiros 10 cm de profundidade. As folhas que chegam a atingir 1 m de comprimento por 5 cm de largura, possuem limbos planos de bases cordadas. A inflorescência é uma panícula terminal, cilíndrica, densa, de 5 a 50 cm de comprimento por 2 a 10 cm de diâmetro, de coloração parda com manchas escuras. As espiguetas (em número de duas por fascículo) são obovadas, curto-pediceladas e de 3,5 a 4,5 mm de comprimento. O florescimento é iniciado aos 50 dias de idade, e o ciclo da planta situa-se entre 70 e 90 dias (do plantio à maturidade fisiológica). Os grãos apresentam, na maturidade, tamanho e coloração variada.

## 2.2 MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO À SECA

Segundo Pimentel (1998), em regiões áridas, o *Sorghum bicolor* e o *Pennisetum glaucum*, por sua maior eficiência fotossintética, são mais indicados do que o milho. O *Pennisetum glaucum*, tem como principal mecanismo de adaptação à seca o escape, instalando-se rapidamente no terreno e encurtando o seu ciclo.

A variação na sensibilidade dos vegetais ao déficit hídrico ocorre devido a diferentes mecanismos de adaptação à seca, e em diferentes intensidades. De uma forma geral a adaptação a um estresse ambiental tem um custo energético para a planta, em detrimento da produtividade (HSIAO, 1973; 1990) citado por Pimentel (1998). Muitas vezes as plantas mais tolerantes têm menor produtividade do que as sensíveis (PIMENTEL et al., 1995). Os mecanismos de adaptação à seca são classificados em três tipos, segundo Subbarao et al. (1995) citado por Pimentel (1998): 1) os de escape, como o encurtamento do ciclo, perda de folhas, mudança de ângulo de folhas, enrolamento de folhas e xeromorfismo; 2) os de

evitamento, como controle da abertura estomática, enraizamento profundo e o metabolismo CAM; 3) o de tolerância, propriamente dita como ajustamento osmótico e tolerância membranas (devido à sua composição, principalmente do tipo de fosfolípidios, essa pode ser menos sensível ao ataque de enzimas induzidas pelo estresse)

### 2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DO MILHETO

Para que ocorra a absorção de nutrientes pelas plantas, estes devem estar na solução do solo e serem transportados até à superfície da raiz ou se encontrarem na rota de crescimento das raízes. Diferentes mecanismos, como fluxo de massa, difusão e interceptação radicular, são responsáveis pelo contato íons – raiz. De acordo com Barber (1984) a difusão é causada pelo movimento ao acaso dos íons em direção à raiz, de acordo com o gradiente de concentração gerado na superfície radicular pelo processo de absorção. Segundo esse autor, a interceptação radicular é considerada muito baixa no suprimento de potássio. Ruiz et al. (1999) recomendam que o mecanismo de interceptação radicular deva ser desconsiderado, pois não há a possibilidade de trocas diretas entre as partículas de solo e as raízes das plantas, havendo necessidade de um meio líquido.

O teor disponível de nutriente em determinada condição depende além das formas químicas em que o mesmo se encontra no solo, da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento e, ainda, de condições climáticas e da disponibilidade dos outros nutrientes. Teores adequados de K e P, especialmente o de K, aumentam a eficiência das plantas em utilizar altas doses de N e transformá-lo em proteína (LOPES & GUILHERME, 1989).

Alguns nutrientes como o fósforo e o potássio, apresentam efeitos que extrapolam um cultivo, no caso de culturas anuais. Já o nitrogênio (N), raramente deixa efeitos residuais diretos em anos seguintes. O nitrogênio pode ser absorvido principalmente na forma de  $\text{NO}_3^-$  que é uma forma livre não adsorvida ao solo, praticamente acompanha a água que entra na planta, daí porque o fluxo de massa é responsável pelo atendimento quase que total das necessidades da cultura.

O nitrogênio é o fator que mais limita a produção de forragem em ecossistemas de pastagens do mundo. Dentro de certos limites, ao ser adicionado ao solo provoca aumentos no rendimento de matéria seca e teor de proteína bruta (PB) na cultura do milheto (HART & BURTON, 1965). Alagarswamy e Bidinger (1987) verificaram que as diferenças na habilidade dos genótipos em utilizar nitrogênio não estiveram relacionadas à acumulação de

nitrogênio. Pelo contrário, um aumento em taxas do fertilizante nitrogenado diminui a eficiência do uso de nitrogênio desde que o aumento da porcentagem na biomassa for menor do que o aumento da porcentagem na acumulação de nitrogênio. van Duivembooden e Cissé (1993) não encontraram diferença na maturidade em concentrações de N, P e K na forragem e no grão do cv. Souna III entre o controle e os tratamentos com adubação orgânica (esterco) e/ou produto químico. Payne et al. (1995) examinando o crescimento do milho pérola e acumulações do nutriente sob níveis variados da água do solo e da disponibilidade de fósforo (P), encontraram que concentração de N e P nas hastes das folhas aumentou com o estresse hídrico. Quando o nível de P foi aumentado de 0 a 56 g.m<sup>2</sup>, a concentração de P aumentou e a de N diminuiu. Maman et al. (2000) observaram que as três variedades de milho pérola ‘Heini Kirei’, ‘Zatib’ e ‘3/4HK’ tiveram pouco efeito nos parâmetros de nutrição da planta em N e P, e que o nível de manejo aumentou a acumulação de N e P aumentando a produção de matéria seca. Os rendimentos mais elevados do milho pérola removem mais N e P, assim a aplicação do fertilizante nitrogenado e fosfatado é um componente do rendimento crescente de grãos.

O milho é cultivado em épocas com deficiência hídrica, o que pode afetar a absorção de potássio. Em anos secos, a resposta à aplicação de potássio é maior, indicando estreita correlação entre o conteúdo de água no solo, a difusão de potássio e a absorção do nutriente pelas plantas (GRIMME, 1990). A maior parte do K absorvido pelo milho normalmente entra em contato com a raiz por difusão (COSTA et al., 1998) e é observada maior resposta ao nutriente em épocas de baixa disponibilidade hídrica (GRIMME, 1990). Tanto a disponibilidade hídrica (BARBER, 1984) como a disponibilidade de K pode influir na morfologia radicular e no balanço entre os processos de contato K – raiz (ROSOLEM et al., 2001). Hallmark & Barber (1981) relataram que o aumento na área superficial da raiz de acordo com a menor disponibilidade de potássio pode ser um mecanismo de compensação da planta em solos mais pobres. Raízes mais finas apresentam geometria mais favorável para a absorção de nutrientes cujo principal mecanismo de transporte é a difusão (BARBER, 1984). Assim, raízes mais grossas, embora com superfície maior, favoreceriam o transporte por fluxo de massa.

O fluxo de massa está associado ao gradiente de potencial hídrico provocado pela absorção de água pelas plantas. Sendo assim, por meio da concentração de íon na solução do solo e da taxa de transpiração da planta quantifica-se a proporção transportada por esse mecanismo. A importância relativa do fluxo de massa no suprimento de nutrientes depende da capacidade do solo em fornecê-los, além da demanda pela planta, sendo caracterizado

pelas diferenças na transpiração, morfologia de raiz e taxa de absorção de potássio, as quais variam com a espécie, idade da planta, atividade da raiz e teor de água do solo. Geralmente, a difusão é o mecanismo dominante do transporte de potássio até às raízes das plantas. O cátion  $K^+$  não é metabolizado na planta e forma ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade. É o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais e a sua maior contribuição no metabolismo das plantas estão relacionados com o controle do potencial osmótico das células e dos tecidos (MARSCHNER, 1995).

Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais. Este nutriente tem alta mobilidade na planta, em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, seja, ainda, no xilema e no floema. O potássio está relacionado ao metabolismo e formação de carboidratos, à quebra e translocação de amido, atuando sobre o metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteína, controle e regulação de vários nutrientes, ativador de enzimas, promotor do crescimento de tecidos meristemáticos e ajuste da relação entre o movimento estomatal e a água (MALAVOLTA, 1989).

#### 2.4 ADUBAÇÃO MINERAL NO MILHETO

A aplicação do fertilizante nitrogenado aumentou a produção de grãos e a concentração de N em partes da planta (caules e folhas). Geraldo et al. (2003) avaliaram os parâmetros genéticos relativos à absorção e uso de nitrogênio em famílias de meios irmãos de milho, bem como suas correlações com a produção de grãos e de massa; em um Planossolo cujas análises químicas na camada de 0-20 cm, revelaram: pH em água de 5,6;  $1,4 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Ca,  $0,7 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Mg;  $12 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de P e  $70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de K. Concluíram que o teor de N nos grãos correlacionou-se também com a produção de palha e grãos, indicando não haver uma forte competição pela remobilização do N, pois as plantas que mais produziram foram também as que mais acumularam N nos grãos. Os dados obtidos não indicam vantagem no uso de seleção indireta pelos caracteres medidos, já que esses não apresentaram correlações genéticas significativas. Maman et al. (1999) observaram que a totalidade dos híbridos de milho pérola teve acumulação de matéria seca e nitrogênio semelhante comparando a produção de dois anos 1995 e 1996. Concluíram que este estudo forneceu informações básicas do desenvolvimento de híbridos de milho pérola anão (59022A x 89-0083, 1011<sup>a</sup> x 086R e 1361M x 6RM) e doses de N (0 e  $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) nas grandes planícies próximas a Mead, NE-EUA em um solo típico Argiudoll com aproximadamente  $29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de

matéria orgânica,  $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ NO}_3^- \text{ N}$ , e pH de 6,0. Maman et al. (2000) determinaram a concentração de nitrogênio (N) e a acumulação de fósforo (P) pelo milho pérola em Níger (Continente Africano), afetado pelo nível da variedade e do manejo, e fornece dados básicos de nitrogênio (N) e da concentração de fósforo (P) nas partes da planta de milho pérola. O experimento foi conduzido em um solo de textura arenosa, matéria orgânica de aproximadamente 0,2% e pH de 5,4. Concluíram que as interações do nível de manejo da variedade não ocorreram para concentrações de N e P, acumulação de N e P e acumulação total do N. Embora as variedades diferissem na altura e na maturidade de planta, a variedade teve pouco efeito nos parâmetros medidos, indicando que as variedades estudadas respondiam similarmente à aplicação do fertilizante.

Geraldo et al. (2002) avaliaram a fenologia e a produção de massa seca de parte aérea, na floração, de quatro cultivares de milho pérola, três africanas (Souna III; HKP e Guerguera) e uma brasileira (BRS 1501). O experimento foi conduzido em um solo de transição entre Planossolo e Podzólico Vermelho-amarelo distrófico; a análise química do solo de 0 a 20 cm mostrou: pH em água 5,7;  $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  de Ca;  $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  de Mg;  $31 \mu \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  de K e  $14 \mu \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  de P. No experimento, não foi feita nenhuma adubação ou irrigação, foi instalado em outubro, período das águas, com 40.000 plantas/ha, sem adubação nitrogenada, e as plantas apresentaram altos teores de N em folhas. Isso demonstra que o milho é uma espécie com grande eficiência no uso do nitrogênio (PAYNE, 2000).

