

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTOS ENTRE
PLANTAS NA CULTURA DO MILHO**

SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Março – 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTOS ENTRE
PLANTAS NA CULTURA DO MILHO**

SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Março - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S725p Sousa, Saulo Fernando Gomes de, 1986-
Profundidades de semeadura e espaçamentos entre plantas na cultura do milho / Saulo Fernando Gomes de Sousa.
- Botucatu : [s.n.], 2016
xi, 59 f. : fots. color.; grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Milho - Plantio. 2. Milho - Semeadura. 3. Milho - Espaçamento. 4. Produtividade agrícola. I. Silva, Paulo Roberto Arbex. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E ESPAÇAMENTOS ENTRE PLANTAS NA CULTURA DO MILHO”

AUTOR: SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA

ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES
CERAT / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. GISELE HERBST VAZQUEZ
Depto de Produção Vegetal (Agronomia) / Universidade Camilo Castelo Branco/UNICASTELO

Botucatu, 04 de março de 2016.

*“... Para entrar na batalha, saí da minha trincheira,
Com pingos do meu suor, fui apagando a poeira,
Com fibra e resistência, igual cerne de aroeira.
Eu sempre segui avante, atravessando barreira,
E no mastro da vitória, hasteei minha bandeira.*

*Quem me vê na sombra, tem inveja do que sou,
Mas não sabe que o sol, muitas vezes já me queimou,
Nos caminhos que passei, muita gente não passou.
Nas lutas que eu venci, eu vi gente que tombou,
Precisa ter fé em Deus, para chegar onde estou.”*

Lourival dos Santos, Tião Carreiro

Ao Grupo de Plantio

Direto

O grupo que é muito mais do que um grupo de estudo e pesquisa, é uma família onde todos se ajudam, brigam, riem e choram juntos. A todos os membros que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho acontecesse.

AGRADEÇO

A minha família

Desde meus avos, tios, tias e primos pela parceria e união, e Principalmente aos meus pais e meu irmão pelo exemplo de força, honestidade, humildade, dignidade e por todos os ensinamentos que levarei pelo resto da minha vida.

DEDICO

As pessoas que estiverem próximas a mim nesse período

Professores Paulo Roberto Arbex Silva e Sérgio Hugo Benez aos meus amigos irmãos, Patrícia P. Dias, Leandro A. F. Tavares, Tiago P. S. Correia, Vinicius Paludo, Diego L. Eiras.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu vida, saúde, força e por nunca ter me deixado desistir por mais difícil que parecesse meu caminho.

Aos professores Paulo Roberto Arbex Silva e Sérgio Hugo Benez pela indicação ao doutorado, pelos ensinamentos passados, pela amizade, companheirismo que foi muito além do que uma simples relação aluno/professor.

À Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP/Botucatu, que tornou possível a realização do meu sonho de me tornar mestre e doutor.

Aos professores: Ulisses Rocha Antuniassi, Adalton Mazetti Fernandes, Carlos Eduardo Angeli Furlani e Gisele Herbst Vazquez, por não medirem esforços e participarem dessa banca de defesa, além das contribuições científicas prestadas.

Em especial a pessoa que me trouxe até essa cidade e me apresentou a FCA, pois se chego aqui hoje devo muito a essa pessoa que tenho orgulho de chamar de amigo, André Luiz Gomes Job.

Aos amigos de pós graduação que tive a honra de conviver nesse período, Neilor Bugoni Riquetti (Paraguai), Leandro Augusto Felix Tavares (Mossoró), Tiago Pereira da Silva Correia (Goiano), Diego de Lira Eiras (Locão), Vinicius Paludo (Massinha), Anderson Ravani de Andrade Gomes (Soninho), Patrícia Pereira Dias e Samantha Almeida Vieira, Jéssica Fernanda Giroti, Sidnei Marcelino Lauriano e Laís Busca Consoline.

