



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

PAULO ROBERTO DE SOUZA SILVEIRA

ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA PRODUTIVIDADE DE
MILHO (*Zea mays*) HÍBRIDO BRAS 3010.

MOSSORÓ – RN

2014

PAULO ROBERTO DE SOUZA SILVEIRA

ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA PRODUTIVIDADE DE
MILHO (*Zea mays*) HÍBRIDO BRAS 3010.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira.

MOSSORÓ – RN

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)

Setor de Informação e Referência

S586a Silveira, Paulo Roberto de Souza.
Adubação e espaçamento entre linhas na produtividade de milho (*zea mays*) híbrido BRAS 3010. / Paulo Roberto de Souza Silveira. -- Mossoró, 2014

77f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira.

Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

1. Brasmilho. 2. Componentes de produção. 3. Adubação organomineral. I. Título.

RN/UFERSA/BCOT

CDD: 633.15

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

PAULO ROBERTO DE SOUZA SILVEIRA

**ADUBAÇÃO E ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA PRODUTIVIDADE DE
MILHO (*Zea mays*) HÍBRIDO BRAS 3010.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

APROVADA EM: 06 / 03 / 14

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Suedêmio de Lima Silva
UFERSA-RN
Orientador e presidente da banca



Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira
UFERSA-RN
Examinador



Prof. Dra. Sandra Maria Campos Alves
UNP
Examinadora

A Deus e a Virgem Maria Santíssima.

Aos meus pais Carlenório Carlos da
Silveira e Maria Ivoneide de Sousa
Silveira.

Aos meus irmãos Fernando Henrique e
Fábio Eduardo.

A minha esposa Camilla Santiago e a
minha futura filha Maria Clara.

Ao meu orientador Prof. Suedêmio de
Lima Silva.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, fé e perseverança concedidas em todos os momentos;

Aos meus pais, Carlenírio Carlos da Silveira e Maria Ivoneide de Sousa Silveira, pela força, amor e incentivo;

Aos meus irmãos Fernando Henrique e Fábio Eduardo, pelo apoio e amizade fraternal;

Aos professores Suedêmio de Lima Silva e Joaquim Odilon Pereira, pela amizade, profissionalismo, boa vontade, atenção e orientação deste trabalho;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

Aos amigos Anailson, Tayd Dayvison e Aécio, pelo companheirismo e dedicação para realização deste trabalho;

Aos companheiros de graduação Hudson Salatiel, Eduardo Bruno, Luíz Eduardo, Raimundo Júnior, Salma Luanna, Raquel Karulinny, Ianne Tâmara e Laura Teixeira.

RESUMO

O crescente aumento do consumo mundial de milho tem levado a uma pressão cada vez maior para aumento da produção deste cereal. Contudo, a produtividade do milho é uma variável complexa e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de produção e a produtividade da variedade BRAS 3010, recomendada para a região do semiárido nordestino e em sistema irrigado. Os experimentos foram realizados em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, correspondente às três adubações (orgânica, organomineral e mineral) e dois espaçamentos entre linhas (50 cm e 80 cm). Este trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada na comunidade de Alagoinha pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró-RN. Os resultados evidenciaram que, para esta cultivar, o espaçamento entre linhas de 80 cm foi o que promoveu melhores resultados nos componentes de produção, com exceção do diâmetro do colmo. As adubações e espaçamentos não afetaram a produtividade da cultura. A adubação organomineral se mostrou como sendo uma alternativa viável em função da redução dos custos de produção.

Palavras-chave: Brasmilho, componentes de produção, adubação organomineral.

ABSTRACT

The increasing world corn consumption has led to an ever increasing pressure to increase production of this cereal. However, the grain yield is a complex variable and depends on the interaction between genetic, environmental and management factors. The objective of this study was to evaluate the components and productivity of the variety BRAS 3010, recommended to the region's semiarid northeast and irrigation system. The experiments were conducted in a randomized block in factorial 3 x 2 design with four replications, corresponding to the three fertilizers (organic and organic-mineral) and two row spacings (50 cm and 80 cm). This work was conducted at the Experimental Farm Rafael Fernandes, located in the Alagoinha community belonging to the Federal Rural University of Semi-Arid, in Mossoró-RN. The results showed that for this cultivar, the spacing of 80 cm it promoted better results for yield components, except for stem diameter. The fertilization and spacing did not affect the yield. The organic mineral fertilizer proved to be a viable alternative due to the reduction of production costs.

Key words: Brasmilho, production components, organic mineral fertilizer.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Área experimental..... | 34 |
| Figura 2: Croqui ilustrativo da área experimental..... | 35 |
| Figura 3: Trator utilizado no experimento..... | 36 |
| Figura 4: Semeadora-adubadora utilizada no experimento..... | 37 |
| Figura 5: Implemento utilizado para aplicação do calcário..... | 38 |
| Figura 6: Área experimental e demarcação das parcelas..... | 40 |
| Figura 7: Espaçamentos utilizados no experimento, 80 cm (A) e 50 cm (B)..... | 42 |
| Figura 8: Detalhe do modelo de aspersor..... | 43 |
| Figura 9: Trena para medição da altura de inserção de espiga..... | 46 |
| Figura 10: Trena para medição do diâmetro do colmo..... | 46 |
| Figura 11: Medição da massa das espigas com palha (A) e sem palha (B)..... | 47 |
| Figura 12: Medição do comprimento da espiga..... | 48 |
| Figura 13: Medição do diâmetro de espiga..... | 48 |

LISTA TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Descrição dos tratamentos do experimento..... | 35 |
| Tabela 2: Características químicas do solo na camada de 0-20 cm..... | 36 |
| Tabela 3: Características químicas observadas no esterco bovino curtido, Mossoró-RN, 2012..... | 39 |
| Tabela 4: Teor de água do solo, em %, no dia da semeadura..... | 39 |
| Tabela 5: Densidade do Solo, em g.cm ⁻³ , na camada de 0-20 cm. | 40 |
| Tabela 6: Diário do experimento. | 41 |
| Tabela 7: Síntese da análise da variância e teste de médias para as variável IVE. | 50 |
| Tabela 8: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável população inicial. | 51 |
| Tabela 9: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável altura de inserção de espiga. | 52 |
| Tabela 10: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável diâmetro de colmo..... | 53 |
| Tabela 11: Desdobramento da interação entre os fatores adubação e espaçamento para a variável diâmetro do colmo..... | 54 |
| Tabela 12: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável número de espigas por planta..... | 55 |
| Tabela 13: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável população final..... | 56 |
| Tabela 14: Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis massa da espiga com palha e sem palha..... | 57 |
| Tabela 15: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável comprimento da espiga..... | 58 |
| Tabela 16: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável diâmetro da espiga. | 59 |
| Tabela 17: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável número de grãos por espiga. | 60 |
| Tabela 18: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável massa de grãos por espiga. | 61 |
| Tabela 19: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável massa de 1000 grãos..... | 63 |

| | |
|--|----|
| Tabela 20: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável produtividade..... | 64 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 15 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 18 |
| 2.1 A CULTURA DO MILHO | 18 |
| 2.1 ADUBAÇÃO ORGÂNICA | 21 |
| 2.2 ADUBAÇÃO MINERAL | 25 |
| 2.3 ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL | 27 |
| 2.4 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS | 28 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 34 |
| 3.1 CAMPO EXPERIMENTAL | 34 |
| 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 34 |
| 3.3 CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL | 35 |
| 3.4 SOLO E CLIMA | 35 |
| 3.5 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS | 36 |
| 3.5.1 Trator..... | 36 |
| 3.5.2 Semeadora-Adubadora | 37 |
| 3.5.3 Distribuidor de Calcário | 37 |
| 3.6 INSUMOS AGRÍCOLAS | 38 |
| 3.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA EXPERIMENTAL..... | 39 |
| 3.7.1 Teor de Água no Solo | 39 |
| 3.7.2 Densidade do Solo..... | 40 |
| 3.8 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 40 |
| 3.9 SEMEADURA | 41 |
| 3.10 IRRIGAÇÃO | 42 |
| 3.11 TRATOS CULTURAIS | 43 |
| 3.12 COLHEITA | 43 |
| 3.13 PARÂMETROS AVALIADOS | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 3.13.1 Índice de Velocidade de Emergência | 45 |
| 3.13.2 População Inicial | 45 |
| 3.13.3 Altura de Inserção de Espiga..... | 45 |
| 3.13.4 Diâmetro de Colmo..... | 46 |
| 3.13.5 Número de Espigas por Planta | 46 |
| 3.13.6 População Final | 47 |
| 3.13.7 Massa da Espiga com Palha e sem Palha | 47 |
| 3.13.8 Comprimento da Espiga | 47 |
| 3.13.9 Diâmetro da Espiga | 48 |
| 3.13.10 Número de Grãos por Espiga | 48 |
| 3.13.11 Massa de Grãos por Espiga | 49 |
| 3.13.12 Massa de 1000 Grãos | 49 |
| 3.13.13 Produtividade..... | 49 |
| 3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 49 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 4.1 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE)..... | 50 |
| 4.2 POPULAÇÃO INICIAL | 51 |
| 4.2 ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA | 51 |
| 4.3 DIÂMETRO DO COLMO | 53 |
| 4.4 NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA..... | 54 |
| 4.5 POPULAÇÃO FINAL | 55 |
| 4.5 MASSA DA ESPIGA COM E SEM PALHA | 56 |
| 4.6 COMPRIMENTO DA ESPIGA..... | 57 |
| 4.7 DIÂMETRO DA ESPIGA | 58 |
| 4.8 NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA | 59 |
| 4.9 MASSA DE GRÃOS POR ESPIGA..... | 60 |
| 4.10 MASSA DE 1000 GRÃOS | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 4.11 PRODUTIVIDADE | 63 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 65 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma planta da família das Gramíneas, da espécie *Zea mays*. Comumente, o termo se refere à sua semente, um cereal de altas qualidades nutritivas. É extensivamente utilizado como alimento humano ou ração animal. Acredita-se que seja uma planta de origem americana, já que lá era cultivada desde o período pré-colombiano e desconhecida pela maioria dos europeus até a chegada destes à América.

É um dos alimentos mais nutritivos que existe. Tem alto potencial produtivo e é bastante responsivo à tecnologia. Seu cultivo geralmente é mecanizado, se beneficiando muito de técnicas modernas de semeadura e colheita. É uma cultura tradicional, que ocupa posição significativa no contexto nacional, quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção.

Representa um produto estratégico para a segurança alimentar da população mundial, na avicultura, suinocultura e bovinocultura (de corte e de leite). Além dessas finalidades, o milho é cultivado para a extração do bioetanol, fato esse evidenciado em grande parte no plantio nos Estados Unidos. Além disso, também é utilizado na indústria química e alimentícia, de onde se obtém mais de quinhentos derivados.

É uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, nas condições brasileiras, o ciclo é variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio), período este compreendido entre a semeadura e a colheita.

Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura é submetida constituem-se em preponderantes fatores de produção.

O primeiro passo na produção de uma cultura é a escolha da semente. A produtividade da cultura do milho é o resultado do potencial genético da semente e das condições edafoclimáticas do local de plantio, além do manejo da cultura. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% da produtividade final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão de sucesso e insucesso da exploração.

Existe hoje, no mercado brasileiro, quase 300 cultivares de milho e a escolha é baseada no gosto pessoal, disponibilidade e preço. Desta forma, pode-se afirmar que existe cultivares adaptadas a qualquer região do país e a qualquer sistema de produção, sendo provavelmente o insumo moderno de uso mais generalizado na cultura do milho.

Outro fator que merece destaque é a necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, através da calagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (esterco, compostos, adubação verde, etc).

Os preços dos fertilizantes químicos, notadamente derivados do petróleo, geram grande evasão de recursos financeiros da propriedade rural. Por isso, fontes alternativas de adubação, principalmente orgânica, têm despertado o interesse, tanto dos produtores quanto dos pesquisadores nos últimos anos. No cenário de agricultura sustentável, as diversas áreas da ciência precisam ser redirecionadas e algumas modificações nas metodologias são necessárias para atuar no cenário da agricultura sustentável. Várias modificações, entre as quais, práticas culturais que melhor respeitem o agroecossistema e variedades com maior tolerância às condições extremas de clima, maior eficiência na absorção de nutrientes, maior resistência a doenças e pragas entre outras.

O espaçamento entre linhas é um fator de produção de suma importância no processo produtivo dessa cultura, sendo este muito variado nas diversas regiões brasileiras em função do grau técnico dos produtores. Por um bom tempo se utilizou no Brasil a distância de 1 m entre linhas pela razão de ser uma distância mínima capaz de permitir a passagem de cultivadores tracionados por animais. Diversos trabalhos têm mostrado vantagens na utilização de espaçamentos mais estreitos, como maior produtividade e fechamento mais rápido da cultura, proporcionando um menor custo de produção.

Nesse contexto, a manutenção e a possível expansão da cultura do milho como atividade comercial passam necessariamente pela eficiência com que os produtores conduzem as suas culturas. A aplicação de determinada tecnologia influi diretamente nos custos de produção e determina também a sua produtividade. Dessa forma, é necessário o acompanhamento dos custos que envolvem produção, pois, num levantamento dos mesmos, é possível identificar os elementos responsáveis pelo bom

desempenho da cultura como também as possíveis causas de prejuízos ao empreendimento agrícola.

Objetiva-se com este trabalho, avaliar os componentes de produção e a produtividade da variedade de milho BRAS 3010 recomendada para a região oeste potiguar em função dos tipos de adubações e espaçamentos entre linhas em sistema de cultivo irrigado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos.

Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão para alimentação animal representa 70% do consumo desse cereal no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa do ano (DUARTE et al., 2010).