França et al. (1987), utilizando soluções completas e com omissões de nutrientes, determinaram a composição mineral do milho. Neste trabalho as concentrações de P, Ca e Mg nas folhas “adjacentes” à panícula, folhas “não adjacentes” às panículas e colmos foram as seguintes: P (0,38; 0,15; 0,58 e 0,14%); Ca (0,52; 0,92; 0,27 e 0,57%) e Mg (0,48; 0,80; 0,35 e 0,79%), respectivamente. Em estudos realizados por França (1987), os teores de K no milho aos 48 dias de idade foram os seguintes: 2,49% nas folhas “adjacentes”, 2,12% nas folhas “não adjacentes”, 1,22% nas panículas e 1,87% nos colmos. É importante salientar que à medida que o milho foi submetido a doses crescentes de Ca, este elemento deprimiu a absorção de N, P, K e micronutrientes (com exceção do boro). Cazetta et al. (2005) estudaram a utilização de algumas espécies vegetais como cobertura vegetal e avaliaram que o milho possibilitou a maior produção de matéria seca  $10673 \text{ kg ha}^{-1}$ , e teores de macronutrientes e de zinco na matéria seca da parte aérea do milho: N ( $26,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), P ( $3,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), K ( $14,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), Ca ( $5,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), Mg ( $3,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), S ( $1,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) e Zn ( $31,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Araújo et al. (2004) realizaram um experimento para avaliar o efeito de doses de nitrogênio e potássio (0-0, 50-40, 100-80 e 150-120 kg.ha<sup>-1</sup>) e diferentes espaçamentos entre linhas (0,50; 0,75; 1,0 e 1,2 m) sobre a produção de grãos de milho pérola, cv ENA1. Nos espaçamentos foram verificadas produções de 707,5; 616,1; 547,5 e 323,5 kg.ha<sup>-1</sup> para 0,50; 0,75; 1,0 e 1,2 m entre linhas respectivamente. Em relação às doses de N e K os rendimentos foram 420, 437, 674 e 662 kg.ha<sup>-1</sup>. A massa verde de panícula foi de 31,6; 34,4; 34,7 e 26,2 g.panícula<sup>-1</sup>; o comprimento de panícula de 46,3; 45,0; 46,3 e 44,6 cm e o número de perfilhos foi 1,9; 2,2; 2,3 e 2,1 nos espaçamentos 0,50; 0,75; 1,00 e 1,20 m, respectivamente. Braz et al. (2004) avaliaram a acumulação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe, nas folhas de três gramíneas milho, mombaça e braquiária em função dos dias após a emergência, em um Latossolo Vermelho distrófico, em Santo Antonio do Goiás-GO. Usaram 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5 – 30 – 15. Dentre as gramíneas avaliadas, a que mais acumulou nutrientes no limbo foliar foi o milho, foi também o que alcançou uma quantidade máxima de acumulação de nutrientes em menor período de tempo. Dentre os macronutrientes, as maiores acumulações ocorreram para o nitrogênio (348 kg.ha<sup>-1</sup>) e o potássio (314 kg.ha<sup>-1</sup>), e as menores para o fósforo (36 kg.ha<sup>-1</sup>); os valores alcançados para Ca e Mg foram 135 kg.ha<sup>-1</sup> e 52 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O ferro foi o micronutriente de maior acumulação (3.797 g.ha<sup>-1</sup>) e o cobre (183 g.ha<sup>-1</sup>) o de menor acumulação intermediado pelo zinco (461 g.ha<sup>-1</sup>) e manganês (634 g.ha<sup>-1</sup>) no limbo foliar das três gramíneas.

Geraldo et al. (2000) estudaram, mediante análise de crescimento, os padrões de quatro cultivares de milho pérola e suas relações com a produção de grãos. Os cultivares utilizados foram duas de origens africanas, produtoras de grãos (HKP e Guerguera), e duas brasileiras utilizadas como forrageiras (IAPAR e BN-2). O solo da área do experimento é um Planossolo distrófico (Haplaquult). Análise química na camada de 0-20 cm indicou: pH em água 5,6; Ca 11 mmolc. dm<sup>-3</sup>; K 0,92 mmolc. dm<sup>-3</sup>; P 4 mg.dm<sup>-3</sup>. Concluíram que as cultivares BN-2 e IAPAR são mais precoces que as cultivares africanas Guerguera e HKP; as cultivares africanas têm maior produção de biomassa, maior taxa de crescimento e maior índice de área foliar que as cultivares brasileiras; as cultivares africanas produziram mais grãos que as cultivares brasileiras, em virtude das maiores massa de mil sementes e comprimento da panícula. Guidelli et al. (2000) avaliaram as características fisiológicas de crescimento, produção de matéria seca e teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade de dois genótipos de milho em duas épocas de semeadura submetidos a quatro doses de N (0; 75; 150 e 225 kg.ha<sup>-1</sup>). Concluíram que durante o estágio vegetativo, a altura do meristema apical e o índice de área foliar apresentaram variações entre

os genótipos estudados. Quando as condições ambientais foram favoráveis, a aplicação fracionada de  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  de nitrogênio contribuiu para se obter maior produção de matéria seca total e o milho cultivar Comum apresentou maior produção de forragem que o genótipo CMS 02. Mesquita e Pinto (2000) estudando o efeito de doses de nitrogênio (0; 60; 120 e  $180 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e métodos de semeadura (a lanço; 0,40; 0,80 e 1,20 m. entre linhas) sobre o rendimento de matéria seca, proteína bruta e composição mineral (P, K, Ca e Mg) em sementes de milho, em um Latossolo roxo argiloso, concluíram que os maiores rendimentos de MS e PB foram obtidos com a aplicação de  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N em espaçamento reduzido de 0,40m.

Heringer e Moojen (2002) estudaram a produção de matéria seca (MS), eficiência de utilização, taxa de recuperação do N, densidade e qualidade de forragem, de pastejo de milho, sob níveis crescentes de N (0; 150; 300; 450 e  $600 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). Foi estudada a densidade de forragem por estrato e total e a distribuição dos componentes: lâmina foliar, colmo + bainha e material morto nos distintos estratos da pastagem (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 e  $> 40$  cm acima do nível do solo). Em um solo Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico; pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de 4,9; 12 mg/L de P; 81 mg/L de K; 8,2  $\text{cmol}_c / \text{L}$  de Ca + Mg trocável. A produção de MS do milho responde por forma quadrática aos níveis de nitrogênio, sendo a máxima resposta obtida quando se usa  $464 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N. A fertilização nitrogenada aumentou os teores de proteína bruta de todas as frações da planta no dossel da pastagem, mas teve pouco efeito sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. Moojen et al. (1999) estudaram os efeitos de três níveis de adubação nitrogenada (0, 150 e  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N) em pastagem de milho, sobre a produção animal. O solo onde foi conduzido o experimento classifica-se como Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico. Foram utilizados novilhos de corte e avaliados os desempenhos animal, o número de animais dia/ha e o ganho de peso vivo por área. Concluíram que há resposta linear do ganho médio diário, do número de animais dia/ha e do ganho de peso vivo por área a doses de nitrogênio. Maiores doses de nitrogênio permitem aumentar a carga animal em pastagem de milho.

Teixeira et al. (2005) determinaram a produção de biomassa e o teor de macronutrientes do milho (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf), em cultivo solteiro e no consórcio com leguminosas, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) e guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.); visando a produção de palha no sistema plantio direto, em um Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000), com as seguintes características na camada arável: pH em água (1: 2,5) 5,2; 11,7  $\text{mg.dm}^{-3}$  de P; 63  $\text{mg.dm}^{-3}$  de K; 1,3  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de Ca; 0,7  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de Mg; 0,3  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de Al. e 2,4  $\text{dag kg}^{-1}$  de MO. Concluíram

que, entre os consórcios, o milho + feijão-de-porco apresentou maior produção de fitomassa. As leguminosas apresentaram maiores teores de N e Ca e o milho maiores teores de K. O feijão-de-porco em consórcio com milho apresentou uma tendência ao maior teor de K.

Santos e Kliemann (2006) avaliaram a eficiência agrônômica de três fosfatos naturais, em cinco solos da região dos cerrados. Construíram-se curvas de respostas padrão (0; 100; 200; 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) com superfosfato triplo (ST), incluindo duas doses (200 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) das fontes de fosfatos alternativos. Usaram o milho (*Pennisetum typhoides*) como planta teste. O ensaio foi realizado em casa de vegetação, com os solos: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho distroférrico e Neossolo Quartzarênico distrófico. Chegaram às seguintes conclusões: os fosfatos estudados apresentaram a seguinte ordem decrescente de eficiência agrônômica: fosfato de Arad > fosfato de Al e Ca > fosfato de Araxá; o método de Mehlich-1 solubiliza os fosfatos naturais apatílicos, superestimando o fósforo disponível nos solos; os métodos de resina e Mehlich-1 são eficientes na extração do fósforo disponível nos solos. Pegoraro et al. (2006) avaliaram o fluxo difusivo e a biodisponibilidade de Zn, Cu Fe e Mn, nas formas catiônicas e aniônicas em dois Latossolos, sob influência de doses de calcário e de resíduos vegetais. Os teores totais determinados foram 23,77; 8,57; 249,27 e 65,97 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente no milho.

## 2.5 UTILIZAÇÃO DE FONTES ORGÂNICAS DE ADUBO NO MILHETO.

A matéria orgânica é considerada fundamental para a manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo. Quando aplicada ao solo, a matéria orgânica provoca mudanças nas suas características aumentando a aeração do solo e retenção de água, é a principal fonte de macro e micronutrientes para plantas. Uma forma eficiente e relativamente barata de se elevar a matéria orgânica dos solos é por meio da adubação verde e da adição de adubos orgânicos.

A facilidade de decomposição desses materiais depende da relação carbono: nitrogênio (C/N). O valor ideal está em torno de 30:1. Quanto menor o valor desta relação, mais fácil será a sua decomposição. Materiais ricos em nitrogênio, tais como os esterco e resíduos de leguminosas são os que possuem menores valores dessa relação, que variam entre 20:1 e 30:1, enquanto nas palhadas esta relação varia de 35:1 até 100:1.

Apesar de ter uma relação C/N maior que o esterco caprino (21,6) e ovino (24,2), o esterco bovino (27,1) foi o que apresentou maior taxa de decomposição (SOUTO et al.,

2005). A maior disponibilidade de N, P, K, Ca e Mg foram encontradas nos esterco incubados a 10,0 cm de profundidade, o que pode ser atribuído às melhores condições de umidade e temperatura, favorecendo a atividade dos microrganismos na decomposição e, conseqüentemente na mineralização do material orgânico (SOUTO, 2002).

O uso de adubos verdes, capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) eficientemente, pode representar contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção, por reduzir a necessidade da aplicação de N sintético (BODDEY et al., 1997).

Na escolha do adubo verde, é preciso estar atento ao fato de as condições pedoclimáticas interferem diferentemente sobre o rendimento das espécies. Esta é uma das razões porque há diferenças entre o comportamento das espécies de adubo verde quando plantadas em diferentes locais. Para uma mesma condição de solo, de baixa fertilidade, por exemplo, o diferencial na produtividade entre duas espécies pode ser devido à maior absorção de nutrientes que estejam em condição menos disponível às plantas. O caso do fósforo é clássico. Algumas espécies, devido à exsudação de determinados ácidos, como o psídico, favorecem a absorção desse nutriente. Nessa condição, o fósforo, que anteriormente não estava numa forma passível de assimilação, passa para uma forma mais disponível e pode ser absorvido pelas plantas. Maior tolerância ao estresse hídrico, às pragas e doenças, agressividade e sensibilidade ao fotoperíodo são outras características que interferem sobre o seu rendimento (ALVARENGA, 2003).

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as da família das leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>, resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2003).

A recuperação do potencial produtivo pode ser obtida com o uso de sistemas de manejo com a utilização de plantas recuperadoras de solo, como leguminosas, que, aumentando o teor de matéria orgânica decorrente do seu rápido crescimento, promovem a recuperação das características físicas, químicas e biológicas do solo (BERTONI et al., 1972; MIYASAKA, 1984).

No semi-árido ocidental da África, o milheto pérola está sendo frequentemente consorciado com o feijão [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. Do consorcio com o feijão foi relatado um aumento do rendimento do grão de milheto pérola de 15 para 103% em Mali (Hulet e Gosseye, 1986).

A adubação verde, a partir do consórcio entre leguminosa e gramínea, pode determinar a combinação de resíduos com características favoráveis, não só à proteção do solo, mas também à nutrição das plantas, pelo aporte de N pelas leguminosas via fixação biológica de nitrogênio (BORTOLINI et al., 2000).

Perin et al. (2004), estudando adubos verdes em cultivo isolado e consorciado, em um cambissolo, verificaram que o milheto contribuiu com 35% da fitomassa quando em consórcio com a crotalária, e também que a cultura do milheto apresentou maiores teores de potássio na parte aérea.

O milheto pode também ser usado como cobertura morta. Rosolen et al. (2006) observaram que a palha do milheto na superfície do solo aumentou a quantidade de K levada até a superfície do solo pela chuva, mas diminuiu a lixiviação do nutriente na coluna do solo.