A todos os membros do Grupo de Plantio Direto, em especial ao Sidnei Pablo Zambianco (Game Over), Bruno Pavão Assis (Traquinas), Thales Giacomini Cardoso (Burro), Caio Fioravante Aguiar (Adovi), Lucas Silveira (Roxo), Matheus Rodrigo Camili (Chico Rei), Lia Harumi Kato (Japa), Bruna Dinofre (Itaipú), Tomas Pelegrini Baio (Vurto) e Luan Francischinelli (Pirilampo), acreditem que de cada um vou levar uma boa lembrança.

Aos demais amigos da minha estada na pós graduação, Rodolfo Glauber Chechetto, Alisson Augusto Barbieri Mota, Magnun Antonio Penariol, Fernando Kassis de Carvalho, Caio Alexandre Moreira, entre muitos outros.

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão, em especial a Silvia de Cassia Ferreira, Mario de Oliveira Munhoz, Luciano Alves, Dirceu Ferreira, Antonio Rodrigues, Carlos Humberto Barbosa, Aparecido Ramon

Bessa e a uma pessoa muito especial que foi um exemplo de profissional e de humildade e que nos deixou tão precocemente o senhor Acacio Tavares Junior.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural em especial ao Gilberto Winckler, Silvio Sabatine Simonetti Scolastici, Djair, Amanda, Debora e Fabiana. As funcionarias da Sessão de Pós Graduação, que sempre nos atenderam prontamente quando necessitado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior, pela bolsa de estudo disponibilizada que é de fundamental importância para fomento da ciência no nosso país.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
1 RESUMO	1
2 ABSTRACT	3
3 INTRODUÇÃO	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1 Cultura do milho.....	6
4.2 Densidade populacional e espaçamento entre plantas.....	8
4.3 Qualidade na semeadura.....	12
5 MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1 Campo experimental.....	16
5.2 Tipo de Solo	16
5.3 Caracterização do clima e balanço hídrico	17
5.4 Descrição dos tratamentos	17
5.5 Preparo da área	20
5.6 Semente e fertilizantes.....	21
5.7 Semeadura e condução	21
5.8 Delineamento experimental.....	23
5.9 Determinação do teor de água no solo.....	23
5.10 Determinação da velocidade de emergência	24
5.11 Determinação das populações inicial e final das plantas de milho.....	24
5.12 Determinação índice de sobrevivência das plantas de milho	25
5.13 Determinação da altura de plantas e inserção de espigas	25
5.14 Determinação do diâmetro do colmo	25
5.15 Determinação da porcentagem de plantas quebradas e acamadas.....	26
5.16 Quantidade de espigas por planta	26
5.17 Determinação do comprimento e diâmetro de espigas.....	27
5.18 Determinação do número de fileiras de grãos	27
5.19 Massa de mil grãos	27
5.20 Produtividade estimada de grãos	27

5.21	Produtividade de grãos	28
5.22	Análise estatística dos dados	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1	Dados meteorológicos dos experimentos	29
6.2	Profundidade de semeadura.....	32
6.2.1	Índice de velocidade de emergência das plantas	32
6.2.2	Características agronômicas e produtividade	35
6.3	Espaçamento entre plantas.....	40
7	CONCLUSÕES.....	49
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Croqui referente ao experimento de profundidade das sementes de milho, Botucatu 2016.....	18
Figura 2: Croqui referente ao experimento de espaçamento entre sementes de milho, Botucatu 2016.....	18
Figura 3: Realização da gradagem leve na área experimental, Botucatu, 2016.....	20
Figura 4: Realização da adubação e marcação das linhas de semeadura, com o auxílio de uma semeadora-adubadora, Botucatu 2016.....	21
Figura 5: (A) realização da semeadura de acordo com o tratamento requerido; (B) bastão de madeira com as marcações das profundidades desejadas, Botucatu, 2016..	23
Figura 6: Régua utilizadas na semeadura manual do milho: (A) régua pronta para utilização; (B) semeadura manual nos orifícios pré-determinados; (C) semeadura já realizada com uma semente de milho em cada orifício. Botucatu 2016.	22
Figura 7: Temperatura média (°C) do período em que o experimento esteve em campo, Botucatu, 2016.....	29
Figura 8: Radiação solar (MJ m^{-1}) acumulada em cada mês a partir do momento da semeadura, Botucatu, 2016.....	30
Figura 9: Precipitação acumulada (mm) do dia da semeadura até o momento da colheita, Botucatu, 2016.....	31
Figura 10: Velocidade média do vento (km h^{-1}) no período do experimento em campo, Botucatu, 2016.....	31
Figura 11: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) índice de sobrevivência de plantas (%); (B) plantas acamadas (%) em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas, Botucatu, 2016.	41
Figura 12: Análise estatística de regressão para a variável plantas quebradas (%), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.....	41
Figura 13: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) altura de inserção de espiga (m); (B) altura de plantas em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.....	42