A importância do milho ainda está relacionada ao aspecto social, pois grande parte dos produtores não são altamente tecnificados, não possuem grandes extensões de terras, mas dependem dessa produção para viver. Isto pode ser constatado pela quantidade de produtores que consomem o milho na propriedade. Segundo os dados do IBGE, cerca de 59,84% dos estabelecimentos que produzem milho consomem a produção na propriedade. Apesar desse alto percentual de estabelecimentos que consomem o grão internamente, estes representam apenas 24,93% da produção nacional de milho (EMBRAPA, 2002).

O cultivo do milho no mundo é distribuído por diversos países, no entanto, apenas três, Estados Unidos, China e Brasil, concentram aproximadamente 48% da área plantada e 67% da produção. Segundo a CONAB (2012), a soma das áreas cultivadas com milho na primeira e segunda safra no Brasil na temporada 2011/12 totalizou aproximadamente 15,16 milhões de hectares, 9,8% maior que a cultivada na safra 2010/2011. A área plantada no Brasil em 2012 teve um crescimento de 6,5% em relação à safra anterior, devendo ser este um dos fatores que contribuiu para o aumento da produção, sendo que boa parte deste crescimento se deve ao aumento da área plantada nas Regiões Norte e Nordeste, principalmente no Estado do Ceará que incrementou sua área em 188 mil hectares em relação à safra anterior.

Em termos de produção, segundo dados da FAOSTAT (2009), a produção brasileira foi de 51,2 milhões de toneladas métricas, em 2009, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (333 milhões de toneladas) e da China (163,0 milhões de toneladas). A produção das duas safras de milho na temporada 2012/2013 no Brasil foi de 73 milhões de toneladas, alta de 4,2% em relação à de 2011/12 (CONAB, 2012).

A cultura do milho tem um alto potencial produtivo, alcançando 10 t.ha⁻¹ de grãos, no Brasil, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas. Na safra 2012/2013, a produtividade média do milho total, que compreende a primeira e segunda safra, foi de 4.920 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2012). A produtividade média mundial está em torno de 5.122kg.ha⁻¹. Nos EUA é de 9.000 Kg.ha⁻¹. Vê-se claramente que a produtividade brasileira ficou aquém dos principais produtores mundiais. Essa produtividade, ainda considerada baixa, é em decorrência de fatores ligados à fertilidade do solo, arranjo espacial de plantas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004), uso de genótipos e práticas de manejo inadequadas.

No Brasil, a concentração da produção de milho é voltada preferencialmente para o mercado interno, abastecendo as atividades para criação de animais. Os segmentos que mais consomem milho são a avicultura e a suinocultura. Em 2010, a estimativa para estes segmentos foi de 22.994 mil toneladas e 13.169 mil toneladas, um percentual de 43,78% e 25,07% do consumo nacional do grão, respectivamente. O excedente da produção brasileira é destinado à exportação, inserindo o Brasil no terceiro lugar do ranking mundial de países exportadores do grão (ALVES e AMARAL, 2012).

A produção de milho ocorre basicamente em todos os municípios brasileiros, segundo Landau (2010), sendo que 90 % da produção concentraram-se nas regiões Sul (43%), Sudeste (25%) e Centro - Oeste (22%). A participação dessas regiões em área plantada e produção vêm se alterando ao longo dos anos. O plantio da safra de verão, safra principal, prepondera nas Regiões Sul e Sudeste. Na Região Centro-Oeste, o plantio de milho de sequeiro, denominado safrinha, ocorre logo após o plantio de verão, principalmente após a cultura da soja. De acordo com o autor, as políticas de secagem, estocagem e estratégias para escoamento dos grãos devem levar em consideração as áreas de maior concentração de milho.

Nos últimos anos, a produtividade do milho no Nordeste brasileiro vem aumentando, em consequência da importância econômica desse cereal, e do uso de variedades e híbridos, que atendem aos diferentes sistemas de produção predominantes

(CARVALHO et al., 2005). Nessa ampla região, ocorrem condições ambientais distintas e o milho, com algumas restrições, é cultivado em todas elas.

A Região Nordeste, em toda sua extensão, apresenta grande potencial para o cultivo do milho, em diferentes condições ambientais e diferentes sistemas de produção. A participação do Nordeste em relação ao Brasil na produção da safra 2012/2013 é de 7,10%, projetando-o na penúltima colocação. Apesar da sua desvantajosa posição, esta região foi a que obteve o maior aumento de produção em relação à safra 2009/2010. A Região Nordeste detém a maior parcela dos estabelecimentos familiares na produção de milho do País (58%), seguida pela Região Sul (26%). Porém, a Região Sul apresenta a maior produtividade na agricultura familiar. Verifica-se, no Nordeste, que os agricultores familiares utilizam técnicas rudimentares na produção de milho sendo este um dos fatores do baixo nível de produtividade apresentado por eles. Além disso, boa parte da produção é direcionada para o autoconsumo (ALVES e AMARAL, 2012).

O Nordeste possui pontos positivos em relação à produção de milho que são: a disponibilidade de terras com menor custo para expansão da atividade (em algumas áreas, pode-se realizar a completa mecanização da cultura, por conta de sua topografia); a disponibilidade de crédito; a atividade é geradora de ocupação no campo; existe infraestrutura para escoamento da produção, sendo necessária a melhoria de parte desta estrutura; clima favorável, o que facilita o uso do sistema de sequeiro, principalmente na área de cerrados; e a existência de instituições de pesquisa voltadas para o desenvolvimento do setor (ALVES e AMARAL, 2012).

No Estado do Rio Grande do Norte, a cultura do milho é explorada em praticamente todos os municípios, em que predomina como sistema de cultivo, o de sequeiro, cujo suprimento hídrico fica na dependência das precipitações pluviométricas, segundo dados da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte). A produtividade média da cultura nesse estado é extremamente baixa, em torno de 650 kg.ha^{-1} , em relação à produção de grãos maduros que varia em média de 700 kg.ha^{-1} cultivado em regime de sequeiro a 5.235 kg.ha^{-1} se irrigado. A maior parte da produção é feita em pequenas propriedades, por agricultores que, em geral, utilizam cultivares pouco produtivas e práticas culturais inadequadas. Em consequência, suas produtividades médias são baixas.

A produção de milho no ano de 2012 no Rio Grande do Norte, segundo dados da CONAB, atingiu 6,2 mil toneladas. Segundo dados do ETENE (Escritório Técnico de

Estudos Econômicos do Nordeste) com a relação à produção de milho na safra de 2010 a 2011 na região Nordeste, o Rio Grande do Norte ocupa a nona posição.

Por ser um dos cereais de maior importância econômica no mundo, o milho é uma das espécies vegetais mais estudadas. Constantemente programas de melhoramento estão buscando novos procedimentos para a obtenção de variedades mais produtivas e economicamente rentáveis e muitos esforços vêm sendo realizados para entender sobre a sua origem e evolução (EMBRAPA, 2008).

No melhoramento genético, durante o processo de seleção, deve-se realizar a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes, identificando as cultivares mais adaptadas às condições específicas de cada ambiente (CRUZ e CARNEIRO 2004; GARBUGLIO et al., 2007; MENDONÇA et al., 2007), desta forma trazendo diversos benefícios diretos aos produtores rurais, como precocidade e qualidade, que diminui os custos de produção e a garantia de um bom produto no mercado.

A utilização de cultivares precoces tem sido destacada no Nordeste brasileiro (CARVALHO et al., 2000), evidenciando-se sua importância em áreas onde são constantes as frustrações de safras, provocadas, basicamente, por irregularidade climática.

2.1 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Considera-se que a baixa fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade das áreas destinadas tanto para a produção de grãos como de forragem. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com nitrogênio e potássio, e também à alta capacidade extrativa do milho colhido para produção de forragem (EMBRAPA, 2012).

Nas últimas décadas, o solo tem perdido sua capacidade natural de suporte para a produção agrícola, sobretudo pela perda da matéria orgânica, bem como pela perda das condições físicas naturais, devido ao mau uso e manejo dos mesmos. Dessa forma, para manter produtividades adequadas, os produtores precisam fazer uso intenso de insumos externos às propriedades, o que leva a um ciclo vicioso de compra de insumos para a produção, deixando de lado os recursos disponíveis na propriedade (HANISCH et al., 2012).

Dos diversos recursos de que lança mão para melhorar as características químicas, físicas e biológicas destes solos, ressalta-se em importância e viabilidade, a adição de matéria orgânica sob forma de insumo orgânico de origem animal. Essa prática é reconhecida como alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas.

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependam essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (LEITE et al., 2003).

Além da melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, ela atua também no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions (SEVERINO et al., 2006) na complexação de elementos tóxicos, como alumínio trocável (LIMA et al., 2007), de micronutrientes, estruturação do solo, infiltração e retenção de água, aeração e redução da compactação do solo (COSTA et al., 2006). Adubos orgânicos como o esterco bovino (SEVERINO et al., 2006; VALE et al., 2006) é uma alternativa de fontes de nutrientes e condicionadores do solo para compor substratos.

Vale ressaltar que o aproveitamento de adubos orgânicos de origem animal é de fundamental importância para o desenvolvimento e crescimento das culturas exploradas pelos pequenos produtores, em função dos seus baixos custos e dos benefícios destes na melhoria da fertilidade, conservação do solo e maior aproveitamento dos recursos existentes na propriedade (EMBRAPA, 2011).

O adubo orgânico, aplicado por vários anos consecutivos, proporciona efeito residual por longo tempo, o que causa estabilidade na disponibilidade de nutrientes para as culturas, em relação à adubação mineral. A adubação orgânica é de uso restrito em grandes culturas por gerar grandes problemas de execução, principalmente com relação à quantidade e à forma de aplicação ao solo. Entretanto, os resíduos orgânicos podem nutrir equilibradamente as plantas, proporcionando também melhor condicionamento do solo, tornando-o, em longo prazo, menos propenso aos efeitos depauperantes do cultivo intensivo (GALVÃO et al., 1999).

A adubação orgânica com esterco ou restos culturais é uma prática comum na agricultura familiar, como observado por Severino et al. (2006) na região Semi-Árida brasileira. O esterco parece causar imobilização de nutrientes do solo no primeiro mês após sua incorporação. Depois desse período, a liberação de nutrientes aumenta

progressivamente, atingindo as maiores quantidades entre três e seis meses após a incorporação (SAMPAIO; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2007).

A partir da aplicação de diferentes doses de esterco bovino, Silva et al. (2004) observaram a influência desse material sobre o teor de água disponível e sobre a retenção do teor de água no solo, com aumentos lineares de tais características. A aplicação do esterco também alterou, de forma linear, o teor de fósforo no solo, aumentou o número de espigas empalhadas comercializáveis e a produtividade de grãos (OLIVEIRA, 2011).

Mata et al. (2011), avaliando produção de milho submetido a oito doses de adubo (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 t.ha⁻¹ de esterco bovino curtido e adubação química com 500 Kg.ha⁻¹ de 4-14-8 + Zn), utilizando-se o milho híbrido simples DAS655 em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico no município de Gurupi-TO observaram que houve uma correlação positiva entre emergência e velocidade de crescimento inicial das plântulas de acordo com as doses de esterco aplicadas; as doses menores resultaram em uma menor germinação e, conseqüentemente, uma baixa velocidade de emergência. Cancellier et al., (2010), estudando a influencia da adubação orgânica na linha de semeadura na emergência e produção forrageira de milho, verificaram que os tratamentos com maiores doses de esterco bovino (0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 t.ha⁻¹) apresentaram emergência mais rápida.

Valentini et al. (2004), estudando o efeito da aplicação de doses de esterco bovino sobre algumas características agrônômicas de três cultivares de milho verde, verificou que a variedade DINA 170 mostrou efeito quadrático significativo para peso de espigas comerciais com e sem palha, obtendo o peso máximo de 386 g com a aplicação de 23,98 t.ha⁻¹ de esterco e 251 g com 24,77 t.ha⁻¹ de esterco nas espigas com e sem palha, respectivamente. Paiva (2011) verificou que o peso das espigas, tanto com palha como sem palha, cresceram linearmente com o aumento da quantidade de matéria orgânica no solo, a base de esterco bovino.

Rodrigues et al., (2012), comparando a adubação orgânica, dose de 450 Kg.ha⁻¹ de húmus de minhoca cuja matéria-prima era o esterco bovino, com a adubação a base de fertilizantes minerais, observaram que a adubação orgânica resultou em maiores números de grãos por espiga.

Santos et al., (2007) estudando a produtividade de milho consorciado com leguminosas em sistema orgânico de cultivo, verificaram que a aplicação de esterco proporcionou médias de massa de grãos significativamente maiores que dos outros

tratamentos, inclusive da testemunha sem adubação. Silva et al., (2007) também verificaram aumento na produção de espigas verdes e massa de grãos de milho com o aumento das doses de esterco bovino aplicado na cultura. Gomes et al. (2008) verificaram, com a análise de regressão, que a produtividade de grãos apresentou tendência linear crescente em função dos níveis do adubo orgânico avaliado (0, 10, 20 e 40 m³.ha⁻¹).

Silveira et al.; (2012) verificou aumento de 48% na produtividade da cultura do milho incrementando, além da adubação química, 80 t.ha⁻¹ de esterco bovino, comparado com um tratamento apenas com adubação química.

Segundo Gomes et al., (2005), o aumento das doses do adubo orgânico resultou em aumento dos teores de C orgânico, de Ca⁺², Mg⁺², K⁺ e P da CTC efetiva e da CTC total do solo, os quais apresentaram após colheita do experimento, valores superiores àqueles observados antes da condução do trabalho. Verificou-se, portanto, que o aumento das doses do adubo orgânico (esterco misturado com restos da cultura do milho) resultou em melhoria das condições químicas do solo.