## 2.6 BROMATOLOGIA DO MILHETO

O milheto apresenta excelente valor nutritivo (até 24% de proteína bruta quando em pastejo), boa palatabilidade e digestibilidade (60% a 78%) em pastejo, sendo atóxica aos animais em qualquer estágio vegetativo. Pode alcançar até 60 toneladas de massa verde e 20 toneladas de matéria seca por hectare, quando cultivado no início da primavera na região Centro-Oeste do Brasil. Quando utilizado sob pastejo, com animais de recria pode proporcionar ganhos de até 600 quilos/hectare de peso vivo, ou 20 arrobas/hectare de carne em 150 dias de pastejo, equivalente a ganhos médios diários de 950 gramas/animal, com 4,2 animais/hectare (EMBRAPA, 2000).

Considerando a fase de desenvolvimento entre o emborrachamento e o estágio de grão leitoso, evidencia-se elevado teor de proteína bruta na matéria seca, atingindo valores de 18-20%. Nestas circunstâncias, os níveis de produtividade ficaram em torno de 6-8 t/ha de matéria seca ao final de 60 dias decorridos do plantio à colheita (TABOSA et al., 1998a).

Scheffer-Basso et al. (2004) relataram que as semeaduras tardias têm como consequência o encurtamento do ciclo produtivo das espécies anuais e, por isso, no caso de forrageiras, encurtam o tempo de utilização. No caso do milheto, observaram que o emborrachamento foi precoce, o que não é desejável em se tratando de plantas que serão cortadas ou pastejadas. Contudo, para o fornecimento de forragem no verão e outono, a semeadura deve ser tardia, o que remete para a necessidade do produtor fazer semeaduras escalonadas, desde outubro até dezembro ou janeiro, para a região do Planalto Médio. Com a maturidade das plantas, houve uma redução gradual da contribuição de folhas na forragem acumulada ao longo do tempo, concomitantemente ao acréscimo de caules e panículas. Ao

final do ciclo da cultura encontrou proporção correspondente a 55,5% da MS total constituída de caules, 31,5% por folhas e 13,0% pelas panículas. Com o aumento da maturidade do milheto, houve um aumento nas concentrações de FDA e FDN, sem haver expressivo diferenças entre caule e folha na FDN e com maiores diferenças na FDA. A FDN representa a fração química da forragem que tem estreita correlação com o consumo, sendo que valores acima de 55 a 60% se correlacionam negativamente com o consumo de massa seca (VAN SOEST, 1994). Portanto, forragens com elevadas concentrações de FDN limitam a ingestão, uma vez que quando a massa fibrosa passa vagarosamente pelo trato digestivo do animal, ela ocupa espaço por mais tempo e limita a taxa de consumo (MORAES & MARASCHIN, 1988).

Guidelli et al. (2000) Constataram ainda que a semeadura em 23/11/94 ou 10/03/95 não afetou a qualidade da forragem dos genótipos de milheto avaliados, quando se consideraram os teores de proteína bruta e de digestibilidade in vitro da matéria seca, porém a produção e distribuição da MS foram melhores por ocasião da semeadura realizada em novembro.

Maia et al. (2000), avaliaram os teores de fibras e minerais de três cultivares de milheto (milheto comum, BN2 e CMS 02) cultivadas em sucessão à cultura do feijão, em um latossolo roxo argiloso, no delineamento de blocos ao acaso em área do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG. As concentrações encontradas foram de 66,85 %; 67,19 % e 68,80 % para FDN e, 40,87 %; 41,01 % e 40,53 % para FDA nas cultivares estudada respectivamente. Os teores (%) obtidos foram: FDN 70,06; 68,82; 64,87 e 66,71; FDA 43,56; 42,27; 39,73 e 37,74 em função de época de semeadura 22/2 – 14/3 – 03/4 – 23/4, respectivamente.

Oliveira et al. (2000) estudaram opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura e pecuária. A análise bromatológica do milheto BN2 aos 55 dias após emergência, reportou as seguintes médias (%) para a planta inteira: PB = 9,8; FDA = 39,5; FDN = 74,3. A composição química da massa seca da parte aérea do milheto apresentou os seguintes valores: PB (11%), N (1,76%), P (0,19%), K (3,35%), Ca (0,82%), Mg (0,36%), Cu (13 mg.kg<sup>-1</sup>) e Zn (24 mg.kg<sup>-1</sup>).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Nupeárido da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos – PB, localizada a 6 km do Campus. A área de estudo mede 480 m<sup>2</sup>, é formada por LUVISSOLOS CRÔMICOS e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude S – 7° 4’ 44,4’’; Longitude W – 37° 16’ 28,5’’; Altitude – 262 m.

O clima da região é do tipo BS (semi-árido) na classificação de Köppen, com temperatura média anual de 32°C. A precipitação média dos quatro anos anteriores (2001-2004) foi de 613,5 milímetros, média obtida a partir dos índices pluviométricos fornecidos pela EMATER, Regional de Patos - PB.

As precipitações médias e o número de dias com incidência de chuva de dezembro de 2005 a junho de 2006, que abrangem o período do experimento, encontra-se na tabela 01.

Em dezembro de 2005, houve chuvas nos dias 05, 06, 07, 08, 09 e 20. Após uma estiagem que se prolongaram até o dia 14 de fevereiro de 2006 as precipitações foram favoráveis ao experimento sendo o último dia de precipitação na região registrado em 22 de junho de 2006.

Tabela 1 – Médias mensais dos índices pluviométricos do período de Dezembro/05 a Junho/06:

MÊS/ANO	DIAS COM CHUVA	PRECIPITAÇÃO (mm)
Dez./05	6	180,1
Jan./06	0	0,0
Fev./06	10	168,8
Mar./06	19	244,2
Abr./06	20	195,6
Mai. /06	10	121,9
Jun./06	02	8,8

#### 3.2 PREPARO DA ÁREA E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.

Foi efetuada uma limpeza da área através de capinas manuais e aração com tração animal, usando arado de aiveca na profundidade de 20 cm. Foram coletadas amostras de solo

para análise física e de fertilidade segundo metodologia descrita em EMBRAPA (1999). Os resultados das análises para caracterização do solo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental.

Prof.....	pH.....	P.....	K.....	Na.....	Ca.....	Mg.....	Al.....	H+Al.....	SB.....	CTC.....	V.....	MO.....	Areia...	Silte...	Argila	
cm	H <sub>2</sub> O	mgdm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					%	g.kg <sup>-1</sup>	-----%-----						
0-20	5,9	1,6	0,23	0,04	1,9	1,3	0,0	1,8	3,47	5,27	66	4,89	86	8	6	

### 3.3 CULTIVO E INCORPORAÇÃO DA LEGUMINOSA

As parcelas correspondentes ao cultivo da leguminosa foram plantadas com antecedência, no espaçamento de 0,5m x 0,5m e, quarenta dias após, no período que antecede a floração, as plantas foram incorporadas ao solo parcialmente. Em seguida, procedeu-se à incorporação dos demais adubos orgânicos e minerais nas respectivas parcelas, para então se efetuar a semeadura do milho variedade “IPA-BULK 1 – BF” (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br).

A massa de material verde vegetal da leguminosa incorporada ao solo das respectivas parcelas foi em média de 12,5 kg.

### 3.4 TRATAMENTOS

Foram avaliadas quatro formas de adubação do solo na cultura do milho (*Pennisetum glaucum*), compreendendo aplicações de esterco bovino, esterco caprino, material vegetal de leguminosa, fertilizante NPK mais testemunha, com 4 repetições.

Foram aplicados 46 kg de esterco bovino e caprino nas respectivas parcelas com base em recomendações do IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (1998) que é de 3,4 kg/m<sup>2</sup> de estrume bovino e/ou caprino. A caracterização do esterco encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização dos esterco utilizados nos tratamentos

Estercos	C	N	P	K	C/N
	----- g.kg <sup>-1</sup> -----				
Caprino	192,52	11,90	2,51	15,66	16
Bovino	195,12	13,13	2,82	11,26	14

A leguminosa utilizada foi o feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), previamente cultivado nas correspondentes parcelas sorteadas, tendo sido picado e incorporado no início da floração. Os teores de N, P e K presentes no material vegetal seco encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Teores de nutrientes do material vegetal seco da leguminosa

N	P	K
----- g.kg <sup>-1</sup> -----		
35,00	3,34	25,48

As fontes utilizadas na adubação NPK foram o sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. O sulfato de amônio foi aplicado no plantio (135g/parcela) e em cobertura (203 g/parcela), 25 dias após o plantio, enquanto que o SS (298,64 g/parcela) e o KCl (44,8 g/parcela) foram aplicados em sua totalidade no plantio.

### 3.5 SEMEADURA E DESBASTE

Trinta dias após a incorporação do material nas parcelas foram semeadas seis sementes de milho por cova e, sete dias após, quando as plantas estavam com três folhas definitivas, procedeu-se ao desbaste deixando três plantas por cova.

O espaçamento utilizado foi de 0,8m entre linhas e 0,4m entre covas. Cada parcela ocupou uma área de 13,88 m<sup>2</sup> com área útil de 8 m<sup>2</sup>.

### 3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Durante a condução do experimento foi observada a necessidade de controle fitossanitário com a aplicação de inseticidas para combater pragas, principalmente lagartas. Foram efetuadas ainda capinas manuais de plantas invasoras. No período da implantação do projeto (06/12/2005) houve precipitação pluviométrica nos dias 05/06/07/08 e 09 de Dezembro de 2005, com 178 mm.; a estiagem estendeu-se até o dia 14/02/2006, quando teve início o período de chuvas e não houve necessidade de irrigação.

### 3.7 COLHEITA

Após a colheita das panículas, o material vegetal verde foi cortado a uma altura de vinte centímetros do solo, do qual se retirou uma amostra padrão por parcela, que foi pesada “in loco” em uma balança eletrônica de precisão e colocadas em uma estufa a 65°C por 72

horas. Após a secagem as amostras padrão do material vegetal seco foram moídas e pesadas. As panículas ficaram expostas ao sol, por três dias consecutivos sob uma lona plástica para redução da umidade seguindo procedimento de Araújo et al. (2004). As panículas foram pesadas para a obtenção da massa seca e retiraram-se as sementes de dentro das cariopses com hilos para a obtenção da massa das sementes, massa dos sabugos e massa da cariopse + hilo. Não houve proteção das panículas contra ataque de pássaros granívoros.

A análise bromatológica foi realizada segundo Silva (1991) e a composição química (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês, cobre e zinco) da parte aérea segundo Malavolta (1989).

### 3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, em que cada bloco continha os cinco tratamentos, correspondendo a cinco parcelas de 13,44m<sup>2</sup> (4,80m x 2,80m) e espaçamento de 1,5m entre parcelas, totalizando 480m<sup>2</sup> de área experimental.

Tabela 5 - Esquema de análise de variância utilizada no experimento:

Fonte de variação	GL
Tratamento	4
Blocos	3
Erro (resíduo)	12
Total	19

Os tratamentos foram: testemunha (TEST), Leguminosa (LEG), fertilizante NPK, esterco bovino (EB) e esterco caprino (EC).

### 3.9 VARIÁVEIS ESTUDADAS

As variáveis analisadas aos 35 dias após a semeadura quando do início da floração, foram alturas de plantas (cm); diâmetro do colmo (mm); comprimento do entrenó (cm); número de perfilhos (unid) e número de folhas (unid). Da área útil de cada parcela, as plantas das extremidades e da porção central foram as utilizadas para estudo das variáveis: altura de plantas (cm), diâmetro do colmo (mm), comprimento do entrenó (cm) e número de perfilhos (un); sendo três plantas por cova, estudaram-se quinze plantas por parcela e trezentas plantas no total de vinte parcelas.