- Figura 14:** Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) diâmetro de colmo (mm); (B) espigas por planta, em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016. 43
- Figura 15:** Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) comprimento de espiga (cm); (B) diâmetro de espiga (mm); (C) número de fileiras de semente na espiga, em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016. 45
- Figura 16:** Análise estatística de regressão para as variáveis; (A) peso médio dos grãos das espigas (kg); (B) produtividade por espiga extrapolada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (C) peso de mil grãos (g); (D) produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016. 46
- Figura 17:** Análise estatística de regressão para as variáveis; (A) peso de mil grãos (g); (B) produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016. 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e de 20-40 cm, Botucatu 2016.	17
Tabela 2: Tratamentos de profundidades utilizados, Botucatu 2016.	19
Tabela 3: Tratamentos de espaçamentos utilizados, Botucatu 2016.....	19
Tabela 4: Dados meteorológicos de T° (Temperatura mínima e máxima), P (Precipitação), UR (Umidade Relativa do Ar mínima), U (Velocidade do Vento), ECA (Evapotranspiração do Tanque – Classe A) e DH20 (Demanda Hídrica), Botucatu, 2016.	32
Tabela 5: Valores de teor de água do solo nas diferentes profundidades do solo. Botucatu, 2016.....	33
Tabela 6: Valores médios do IVE _m (Índice de Velocidade de Emergência), CEm (1ª Contagem de Emergência) e EmT (Emergência total de plantas) em função das diferentes profundidades de semeadura. Botucatu, 2016.....	34
Tabela 7: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de população inicial (plantas.ha ⁻¹), população final (plantas.ha ⁻¹), índice de sobrevivência (%), plantas acamadas (%) e plantas quebradas (%), Botucatu, 2016.....	36
Tabela 8: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de altura de plantas (m), altura de inserção de espiga (m), diâmetro de colmo (mm) e espigas por planta. Botucatu, 2016.	37
Tabela 9: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de diâmetro de espigas (mm), comprimento de espigas (cm) e número de fileiras de grãos por espiga. Botucatu, 2016.....	38
Tabela 10: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de massa de mil grãos (g), Massa média de grãos por espiga (kg), produtividade estimada das espigas (kg.ha ⁻¹), produtividade (kg.ha ⁻¹), Botucatu, 2016.....	39

1 RESUMO

A variação na profundidade de sementes e no espaçamento entre plantas proporcionam diferentes condições para as mesmas se desenvolverem. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a cultura do milho semeada em diferentes profundidades e espaçamentos entre plantas, e dessa maneira saber o quanto esses fatores influenciam nas características agronômicas e produtividade da cultura. O experimento foi conduzido em campo, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu-SP. Foram realizados dois experimentos, sendo cada fator (profundidade de sementes e espaçamento entre plantas) avaliado separadamente. O experimento com diferentes profundidades de sementes contou com 10 tratamentos, no qual houve variação da profundidade de semeadura entre 2, 4, 6 e 8 cm, adotando diferentes opções de combinações. Nesse experimento além de todas as avaliações morfológicas também foi avaliada a velocidade de emergência das plântulas. O outro experimento foi avaliar diferentes espaçamento entre plantas e constou de 11 tratamentos, variando entre o espaçamento considerado ideal para o híbrido utilizado (17 cm, população de 69.200 plantas ha⁻¹) e intervalos de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% para mais e para menos. Ambos com delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições cada. O milho foi semeado manualmente em sistema de preparo de solo convencional, com auxílio de régua graduadas de acordo com os espaçamentos entre plantas indicado para cada tratamento e a profundidade. Para a análise estatística dos dados, os valores foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o teste F a 5% de probabilidade. Para a variação dos