Embora comum na agricultura familiar, a quantidade de esterco produzida nas propriedades rurais ainda é insuficiente para adubar todas as áreas cultivadas. Garrido (2005) afirma que todo o esterco produzido no semiárido só seria capaz de adubar 12% das áreas agrícolas desta região, sendo necessária a combinação de esterco com outras fontes orgânicas para ampliar a área adubada.

Entretanto, a utilização do insumo orgânico na cultura do milho ao longo do tempo tem-se apresentado como prática capaz de elevar a produção, obtendo-se médias iguais ou superiores àquelas obtidas com adubação química. De acordo com Gomes et al., (2005) a adubação orgânica promoveu incremento nos componentes de produção do milho, promovendo aumento dos níveis de carbono orgânico, cálcio, magnésio, potássio e fósforo no solo. Após 13 anos de aplicação contínua de composto orgânico, Galvão et al., (1999) obtiveram produtividade de grãos de milho quatro vezes maior que a média obtida pelos pequenos produtores da Zona da Mata de Minas Gerais.

Pode-se constatar que as commodities agrícolas tradicionais requerem escala de produção para compensar tanto a queda estrutural de preços como os custos crescentes de produção, que resultam na redução das margens de lucro (CAMPANHOLA e VALARINI, 2001). Assim sendo, os sistemas de produção orgânica constituem-se em boa oportunidade aos pequenos agricultores, pois, embora utilizem mais mão-de-obra que os sistemas convencionais, mostram um desempenho econômico sempre melhor,

traduzido por menores custos efetivos, maiores relações benefício-custo e maiores rendas efetivas (CARMO e MAGALHÃES, 1998).

2.2 ADUBAÇÃO MINERAL

Quando não se encontram reservas suficientes de nutrientes no solo que possam satisfazer às necessidades das plantas, a adubação mineral se torna imprescindível. Santiago e Rosseto (2007), afirmam que na impossibilidade de o solo fornecer às plantas todos os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, a adubação mineral torna-se uma atividade essencial para a agricultura. Nas lavouras agrícolas, as plantas frequentemente necessitam de elementos minerais para suprir suas necessidades nutricionais, podendo atender esta necessidade com o uso apropriado de fertilizantes aplicados ao solo (CIANCIO, 2010).

Diversos autores também consideram que os altos índices de produtividade são fortemente dependentes da fertilização com fertilizantes minerais (OLIVEIRA, 1982; SILVA, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2009). Os nutrientes presentes nos fertilizantes minerais exercem importante papel no crescimento e desenvolvimento das culturas, participando de inúmeros processos metabólicos (CIANCIO, 2010). A existência de uma relação estreita entre taxas de consumo de fertilizantes e produtividade agrícola tem sido, sem sombra de dúvida, estabelecida. Entre os vários insumos agrícolas, os fertilizantes, junto com, talvez, a água, são os que mais contribuem para o aumento da produção agrícola (ISHERWOOD, 2000).

Diversos trabalhos demonstram o efeito positivo da adubação NPK nos componentes de produção para a cultura do milho, com benefícios sobre características agronômicas, como diâmetro do colmo, número de grãos/espiga, massa da espiga com e sem palha, produtividade de grãos pela cultura e, ainda, aumento na produção de massa de matéria seca da parte aérea (ARATANI et al., 2006; HARGER et al., 2007; GONÇALVES JÚNIOR et al., 2007; DEPARIS et al., 2007). Esses nutrientes presentes nos adubos minerais exercem importante papel no crescimento e desenvolvimento das culturas, participando em inúmeros processos metabólicos.

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes a produtividade de grãos do milho, pois o nitrogênio exerce importante função nos processos bioquímicos da planta (CANCELLIER et al., 2010) e

sua escassez afeta diretamente a capacidade fotossintética das plantas. Dos nutrientes requeridos pelo milho, o nitrogênio é o de manejo e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito.

A produtividade da cultura do milho depende, entre outros fatores, da eficiência de canalização de carbono e nitrogênio para o grão e da transformação desses elementos em compostos de reserva. O acúmulo de biomassa e produtividade das culturas é determinado pela assimilação de carbono e nitrogênio. O carbono que não é consumido pela respiração aumenta o teor de matéria seca da planta e pode ser destinado para o crescimento ou reserva. (MARTIN et al., 2011).

O fósforo é um elemento essencial à nutrição das plantas. É, em síntese, a moeda energética da planta, pois, através dos seus compostos orgânicos, é que a energia caminha e se acumula nos tecidos vegetais. Para que um elemento químico seja considerado essencial à nutrição mineral, alguns critérios devem ser observados: a ausência do elemento impede que a planta se desenvolva e complete o seu ciclo; a deficiência do nutriente é específica e não pode ser substituída pelo fornecimento de um outro elemento. O fornecimento desse elemento elimina a deficiência diagnosticada; a ação do elemento na nutrição tem que ser direta. Portanto, nenhum outro elemento poderá suprir a deficiência de P e a produtividade, o crescimento e o desenvolvimento das plantas estarão limitados pela sua disponibilidade. De acordo com Richardson (2000), os solos tropicais são, na sua maioria, pobres em fósforo disponível às plantas enquanto o fertilizante fosfatado representa alto custo para o agricultor.

Por outro lado, o uso crescente de fertilizantes para corrigir o problema da baixa disponibilidade de fósforo exerce forte impacto econômico e ambiental, visto que os processos químicos para a produção desses fertilizantes são de custo elevado, em termos energéticos, além de utilizarem fontes não-renováveis e finitas de energia (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008). A adoção deste modelo pode gerar inúmeras consequências negativas para o meio ambiente; uma delas é a degradação dos solos, diminuição da sua fertilidade natural e ocorrendo a eutrofização das águas. Devido às modificações impostas pelo uso do solo, e em particular pela agricultura, a fauna e os microrganismos, em diferentes graus de intensidade, são afetados pelos impactos provocados pelas práticas agrícolas, podendo variar o número e a diversidade de organismos do solo (TOEBE et al., 2007).

2.3 ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL

O uso combinado de fertilizantes químicos e materiais orgânicos têm sido recomendados, possibilitando a manutenção de alta produtividade, com estabilidade de produção, principalmente quando o material orgânico aplicado apresenta elevada relação C:N e elevados conteúdos de lignina e polifenóis, e para regiões onde o uso de fertilizante é recomendado (FERNANDES et al., 1997).

A associação de fertilizantes orgânicos e minerais é vantajosa, pois, conforme Kiehl (1999), o fertilizante orgânico pode reter certos nutrientes do fertilizante mineral contra a lavagem pelas águas das chuvas que atravessam o perfil do solo. Segundo o autor, essa retenção é realizada nos solos pela argila e pela matéria orgânica, no caso de solos arenosos a retenção dos nutrientes fica a cargo quase que totalmente da matéria orgânica existente ou a eles adicionada. Sobre isso, Royo (2010) afirma que os fertilizantes organominerais têm características orgânicas e minerais que reduzem as perdas de nutrientes a quase zero. Assim, com o maior aproveitamento do fertilizante no solo, os gastos com este insumo são reduzidos.

A longo prazo, o produtor também reduz custos, pois o fertilizante organomineral estimula a proliferação de microrganismos benéficos que irá agir na solubilização dos fertilizantes minerais liberando nutrientes para as plantas (ROYO, 2010), além de atuar na reestruturação do solo. Silva et al., (2007) afirmam que o uso contínuo da adubação organomineral na cultura do milho, provoca aumentos significativos por vários anos na produção de grãos. Cancellier (2011) observou, em relação à produtividade, que para as doses de esterco sem adubação nitrogenada em cobertura, a taxa de incremento de produção foi de 17,65 kg de grãos para cada tonelada de esterco aplicado. Já onde houve aplicação de nitrogênio em cobertura a taxa de incremento na produtividade foi de 14,76 kg, observando assim que a adubação nitrogenada contribui menos para o aumento da produtividade quando há interação entre adubação orgânica e mineral. Mesmo não se obtendo resultados distintos, pode-se observar um aumento considerável na produtividade quando se compara a adubação orgânica com a organomineral, aproximadamente 482 Kg.ha⁻¹.

Pesquisas direcionadas ao estudo dos efeitos da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos nas culturas agrícolas, quando comparados a estudos de forma isolada, conduziram a respostas positivas nas culturas. Silva et al.,(2007) constataram que o uso contínuo de adubação organomineral na cultura do milho, por vários anos,

provoca aumentos significativos na produção de grãos, sendo esta adubação mais eficiente que a aplicação única de adubação orgânica ou mineral.

Considerando a necessidade de obter recomendações técnicas e científicas relativas ao uso adequado de insumos e fertilizantes na maximização da produtividade de cultivares de milho na região semiárida, torna-se imprescindível obter informações que possam ser implementadas em áreas de produção dessa cultura na região oeste do semiárido do nordeste brasileiro. Desta forma, o conhecimento da dosagem ideal da mistura de fertilizantes orgânicos e fertilizantes químicos, entendendo as reações químicas envolvidas e a mobilidade dos elementos no perfil do solo, além de diminuir o risco ambiental, possibilitará maior eficácia no uso de fertilizantes minerais e orgânicos (SILVA, 2005).

Os adubos organominerais também apresentam como vantagem a facilidade de aplicação, visto que, pode-se empregar a mesma maneira utilizada para os fertilizantes químicos. Outro benefício é a redução das quantidades de adubo por área, quando comparado ao orgânico, o que resulta em menor custo de transporte (CARVALHO, 2012). Kiehl (1999) observa ainda que o fertilizante organomineral, ao contrário do químico, pode ser empregado de uma só vez no solo, pois seus nutrientes estão sob a forma orgânica e mineral. Assim, enquanto o nitrogênio mineral é prontamente assimilado pelas raízes, o nitrogênio orgânico seria absorvido pela planta quando o primeiro já foi absorvido ou lixiviado pela água da chuva ou irrigação (FERNADES e TESTEZLAF, 2002).

2.4 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS

O potencial produtivo da cultura do milho pode ser explorado pela implementação criteriosa de aspectos técnicos, como a escolha da cultivar que melhor se adapta às condições de cultivo, emprego de espaçamento e o manejo adequado. Uma das causas da baixa produtividade na cultura do milho no Brasil, e principalmente no Nordeste, é o uso de espaçamentos entre linhas inadequados (COSTA, 2011).

A população ideal depende da cultivar, da fertilidade do solo, da disponibilidade hídrica e da época de semeadura. Desse modo, a produtividade tende a se elevar com o aumento da população, até atingir determinado número de plantas por área, que é considerada como população ótima (AMARAL FILHO et al., 2005).

A redefinição do arranjo espacial de plantas, pela diminuição do espaçamento entre fileiras e/ou aumento da densidade populacional, pode ser uma excelente oportunidade para que o produtor aumente a sua rentabilidade sem custos adicionais (PEREIRA e CRUZ, 2008).

Em países de agricultura desenvolvida, como nos EUA e países da Europa, onde o uso de alta tecnologia é uma constante, espaçamentos menores e densidades de plantio elevadas têm demonstrado ser vantajoso. Com o advento das novas cultivares, não só a densidade pode ser aumentada, como também o espaçamento entre linhas pode ser reduzido (TURCO, 2011).

O espaçamento amplo (100 a 120 cm) largamente utilizado até a década de 1990 é oriundo do uso de mecanização animal nas lavouras para realização de tratos culturais. Com o rápido avanço tecnológico da mecanização tratorizada nos tratos culturais e o uso de herbicidas no manejo de plantas indesejáveis, o espaçamento passou a ser reduzido, chegando a níveis que comumente varia entre 70 e 80 cm. Um arranjo ideal é aquele que possui uma distribuição uniforme das plantas na linha de semeadura, pois assim resultará em uma melhor utilização da luz, água e nutrientes necessários e conseqüentemente uma resposta significativa na produtividade (FEPAGRO, 2005). Muitos esforços estão sendo direcionados à redução do espaçamento entre linhas para valores entre 40 e 45 cm, por ajustar-se à tecnologia da cultura da soja, diminuindo questões operacionais de regulagens de máquinas e custo de mão de obra.

Entre as vantagens potenciais da utilização de espaçamentos mais estreitos, temos o aumento da produtividade de grãos, em função de uma distribuição mais equidistante de plantas na área, aumentando sua eficiência de utilização da luz solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, conseqüente redução da erosão; melhor qualidade de semeadura por meio da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de semeadoras, uma vez que diferentes culturas, como, por exemplo, milho e soja, poderão ser semeadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo. A redução do espaçamento entre linhas também pode ser importante no contexto da preocupação crescente com a preservação dos recursos naturais do ponto de vista da conservação do solo e da água, por antecipar o fechamento dos espaços entre linhas de cultivo (GONÇALVES, 2008).

O menor espaçamento entre linhas permite o arranjo de plantas de forma mais equidistante. A vantagem desta situação é a rápida cobertura de solo, com melhor

aproveitamento da radiação solar e menor perda de água. Ela só é obtida em situações de alto rendimento de grãos em que o uso da radiação solar é o fator limitante ao rendimento. Outro benefício advindo do uso de espaçamento entre linhas mais reduzido é o controle mais eficiente de plantas daninhas, devido ao sombreamento mais rápido do solo. Geralmente, quando as lavouras têm restrições mais graves, que causam menores rendimentos de grãos, não há benefícios do uso de menor espaçamento entre linhas. Normalmente, os benefícios advindos do uso de espaçamento entre linhas reduzido sobre o rendimento de grãos é pequeno, variando de 0 a 10%.

A produtividade também é um fator consideravelmente afetado pelo espaçamento entre linhas. Bortolini (2002) verificou aumento de produtividade de grãos de 9% e 26%, quando o espaçamento entre linhas foi reduzido de 90 para 70 e 45 cm, respectivamente.

Flesch e Vieira (2004) obtiveram ganho de produtividade de 129 Kg.ha⁻¹ de grãos de milho para cada 20 cm de redução de espaçamento, em três anos de estudo e apenas para as cultivares de ciclo precoce. No trabalho de Argenta et al., (2001), a resposta do espaçamento variou em função do ano, híbrido e população de plantas.