As demais variáveis: massa verde (kg); massa seca (kg); massa da panícula fresca (kg); massa da panícula seca (kg); massa seca do sabugo (kg); massa de mil sementes (kg); massa da semente seca (kg); massa da cariopse + hilo (kg); fibra em detergente ácido (FDA); fibra em detergente neutro (FDN); proteínas; nitrogênio; fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês, cobre e zinco, foram analisadas na fase de maturação por ocasião da colheita.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO

Na tabela 6 encontram-se os resultados de altura, comprimento do entrenó e diâmetro do colmo das plantas de milho nos diferentes tratamentos. Verificou-se que os tratamentos leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino não diferiram entre si quanto à altura das plantas e diâmetro do colmo, mas estes tratamentos foram superiores à testemunha. Quanto ao comprimento do entrenó observou-se que a aplicação de esterco caprino contribuiu para um aumento significativo, não ocorrendo diferenças entre os demais tratamentos. Foi o único tratamento que superou a testemunha nos três parâmetros.

A maior altura, o comprimento do entrenó e o diâmetro do colmo das plantas de milho com a incorporação da leguminosa feijão macassar deveu-se à contribuição do nitrogênio fixado simbioticamente e também dos demais nutrientes oriundos da decomposição da biomassa. Quanto ao efeito dos estercos deveu-se a sua decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio já que o esterco caprino apresenta 11,90; 2,51 e 15,66 g.kg<sup>-1</sup> de NPK e o bovino apresentam 13,13; 2,82 e 11,26 g.kg<sup>-1</sup> de NPK. Relativo ao efeito do tratamento NPK deveu-se provavelmente a sua maior solubilização na solução do solo.

A variável altura da planta apresentada pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino; segundo o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, SNPC (2003) na Tabela de Descritores de Milho, recebe as seguintes classificações: tratamento testemunha código 1 (muito baixo, < 80 cm); tratamentos leguminosa, NPK e esterco bovino código 3 (baixa, 81 a 120 cm) e o tratamento esterco caprino código 5 (média, 121 a 180 cm). Quanto à característica 4. “Colmo: diâmetro”, a significância dos números obtidos define o valor 2 como código, indicando um diâmetro muito pequeno.

Tabela 6. Altura, comprimento do entrenó (CE), diâmetro do colmo (DC) do milho nos tratamentos.

Tratamentos*	Altura	CE	DC
	.....cm.....		
TEST.	36,04 b	1,23 b	0,83 b
LEG.	95,61 ab	7,94 ab	1,20 ab
NPK	111,30 a	7,50 ab	1,40 a
EB	113,61 a	9,22 ab	1,27 a
EC	132,47 a	12,36 a	1,45 a
CV%	33.69	49.07	15.64

Na vertical, médias seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% segundo o teste de Tukey.

\*TEST =testemunha, LEG. =leguminosa, NPK= nitrogênio, fósforo e potássio, EB = esterco bovino, EC=esterco caprino.

Dos resultados obtidos para o número de perfilhos e o número de folhas (Tabela 7), os tratamentos esterco caprino, esterco bovino, NPK e leguminosa, não produziram diferença significativa em relação ao tratamento testemunha. Entretanto para o número de panículas houve diferença significativa entre o tratamento esterco bovino e os tratamentos leguminosa e testemunha e, do tratamento NPK e esterco caprino com o tratamento testemunha. Não houve diferença significativa entre os tratamentos leguminosa, NPK e esterco caprino. O tratamento que produziram maior número de panícula foi esterco bovino e NPK respectivamente. Os tratamentos esterco caprino, NPK e esterco bovino apresentaram número de perfilhos superiores aos demonstrados por Araújo et al. (2004).

Tabela 7. Número de perfilhos, número de panículas, número de folhas do milho nos tratamentos.

Tratamentos	N. de perfilhos	N. de panículas	N. de folhas
	..... Unid. ....		
TEST.	1,1 a	31,5 c	7,0 a
LEG.	2,0 a	69,8 bc	8,0 a
NPK	3,1 a	111,3 ab	7,2 a
EB	2,5 a	124,5 a	7,8 a
EC	3,1 a	106,8 ab	8,0 a
CV%	38.27	27.20	18.45

Na vertical, médias seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% segundo o teste de Tukey.

\*TEST =testemunha, LEG. =leguminosa, NPK= nitrogênio, fósforo e potássio, EB = esterco bovino, EC=esterco caprino.

Na massa verde (Tabela 8) observou-se que houve diferença significativa entre o tratamento esterco bovino e os tratamentos leguminosa e testemunha; entre os tratamentos esterco caprino e NPK com o tratamento testemunha. Não houve diferença significativa entre

os tratamentos leguminosa e testemunha e, entre os tratamentos esterco bovino com os tratamentos esterco caprino e NPK; o mesmo ocorrendo para os tratamentos esterco caprino, NPK e leguminosa. O tratamento esterco bovino apresentou maior volume de biomassa aproximado de 17.000 kg.ha<sup>-1</sup>. A massa seca evidencia que houve diferença significativa entre os tratamentos esterco bovino, esterco caprino nos tratamentos leguminosa e testemunha, idem entre o tratamento NPK e o tratamento testemunha. Não houve diferença significativa entre os tratamentos esterco bovino, esterco caprino e NPK, assim como não houve entre os tratamentos leguminosa e testemunha. A maior quantidade de matéria seca 11.687 kg.ha<sup>-1</sup> foi apresentado pelo tratamento esterco bovino, superior ao reportado por Tabosa et al. (1998a) de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup>. A massa da panícula fresca demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos esterco caprino e testemunha e que os tratamentos esterco caprino, esterco bovino, NPK e leguminosa não diferiram entre si significativamente. O maior volume de massa de panícula fresca 3.710 kg.ha<sup>-1</sup> se deve ao tratamento esterco caprino. A massa da panícula seca apresentou diferença significativa entre os tratamentos: esterco bovino com os tratamentos testemunha e leguminosa; esterco caprino e NPK com o tratamento testemunha; e, não houve diferença significativa entre os tratamentos testemunha e leguminosa, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos esterco bovino, esterco caprino, NPK e leguminosa. Nessa variável, massa de panícula seca, destaca-se com maior valor 1591 kg.ha<sup>-1</sup> o tratamento esterco bovino, seguido do tratamento esterco caprino com 1438 kg.ha<sup>-1</sup>.

Tabela 8. Massa verde (MV), massa seca (MS), massa da panícula fresca (MPF), massa da panícula seca. (MPS) do milho nos tratamentos.

Tratamentos	MV	MS	MPF	MPS
..... Kg. Ha <sup>-1</sup> .....				
TEST.	1997,50 c	1534,50 c	288,45 b	124,70 c
LEG.	7874,37 bc	4553,50 bc	1331,25 ab	670,00 bc
NPK	9933,12 ab	7600,25 ab	2164,37 ab	1141,87 ab
EB	16949,70 a	11687,75 a	2884,37 ab	1591,57 a
EC	14819,37 ab	10463,00 a	3710,00 a	1438,45 ab
CV%	35.08	26.78	58.53	36.89

Na vertical, médias seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% segundo o teste de Tukey.

\*TEST =testemunha, LEG. =leguminosa, NPK= nitrogênio, fósforo e potássio, EB=esterco bovino, EC= esterco caprino.

A tabela 9 demonstra os resultados das variáveis: massa de mil sementes, massa da semente seca, massa seca do sabugo e massa da cariopse mais hilo nos diferentes tratamentos. Na variável massa de mil sementes se observam que não houve diferença

significativa entre os tratamentos esterco caprino, esterco bovino, NPK e leguminosa e, que estes tratamentos diferiram significativamente do tratamento testemunha. A maior quantidade de massa em mil sementes  $19,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  foi apresentada pela leguminosa. Na variável massa da semente seca, os tratamentos esterco caprino e esterco bovino apresentaram valores superiores ao valor do tratamento testemunha, diferindo significativamente deste. Não houve diferença significativa entre os valores demonstrados pelos tratamentos esterco bovino, esterco caprino, NPK e leguminosa, assim como entre os valores resultantes do tratamento NPK e leguminosa do valor demonstrado pelo tratamento testemunha. Os tratamentos esterco bovino e esterco caprino apresentaram maiores valores  $707,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e  $691,57 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de massa da semente seca, similares aos valores demonstrados por Araújo et al. (2004) de  $707,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e  $616,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  nos respectivos espaçamentos de 0,50 e 0,75 m. A variável massa seca do sabugo mostra diferença significativa entre os tratamentos esterco bovino, esterco caprino e NPK em relação ao tratamento testemunha e entre os tratamentos esterco caprino e esterco bovino com o tratamento leguminosa. Não houve diferença significativa entre os tratamentos testemunha e leguminosa e, entre os tratamentos esterco bovino, esterco caprino, NPK e leguminosa. Esta variável apresentou maior valor em massa seca,  $127,50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , com o tratamento esterco bovino. Na variável massa da cariopse mais hilo, houve diferença significativa entre os tratamentos esterco caprino, esterco bovino, NPK e leguminosa do tratamento testemunha e, entre os tratamentos esterco caprino e esterco bovino do tratamento leguminosa. Não houve diferença significativa entre o tratamento leguminosa com o tratamento NPK e, entre os tratamentos esterco caprino, esterco bovino e NPK. O tratamento esterco caprino apresentou maior valor nesta variável de  $756,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Tabela 9. Massa de mil sementes (MMS), massa da semente seca (MSS), massa seca do sabugo (MSSAB), massa da cariopse mais hilo M (C+H) do milho nos tratamentos.

Tratamentos	MMS	MSS	MSSAB	M (C+H)
	.....kg.ha <sup>-1</sup> .....			
TEST.	7,75 b	29,70 b	15,00 c	80,00 c
LEG.	19,75 a	268,75 ab	56,25 bc	345,00 b
NPK	16,75 a	463,75 ab	83,75 ab	594,37 ab
EB	15,75 a	707,82 a	127,50 a	636,25 a
EC	17,25 a	691,57 a	110,62 a	756,25 a
CV%	21.90	57.40	27.99	24.29

Na vertical, médias seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% segundo o teste de Tukey.

\*TEST =testemunha, LEG. =leguminosa, NPK= nitrogênio, fósforo e potássio, EB=esterco bovino, EC=esterco caprino.

## 4.2 MACRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA

### 4.2.1 TEORES

Na Figura 01 encontram-se os teores de nitrogênio (11,25; 4,50; 5,25; 5,00 e 5,25 g.kg<sup>-1</sup>), fósforo (3,25; 1,00; 0,75; 4,50 e 4,75 g.kg<sup>-1</sup>) e potássio (45,25; 49,75; 54,00; 42,50 e 48,00 g.kg<sup>-1</sup>) nos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino respectivamente. A testemunha apresentou maior teor de nitrogênio na parte aérea das plantas, significativamente superior aos demais tratamentos (Figura 1A) pela menor emissão de panículas (Tabela 2) e translocação de nitrogênio para a formação de grãos corroborando com Coldrake e Pearson (1985), relataram que a taxa de crescimento máximo antes da emissão da panícula foi obtido com uma concentração de N total na planta de 15,6 g.kg<sup>-1</sup> durante o desenvolvimento vegetativo e 13 g.kg<sup>-1</sup> após a emissão da panícula. Os teores de nitrogênio (Figura 1A) foram consideravelmente inferiores ao teor de N 26,5 g.kg<sup>-1</sup> reportado por Cazetta et al. (2005) e de N 1,76% demonstrado por Oliveira et al. (2000), avaliados e no presente trabalho a análise do tecido vegetal foi realizado após a maturação dos grãos; provavelmente devido ao fato de que naquele experimento as plantas foram cortadas aos 60 dias após a emergência das plântulas antes do estágio de maturação. Observa-se que os demais tratamentos: leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino não diferiram significativamente entre si pelo maior aporte dos demais nutrientes principalmente fósforo e potássio que aumentam a eficiência das plantas em utilizar o nitrogênio e transformá-lo em proteína o que está de acordo com Lopes & Guilherme, (1989); outra possível explicação da não diferença entre os tratamentos é que o milho é uma espécie com grande eficiência no uso do nitrogênio (PAYNE, 2000).