espaçamentos foi realizada análise de regressão com ajuste dos maiores coeficientes de determinação ($p \leq 0,05$). Pode-se concluir que nas profundidades avaliadas houve diferença significativa para o índice de velocidade de emergência, a primeira contagem de plântulas e a emergência total das plantas. As maiores produtividades foram obtidas nas maiores profundidades. Quanto maior o espaçamento entre plantas maiores serão as espigas produzidas, não necessariamente obtendo maiores produtividades de grãos. Os melhores espaçamentos entre plantas variaram entre 17cm ($69.200 \text{ pl ha}^{-1}$) e 11,1 cm ($105.980 \text{ pl ha}^{-1}$) tendo se destacado como o espaçamento com os maiores valores de produtividade o de 13,7cm ($85.850 \text{ pl ha}^{-1}$).

DEPTHS OF SOWING AND SPACING OF PLANTS TO THE CORN CROP. Botucatu, 2016. 59 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA

Adviser: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

2 ABSTRACT

The variation in depth of seeds and plant spacing provide different conditions for them to develop. Thus, the aim of this study was to evaluate the culture of corn sown at different depths and spacing between plants, and so to determine the effect the agronomic characteristics and crop yield. The experiment was carried out at the College of Agronomy – FCA/UNESP, Botucatu-SP. For depth and for sowing spacing two experiments were carried, by evaluating each individually. In the experiment with different depths of seeds were carried out 10 treatments, in which there was a variation of sowing depth of 2, 4, 6 and 8 cm, adopting different combinations among themselves. For depth of seeds, was also evaluated the speed of emergence of seedlings. For the spacing between plants were 11 treatments, ranging from the ideal of 17 cm between plants and population of plants of 69,200 ha⁻¹, and variations of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% besides of the ideal. The outline was random blocks, with four replicates per treatment. The corn seeds were sowed by hand in conventional tillage, with the aid of graduated rulers according to plant spacings and depths, according to each treatment. For statistical analysis, the data were submitted to analysis of variance (ANOVA) using the F test at 5% probability. For the variation of spacings was performed regression analysis with adjustment of the highest coefficients of determination ($p \leq 0,05$). It can be concluded that in the depths evaluated there were significant differences for the emergency speed index, the first count of seedlings and the full emergence. The highest yields were obtained for the deepest seeds. For more spaced plants each other, there was production of larger corncobs, but has no higher grain yield. For the spacing between plants the highlights were the 17cm (69,200 seeds ha⁻¹) and 11.1 cm (105,980 seeds ha⁻¹) and the higher productivity were in the spacing of plants of 13,7cm (85,850 seeds ha⁻¹).

KEY WORDS: *Zea mays*, plant density, seeder.

3 INTRODUÇÃO

Para que a produção agrícola consiga suprir a demanda cada vez maior por alimentos, é necessário que se utilize da melhor maneira possível os recursos naturais existentes. A agricultura brasileira tem papel importante na verticalização da produção, já que conta com 57 milhões de hectares do total da área agrícola mundial, de acordo com dados publicados pela FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, em 2015.

Assim como outras operações, uma boa semeadura é fundamental para alta produção da lavoura, por isso, quando realizada com conhecimento técnico representa uma porcentagem muito grande de sucesso no momento da colheita. A operação de semeadura tem como meta depositar sementes no solo promovendo condições para sua germinação, emergência, desenvolvimento sadio e produtivo das plantas, obtendo como produto final a produtividade máxima planejada.