Botelho e Marcelo (2006), analisando a produtividade de milho em diferentes espaçamentos, observou que o maior valor ocorreu no espaçamento de 80 cm com 23,3% a mais do que no espaçamento de 50 cm entre linhas. Por outro lado, alguns autores constataram, em seus trabalhos, que o aumento do espaçamento provocou menor produtividade de grãos. É o caso de Demétrio (2008), o qual observou uma produtividade de 11.512 Kg.ha⁻¹, quando as linhas estavam espaçadas de 40 cm, e 10.297 Kg.ha⁻¹ quando espaçadas de 80 cm. Farinelli; Penariol; Fornasieri Filho (2012) observaram uma produtividade de 7.842 Kg.ha⁻¹ no espaçamento de 40 cm e 6.974 Kg.ha⁻¹ no espaçamento de 80 cm entre linhas. Fato também verificado por Amaral Filho et al., (2005), estudando o efeito dos espaçamentos de 60 e 80 cm, obtiveram produtividades de 8.394 Kg.ha⁻¹ e 8.046 Kg.ha⁻¹, respectivamente. Stacciarini et al. (2010) utilizando-se o híbrido Pioneer 30K75 concluíram que a redução de espaçamento entre linhas de cultivo (90 para 45 cm) resultou em maior produtividade do híbrido 30K75, sem alterar suas características agrônômicas, altura de inserção de espiga, peso de 1000 grãos, número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e porcentagem de espiga. Segundo Argenta et al., (2001), o incremento do rendimento dos grãos com a redução do espaçamento entre as linhas é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre as plantas na linha por luz, água e

nutrientes, devido a sua distribuição mais equidistante das plantas. Outros fatores também podem ser citados como o tipo de híbrido, população de plantas, as características climáticas da região e o nível de fertilidade do solo (SANGOI et al., 2002).

Em relação aos componentes de produção, há algumas discordâncias entre os autores sobre o efeito do espaçamento. Flesch e Vieira (2004) não observaram diferenças na massa de mil grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por planta com mudança no espaçamento em três anos com dois híbridos. Argenta et al. (2001), observaram variação apenas no número de grãos por espiga em um ano e em um híbrido. No trabalho de Kunz (2005), o único componente influenciado pelo espaçamento foi a massa de grãos por espiga. Carvalho (2007) não observou diferença em relação a estatura de inserção da espiga nas populações de 60.000 e 80.000 plantas.ha⁻¹. Já para a população de 100.000 plantas.ha⁻¹, observou aumento da altura de inserção de espiga no espaçamento de 40 cm em relação ao de 80 cm, indicando maior competição por luz na fase inicial de desenvolvimento.

Guarnieri (2006) observou que o aumento do espaçamento de 40 cm para 80 cm provocou uma redução linear de 15 cm na altura de inserção das espigas. Lopes et al., (2012) também constataram uma redução na altura de inserção de espigas do híbrido AG1051 quando aumentou o espaçamento de 50 cm para 75 cm e 100 cm. Paiva et al., (2012) encontrou diferenças significativas para diâmetro de colmo quando comparou a adubação mineral com a adubação orgânica, numa dose de aplicação fixa de 40t.ha⁻¹ de esterco bovino, num espaçamento de 50 cm entre linhas e 25 cm entre sementes. Porto (2010), estudando três variedades de milho (Arapuim, BR 106 e AL Bandeirante) e quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm), constatou um acréscimo de 0,49 m na altura de inserção de espiga para cada aumento de 0,1 m no espaçamento, indicando que, em espaçamentos mais abertos, as espigas ficam inseridas mais altas nas plantas, porém não verificou distinções nos comprimentos das espigas, apenas verificando diferenças entre as variedades. Turco (2011) não obteve diferença nos comprimentos quando comparou os espaçamentos de 40 e 80 cm numa população de 50.000 plantas.ha⁻¹. Stacciarini et al., (2010) não obtiveram diferenças no comprimento das espigas quando se reduziu o espaçamento de 90 cm para 45 cm. Já Gilo et al., (2011), verificaram que no espaçamento de 90 cm as plantas apresentaram maior comprimento de espiga, comparada com as plantas espaçadas de 45 cm.

Em relação ao componente diâmetro do colmo, alguns autores não verificaram diferenças significativas com a variação de espaçamento entre linhas. É o caso de Demétrio (2008), estudando três espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), dois híbridos e quatro densidades populacionais (30 mil, 50 mil, 70 mil e 90 mil plantas.ha⁻¹) em um Latossolo Vermelho eutrófico típico de textura argilosa; e Penariol et al., (2003), estes últimos estudando o desempenho agrônômico de cultivares de milho na safrinha. Já Turco (2011) e Dallastra et al., (2011) encontraram diferenças significativas entre os espaçamentos de 40 e 80 cm numa densidade populacional de 50.000 plantas.ha⁻¹. Estes últimos concluíram que, em espaçamentos reduzidos, o diâmetro do colmo apresentou o melhor resultado, significativo ao nível de 5 % de probabilidade. Stacciarini et al., (2010) obteve diferenças nos diâmetros de colmo para a cultivar de milho Pioneer 30K75 em Araporã-MG quando comparou os espaçamentos de 45 e 90 cm. Já Iptas e Acar (2006) verificaram que o diâmetro do colmo diminuiu quando se reduziu o espaçamento entre linhas. Segundo os autores, a competição entre as plantas de milho por luz solar causa o estiolamento do mesmo reduzindo a espessura do colmo.

Estudando o comportamento do milho em diferentes espaçamentos no Sistema Integração Lavoura-Pecuária, Carvalho et al., (2012) não obteve significância nos diâmetros das espigas entre os espaçamentos de 50, 70 e 90 cm, somente pôde observar uma tendência de diminuição no diâmetro de espiga com o aumento do espaçamento. A mesma observação foi verificada por Bruno (2006), o qual não encontrou diferença significativa utilizando diferentes espaçamentos, no entanto foi notada também uma redução, porém não significativa, nos espaçamentos reduzidos, na qual os mesmo afirma estar relacionado com o aumento da população e competição intra-específica.

Calonego et al., (2011), quando comparou dois espaçamentos (90 e 45 cm), verificaram melhores resultados para esta variável no maior espaçamento. Resultado contrário a Takasu et al., (2012) que verificaram que o híbrido DKB 390 YG apresentou melhores resultados quando semeado no espaçamento de 45 cm entrelinhas, comparado com 90 cm. Sangoi et al., (2011) afirmaram que a redução do espaçamento entrelinhas aumenta a interceptação da radiação solar no início do ciclo. Gonçalves (2008) ao avaliar o desempenho de três híbridos de milho, AS 1570, AS 1565 e AS 1575, em três locais no Oeste do Paraná, não observou alteração significativa no número de grãos por espiga em três espaçamentos entre linhas distintos (45, 68 e 90 cm). Fato também observado por Farinelli; Penariol; Fornasieri Filho (2012) ao estudar o efeito de três espaçamentos (40, 60 e 80 cm) e três densidades populacionais (40.000, 60.000 e

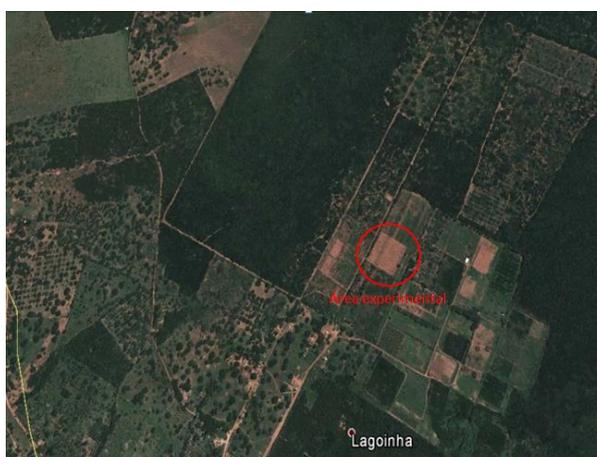
80.000 plantas.ha⁻¹) nas características agronômicas, inclusive número de grãos por espiga, de dois híbridos de milho.

Cardoso e Ribeiro (2013), estudando a produtividade de grãos de milho, híbrido BRS 1060, sob espaçamento reduzido em áreas de cerrado do meio-norte brasileiro, verificaram maiores massas de grãos por espiga no menor espaçamento, 60 cm, frente o de 80 cm. Já Deparis (2006) verificou maiores massas dos grãos por espiga no espaçamento de 90 cm quando comparado com o de 60 cm e 45 cm.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CAMPO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, na comunidade de Alagoinha, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A localização geográfica está definida pelas coordenadas 5°03'37" de Latitude Sul e 37°23'50" de Longitude Oeste, com uma altitude média de 72 metros e declividade entre 0 e 2%.



Fonte: Google Earth 2013.

Figura 1: Área experimental.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

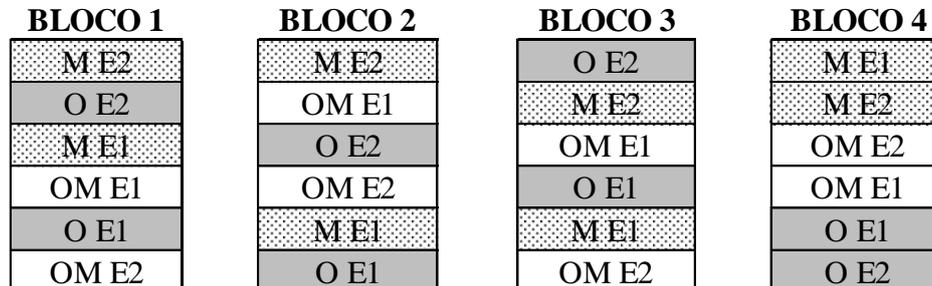
O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 2, com seis tratamentos e quatro repetições, constituídos de três tipos de adubação (orgânica, organomineral e mineral) e dois espaçamentos entre linhas (50 e 80 cm), totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída com quatro metros de largura por trinta metros de comprimento, perfazendo uma área de 120 m². Entre os blocos foram deixados quinze metros de largura para o tráfego do conjunto motomecanizado, manobras e estabilização do mesmo. Na Tabela 1 está apresentada a descrição dos tratamentos.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos do experimento.

| Tratamento | Descrição |
|------------|--|
| O E1 | Adubo orgânico no espaçamento de 80 cm entre linhas |
| O E2 | Adubo orgânico no espaçamento de 50 cm entre linhas |
| OM E1 | 50% de adubo orgânico + 50% adubo mineral no espaçamento de 80 cm entre linhas |
| OM E2 | 50% de adubo orgânico + 50% adubo mineral no espaçamento de 50 cm entre linhas |
| M E1 | Adubo mineral no espaçamento de 80 cm entre linhas |
| M E2 | Adubo mineral no espaçamento de 50 cm entre linhas |

3.3 CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL

A Figura 2 mostra o croqui ilustrativo da área experimental com a disposição dos blocos, das unidades experimentais e dos tratamentos.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 2: Croqui ilustrativo da área experimental.

3.4 SOLO E CLIMA

O solo da área experimental foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico latossólico de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013). Antes da implantação do experimento, foi realizada coleta do solo para caracterização do mesmo na camada de 0-20 cm (Tabela 2), cuja análise química seguiu a metodologia da EMBRAPA (1999).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BSw^h, isto é, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9%).

Tabela 2: Características químicas do solo na camada de 0-20 cm.

| pH | N | P | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ +Al ⁺³ | Ca ²⁺ | Mg ⁺² | Al ⁺³ | SB | CTC | V | M.O. |
|--------|--------------------|-----|------------------------|-----------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|------|------|----|--------------------|
| (água) | g kg ⁻¹ | --- | mg dm ⁻³ -- | | ----- | cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | % | g kg ⁻¹ |
| 4,84 | 0,14 | 8,1 | 40,1 | 7,6 | 0,83 | 0,52 | 0,15 | 0,44 | 1,10 | 1,92 | 57 | 4,19 |

Segundo a classificação climática de Thornthwaite, que está baseada numa série de índices térmicos utilizando-se o balanço-hídrico da região, Mossoró apresenta um clima do tipo DdA'a', ou seja, Semiárido, megatérmico com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano (SANTOS, 2010).

3.5 MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

3.5.1 Trator

Para tracionar o arado de disco, grade niveladora, distribuidor de calcário e a semeadora-adubadora de precisão, foi utilizado um trator marca Massey Ferguson, Figura 3, modelo 292 4 x 2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 77,3 kW (105 CV) no motor a 2200 rpm, e massa com lastro máximo de 6720 Kgf. Durante o ensaio o trator encontrava-se com lastragem máxima.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 3: Trator utilizado no experimento.

3.5.2 Semeadora-Adubadora

No experimento foi utilizada uma semeadora-adubadora de precisão, marca Marchesan, modelo T²SI, Figura 4, chassi com 2.800 mm, peso de 656 Kg e potência requerida de 60 CV operando a uma velocidade média de aproximadamente 5 km/h, ajustada a 80 cm e 50 cm entre linhas.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 4: Semeadora-adubadora utilizada no experimento.

3.5.3 Distribuidor de Calcário

Devido ao baixo pH do solo, foi realizada uma calagem na área experimental, com o objetivo de elevar o pH a uma faixa que seja adequada às exigências nutricionais do milho que é de 5,5 a 6,5. A quantidade de calcário aplicada foi calculada pelo método do cálcio e magnésio trocáveis, considerando um poder relativo de neutralização total do calcário de 80%, onde foram aplicados 2,5 t.ha⁻¹ para o milho em sistema de cultivo irrigado.