Em relação aos teores de fósforo (Figura 1B) na parte aérea da planta, a aplicação de esterco caprino e esterco bovino proporcionaram maiores valores que os tratamentos NPK e leguminosa, não houve diferença significativa entre os tratamentos testemunha, NPK e leguminosa. As quantidades de fósforo encontradas na composição dos esterco caprinos 2,51 g.kg<sup>-1</sup> e bovinos 2,82 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 03), embora sejam inferiores as quantidades apresentadas pela leguminosa 3,34 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 04), provavelmente devido a uma rápida decomposição, encontrou-se disponível na solução do solo antes que ocorresse a mineralização dos restos vegetais da leguminosa; o mesmo ocorrendo com o fósforo do solo (tratamento testemunha 1,6 mg.dm<sup>-3</sup> e o tratamento NPK 298,64 g/parcela de P). A matéria orgânica é uma importante fonte de fósforo para as plantas, contendo geralmente de 15 a 80% do fósforo total encontrado no solo (KIEHL, 1985). Os teores de fósforo encontrados na

parte aérea do milho nos tratamentos testemunha  $3,25 \text{ g.kg}^{-1}$ , leguminosa  $1,00 \text{ g.kg}^{-1}$ , NPK  $0,75 \text{ g.kg}^{-1}$ , esterco bovino  $4,50 \text{ g.kg}^{-1}$  e esterco caprino  $4,75 \text{ g.kg}^{-1}$  foram inferiores as concentrações de P (0,38; 0,15; 0,58 e 0,14 %) nas folhas “adjacentes” à panícula, folhas “não adjacentes”, panículas e colmos de milho, reportado por França et al. (1987). Os teores de fósforo (Figura 1B) mediram com o teor de P ( $3,0 \text{ g.kg}^{-1}$ ) demonstrado por Cazetta et al. (2005) e, os tratamentos esterco caprino, esterco bovino e testemunha apresentaram valores superiores ao valor de P (0,19%) encontrado por Oliveira et al. (2000).

Os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e o esterco caprino apresentaram valores de teor de potássio: 45,25; 49,75; 54,00; 42,50 e 48,00  $\text{g.kg}^{-1}$  (Figura 1C) superiores aos valores encontrados por França et al. (1987) de 2,49% nas folhas “adjacentes”, 2,12% nas folhas “não adjacentes”, 1,22% nas panículas e 1,87% nos colmos; ao valor apresentado por Cazetta et al. (2005) de  $14,2 \text{ g.kg}^{-1}$  e, Oliveira et al. (2000) de 3,35%; na parte aérea da planta. Pelo processo de troca de cátions, o potássio está continuamente disponível para o crescimento da planta (LOPES & YAMADA, 1989).

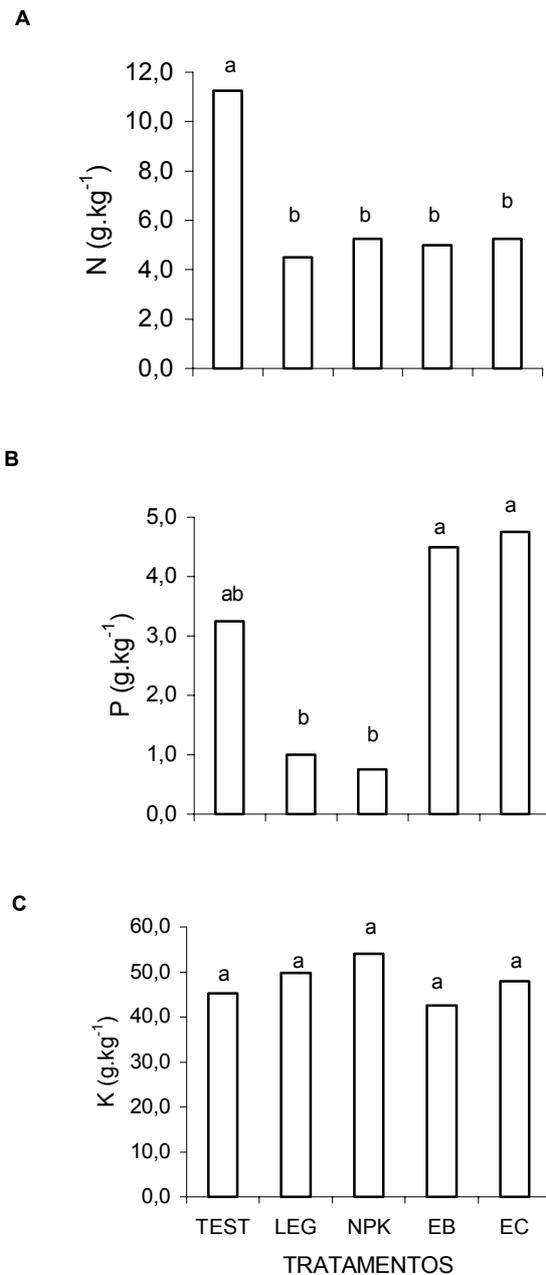


Figura 1. Teores de N (A), P (B) e K (C) na parte aérea do milho.

Na Figura 02 encontram-se os teores de cálcio (17,75; 16,25; 27,00; 22,00 e 22,50 g.kg<sup>-1</sup>), magnésio (20,25; 21,00; 23,00; 22,50 e 23,75 g.kg<sup>-1</sup>) e enxofre (2,50; 1,00; 1,25; 2,25 e 2,25 g.kg<sup>-1</sup>) nos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino respectivamente.

O teor de cálcio (Figura 2A) demonstrou valores aproximados nos teores alcançados pelo tratamento NPK, 27,00 g.kg<sup>-1</sup>, esterco caprino, 22,50 g.kg<sup>-1</sup>, esterco bovino, 22,00 g.kg<sup>-1</sup> e testemunha, 17,75 g.kg<sup>-1</sup>. Apenas o tratamento NPK resultou valor mais alto do que o

tratamento leguminosa  $16,25 \text{ g.kg}^{-1}$  devido ao fato que maior parte do cálcio fornecido às plantas provém dos minerais do solo. A matéria orgânica desde que em quantidade adequada de húmus no solo contribui como fornecedora deste elemento às raízes o mesmo ocorrendo para o magnésio e o potássio (KIEHL, 1985). Os valores apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino foram superiores aos valores encontrados por França et al. (1987) de 0,52; 0,92; 0,27 e 0,57 % e, Oliveira et al. (2000) de 0,82%; na parte aérea do milheto.

Os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino (Figura 2B) não diferiram significativamente entre si, apresentando valores de teor de magnésio (20,25; 21,00; 23,00; 22,50 e  $23,75 \text{ g.kg}^{-1}$ ) na parte aérea da planta, maior que os valores demonstrados por França et al. (1987) de 0,48; 0,80; 0,35 e 0,79 % nas folhas “adjacentes” à panícula, folhas “não adjacentes”, panículas e colmos respectivamente e, Oliveira et al. (2000) de 0,36%. Apesar de o magnésio fornecido às plantas provir em maior parte dos minerais do solo, estes contêm menos magnésio do que cálcio, por ser o magnésio mais solúvel e sujeito à maior lixiviação. É encontrado na solução do solo e está adsorvido às superfícies da argila e da matéria orgânica, podendo ocorrer deficiências mais freqüentes em solos arenosos e/ou ácidos (LOPES & YAMADA, 1989).

Com relação aos teores de enxofre o tratamento testemunha  $2,50 \text{ g.kg}^{-1}$  apresentou valor maior do que o tratamento NPK  $1,25 \text{ g.kg}^{-1}$  e leguminosa  $1,00 \text{ g.kg}^{-1}$ . Os tratamentos esterco bovino  $2,25 \text{ g.kg}^{-1}$  e esterco caprino  $2,25 \text{ g.kg}^{-1}$  apresentaram valores aproximados do tratamento testemunha e do tratamento NPK. O tratamento leguminosa não diferiu numericamente do tratamento NPK, mas apresentou valor inferior de teores de enxofre se comparado aos demais tratamentos (Figura 2C).

Os teores de cálcio (Figura 2A) e magnésio (Figura 2B) foram superiores aos de  $5,9 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $3,5 \text{ g.kg}^{-1}$  enquanto que os teores de enxofre (Figura 2C) mediam com o teor de  $1,6 \text{ g.kg}^{-1}$ , apresentados por Cazetta et al. (2005) respectivamente.

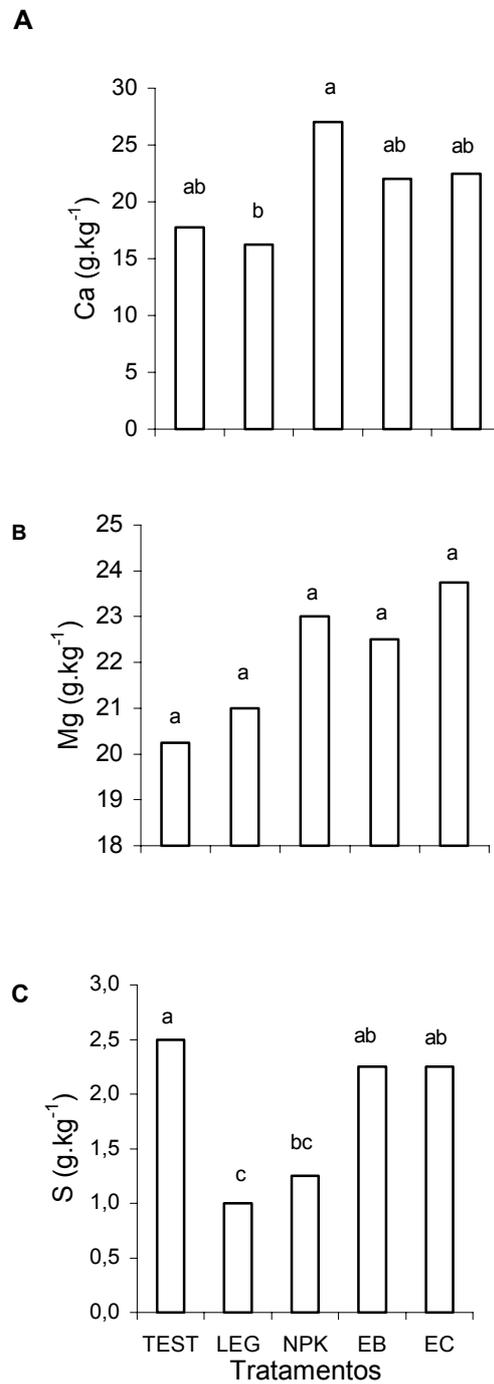


Figura 2. Teores de Ca (A), Mg (B) e S (C) na parte aérea do Milheto

#### 4.2.2 ACÚMULO DE NUTRIENTES

Na figura 03 a quantidade de macronutrientes N (18,1; 20,9; 40,3; 60,3 e 54,1 kg.ha<sup>-1</sup>), P (5,3; 3,4; 4,7; 48,1 e 49,7 kg.ha<sup>-1</sup>), e K (65,9; 225,6; 400,3; 500,3 e 518,4 kg.ha<sup>-1</sup>) na

parte aérea do milho nos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino, respectivamente.

Cazetta et al. (2005) na extração de macronutrientes por área da cobertura vegetal de milho aos sessenta dias após a emergência das plântulas encontrou  $265 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N, superior aos valores apresentados pelos cinco tratamentos;  $32 \text{ kg.ha}^{-1}$  de P, superior aos valores apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa e NPK e inferior aos valores dos tratamentos esterco bovino e esterco caprino;  $156 \text{ kg.ha}^{-1}$  de K, valor superior ao apresentado pelo tratamento testemunha e inferior aos valores dos tratamentos leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino.

Os valores encontrados para a quantidade de nitrogênio nos tratamentos esterco bovino e esterco caprino (Figura 3A) foram maiores que os valores dos tratamentos testemunha e leguminosa diferindo estatisticamente destes. O tratamento NPK apresentou um valor em quantidade de nitrogênio intermediário, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O menor acúmulo de nitrogênio foi para os tratamentos testemunha e leguminosa.

Os valores encontrados para o nutriente fósforo (Figura 3B) nos tratamentos esterco bovino e esterco caprino foram superiores diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos testemunha, leguminosa e NPK por apresentarem os valores mais baixos e aproximados não diferiram estatisticamente entre si.