As particularidades das culturas, como tamanho e forma de sementes, exigências agronômicas como espaçamento entre plantas, densidade de semeadura, profundidade, teor de água, contato com o solo, entre outras, torna necessária a utilização de máquinas adequadas a todas essas funções, afinal quanto mais equidistante uma planta estiver da outra, melhor será o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Segundo a Conab (2015) a cultura do milho tem grande participação na produção agrícola brasileira, pois ocupa uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares considerando a primeira e a segunda safra. O Brasil é o terceiro maior

produtor desse cereal no mundo, tendo produzido algo em torno de 78 milhões de toneladas na última safra. Esses números só vêm reforçar o quanto essa cultura é importante em nosso país.

A cultura do milho é muito exigente em relação ao arranjo espacial entre plantas. Isso se deve às plantas de milho possuírem pouco ou nenhum efeito compensatório quando se tem uma falha e/ou planta dupla, ou seja, uma planta não produzirá a mais por não ter outra competindo por espaço e nem duas plantas produzirão em dobro.

Outro fator importante para a maioria das culturas anuais é a profundidade de semeadura, pois é recomendado que a profundidade deva ser igual para todas as sementes, levando a emergência mais homogênea possível de todas as plântulas. Caso isso não ocorra, as plântulas emergidas mais tardiamente, provavelmente, serão dominadas pelas emergidas anteriormente. Portanto, todos esses fatores citados provavelmente ocasionarão perdas de produtividade da lavoura.

Dessa forma, os tratamentos adotados foram escolhidos de acordo com a hipótese que há diferença na profundidade de deposição de uma semente em relação a outra e nas plantas consideradas falhas e/ou duplas em uma mesma linha da cultura, com isso influenciando nas características finais de uma lavoura de milho.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a cultura do milho semeada em diferentes profundidades e espaçamentos entre plantas, e dessa maneira saber o quanto esses fatores influenciam nas características agronômicas e na produtividade da cultura.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cultura do milho

O milho é considerado uma das principais culturas do mundo e um dos mais cultivados, além disso, por meio da seleção e adequados métodos de produção, pode ser cultivado nas mais remotas regiões do planeta, desde 58° de latitude Norte e 40° de latitude Sul, podendo ser cultivado em localidades situadas abaixo do nível do mar ou ainda em altitudes de 3600 metros, nos Andes peruanos (FANCELLI, 1993; CRUZ, 2013).

A cultura do milho é uma gramínea anual, classificada no grupo das plantas C₄, com amplas adaptações em diferentes condições e ambientes. O grão dessa cultura é altamente energético, sendo seu principal componente o amido. O teor de proteína encontrado geralmente varia entre 9 e 11% e pode ser usado desde a alimentação animal de modo in natura e até em indústrias de alta tecnologia (SILVA, 1999; FORSTHOFER et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008). Mundialmente cerca de 70% desse cereal é direcionado para as cadeias produtivas de suínos e aves, já no Brasil esse percentual fica em torno de 80%, deixando apenas 20% para o consumo de outras formas.

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo este cultivado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, tanto em primeira como em segunda safra. Atualmente, segundo a Conab (2015) o milho juntamente com a soja, contribui com cerca de 80% de toda a produção de grãos do Brasil. O milho

tem evoluído como cultura comercial apresentando, nos últimos vinte e oito anos, taxas de crescimento da produção de 3,0% ao ano e da área cultivada de 0,4% ao ano.