Foi utilizado o calcário dolomítico com 12% de MgO aplicado a lanço 60 dias antes da semeadura, com auxílio de um implemento de distribuição de fertilizantes, Figura 5, e incorporado a uma profundidade de 10 cm, e de uma grade niveladora de discos. Foi feita a irrigação da área para reação completa do produto com as partículas minerais do solo.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 5: Implemento utilizado para aplicação do calcário.

3.6 INSUMOS AGRÍCOLAS

Na implantação do experimento, foram utilizados sementes de milho BRAS 3010, com 98% de pureza e 90% de germinação mínima, conforme dados da empresa fornecedora. O fertilizante utilizado teve como formulação NPK 15-80-50 na fundação e 60-00-00 na cobertura, em todos os tratamentos.

Foram realizados três tipos diferentes de adubação: Adubação Orgânica (O), adubação organomineral (OM) e adubação mineral (M).

A adubação orgânica foi realizada conforme recomendação mínima da EMPARN (2010), que corresponde a 10 t.ha^{-1} de esterco bovino curtido. O material foi coletado no setor de bovinocultura da Universidade Federal Rural do Rio Grande do Norte, foi analisado e suas características químicas podem ser observadas na Tabela 3.

A adubação organomineral foi composta pela aplicação de 50% da quantidade de esterco bovino recomendado na adubação orgânica, o que corresponde a 5 t.ha^{-1} , e 50% da recomendação da adubação mineral.

A adubação mineral foi realizada com base nos parâmetros observados na análise de solo e da recomendação para a cultura do milho na região em função de uma máxima produtividade esperada. Foram aplicados 15 Kg.ha^{-1} de Nitrogênio na adubação de fundação e 60 kg.ha^{-1} na adubação de cobertura. O adubo mineral utilizado foi a uréia, que apresenta em sua constituição 50% de Nitrogênio. Em relação ao Fósforo, foram aplicados 80 kg.ha^{-1} em fundação, utilizando o Fosfato Monoamônico (MAP) de fórmula 11-52-0, constituído de 52% de P_2O_5 . A adubação potássica foi feita aplicando-

se 50 kg.ha⁻¹ de K, sendo 25 kg.ha⁻¹ na adubação de fundação, antes da semeadura e 25 kg.ha⁻¹ na adubação de cobertura, no qual foi utilizado o KCl granulado como fonte, de fórmula 00-00-60, constituído por 60% de K₂O.

Tabela 3: Características químicas observadas no esterco bovino curtido, Mossoró-RN, 2012.

| pH | N | P | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ +Al ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | SB | CTC | V | M.O. |
|--------|--------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|---|------------------|------------------|------------------|-------|-------|-----|--------------------|
| (água) | g kg ⁻¹ | -----mg dm ⁻³ ----- | | | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | % | g kg ⁻¹ |
| 7,78 | 10,22 | 80,6 | 5178,5 | 1887,4 | 0,83 | 9,6 | 8,3 | 0,44 | 39,95 | 39,35 | 100 | 34,68 |

3.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

3.7.1 Teor de Água no Solo

Para a determinação do teor de água do solo utilizou-se cápsula de alumínio, enxadão, fita plástica, balança de precisão de 0,01 g e estufa elétrica. Na fase inicial do experimento, foram coletadas amostras de solo para determinar o teor de água do solo, na camada de 0 – 20 cm. As amostras foram coletadas antes da operação de semeadura. O solo coletado foi acondicionado em cápsulas de alumínio, que foram vedadas e conduzidas ao laboratório para pesagem e secagem em estufa.

O método utilizado para determinar o teor de água do solo foi o gravimétrico padrão, com base na massa de solo seco em estufa à temperatura de 105 – 110 °C até massa constante, conforme EMBRAPA (1999), e os valores expressos em percentagem. (Tabela 4)

Tabela 4: Teor de água do solo, em %, no dia da semeadura.

| Tratamento | Blocos | | | |
|------------|--------|------|-------|------|
| | I | II | III | IV |
| O E1 | 5,84 | 5,36 | 5,78 | 5,44 |
| OM E1 | 4,70 | 5,54 | 5,50 | 6,07 |
| M E1 | 4,91 | 7,05 | 5,79 | 5,76 |
| O E2 | 7,52 | 6,23 | 5,26 | 4,50 |
| OM E2 | 4,18 | 7,90 | 11,07 | 6,01 |
| M E2 | 5,59 | 6,12 | 6,36 | 4,90 |

3.7.2 Densidade do Solo

O método utilizado para determinar a densidade do solo foi o do anel volumétrico, conforme EMBRAPA (1999). Os valores estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Densidade do solo, em g.cm^{-3} , na camada de 0-20 cm.

| Tratamento | Densidades do solo |
|------------|--------------------|
| O E1 | 1,73 |
| OM E1 | 1,71 |
| M E1 | 1,73 |
| O E2 | 1,64 |
| OM E2 | 1,63 |
| M E2 | 1,75 |

3.8 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O histórico da área experimental revela que a mesma era composta por vegetação nativa arbustiva de pequeno porte até 2010, sendo posteriormente removida. No ano de 2011 a área foi gradeada, escarificada. Também em 2011 foi implantada a cultura do feijão-caupi em sistema de preparo convencional. Em 2012 a área ficou em pousio. No preparo do solo foi realizada uma aração e, posteriormente, gradagem niveladora. O experimento foi instalado no mês de Agosto de 2012, quando foi feito a demarcação da área e locação das parcelas. A demarcação foi feita com estacas de madeira medindo 1,20 m cada (Figura 6).



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 6: Área experimental e demarcação das parcelas.

Todas as atividades desenvolvidas durante a pesquisa estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Diário do experimento.

| Data | Descrição da atividade |
|---------------|---|
| 26/09/2012 | Análise química do solo da área experimental |
| 16/10/2012 | Análise química do esterco bovino |
| 22/10/2012 | Distribuição do calcário, distribuição do esterco bovino, gradagem niveladora para incorporação |
| 20/06/2013 | Tratamento de sementes - Semeadura e adubação de cobertura - irrigação durante 3 horas |
| 24/06/2013 | Início da emergência |
| 28/06/2013 | Final da emergência |
| 05/07/2013 | Redução do tempo da irrigação para 2 h e 30 min. |
| 06-08/07/2013 | Capina manual na área experimental |
| 18/07/2013 | Instalação de 48 tensiômetros - um por parcela |
| 19/07/2013 | Redução do tempo da irrigação para 1 h e 30 min. |
| 24/07/2013 | Adubação de cobertura - uréia - 45% de N - distribuição na superfície da linha semeada |
| 26/07/2013 | Aplicação de inseticida Prêmio |
| 09/08/2013 | Início do Florescimento |
| 14/08/2013 | Leitura de tensiômetros |
| 18/10/2013 | Colheita |
| 24/10/2013 | Colheita e trilhagem das bordaduras |

3.9 SEMEADURA

A área foi cultivada com a variedade de milho BRAS 3010, produzida pela Brasmilho. É um híbrido de milho de ciclo precoce, com boa tolerância à maioria das doenças foliares, boa qualidade de colmo, estabilidade de produção e potencial produtivo adequado. Nos plantios de verão e safrinha, o BRAS 3010 destaca-se pela elevada capacidade de adaptação aos diversos níveis de investimento, com o diferencial de apresentar uma das melhores relações custo x benefício do mercado.

A semeadura foi realizada em dois espaçamentos entre linhas 80 cm (E1) e 50 cm (E2), correspondente a um dos fatores avaliados no experimento, como visto na Figura 7.



(A)



(B)

Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 7: Espaçamentos utilizados no experimento, 80 cm (A) e 50 cm (B).

Com os valores de percentagem de emergência e pureza de cada lote de sementes utilizada no experimento, a semeadora foi regulada para distribuir 3,46 e 4,18 sementes por metro linear para os espaçamentos de 50 e 80 cm, respectivamente. O valor esperado era de 69.200 e 52.250 sementes por hectare, para uma população desejada de 50.000 plantas por hectare.

3.10 IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi o convencional por aspersão, alimentado por uma bomba hidráulica trifásica da marca Thebe, com potência de 7,5 CV e vazão máxima de $38 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, constando de 9 linhas secundárias distanciadas 12 m entre si, com 8 aspersores da marca Agropolo NY 25 em cada linha, também espaçados de 12 m. Os aspersores tem pressão de trabalho de 25 mca, raio de alcance de 12 m, vazão de 528

$L.h^{-1}$ e altura do jato de 2,5 m. O modelo de aspersor utilizado pode ser visto na Figura 8. Com os dados meteorológicos da estação instalada próximo ao experimento determinou-se a lâmina de água necessária para cada fase da cultura.

Cada ponto da área experimental recebeu uma lâmina de irrigação de $3,5 mm.h^{-1}$. Nos primeiros 15 dias de experimento, foi adotado um tempo de irrigação de 3 horas diárias. Após 15 dias, reduziu-se esse tempo para 2,5 horas diárias e, nos últimos 90 dias de experimento, o tempo de irrigação foi de 1,5 horas diárias. É importante ressaltar que a irrigação foi feita sempre no período noturno, devido a melhor eficiência de aplicação e melhor aproveitamento hídrico por parte da cultura.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 8: Detalhe do modelo de aspersor.

3.11 TRATOS CULTURAIS

Foi realizada uma capina manual para retirada da vegetação nativa rasteira e, para combater a lagarta cartucho, foi aplicado inseticida 36 dias após a semeadura, com auxílio de um pulverizador costal. O inseticida utilizado foi o Prêmio e a dose aplicada foi de $100 ml.ha^{-1}$; aplicou-se uma calda de 1,92 L nas parcelas com espaçamento de 80 cm e 1,20 L nas parcelas com espaçamento de 50 cm.

3.12 COLHEITA

A colheita foi feita 117 dias após a semeadura quando todas as plantas estavam totalmente secas. Foram colhidas e contabilizadas todas as espigas das duas linhas

centrais e num comprimento de 20 m no interior das parcelas, não sendo colhidas, pois, as espigas nos 5 m das extremidades e nas duas linhas laterais das parcelas (bordaduras). As espigas foram depositadas em sacos plásticos devidamente catalogados e encaminhadas para debulha mecânica, retirando-se as impurezas provenientes da colheita e deixando assim os grãos limpos para pesagens e determinação da massa de grãos. Foram retiradas, aleatoriamente, 10 espigas, as quais foram encaminhadas a laboratório e avaliados os componentes de produção.

A Tabela 7 contém o diário do experimento, onde consta todas as atividades realizadas como também suas respectivas datas.

3.13 PARÂMETROS AVALIADOS

A partir da emergência da primeira plântula, foi avaliado:

- Índice de velocidade de emergência (IVE);
- População inicial.

Ao final do ciclo foram avaliados:

- Altura de inserção de espiga;
- Diâmetro de colmo;
- Número de espigas por planta;
- População final;
- Componentes de produtividade.

Os componentes de produtividade avaliados foram:

- Massa da espiga com palha;
- Massa da espiga sem palha;
- Comprimento da espiga;
- Diâmetro da espiga;
- Número de grãos por espiga;
- Massa de grãos por espiga;
- A massa seca de 1000 grãos, corrigido os grãos a uma umidade de 13%;
- Produtividade.

As avaliações são embasadas nas recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1996), que considera como aceitáveis todos os espaçamentos entre sementes de 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio (EM) esperado.

Os valores obtidos fora desse limite são considerados como espaçamentos falhos (acima de 1,5 vezes EM) ou múltiplos (abaixo de 0,5 vezes EM).

3.13.1 Índice de Velocidade de Emergência

Para avaliar o índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) foi considerado como área útil apenas as duas linhas centrais das parcelas e, nessas, desconsiderou-se 5 m nas extremidades. Dessa forma, os dados para IVE foram extraídos de uma linha de 20 m no interior de cada parcela.

A contagem das plântulas foi realizada diariamente até que o número de plântulas emergidas tornou-se constante. Cada planta foi considerada emergida, a partir do instante em que a mesma rompeu o solo e ser observada a olho nu de um ângulo qualquer. A partir dessas contagens, se expressou o IVE, utilizando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

IVE = Índice de Velocidade de Emergência.

G_1 , G_2 e G_n = Número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem.

N_1 , N_2 e N_n = Número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagem.

3.13.2 População Inicial

A determinação da população inicial existente nas parcelas foi feita à partir dos dados de IVE, sendo o correspondente transformado em plantas por hectare.

3.13.3 Altura de Inserção de Espiga

A altura de inserção de espiga foi determinada com a utilização de trena flexível milimetrada, medindo-se a distância do solo ao pedúnculo da espiga, como mostrado na Figura 9.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 9: Trena para medição da altura de inserção de espiga.

3.13.4 Diâmetro de Colmo

O diâmetro do colmo, Figura 10, foi determinado, em milímetros, com auxílio de paquímetro, tomando como base o primeiro internódio da planta.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 10: Trena para medição do diâmetro do colmo.

3.13.5 Número de Espigas por Planta

Para considerar as espigas como comerciais foram adotados os critérios de comprimento das espigas maior que 15 cm e o diâmetro maior que 3 cm, e ainda espigas isentas de pragas e doenças.

3.13.6 População Final

A população final foi obtida pela contagem das plantas na área útil da parcela, transformando-se a população obtida para a correspondente por hectare, quando foi feita, também, a colheita final do experimento.

3.13.7 Massa da Espiga com Palha e sem Palha

A massa da espiga com e sem palha, Figura 11, foi determinada com auxílio de uma balança de precisão.



(A)



(B)

Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 11: Medição da massa das espigas com palha (A) e sem palha (B).

3.13.8 Comprimento da Espiga

O comprimento da espiga, Figura 12, foi determinado com o auxílio de uma régua graduada, em centímetros.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 12: Medição do comprimento da espiga.

3.13.9 Diâmetro da Espiga

O diâmetro da espiga, Figura 13, correspondeu ao diâmetro, em milímetros, da porção central das espigas e foi determinado com o auxílio de paquímetro digital.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2014).