O potássio (Figura 3C) apresentou valores quantitativos aproximados entre os tratamentos esterco caprino e esterco bovino que embora superiores numericamente, não diferiram significativamente com os tratamentos NPK e leguminosa. O tratamento testemunha apesar da quantidade de potássio ter sido inferior aos demais tratamentos, não diferiu estatisticamente dos tratamentos NPK e leguminosa.

O valor encontrado por Braz et al. (2004) de  $348 \text{ kg.ha}^{-1}$  para N, foi superior que os valores dos tratamentos deste experimento;  $36 \text{ kg.ha}^{-1}$  para P, foi superior ao tratamento testemunha, leguminosa e NPK e, inferior aos valores de esterco bovino e esterco caprino;  $314 \text{ kg.ha}^{-1}$  para K, foi superior aos valores dos tratamentos testemunha e leguminosa inferior os apresentados pelos tratamentos NPK, esterco bovino e esterco caprino, na parte aérea de milho.

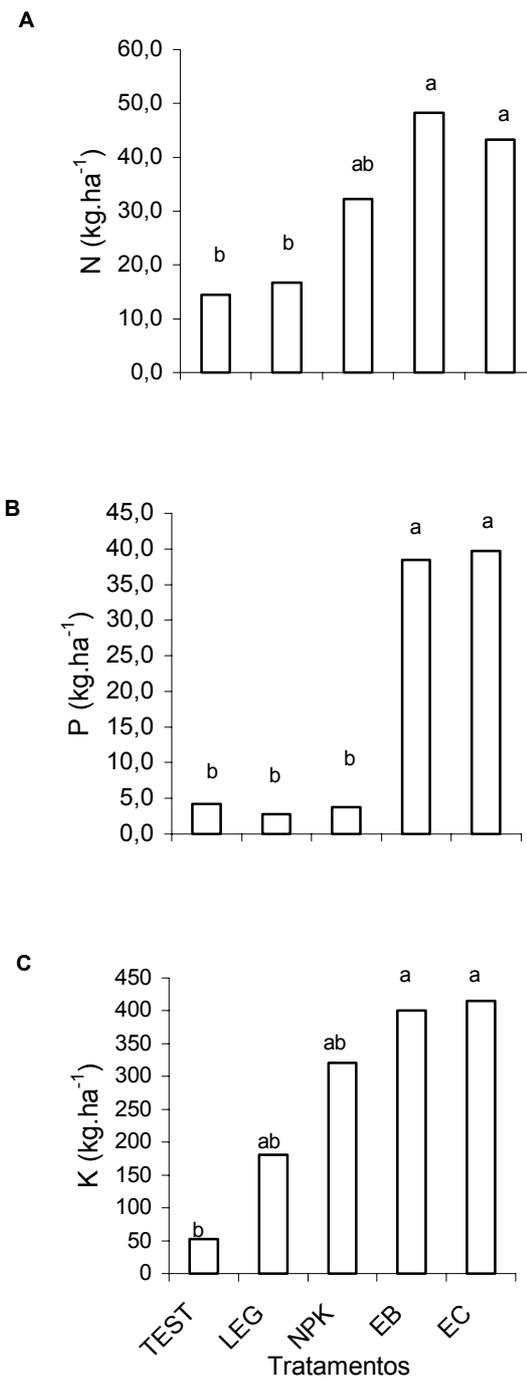


Figura 3. Acúmulo de N (A), P (B) e K (C) na parte aérea do milho.

O nutriente mineral cálcio (Figura 4A) com quantidades aproximadas entre os tratamentos esterco bovino 246,9 kg.ha<sup>-1</sup>, esterco caprino 232,2 kg.ha<sup>-1</sup> e NPK 205 kg.ha<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente dos tratamentos testemunha 26,9 kg.ha<sup>-1</sup> e leguminosa 75 kg.ha<sup>-1</sup> os quais não diferiram entre si com valores mais baixos. A acumulação de cálcio 135 kg.ha<sup>-1</sup> na parte aérea de milho reportada por Braz et al. (2004) foi maior que os valores apresentados pelos tratamentos testemunha e leguminosa e, menores que os valores dos tratamentos NPK, esterco bovino e esterco caprino.

Quanto ao magnésio, o tratamento esterco bovino apresentou quantidade do referido nutriente 260 kg.ha<sup>-1</sup> superior aos tratamentos NPK 174,4 kg.ha<sup>-1</sup>, leguminosa 92,5 kg.ha<sup>-1</sup> e testemunha 31,9 kg.ha<sup>-1</sup> diferindo significativamente destes. O valor alcançado pelo tratamento esterco caprino 244,7 kg.ha<sup>-1</sup> não diferiu significativamente do tratamento esterco bovino e NPK. O tratamento leguminosa intermediou quantitativamente entre os tratamentos NPK e testemunha não ocorrendo diferença entre estes. O tratamento testemunha apresentou a menor quantidade de magnésio não diferindo apenas do tratamento leguminosa (Figura 4B). A quantidade acumulada de Mg na parte aérea de milho pelos tratamentos acima mencionados demonstrou que apenas o tratamento testemunha foi inferior ao valor estimado por Braz et al. (2004) de 52 kg.ha<sup>-1</sup>.

A quantidade do macronutriente enxofre encontrada para os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino na parte aérea do milho foi: 2,8; 5,9; 9,4; 25,3 e 24,4 kg.ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos esterco bovino e esterco caprino por apresentarem quantidades maiores de enxofre diferiram significativamente dos tratamentos NPK, leguminosa e testemunha. Com valores aproximados os tratamentos testemunha, leguminosa e NPK não diferiram entre si estatisticamente (Figura 4C).

A comparação da quantidade de macronutrientes extraída da cobertura vegetal de milho reportada por Cazetta et al. (2005) com os valores supracitados para os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino foram: superior ao tratamento testemunha e inferior aos tratamentos leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino referente ao macronutriente cálcio (63 kg.ha<sup>-1</sup>); o valor obtido de magnésio (37 kg.ha<sup>-1</sup>) foi superior ao tratamento testemunha e inferior aos demais tratamentos e, quanto ao enxofre (17 kg.ha<sup>-1</sup>) foi superior aos valores apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa e NPK e inferior aos valores de esterco bovino e esterco caprino.

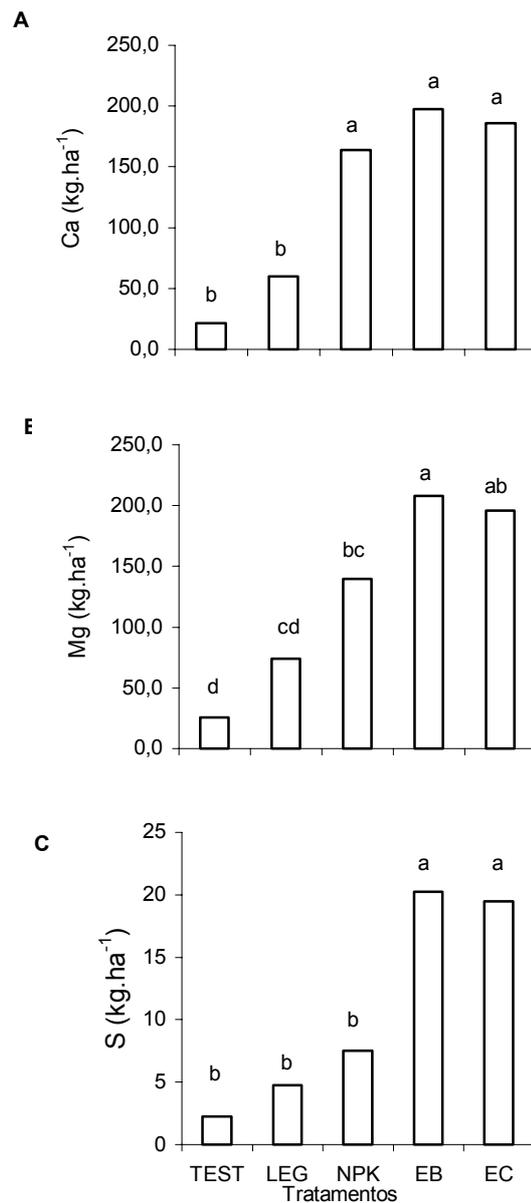


Figura 4. Acúmulo de Ca (A), Mg (B) e S (C) na parte aérea do milheto.

### 4.3 MICRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA

#### 4.3.1 TEORES

Os teores de boro 23; 32; 21,5; 21,7 e 17,4 mg.kg<sup>-1</sup> (Figura 5A) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino.

O tratamento testemunha, leguminosa e esterco bovino (Figura 5B) apresentaram teor do nutriente mineral ferro 120,7; 116 e 120,5 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, maior que o teor apresentado pelos tratamentos NPK 56,8 mg.kg<sup>-1</sup> e esterco caprino 60,5 mg.kg<sup>-1</sup>, mas não

diferiram estatisticamente entre si. Pegoraro et al. (2006) encontraram nos resíduos vegetais do milho, teor de ferro correspondente a 249,27 mg kg<sup>-1</sup>, valor este superior aos apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino.

Em relação aos teores de cobre 4,3; 6,7; 4,6; 3,4 e 3,8 mg.kg<sup>-1</sup> (Figura 5C) apresentado pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino na seqüência, não foi expressivo o bastante para produzir diferença significativa entre os tratamentos.

Os valores apresentados pelos tratamentos (Figura 5A e 5C) foram superiores ao teor de boro (9,9 mg.kg<sup>-1</sup>) e inferior ao teor de cobre (13 mg.kg<sup>-1</sup>) demonstrado por Oliveira et al. (2000) na massa seca da parte aérea do milho.

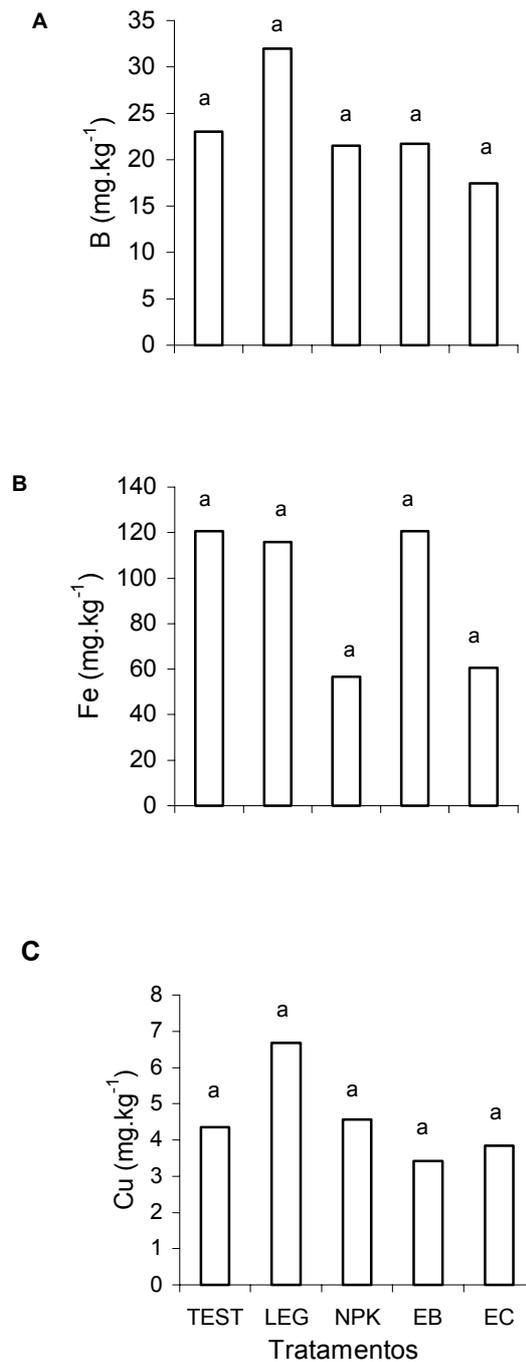


Figura 5. Teores de B (A), Fe (B) e Cu (C) na parte aérea do milho.