Na safra 2014/15 a produção de milho primeira safra no Brasil ficou em torno de 30 milhões de toneladas, representando um decréscimo de 4,4% em relação ao ocorrido na safra anterior. A Região Sul e Sudeste representaram as maiores participações contribuindo com 46% e 26%, respectivamente, da produção nacional de primeira safra. Já na segunda safra ou a chamada “safrinha” a região Centro-Oeste é a maior produtora do cereal, com uma área cultivada nesta temporada de 5,780 milhões hectares um aumento de 3,9% em relação à verificada na safra passada. No total, a produção brasileira atingiu uma produção nesta temporada de aproximadamente 82 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo na produção de 2,2% em relação ao ano anterior, a média de produtividade das duas safras ficou em torno de 5,33 t ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Na década de 30 os híbridos duplos não passaram de uma produtividade de 2 toneladas por hectare já por volta dos anos 60 alguns produtores conseguiam produzir em torno de 6 toneladas por hectare. A partir desta década, os pesquisadores observaram as vantagens do híbrido simples em produtividade e uniformidade, e passaram a lançar estes para o cultivo dos agricultores. A produtividade que já era considerada satisfatória com tetos de 6 toneladas, alcançou produtividades de 15 toneladas por hectare nos últimos anos, lembrando que essa produtividade se dá apenas em alguns lugares isolados, devido a ótimas condições edafoclimáticas (ARGENTA et al., 2003; SANGOI et al., 2003; FORSTHOFER, et al., 2006).

Segundo Mello Filho e Richetti (1997), a cultura do milho, tem uma grande importância em âmbito nacional tanto no aspecto econômico como no social. Além desses dois fatores citados também tem importância agrônômica, sendo utilizado em sistemas de rotação de culturas, principalmente em agrossistemas em que a soja é predominante.

Assim como a maioria das culturas econômicas, o milho requer a interação de um conjunto de fatores edafoclimáticos apropriados para o seu desenvolvimento satisfatório. Um solo rico em nutrientes, por exemplo, teria pouco significado para a cultura se essa planta estivesse submetida a condições climáticas adversas ou, ainda, apresentasse características físicas inadequadas, que influenciassem negativamente na condução e desenvolvimento da cultura, tais como: drenagem e aeração

deficientes, percolação excessiva, adensamento subsuperficial, pedregosidade excessiva, profundidade reduzida, declividade acentuada, etc. (LANDAU, 2008).

Segundo a CONAB (2012), o milho é semeado em sistema de plantio direto predominantemente em grandes áreas. Entre os pequenos produtores ainda predomina o sistema de preparo convencional, pois esses produtores muitas vezes vem a anos tradicionalmente com esse sistema e relutam por aceitar essa mudança, e também por essa tecnologia necessitar de um certo custo de implantação, custo esse que inviabiliza o sistema para pequenos produtores.

Riquetti et al. (2012) afirmam que o milho em sistema de plantio direto tem maior produtividade e maior população final do que em preparo convencional e em cultivo mínimo, assim também como tem uma melhor eficiência energética. O resultado acima é diferente do encontrado por Levien et al (2003) que obtiveram uma maior produtividade de grãos no preparo convencional em relação aos sistemas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo), porém quando avaliado financeiramente os sistemas conservacionistas foram os que tiveram melhores retornos, devido aos menores custos de produção.

Contudo o potencial produtivo de um cultivar de milho pode ser definido como o rendimento apresentado por ele quando cultivada em ambiente ao qual está adaptada, sem limitações de nutrientes e sem estresse biótico e/ou abiótico. O rendimento neste caso é expresso na produção de grãos, que por sua vez, está diretamente ligada a uma série de características que são denominados componentes de produção, como: número de espigas por planta, número de fileiras de grãos na espiga e número de grãos por fileira, peso médio do grão e número de plantas por área (ARGENTA et al., 2003; BENTO, 2006; CRUZ, 2013).

4.2 Densidade populacional e espaçamento entre plantas

Entre as práticas e técnicas utilizadas para obter a maior produtividade de milho, a escolha da densidade ideal de semeadura é uma das mais importantes (ALMEIDA et al., 2000). Em função disso é que se procura estudar o comportamento da cultura do milho em diferentes densidades e diferentes espaçamentos, a fim de determinar o arranjo de plantas que proporciona melhor produtividade de grãos (RESENDE et al 2003). A população e/ou arranjo podem ser alterados por mudanças no

espaçamento ou número de plantas por linha (FLESCH e VIEIRA, 2004; SILVA et al., 2006, DEMETRIO, et al., 2008). Este potencial de resposta se dá pelo fato de que o milho, não tem o mesmo potencial de compensação de espaço eficiente que outras plantas da sua família apresentam (ANDRADE, 1999; FANCELLI, 2011).