Figura 13: Medição do diâmetro de espiga.

3.13.10 Número de Grãos por Espiga

Após contagem na região central da espiga, foi contado, manualmente, o número de grãos por espiga.

3.13.11 Massa de Grãos por Espiga

A massa de grãos por espiga foi obtido a partir da pesagem dos grãos das espigas, após a debulha manual, determinado em balança analítica de precisão e corrigindo-se a umidade dos grãos para 13%.

3.13.12 Massa de 1000 Grãos

A massa de 1000 grãos, em gramas, foi determinada após a contagem manual dos grãos e os mesmos serem levados à balança de precisão. A umidade dos grãos foi corrigida para 13%.

3.13.13 Produtividade

A produtividade de grãos foi obtida a partir da colheita e pesagem de grãos das espigas da área útil de cada parcela, sendo a massa de grãos corrigida para 13 % de umidade, extrapolando-se este componente para Kg.ha^{-1} .

3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos durante o experimento foram tabulados submetidos à análise de variância utilizando-se o teste “F” a 5 % de probabilidade. Para os casos em que o teste de F foi significativo, foi realizado o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as interações que apresentaram valor de F significativo procedeu-se o desdobramento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para interpretar os resultados nas tabelas da síntese da análise de variância, observa-se que a ausência de letras comparativas implica em interação significativa e, neste caso, será explicitado por uma tabela de desdobramento.

4.1 ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE)

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 7, verifica-se que ocorreu diferença significativa para o fator espaçamento entre linhas de semeadura, para a variável índice de velocidade de emergência (IVE).

Tabela 7: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável IVE.

| Fatores | IVE (plantas.dia ⁻¹) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 12,94a |
| Organomineral | 14,33a |
| Mineral | 13,35a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 9,63b |
| 80 | 17,36a |
| Teste F | |
| Adubação | 1,28 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 121,35 ^{**} |
| A X E | 3,34 ^{N.S} |
| Médias | 13,50 |
| CV (%) | 12,72 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Para o fator adubação não houve diferenças significativas para o IVE, como pode ser observado na Tabela 7, diferindo dos resultados encontrados por Mata et al., (2011), os quais observaram melhor resposta para crescimento de planta com a adubação orgânica acima de 30 t.ha⁻¹, e Cancellier et al., (2010). Tal efeito pode ser explicado pelas melhores condições de estrutura e aeração do solo, como também, pelo

fornecimento de nutrientes proporcionados pela matéria orgânica e melhor disponibilidade hídrica para a planta.

Para o fator espaçamento, o IVE apresentou diferenças significativas, sendo o maior valor obtido para o espaçamento E1 (80 cm).

4.2 POPULAÇÃO INICIAL

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 8, verifica-se que não ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas de semeadura para a variável população inicial.

Para o fator adubação, a maior média de população inicial foi observada com a adubação mineral. Para o fator espaçamento, a maior média foi verificada no espaçamento de 50 cm.

Tabela 8: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável população inicial.

| Fatores | População Inicial (plantas) |
|--------------------------|--------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 53,12a |
| Organomineral | 51,65a |
| Mineral | 53,92a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 55,33a |
| 80 | 50,46a |
| Teste F | |
| Adubação | 0,21 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 2,84 ^{N.S} |
| A X E | 2,67 ^{N.S} |
| Médias | 52,90 |
| CV (%) | 13,36 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.2 ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 9, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas de semeadura para a variável altura de inserção de espigas.

Tabela 9: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável altura de inserção de espiga.

| Fatores | Altura de inserção de espiga (cm) |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 76,58b |
| Organomineral | 79,94a |
| Mineral | 78,50ab |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 76,78b |
| 80 | 79,90a |
| Teste F | |
| Adubação | 6,11** |
| Espaçamentos | 15,65** |
| A X E | 1,25 ^{N.S} |
| Médias | 78,34 |
| CV (%) | 15,54 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Para o fator adubação, os tratamentos com adubação orgânica e organomineral apresentaram diferenças significativas, tendo o maior valor sendo observado para a adubação organomineral. Mata et al., (2010) encontrou melhor resposta para altura de inserção da espiga com dose de 20 t.ha⁻¹ seguida pela adubação mineral. Paiva et al., (2012) não obteve diferenças significativas quando comparou adubação química e orgânica, esta a base de esterco bovino e com uma dose fixa de 40 t.ha⁻¹, incorporado antes, durante e depois da semeadura.

Para o fator espaçamento entre linhas os espaçamentos apresentaram diferenças significativas, sendo o maior valor verificado para o espaçamento E1 (80 cm). Resultados semelhantes foram encontrados por Porto (2010). Segundo o pesquisador, em espaçamentos mais abertos o milho tem como característica apresentar maior altura de planta, por conseguinte maior altura de inserção de espigas. Resultados contrários a esse estudo foram verificados por Guarnieri (2006) e Lopes et al., (2012). Os

pesquisadores afirmam que a redução da distância entre as plantas na linha propicia um arranjo mais equidistante dos indivíduos na área de cultivo. Esse procedimento reduz a competição entre plantas por água, luz e nutrientes, otimizando a sua utilização.

4.3 DIÂMETRO DO COLMO

Observando-se os dados da Tabela 10, percebe-se que para esta variável ocorreu interação estatística significativa entre os fatores adubação e espaçamento. A Tabela 11 mostra o desdobramento da interação entre os fatores adubação e espaçamento. Analisando-se o desdobramento do fator espaçamento dentro de cada adubação, verifica-se que o diâmetro do colmo apresentou diferença significativa apenas para a adubação organomineral, com maior valor obtido para o espaçamento E2 (50 cm). Segundo Gonçalves (2008), este fato pode ser explicado pela melhor interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura nos estádios iniciais e anteriores ao florescimento para os menores espaçamentos, o mesmo também pode ser justificado pelo maior espaçamento entre plantas na linha de semeadura nos menores espaçamentos entre linhas.

Tabela 10: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável diâmetro de colmo.

| Fatores | Diâmetro de colmo (mm) |
|--------------------------|------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 20,00 |
| Organomineral | 20,43 |
| Mineral | 20,82 |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 20,46 |
| 80 | 20,38 |
| Teste F | |
| Adubação | 6,73 ^{**} |
| Espaçamentos | 0,19 ^{N.S} |
| A X E | 3,08 [*] |
| Médias | 20,42 |
| CV (%) | 13,74 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Analisando-se o comportamento das adubações em cada espaçamento, no espaçamento E1 (80 cm), a adubação mineral proporcionou o maior diâmetro de colmo, que diferiu significativamente das adubações orgânica e organomineral, no espaçamento E2 (50 cm), foi verificada diferença estatística entre a adubação orgânica frente as demais, a adubação organomineral proporcionou maior diâmetro de colmo. Segundo Paiva et al. (2012), o material orgânico disponibilizado através do esterco aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, funciona como fonte de energia para microrganismos úteis, minimiza as variações na reação do solo provocadas por diversas causas, aumenta a infiltração e armazenamento de água. Condiciona o solo, dando uma melhor estruturação e aeração que facilitam o desenvolvimento do sistema radicular além de ajudar no fornecimento de nutrientes para o solo, disponibilizando-os para as plantas (MALAVOLTA et al., 2002).

Tabela 11: Desdobramento da interação entre os fatores adubação e espaçamento para a variável diâmetro do colmo.

| Adubação | Espaçamentos | |
|---------------|--------------|---------|
| | 50 cm | 80 cm |
| Orgânica | 19,88bA | 20,13bA |
| Organomineral | 20,79aA | 20,07bB |
| Mineral | 20,71aA | 20,93aA |

Em cada coluna, média seguida de mesma letra minúscula, e em cada linha média seguida de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.4 NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 12, verifica-se que ocorreu diferença significativa para o fator espaçamento entre linhas.

As adubações utilizadas não influenciaram significativamente o número de espigas por planta, contudo o menor valor foi verificado para a adubação orgânica; os espaçamentos entre linhas diferiram significativamente com maior valor sendo obtido para o espaçamento E1 (80 cm). Esses resultados diferem dos encontrados por Penariol et al., (2003) e Demétrio (2008) e corroboram com os resultados encontrados por Calonego et al., (2011) estudando o efeito de dois espaçamentos (45 e 90 cm) sobre o crescimento e produtividade do milho AG 1051. Modolo et al., (2010) observou que o espaçamento entre linhas afetou de forma significativa o número de espigas por planta,

porém em seu trabalho, o menor espaçamento, 45 cm, resultou em maior número de espigas quando comparado aos espaçamentos de 70 e 90 cm, respectivamente.

Tabela 12: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável número de espigas por planta.

| Fatores | Número de espigas por planta |
|-------------------|---------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 1,08a |
| Organomineral | 1,13a |
| Mineral | 1,13a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 1,08b |
| 80 | 1,14a |
| Teste F | |
| Adubação | 2,16 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 7,47 ^{**} |
| A X E | 1,20 ^{N.S} |
| Médias | 1,11 |
| CV (%) | 28,53 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.5 POPULAÇÃO FINAL

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 13, verifica-se que ocorreu diferença significativa para o fator espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, os resultados não apresentam diferença significativa. Resultados distintos, utilizando biofertilizante sobre a produção de espigas de milho, foram determinados por Moreira (2002), que verificou efeitos significativos da adubação orgânica, a base de esterco de gado, na população final de plantas de milho, independente da densidade e do tamanho das sementes. Segundo Arnon (1975) é normal uma redução de 10 a 25% na população final de plantas entre a semeadura e a colheita, devido a perdas na germinação, pragas do solo e da fase inicial da cultura, deficiência hídrica ou danificações mecânicas.

Foram observadas diferenças significativas para o fator espaçamento entre linhas, sendo verificada maior média no espaçamento de 50 cm.

Tabela 13: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável população final.

| Fatores | População Final (plantas) |
|-------------------|------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 22.57a |
| Organomineral | 27.78a |
| Mineral | 30.22a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 31.16a |
| 80 | 22.55b |
| Teste F | |
| Adubação | 1,88 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 6,85 [*] |
| A X E | 1,41 ^{N.S} |
| Médias | 26.859 |
| CV (%) | 30,01 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.5 MASSA DA ESPIGA COM E SEM PALHA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 14, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, na variável massa das espigas com palha, todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas, tendo o maior valor sendo observado para a adubação organomineral; houve um incremento de 10,9% na massa quando relacionada a adubação organomineral com a adubação mineral e 29,9% quando relacionada com a adubação orgânica.

Para a variável massa das espigas sem palha, o tratamento com adubação orgânica diferiu significativamente da adubação organomineral e mineral, tendo o maior valor sendo observado também para a adubação organomineral, os incrementos na massa de espiga sem palha foram de 9,8% e 29,7%, quando relacionada com a adubação mineral e orgânica, respectivamente. Resultados distintos foram observados por Paiva (2011), o mesmo verificou que os melhores resultados foram obtidos no tratamento quando aplicados 30 t.ha⁻¹ de esterco bovino.

Para o fator espaçamento entre linhas, tanto as espigas com palha como as sem palha mostraram resultados semelhantes, obtiveram maiores médias quando o espaçamento entre linhas foi de 80 cm.

Tabela 14: Síntese da análise de variância e teste de médias para as variáveis massa da espiga com palha e sem palha.

| Fatores | Massa da espiga com palha (g) | Massa da espiga sem palha (g) |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Adubação | | |
| Orgânica | 103,43c | 90,56b |
| Organomineral | 134,45a | 117,52a |
| Mineral | 121,18b | 107,01a |
| Espaçamentos (cm) | | |
| 50 | 107,22b | 93,98b |
| 80 | 132,14a | 116,08a |
| Teste F | | |
| Adubação | 21,06 ^{**} | 17,66 ^{**} |
| Espaçamentos | 40,49 ^{**} | 35,05 ^{**} |
| A X E | 1,55 ^{N.S} | 1,62 ^{N.S} |
| Médias | 119,68 | 105,03 |
| CV (%) | 25,34 | 27,53 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.6 COMPRIMENTO DA ESPIGA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 15, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, a adubação orgânica diferiu da organomineral e mineral, sendo que a orgânica obteve a menor média de comprimento de espiga. Resultados distintos foram obtidos por Mata et al., (2010), o qual não verificou distinções nos comprimentos de espigas do híbrido de milho DAS655. Corroboram com os de Reina et al., (2010), que verificaram diferença no comprimento das espigas submetidas a adubação orgânica, à partir de uma dose de 20 t.ha⁻¹ de esterco bovino, comparada com a adubação química.

Para o fator espaçamento entre linhas, os resultados diferem dos obtidos por Porto et al., (2011), Turco (2011) e Stacciarini et al., (2010). Os resultados corroboram

com os obtidos por Gilo et al., (2011) e Carvalho et al., (2012). Esses últimos afirmam que os maiores espaçamentos podem proporcionar maior incidência de luz no dossel. A competição das plantas pela radiação solar incidente, por nutrientes e água, determina a formação da espiga, sobretudo em cultivo adensado, que pode implicar num *déficit* de suprimento de carbono e nitrogênio para as plantas.

Tabela 15: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável comprimento da espiga.

| Fatores | Comprimento da espiga (cm) |
|--------------------------|----------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 14,93b |
| Organomineral | 15,91a |
| Mineral | 15,83a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 15,30b |
| 80 | 15,82a |
| Teste F | |
| Adubação | 7,02** |
| Espaçamentos | 4,81* |
| A X E | 0,62 ^{N.S} |
| Médias | 15,56 |
| CV (%) | 11,83 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V: coeficiente de variação.