A Figura 6 apresenta os teores de manganês (121,8; 153,7; 315,8; 153,3 e 89,4 mg.kg<sup>-1</sup>) e zinco (23,3; 32,3; 22,3; 21,3 e 17,3 mg.kg<sup>-1</sup>) para os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino respectivamente na parte aérea do milho. O tratamento NPK com valor superior aos demais tratamentos de teor de manganês apresentou diferença significativa com os tratamentos testemunha e esterco caprino, não diferindo dos

tratamentos esterco bovino e leguminosa. Portanto, a distinção de valores entre os tratamentos testemunha, leguminosa, esterco bovino e esterco caprino não denotou diferença significativa (Figura 6A). Os valores de teor de manganês apresentados pelos tratamentos foram superiores ao valor reportado por Pegoraro et al. (2006) de 65,97 mg kg<sup>-1</sup>.

Os teores de zinco (Figura 6B) apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino foram 23,3; 32,3; 22,3; 21,3 e 17,3 mg.kg<sup>-1</sup> na mesma seqüência. O tratamento leguminosa apresentou o maior teor do elemento zinco, superior ao reportado por Cazetta et al. (2005) de 31,4 mg.kg<sup>-1</sup>. O tratamento esterco caprino demonstrou o menor teor entre os demais tratamentos, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino. A exceção do tratamento esterco caprino (inferior) e leguminosa (superior) os tratamentos, esterco bovino, NPK e testemunha apresentaram valores intermediários ao valor de 24 mg.kg<sup>-1</sup> de zinco, demonstrado por Oliveira et al. (2000).

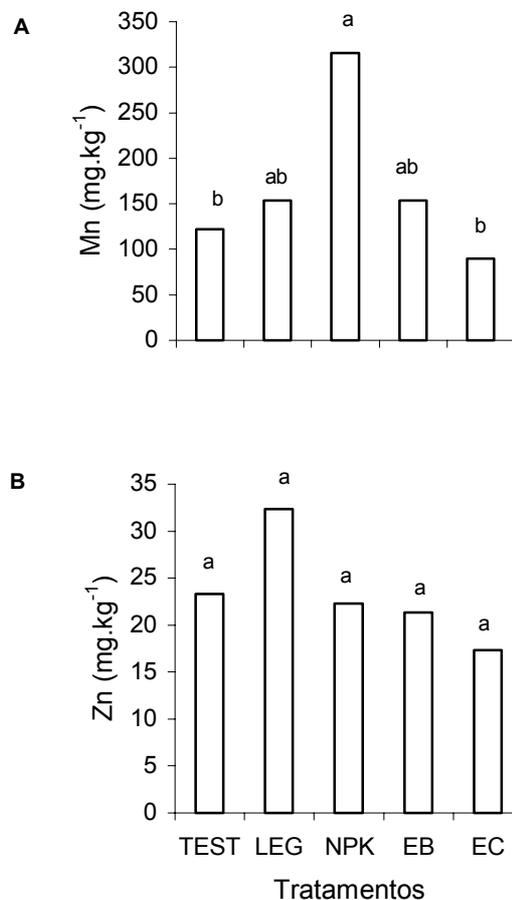


Figura 6. Teores de Mn (A) e Zn (B) na parte aérea do milho

#### 4.3.2 ACÚMULO DE NUTRIENTES

Os tratamentos esterco bovino 182,9 g.ha<sup>-1</sup> e esterco caprino 239,5 g.ha<sup>-1</sup> apresentaram valores em quantidades do micronutriente boro superiores aos demais tratamentos, mas não diferiram significativamente dos tratamentos NPK 153,8 g.ha<sup>-1</sup> e leguminosa 149,2 g.ha<sup>-1</sup> que alcançaram valores intermediários entre o tratamento testemunha 38,6 g.ha<sup>-1</sup> e os tratamentos esterco bovino e esterco caprino. Portanto, o tratamento testemunha não diferiu significativamente dos tratamentos NPK e leguminosa (Figura 7A).

Quanto ao micronutriente ferro 156; 427,7; 518,4; 630,2 e 1254,7g.ha<sup>-1</sup> observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino, apesar de o tratamento esterco bovino ter apresentado valor em quantidade maior que os demais tratamentos (Figura 7B). As acumulações de Fe pelos cinco tratamentos foram muito menores que a estimada por Braz et al. (2004) de 3.797 g.ha<sup>-1</sup> na parte aérea de milheto.

Referente ao micronutriente cobre (Figura 7C) está representada pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino sem diferença significativa quantitativamente 5,2; 31,8; 34,4; 37,5 e 41,6 g.ha<sup>-1</sup>, apesar do valor demonstrado pelo tratamento testemunha ser bem inferior que os valores demonstrados pelos demais tratamentos, provavelmente pelo CV demonstrado. Braz et al. (2004) encontraram 183 g.ha<sup>-1</sup> de acumulação de cobre no milheto superior aos valores apresentados pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino.

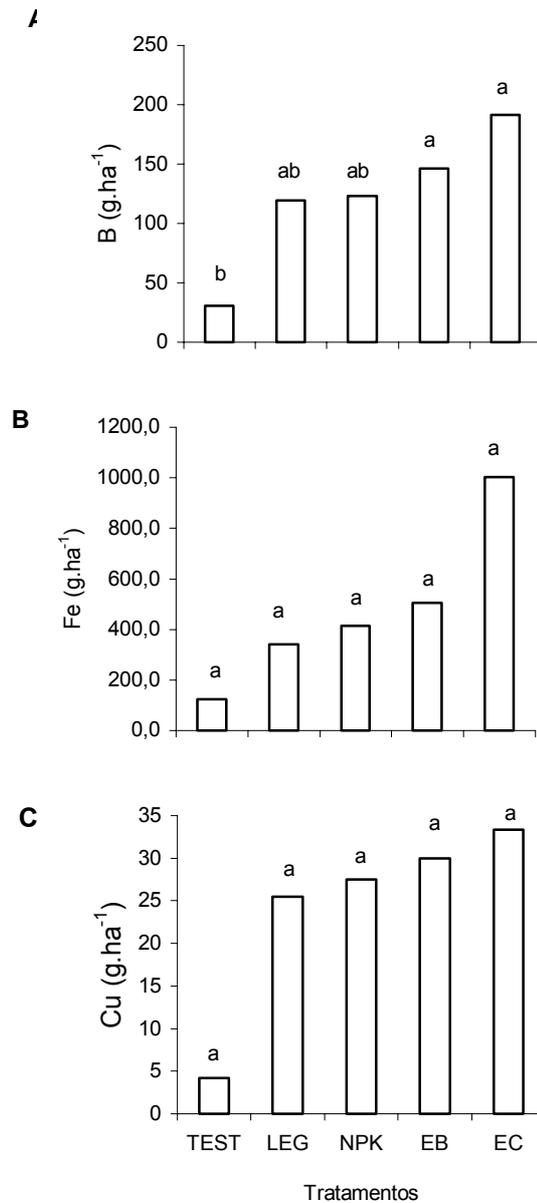


Figura 7. Acúmulo de B (A), Fe (B) e Cu (C) na parte aérea do milho

A Figura 8 apresenta os valores em quantidades dos micronutrientes manganês (241,2; 715,8; 937; 1725,5 e 2299,2 g.ha<sup>-1</sup>) e zinco (34,4; 151,5; 159,6; 179,6 e 241,1 g.ha<sup>-1</sup>) dos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino na parte aérea da planta de milho. Em relação ao micronutriente manganês, o tratamento NPK apresentou quantidade maior do que os demais tratamentos, não diferindo somente do tratamento esterco bovino. Em decorrência dos demais valores (Figura 8A) o tratamento esterco bovino não diferiu do tratamento esterco caprino denotando que apenas os

tratamentos testemunha e leguminosa não diferiram significativamente do tratamento esterco caprino.

A quantidade apresentada pelo tratamento esterco bovino do micronutriente zinco foi maior que os demais tratamentos, mas somente diferiu significativamente do tratamento testemunha. Os demais tratamentos testemunha, leguminosa, NPK e esterco caprino não diferiram entre si pelos valores apresentados (Figura 8B). Os valores demonstrados pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino foram inferiores ao valor obtido por Cazetta et al. (2005) para o tratamento zinco de  $0,35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Os valores encontrados para a acumulação do micronutriente zinco nos tratamentos foram inferiores ao valor de  $461 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  e, quanto ao manganês somente o tratamento testemunha foi menor que  $634 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  demonstrado por Braz et al. (2004) no milho.

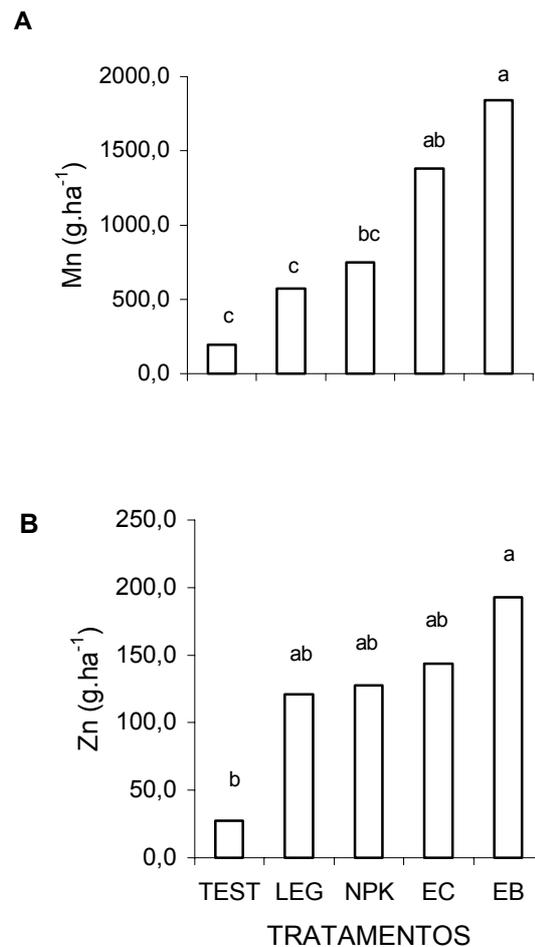


Figura 8. Acúmulo de Mn (D) e Zn (E) na parte aérea do milho.

#### 4.4 ANÁLISE BROMATOLÓGICA

A análise bromatológica para a determinação do material mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da parte aérea das plantas de milho estão caracterizadas pelas médias obtidas dos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino (Tabela 10).

Quanto aos resultados do material mineral, houve uma interação significativa entre os tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino.

Os resultados encontrados para a proteína bruta apresentaram diferença significativa apenas entre os tratamentos testemunha e leguminosa. Portanto, entre os tratamentos testemunha, NPK, esterco bovino e esterco caprino não houve diferença significativa. Os baixos valores resultantes da análise bromatológica estão de acordo com Scheffer-Basso (2004) citando que um dos fatores que mais afeta a qualidade das forragens é o estágio de desenvolvimento das plantas. Assim, com o avanço do tempo de crescimento, houve um decréscimo na concentração de proteína bruta de folhas e caules, alcançando 8% e 2% respectivamente, ao final do ciclo da cultura.

Para os valores médios de fibra em detergente neutro, o tratamento testemunha apresentou valor maior que os valores dos tratamentos esterco caprino, esterco bovino e leguminosa denotando diferença significativa entre estes tratamentos. Apesar de o valor mostrado pelo tratamento testemunha ter sido superior ao valor do tratamento NPK, não houve diferença significativa entre ambos. A fibra em detergente neutro representa a fração química da forragem que tem estreita correlação com o consumo, sendo que valores acima de 55 % a 60 % se correlacionam negativamente com o consumo de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Os valores de fibra em detergente ácido mostrado pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino, não apresentaram diferença significativa. Tabela 10. Material Mineral (MM); Proteína Bruta (PB); Fibra Detergente Neutro (FDN) e Fibra Detergente Ácido (FDA).

Comparando os resultados demonstrados por Oliveira et al. (2000) a média de proteína bruta 9,8% foi superior às médias alcançadas pelos tratamentos testemunha, leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino de 5,75; 3,25; 4,00; 3,50 e 3,50 % respectivamente. Contudo, os tratamentos supracitados com médias de FDN (81,50; 66,75; 74,75; 67,75 e 70,00 %) e FDA (43,50; 40,50; 38,75; 35,50 e 41,25 %) mediam com as médias para FDN (74,3%) e FDA (39,5%) apresentadas pelo experimento comparado.