4.7 DIÂMETRO DA ESPIGA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 16, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, os tratamentos com adubação orgânica apresentaram diferenças estatísticas com a adubação organomineral e a mineral, no qual organomineral obteve a maior média, 38,78 cm. Segundo Mata et al., (2010) o diâmetro da espigas reflete a capacidade produtiva da planta, o maior diâmetro favorece a formação de maior quantidade de grãos. O autor verificou que as doses de esterco responsáveis pelo melhor efeito no diâmetro foram 20, 40, 50 e 60 t.ha⁻¹. Estudando

diferentes cultivares de milho híbrido sob adubação orgânica, Santos et al., (2005) verificaram um diâmetro de espiga de 44 mm, em média.

Para o fator espaçamento entre linhas, a maior média de diâmetro de espiga foi obtida no espaçamento E1 (80 cm). Os resultados diferem dos obtidos por Carvalho (2012) e Bruno (2006) os quais não obtiveram significância nos diâmetros das espigas em diferentes espaçamentos; somente puderam observar uma tendência de diminuição no diâmetro de espiga com o aumento do espaçamento, no qual afirmam estar relacionado com o aumento da população e competição intra-específica.

Tabela 16: Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável diâmetro da espiga.

| Fatores | Diâmetro da espiga (cm) |
|-------------------|-------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 37,01b |
| Organomineral | 38,87a |
| Mineral | 38,27a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 37,32b |
| 80 | 38,78a |
| Teste F | |
| Adubação | 6,79** |
| Espaçamentos | 12,23** |
| A X E | 1,04 ^{N.S} |
| Médias | 38,05 |
| CV (%) | 8,53 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V: coeficiente de variação.

4.8 NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 17, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, a maior média de grãos por espiga foi verificada com a adubação organomineral, 462,18 grãos, seguida pela adubação mineral, 443,95 grãos, e

adubação orgânica, 416,83 grãos. Resultados diferentes foram verificados por Rodrigues et al., (2012).

Para o fator espaçamento entre linhas, o híbrido apresentou melhores resultados quando semeado no espaçamento de 80 cm entre linhas, corroborando com os resultados encontrados por Calonego et al., (2011). Resultado diferente de Takasu et al., (2012) e Sangoi et al., (2011). Gonçalves (2008) e Farinelli; Penariol; Fornasieri Filho (2012) não verificaram diferenças significativas no número de grãos por espiga com a variação de espaçamentos entre linhas.

Tabela 17: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável número de grãos por espiga.

| Fatores | Número de grãos por espiga |
|-------------------|-------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 416,83b |
| Organomineral | 462,18a |
| Mineral | 443,95ab |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 428,67b |
| 80 | 453,30a |
| Teste F | |
| Adubação | 6,56** |
| Espaçamentos | 5,73* |
| A X E | 0,20 ^{N.S} |
| Médias | 440,98 |
| CV (%) | 18,07 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.9 MASSA DE GRÃOS POR ESPIGA

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 18, verifica-se que ocorreu diferença significativa para os fatores adubação e espaçamento entre linhas.

Para o fator adubação, o tratamento com adubação orgânica apresentou diferenças estatísticas com relação a adubação organomineral e mineral, sendo que a organomineral obteve a maior média, aumento de 31,94% em relação a orgânica.

Resultados distintos foram obtidos por Santos et al., (2007), Silva et al., (2007) e Gomes et al., (2008). Segundo estes últimos, o aumento da produtividade de grãos em função dos níveis de adubação orgânica é justificado pelo fato de que, em geral, o aumento das doses do adubo orgânico resultam em aumento dos teores, no solo, de carbono orgânico, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P, da CTC efetiva e CTC total.

Tabela 18: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável massa de grãos por espiga.

| Fatores | Massa de grãos por espiga (g) |
|--------------------------|-------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 68,78b |
| Organomineral | 90,75a |
| Mineral | 81,86a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 71,04b |
| 80 | 89,88a |
| Teste F | |
| Adubação | 15,11** |
| Espaçamentos | 32,93** |
| A X E | 2,65 ^{N.S} |
| Médias | 80,46 |
| CV (%) | 31,59 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo ($P < 0,01$); *: significativo ($P < 0,05$); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

Para o fator espaçamento entre linhas, a maior média de massa de grãos por espiga foi observada no espaçamento E1 (80 cm), 89,88 g, contra 71,04 g no espaçamento E2 (50 cm). Os resultados deste estudo corroboram com os obtidos por Deparis (2006) e divergem dos obtidos por Cardoso e Ribeiro (2013).

Mesmo os resultados deste estudo apresentando melhores resultados no maior espaçamento, segundo a EMBRAPA (2008), os espaçamentos mais estreitos promovem algumas vantagens potenciais, entre elas podem ser citadas o aumento do rendimento de grãos, em função de uma distribuição mais equidistante de plantas na área, aumentando a eficiência de utilização de luz solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, diminuindo, dessa forma, a duração do período crítico das plantas daninhas; redução da erosão, em consequência do efeito da cobertura antecipada da superfície do solo; melhor qualidade

de plantio, através da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas, como, por exemplo, milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo. Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o sistema de plantio direto.

Há uma tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos (45 e 50 cm). Essa redução no espaçamento resulta em maior massa de grãos por espiga. Esse comportamento se deve aos híbridos atuais terem características de porte mais baixo, arquitetura mais ereta, melhor arquitetura foliar e menor massa vegetal, o que permite cultivos mais adensados em espaçamentos mais fechados. Devido a essas características, esses materiais exercem menores índices de sombreamento e captam melhor a luz solar.

4.10 MASSA DE 1000 GRÃOS

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 19, não foi verificada diferença significativa para nenhum dos fatores, inclusive interação.

Para o fator espaçamento entre linhas, a maior média foi verificada no espaçamento de 80 cm, mesmo esta variável não apresentando diferenças estatísticas. Resultados semelhantes foram obtidos por Amaral Filho (2005), Dallastra et al., (2009), Demétrio et al., (2008), Balbinot Júnior e Fleck (2004) e Flesch e Vieira (2004) e Stacciarini et al., (2010), os quais não encontraram diferenças significativas para a massa de 1000 grãos nos diferentes espaçamentos utilizados.

Silva et al., (2009), em trabalho realizado com o objetivo de identificar o arranjo ideal de plantas por unidade de área, utilizando híbridos comerciais, cultivados sob diferentes densidades populacionais com base no espaçamento entre linhas e de plantas por metro linear, observaram que as diferenças proporcionadas nos componentes de rendimento de milho, entre elas o peso de mil grãos, se devem mais a densidade populacional do que exclusivamente ao espaçamento entre linhas (MODOLO et al., (2010).

Tabela 19: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável massa de 1000 grãos.

| Fatores | Massa de 1000 grãos (g) |
|--------------------------|----------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 127,03a |
| Organomineral | 124,57a |
| Mineral | 122,29a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 123,17a |
| 80 | 126,09a |
| Teste F | |
| Adubação | 0,54 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 0,61 ^{N.S} |
| A X E | 0,44 ^{N.S} |
| Médias | 124,63 |
| CV (%) | 7,35 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4.11 PRODUTIVIDADE

De acordo com a síntese da análise de variância e do Teste de médias apresentado na Tabela 20, não foi verificada diferença significativa para nenhum dos fatores, inclusive interação.

Para o fator adubação, mesmo a produtividade não apresentando efeito significativo entre as adubações, a maior e menor média encontrada foi com a adubação organomineral e orgânica, 1414,8 Kg.ha⁻¹ e 933,0 Kg.ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes aos observados por Chancellier (2011). Silva et al., (2007) afirmam que o uso contínuo da adubação organomineral na cultura do milho, provoca aumentos significativos, por vários anos, na produção de grãos.

Para o fator espaçamento entre linhas, os resultados deste estudo corroboram com Dallastra (2011) e Ambrosio (2013), no qual observaram que a produtividade do milho não sofreu influência da variação de espaçamento (40 e 80 cm); Penariol et al., (2003) e Gilo et al., (2011), estudando o efeito de dois espaçamentos (45 cm e 90 cm) em seis híbridos de milho. Alguns autores verificaram que o aumento do espaçamento provocou aumento de produtividade. Calonego et al., (2011) encontraram uma

produtividade de 10.606 Kg.ha⁻¹ com um espaçamento de 90 cm, enquanto que, com um espaçamento de 45 cm, a produtividade foi de 8.895 Kg.ha⁻¹. O mesmo afirma que, mesmo o experimento tendo apresentado maior produtividade no maior espaçamento entre linhas, recomenda-se espaçamentos mais reduzidos, por permitir, na maioria dos casos, um aumento da densidade de plantas, rápido fechamento entre linhas e controle de plantas daninhas.

Segundo Argenta et al., (2001), o incremento do rendimento dos grãos com a redução do espaçamento entre as linhas é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre as plantas na linha por luz, água e nutrientes, devido a sua distribuição mais equidistante das plantas. Outros fatores também podem ser citados como o tipo de híbrido, população de plantas, as características climáticas da região e o nível de fertilidade do solo (SANGOI et al., 2002).

Tabela 20: Síntese da análise da variância e teste de médias para a variável produtividade.

| Fatores | Produtividade Kg.ha ⁻¹ |
|-------------------|--------------------------------------|
| Adubação | |
| Orgânica | 933,0a |
| Organomineral | 1414,8a |
| Mineral | 1390,1a |
| Espaçamentos (cm) | |
| 50 | 1206,8a |
| 80 | 1285,2a |
| Teste F | |
| Adubação | 3,65 ^{N.S} |
| Espaçamentos | 0,23 ^{N.S} |
| A X E | 0,18 ^{N.S} |
| Médias | 1245,99 |
| CV (%) | 32,23 |

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **: significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); N.S: não significativo; C.V.: coeficiente de variação.

4. CONCLUSÃO

Para a cultivar avaliada conclui-se que:

- O espaçamento de 80 cm foi o que promoveu melhores valores nos componentes de produção, com exceção do diâmetro do colmo.
- A adubação organomineral foi a que promoveu melhores valores para a maioria dos componentes de produção.
- Os espaçamentos entre linhas e as adubações não afetaram a produtividade.
- A adubação organomineral se mostrou como sendo uma alternativa viável em função da redução de custos de produção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; SILVA, R.S. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e Comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.2, p.69-76, 2008.

ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste. Informe rural ETENE. Banco do Nordeste, 2012.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v.29, p. 467-473, 2005.

AMBROSIO, R. Potencial bioenergético da biomassa residual do milho e exportação de nutrientes considerando espaçamento entre linhas e adubação nitrogenada. 2013. 39f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

ARAÚJO, P.M.; NASS, L.L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.589-593, 2002. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 1992. 365 p

ARATANI, R. G.; FERNANDES, F. M.; MELLO, L. M. M. de. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.5, p.1-10, 2006.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.1, p.71-78, jan.2001.

ARNON, I. Plant population density. In: ARNON, I. (ed.). **Mineral nutrition of maize**, Bern. International Potash Institute, 1975. p. 76-78.

BALBINOT JUNIOR.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 06, p. 245-252, 2004.

BORTOLINI, C. G. Influência do espaçamento entre linhas e do estande de planta de milho sobre o rendimento de grãos. In: XXIV CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Florianópolis, 01 a 05 de setembro de 2002.

BOTELHO, P. H.; MARCELO, F. Efeito do despendoamento e da desfolha em plantas de milho híbrido na produção de sementes, sob diferentes espaçamentos na entrelinha. FAPEMG: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Resumo expandido. MG. 2006.

BRUNO, C. Efeito de espaçamento entre linhas na cultura do milho consorciado com leguminosas. Alta Floresta, 2006. 49f. **TCC (Agronomia)** - Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT).

BUSO, W. H. D.; FIRMIANO, R. S.; SILVA, L. B.; SOUZA, D. G.; ARNHOLD, E. Influência da densidade populacional e do espaçamento nos parâmetros agrônômicos e produtivos na cultura do milho. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia, SP.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.12, p.84-90, 2011.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.18, n.3, p.69-101, set./dez. 2001.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M. Influência da adubação orgânica na linha de semeadura na emergência e produção forrageira de milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.5, p. 25-32, 2010.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. L. S.; SANTOS, M. X. Melhoramento genético das cultivares de milho CMS 47 e BR 5039 (São Vicente) na Região Meio-Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.88-96, 2003.

CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L.; SANTOS, M.X.; LEAL, M.L.S.; OLIVEIRA, A.C. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.43-52, 2003.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade de grãos de milho sob espaçamento reduzido em áreas de cerrado do Meio-Norte brasuleiro. CONVIBRA. 2013. Disponível em: http://www.convibra.org/upload/paper/2013/83/2013_83_8452.pdf.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (**Coleção Mossoroense**, Série B) 62p. 1995.

CARMO, M. S.; MAGALHÃES, M. M. Agricultura sustentável: avaliação da eficiência técnica e econômica de atividades agropecuárias selecionadas no sistema não convencional de produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.29, n.7, p.7-98, 1998.

CARVALHO, I. Q. Espaçamento entre fileiras e população de plantas de milho. 2007, 118f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

CARVALHO, H. W. L.; CARDOSO, M. J.; SILVA, M. L.; SANTO, L. M. X.; TABOSA, J. N.; SOUZA, E. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no

Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.471-477, 2005.

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. de L. S.; SANTOS, M X.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, M. J.; CARVALHO, B. C. L. de. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1773-1781, 2000.

CARVALHO, H.W.L. de; LEAL, M. de L. da S.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X. dos; TABOSA, J.N.; CARVALHO, B.C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no nordeste brasileiro no triênio 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.11, p.1581-1588, nov. 2002.

CARVALHO, H.W.L.; CARDOSO, M.J.; LEAL, M.L.S.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; SOUZA, E.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.471-477, maio 2005.

CARVALHO, M. G. Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica mineral. 2012. 61 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí.

CIANCIO, N. H. R. Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral. Santa Maria, 2010. 86f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.

CIB – Conselho de Informação Informações sobre Biotecnologia. Guia do milho tecnologia do campo a mesa. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf>. Acesso em: 10 set. 2009.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação do milho. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira – Grãos: Safra 2011/2012. Décimo segundo levantamento, setembro, 2012. Brasília, 30 p.

COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; LIMA, V. L. A.; GUIMARÃES, M. M. B.; LUCENA, A. M. A. Resposta do efeito da compactação do solo adubado com torta de mamona nos macronutrientes das folhas da mamoneira. In: **Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel**, 2. Brasília. **Anais...** Brasília: BIPTI, 2006. 1 CDROM.

COSTA, K. D. S. Efeito de diferentes espaçamentos entre linhas no desempenho de genótipos de milho (*Zea mays* L.) no município de Rio Largo-AL. 2011. 30 f. **TCC**. Universidade Federal de Alagoas.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v.2, UFV, Viçosa, 2004.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Revista ITEM (Irrigação & Tecnologia Moderna)**, Brasília, DF, v. 54, n. 2, p. 46-55, 2002.

DALLASTRA, A.; FAGUNDES, R. S.; SCHEK, G.; FACCHI, L.; PEREIRA, L. R. P. Produtividade de variedades de milho sobre influência do espaçamento entre linhas e densidade populacional. **Faculdade Assis Gurgacz – FAG**, Curso de Agronomia, 2011.

DELEO, J. P .B. Se eu calcular todos os custos, desisto da roça. **Brasil Hortifrutigrangeiro**, v. 56, n. 5, p. 6-13, 2007.

DEMÉTRIO, C. S. Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal – SP. 2008. 68 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal – SP.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scitiarum Agronomy**, v.29, p.517-525, 2007.

DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C. et al. Economia da produção e utilização do milho. In: **Cultivo do milho**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sistema de produção, 1. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/economiadaprodu.htm>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, R.C.; COSTA, J.D.; FANCELLI, A.L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil central. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.491-501, 1995.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Brasília: 1999.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Brasília: 2013.

EMPRAPA MILHO E SORGO. **Sistemas de Produção**, 1 ISSN 1679-012 Versão Eletrônica – 2ª Edição. Dez./2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/>. Acesso em: 05 fev. 2014.

EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. 2002. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>. Acesso em: 20 dez. 2013.

EMPRAPA MILHO E SORGO. **Sistemas de Produção**. Sete Lagoas, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 27 set. 2011.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistemas de produção**. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 4ª edição, 2008. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_4ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 27 fev. 2014.

EMBRAPA CERRADOS. **Mandioca no Cerrado**. Disponível em: http://www.fbb.org.br/data/files/8AE389DB3309CEE001331C7AC60B55C6/manual_mandioca_no_cerrado.pdf. Acesso em: 05 fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN): Disponível em: www.emparn.rn.gov.br. Acessado em 26 de maio de 2012.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G. de; AMARAL, P. N. C. do; PEREIRA, R. C.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C. Adubação orgânica: chance para os pequenos. **Revista Cultivar**, v.9, p. 38-41, 1999.

FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em 05 jan. 2011.

FANCELLI, A.L; DOURADO-NETO, D. Produção de Milho. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p. FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. – pacote computacional).

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. **In: Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto**. Piracicaba, SP, 2000, Cd-rom.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.21-27, 2012.

FEPAGRO/EMATER/ASCAR. Indicações técnicas para o cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul 2005/2006. **Reunião técnica anual de pesquisa de milho e sorgo do RS** (50 E 33: Porto Alegre), 2005. Porto Alegre, 155 p.

FERNANDES, E. C.; MOTAVALLI, P. P.; CASTILLA, C.; MUKURUMBIRA, L. Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems. **Geoderma**, Tucson, v. 79, n. 1, p. 49-67, 1997.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p. 45-50, 2002.

FLESCH, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamento e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p. 25-31, jan./fev. 2004.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. Adubação orgânica em milho. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.9, 1999.

GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 2, p. 183-191, 2007.

GARRIDO, M. S. Adubação orgânica em sistemas agroecológicos do Nordeste. Lavras, 2005. 21p. **Monografia Especialização**, UFLA – Universidade Federal de Lavras.

GARRIDO, M.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.S.C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. In: MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2008. 291 p

GILO, E. G., SILVA JÚNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado sul-matogrossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Bioscience Journal**, v.27, n.6, p. 908-914, Nov./Dec. 2011, Uberlândia-MG.

GOMES, J.A., SCAPIM, C.A., BRACCINI, A.L.; FILHO, P.S.V.; SAGRILO, E.; MOURA, F. Adubação orgânica e mineral, produtividade de milho e características físicas e químicas de um Argissolo vermelho amarelo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n. 03, 521-529, 2005.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; TRAUTMANN, R. R.; MARENGONI, N. G.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, A. L. Produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e Zn em Argissolo Vermelho amarelo Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutroférico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1231-1236, 2007.

GONÇALVES, M. L. Desempenho agrônomo de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais. 2008, 68 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon-PR.

GONÇALVES, M. L. Desempenho agrônomo de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais. Marechal Cândido Rondon, 2008, 78 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

GRIGULO, A.S.M.; AZEVEDO, V.H.; KRAUSE, W.; AZEVEDO, P.H. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.4, p.603-608, 2011.

GUARNIERI, A. A. Rendimento de grãos de dois híbridos simples de milho em função da redução no espaçamento entre linhas. Pelotas, 2006, 30 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS.

GUIMARÃES, P. S. Desempenho de híbridos simples de milho (*Zeamays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre linhagens perentais. Campinas,

2007, 111 f. **Dissertação** (Mestrado em agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas.

HANISCH, A.L.; FONSECA, J.A.; VOGT, G.A. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.7, n.1, p.176-186, 2012.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina Ciências Agrárias**, v.28, p.39-44, 2007.

IPTAS, S.; ACAR, A.A. Effects of hybrid and row spacing on maize forage yield and quality. **Plant Soil Environment**, v.52, n.11, p.515-522, 2006.

ISHERWOOD, K. F. Mineral Fertilizer Use and the Environment. **International Fertilizer Industry Association Revised Edition**. Paris, February 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 482p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. Piracicaba: s.n.t, 1999. 146p.

KIEHL, E.J. **Adubação orgânica: 500 perguntas e 500 respostas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. 227p.

KUNZ, R. P. Influência do arranjo de plantas e da população em características agronômicas e produtividade do milho. 2005, 115 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

LANDAU, E. C.; GARAGORRY, L. F.; FILHO, H. C.; GARCIA, J. C.; DUARTE, CRUZ, J. C. Áreas de Concentração da Produção Nacional de Milho no Brasil. **In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. p. 531.

LEITE, C. A. M. Planejamento da Empresa Rural. Brasília: 66 p. **Curso de Especialização por Tutoria à Distância**, v. 4, 1998.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B. ; SILVA, M. I. L. da ; ALBUQUERQUE, R. C. ; BELTRÃO, N. E. de M. . Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, p. 15-21, 2007.

LOPES, F. C.; SILVA, A. V.; FIGUEIREDO, F. C.; BREGAGNOLI, M.; PAULA, F. V. Espaçamento entre linhas e manejo químico no controle de plantas daninhas na cultura do milho para silagem. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C.; **Adubos e adubações**. São Paulo. SP. Nobel, 2002

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **Anais do IV Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, p. 173-219, 2011.

MATA, J. F.; SILVA, J. C.; R, J. F.; AFFÉRI, F. S.; VIEIRA, L. M. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.3, Set-Dez. 2010.

MATA, J. F.; PEREIRA, J. C. S.; CHAGAS, J. F. R.; VIEIRA, L. M. Germinação e emergência de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Revista Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.6, n.12, jan./jun. 2011.

MENDONÇA, O.; PÍPOLO, V. C.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.

MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KILLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho da Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.435-441, jul-set, 2010.

MORAES, A. R. A. **Instituto Agrônomo de Campinas** - Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, 2009.

MOREIRA, L.B. LOPES; H.M. SILVA; E.R. Efeitos do tamanho das sementes, adubação orgânica e densidade de semeadura sobre o comportamento agrônomo de milho (*Zea Mays L.*). **Agronomia**, v.36, n.º.1/2, p.37-41, 2002.

OLIVEIRA, A. J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPADID, 1982. 326p.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Eficiência agrônomo do fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.623-631, 2008.

OLIVEIRA, E. A. B. Avaliação de método alternativo para extração e fracionamento de substâncias húmicas em fertilizantes orgânicos. 2011. 53 f. **Dissertação**, 2011. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo. Campinas-SP.

PAIVA, J. R. G. Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo. 2011. 41 f. **Monografia** (Graduação em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. Catolé do Rocha-PB.

PAIVA, M. J. A.; SILVA, A. A. S.; JUNEK, J. O. M. O.; FIRMINO, G. O.; SILVEIRA, W. R.; OLIVEIRA, L. S. Efeitos da aplicação de esterco bovino em superfície e incorporado ao solo na cultura do milho. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO – Águas de Lindóia – 26 a 30 de Agosto de 2012.

PEIXOTO, R.T.G. Compostagem: princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Editores). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2005. p.388-422.

PENARIOL, F. G.; FILHO, D. F.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PEREIRA, A. R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.1, p.147-150, 1987.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Plantio**. In: Cultivo de milho. 2008. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/plntespaca.htm>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2014.

PORTO, A. P. F. Cultivares de milho submetidos a diferentes espaçamentos e manejos de capinas no Planalto da Conquista – BA. 2010. 89 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA.

PORTO, A. P. F.; VASCONCELOS, R. C.; VIANA, A. E. S.; ALMEIDA, M. R. S. Variedade de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista – BA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.208-214, 2011.

REINA, E.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V.; DOTT, M. A.; PELUZIO, J. M. Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.5, p.158-164, Dez/2010.

REIS, R. P. **Fundamentos de Economia Aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 95p. (Textos Acadêmicos), 2002.

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.897-906, 2000.

RODRIGUES, T.R.D.; BROETTO, L.; OLIVEIRA, P.S.R.; RUBIO, F. Desenvolvimento da cultura do milho submetida a fertilizantes orgânicos e minerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.4, p.509-514, 2012.

ROYO, J. Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891;secao=Agrotemas#null>>. Acesso em: 20 de nov. 2011.

SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L. Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DEWIT). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F. N. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 01, n. 02, p. 63-72, 2002.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F. da; SCHIMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p. 609-616, jun. 2011.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO R. **Adubação Orgânica**. Brasília: Embrapa. [ca. 2007]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_37_711200516717.html>. Acesso em 3 jun. 2011.

SANTOS, I. C.; MIRANDA G. V.; MELO, A. V.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. S.; GALVÃO, J. C. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2005.

SANTOS, I. C.; MENDES, F. F.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANÉTTI, A.; OLIVEIRA, L. R.; MELO, A. V.; SALGADO, L. T. Produtividade de milho consorciado com leguminosas em sistema orgânico de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

SANTOS, W. O. Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade. 2010. 222 f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.

SCHEEREN, B. R.; BAZONI, R.; BONO, J. A.; ARIAS, S. S.; OLIVEIRA, R.; SALOMÃO, L. Arranjo populacional para cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 55-60, 2004.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B. MORAES, C. R. A; GONDIM, T. M. S. ;CARDOSO, G. D. VIRIATO, J. R; BELTRÃO, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, n.5, p.879-882, 2006.

SILVA, A. J. Efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim (*Sesamum indicum*, l) em segundo ano de cultivo. 2006. 48 f. **Dissertação** (Mestrado em Manejo de solo e água)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SILVA, J.; LIMA, E.S.; P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA, S.K.M. Efeito do esterco bovino sobre o rendimento de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, 2004.

SILVA, J. C. P. M. Esterco líquido de gado de leite e adubação mineral influenciando a produção de silagem e propriedades químicas do solo na região dos Campos Gerais do Paraná. 2005. 63 f. **Dissertação** – Universidade Federal do Paraná.

SILVA, A. P.; SILVEIRA, J. P. A.; SANTOS, D. Respiração Edáfica Após a Aplicação de Biofertilizantes em Cultivo Orgânico de Milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1251-1254, 2007.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.) Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 6, p.275-374.

SILVA, A. J. da et al. Arranjo populacional em híbridos de milho na expressão de componentes diretos de produção. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., e ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11., 2009, Pelotas. Anais... Pelotas, 2009.

SILVEIRA, W. R.; SILVA, A. A. S.; HIPOLITO, S. H. M.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, L. S.; FIRMINO, G. O.; PAIVA, M. J. A. Avaliação de produtividade do milho submetido a diferentes doses de esterco bovino em pré-plantio, com adubação convencional. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Águas de Lindóia, 26 a 30 de agosto de 2012.

STACCIARINI; T. C. V.; CASTRO; P. H. C.; BORGES; M. A.; GUERIN; H. F.; MORAES; P. A. C.; GOTARDO; M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.4, p.516-519, jul/ago, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 f.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; ARF, O.; HAGA, K. I.; LEAL, S. T. Características agronômicas da cultura do milho em função da densidade de semeadura e espaçamento entre linhas no Cerrado no período da safrinha. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: 2012.

TOEBE, M.; CASALI, C. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, D. R.; DENEGA, G. L. Efeito da adubação sobre a fauna do solo e na produtividade de culturas. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 2007.

TURCO, G. M. S. Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio. 2011. 65 f. **Dissertação**. Universidade Estadual do Centro-Oeste – PR.

VALE, S. M.; MACIEL, M. **Administração Rural**. Brasília: 1998. 66p. (Curso de Especialização por Tutoria à Distância, v. 2).

VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, F. B.; VIEIRA, H. S. E.; MIRANDA, M. F. A.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J. Adubação orgânica na mamoneira com esterco bovino e efeitos no seu crescimento inicial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 1 CDROM.

VALENTINI, L.; FERREIRA, J. M.; SHIMOYA, A.; COSTA, C. C. S. Adubação orgânica em milho verde no norte fluminense. PESAGRO-RIO/Estação Experimental de Campos. 2004. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olfg4075C.pdf>