Tabela 10 – Determinação do Material Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA).

TRATAMENTOS	MM	PB	FDN	FDA
	.....	Médias % ?	.....	.....
TEST	91,50 a	5,75 a	81,50 a	43,50 a
LEG	92,75 a	3,25 b	66,75 b	40,50 a
NPK	90,00 a	4,00 ab	74,75 ab	38,75 a
EB	90,00 a	3,50 ab	67,75 b	35,50 a
EC	92,75 a	3,50 ab	70,00 b	41,25 a

Na vertical, médias seguidas de letras distintas diferem entre si a 5% segundo o teste de Tukey.

\*TEST. = testemunha, LEG. = leguminosa, NPK = nitrogênio, fósforo e potássio, EB = esterco bovino e EC = esterco caprino.

## 5 CONCLUSÕES

- Os resultados apresentados pelos teores e quantidades de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea revelaram índices de concentração semelhantes aos exigidos pela planta.
- Os tratamentos: leguminosa, NPK, esterco bovino e esterco caprino estatisticamente não diferiram entre si. Contudo em valor absoluto, os tratamentos esterco bovino e esterco caprino demonstraram valores superiores aos demais tratamentos.
- No semi-árido o milho apresentou um rápido crescimento e produção de biomassa, principalmente nos tratamentos com esterco, recomenda-se o cultivo do milho nas condições semi-árida da Paraíba.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAGARSWAMY, G.; BIDINGER, F.R. 1987. Genotypic variation in biomass production and nitrogen efficiency in pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.)]. In: *Genetic Aspects of Plant Nutrition*. Gabelman, W.H. and Loughman, B.C. (Eds.), pp. 281-286. Nijhoff, Dordrecht, Netherlands.
- ALVARENGA, R.C. **Adubação verde**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2003.
- ARAÚJO, S.A.C.; ABREU, J.B.R.; MENEZES, J.B.O.X.; LEDA, E.A.; MADEIRO, A.S. **Produção de grãos de milheto (*pennisetum glaucum*) submetidos a diferentes espaçamentos e doses de nitrogênio e potássio**. *Livestock Research for Rural Development* 16 (9) 2004.
- BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: **A mechanistic approach**. New York. John Willey, 1984. 397p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI Jr. R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico. Campinas, **Instituto Agronômico de Campinas**, 1972. 52p. (circular, 20).
- BODDEY, R.M.; SÁ, J.C.D.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 787-799, 1997.
- BOR, N.L. The grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan. London, **Pergamon Press**. 1960.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.897-903, 2000.
- BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34(2): 83-87, 2004.
- CAZETTA, D.A.; FORNASIERI, D.F.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milheto e crotalária. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v.27, n.4, p. 575-580, 2005.
- COALDRAKE, P.D., and C. J. PEARSON. 1985. Development and dry weight accumulation of pearl millet as affected by nitrogen supply. *Field Crops Res.* 11:193 – 205.

- COSTA, N.L.; SILVA FILHO, G.N.; SENA, J.O.A.; RODRIGUES, A.N.A. & ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento e eficiência de absorção de potássio em soja, milho, milheto, colza e lab-lab. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 23: 463-468, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Ver. Atual, Rio de Janeiro – RJ, 1999. 212p (EMBRAPA – CNPS. DOCUMENTO 1).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Uso do milheto como planta forrageira**. Armindo Neivo Kichel; César H. Behling Miranda. Campo Grande, MS, dez 2000, nº46.
- FRANÇA, A.F. de S. **Cálcio na produção de matéria seca e na composição mineral do milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum)**. 1987. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- GERALDO, J.; COSTA, A.C.T.; PEREIRA, M.B.; PIMENTEL, C. Herdabilidade e correlações genéticas do teor e da aquisição de nitrogênio em milheto pérola. **Revista Universidade Rural**. Série ciências da vida, v. 22, n.2, p. 61-70, 2003.
- GERALDO, J.; OLIVEIRA, L.D. de; PEREIRA, M.B.; PIMENTEL, C. Estádios de desenvolvimento, produção de massa seca e teores de N de folhas na floração em cultivares de milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown). **Agronomia**, v.36, n.1/2, p. 07-10, 2002.
- GERALDO, J.; ROSSIELO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; PIMENTEL, C. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milheto pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.7, p. 1367-1376, 2000.
- GRIMME, H. Development of K-fertilizer recommendation. In: **COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE**, 22, Soligorsk, 1990. Proceedings. Soligorsk, IPI, 1990. p.117-131.
- GUIDELLI, C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Produção e qualidade do milheto semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p. 2093-2098, 2000.
- HALLMAK, W.B. & BARBER, S.A. Root growth and morphology, nutrient uptake, and nutrient status of soybean as affected by soil k and bulk density. *Agron. J.* 73: 779-782, 1981.
- HART, R.H.; BURTON, G.W. Effect of row spacing seeding rate and nitrogen fertilization on forage yield and quality of Gahi-1 pearl millet. **Agronomy Journal**, 1965. Madison, v.57, n.4, p. 376-378.

- HERINGER, I.; MOOJEN, E.L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p. 875-882, 2002 (suplemento).
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 519-570.
- HSIAO, T.C. 1990. Measurements of plant water status. In: *Irrigation of agricultural crops*. STEWART, B.A. & NIELSEN, D.R. (eds.). American Society of Agronomy. Madison, pp. 244-280.
- Hulet, H., and P. Gosseye. 1986. Effect of intercropping cowpea on dry-matter and grain yield of millet in the semi-arid zone of Mali, p. 396. In I. Haque et al. (ed.) Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan África. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. 16-19 Sept. 1985. ILCA, Addis Abeba, Ethiopia.
- IPA-EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (PE)**. 2.ed.rev.Recife, 1998. p.198.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, 1985.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, R. Uso eficiente de fertilizantes. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2, 1989. Piracicaba. **Anais**. São Paulo: ESALQ, 1989, p. 1-58.
- LOPES, A.S.; YAMADA, T. **Manual de Fertilidade do Solo**. ANDA/POTAFOS, 84p. (1989).
- MAIA, M.C.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. **Concentração de fibras (FDN e FDA) e minerais de cultivares de milheto em sucessão à cultura de feijão no sul de Minas Gerais**. Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2000.
- MALAVOLTA, E. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, princípios e aplicações**. 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações)**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 201p. 1989.
- MAMAN, N.; MASON, S.C.; GALUSHA, T. and CLEGG, M.D. Hybrid and Nitrogen Influence on Pearl Millet Production in Nebraska: Yield, Growth, and Nitrogen Uptake, and Nitrogen Use Efficiency. **Agronomy Journal**, 91: 737-743 (1999).
- MAMAN, N., MASON, S.C.; SIRIFI, S. Influence of variety and management level on pearl millet production in Niger: II. N and P concentration and accumulation. *African Crop Science Journal*, vol. 8, n.1, pp. 35-47, 2000.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London, Academic Press, 1995. 889p.
- MENDES, B.V. Alternativas tecnológicas para a agropecuária do Semi-árido. São Paulo: Nobel. 1986.
- MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C. Nitrogênio e métodos de semeadura no rendimento da forragem de pós-colheita de sementes de milheto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29 (4): 971-977, 2000.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **FUNDAÇÃO CARGIL**. Adubação verde no Brasil, Campinas, 1984, p.64-124.
- MOOJEN, E.L.; RESTLE, J.; LUPATINI, G.C. & MORAES, A.G. Produção animal em pastagem de milheto sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Brasília, v.34, n.11, p. 2145-2149, 1999.
- MORAES, A de; MARASCHIN, G.E. Pressões de pastejo e produção animal em milheto cv. Comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p. 198-205. 1988.
- OLIVEIRA, E. DE, MEDEIROS, G.B., MARUN, F. et al. Recuperação de Pastagens no Noroeste do Paraná – bases para plantio direto e integração lavoura e pecuária. Londrina: **IAPAR**, 2000. 96p. (**IAPAR. Informe da Pesquisa, 132**).
- PAYNE, W.A.; HOSSNER, R.L.; ONKEM, A.B. and WENDT, C.W. 1995. Nitrogen and phosphorus uptake in pearl millet and its relation to nutrient and transpiration efficiency. *Agronomy Journal* 87: 425-431.
- PAYNE, W.A. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. **Crop Science**, Madison, v.92, p. 808-814, 2000.
- PEGORARO, R.F. SILVA, I.R. da, NOVAIS, R.F., MENDONÇA, E. de S., GEBRIM, F. de O. & MOREIRA, F.F. FLUXO DIFUSIVO E BIODISPONIBILIDADE DE ZINCO, COBRE, FERRO E MANGANÊS NO SOLO: INFLUENCIA DA CALAGEM, TEXTURA DO SOLO E RESÍDUOS VEGETAIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 859-868, 2006.
- PEREIRA, I. A. F.; FERREIRA, A. da S; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUII, J. M. Manejo da Cultura do Milheto. *Circ. Téc.* 29, p.65, EMBRAPA, 2003.
- PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p. 791-796, 2003.

- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.39, n.1, p.35-40, 2004.
- PIMENTEL, C. *Metabolismo de Carbono na Agricultura Tropical* / Carlos Pimentel. – Seropédica: Edur, p. 114, 1998.
- PIMENTEL, C.; LOUGUET, P. & LAFFRAY, D. 1995. Trocas gasosas diurna e em 4 estádios de desenvolvimento, em *Phaseolus vulgaris*, L., cv. carioca, dos *Resumos do V Congresso de Fisiologia Vegetal*. UFLA – Lavras. pp. 364.
- ROSOLEM, C.A.; ESTEVES, J.A.F. & SILVA, R.H. Significance of mass flow and diffusion in supplying k to cotton roots as affected by liming and k rates. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 5**. South África, 2001. Programme, África do Sul, 2001. p. 48.
- ROSOLEM, C.A.; GARCIA, R.A.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 30: 813-819, 2006.
- RUIZ, H.A.; MIRANDA, J. & CONCEIÇÃO, J.C.S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de k, Ca e Mg a plantas de arroz. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:1015-1018, 1999.
- SANTOS, E.A.; KLIEMANN, H.J. Eficiência de fosfatos naturais relacionada à produtividade de milho em solos de cerrado. ***Pesq. Agropec. Tropical***, 36 (2): 75-81, 2006.
- SCHEFFER-BASSO, S.M.; AGRANIONIK, H.; FONTANELI, R. S. Acúmulo de Biomassa e Composição Bromatológica de Milhetos das Cultivares Comum e Africano. ***R. Bras. de Agrociência***, v.10, n.4, p. 483-486, 2004.
- SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE APOIO RURAL E COOPERATIVISMO. Diário Oficial da União de 23/01/2003, seção 1, páginas 2 a 4.
- SILVA, D.J. **Análise de Alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Viçosa, MG. UFG, 1991. 165p.
- SOUTO, P.C. Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semi-árido paraibano. **TESE (DISSERTAÇÃO), UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, AREIA – PB, 2002.**

- SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; ARAÚJO, G.T. & SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**, 29: 125-130, 2005.
- SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, C.; SLINKARD, A.E.; RAO, R.C.N.; SAXENA, N.P. & CHAUHAN, Y.S. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critical Review of Plant Physiology*, 14: 469-524.
- TABOSA, J.N.; LIMA, G.S.de; LIRA, M.A.; TAVARES, J.J.F.; BRITO, A.R.M.B, 1998a. **Programa de Melhoramento de Sorgo e Milheto em Pernambuco**. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro.
- TABOSA, J.N.; ANDREWS, D.J.; TAVARES FILHO, J.J. Cultivares de milheto forrageiro no Agreste de Pernambuco – Comparativo de produção x qualidade com o sorgo forrageiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22, Recife-PE, 1998a. Arq. 175. Cd-rom.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; FURTINI, A.E.N.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciênc. Agrotéc.** Lavras-MG, v.29, n.1, p. 93-99, 2005.
- van DUIVENBOODEN, N.; CISSÉ, L. 1993; citados por Maman, N. *et al.* 2000. Fertilization of millet cv. Souna III in Senegal: dry matter production and nutrient uptake. *Fertilizer Research* 35: 217-226.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant** 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.