Durante o processo de melhoramento genético do milho, o mesmo foi domesticado para que produzisse uma única espiga no colmo principal e que não perfilhasse (DOEBLEY, 2004; GALLAVOTTI et al., 2004) para que dessa forma pudesse se aumentar a densidade das plantas (SANGOI et al., 2002). Esse processo teve início na década de setenta quando melhoristas iniciaram estudos relacionados a arquitetura das plantas, baseando-se na hipótese de que as plantas com ciclo menor e de menor estatura se adaptariam mais facilmente a ambientes mais adensados o que elevaria a produtividades (FORNASIERI FILHO, 1992).

O aumento da população de plantas pode proporcionar, de acordo com Meroto Jr. et al. (1997), uma melhor exploração do ambiente e do genótipo e se refletir em incremento na produtividade de grãos. Porém, quando aumenta a densidade consequentemente se eleva significativamente o percentual de espaçamentos aceitáveis (DIAS et al., 2009).

Mahl et al. (2004) avaliaram três velocidades de deslocamento de um conjunto trator+semeadora, e concluíram que o aumento da velocidade é inversamente proporcional a qualidade da semeadura, sendo na maior velocidade a pior distribuição encontrada. Esses resultados podem ser atribuídos ao sistema de distribuição utilizado, pois quando utilizado mecanismos dosadores do tipo disco vertical com dispositivo pneumático a distribuição se torna mais eficiente (TOURINO et al., 2009; MELO et al., 2013).

Begna et al. (1997) estudaram os efeitos de dois materiais genéticos, um com estatura reduzida e outro com estatura normal, em duas populações de plantas, 65.000 e 135.000 plantas ha⁻¹, em dois modelos de plantio: espaçamento reduzido de 0,76 m e linhas duplas com 0,20 m entre as linhas duplas e 0,56 m entre fileiras. Os mesmos autores concluíram que o rápido crescimento da primeira espiga e o maior índice de colheita são indicações que híbridos de menor altura são mais tolerantes a maior densidade populacional que híbridos convencionais. Esses resultados podem ter ocorrido devido a radiação fotossintética ativa e a disponibilidade de água e nutrientes serem fatores sensivelmente influenciados pela população e pelo arranjo de plantas no campo (CALONEGO et al., 2011)

Palhares (2003) avaliou o efeito das populações de plantas de 30.000, 60.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, sob dois espaçamentos: 0,40 e 0,80 m, além disso, foi avaliado três genótipos de milho, com arquiteturas foliares distintas, AG 1051 arquitetura foliar aberta, AG 7575 arquitetura foliar semi-ereta e DKB 911 arquitetura foliar ereta. O autor concluiu que houve efeito positivo na produtividade, com o aumento da população de 60.000 para 90.000 plantas ha⁻¹. Ainda avaliando o efeito da redução de espaçamento entre linhas de milho na produtividade de grãos, Argenta et al. (2001) analisaram dois híbridos simples, nos espaçamentos de 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m. O rendimento foi influenciado pelo híbrido, espaçamento e densidade de plantas. O aumento do rendimento ocorreu principalmente em híbridos de baixa altura e na densidade de 50 mil plantas ha⁻¹.

Híbridos modernos são dependentes da população ideal para maximizar o rendimento (SANGOI et al., 2010). Dessa forma se ocorrerem perdas de sementes ou plântulas durante a implantação e/ou desenvolvimento da lavoura, gerada por erros de semeadura ou dos tratos culturais levarão a perdas significativas na produtividade, o que não é incomum de se ver (SANGOI, 2009; SCHWEITZER, 2010). Portanto, o que se tem adotado como correto é aumentar a população de plantas para poder compensar de certa forma essa perda e assim contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com consequências no aumento do rendimento de grãos (RIBEIRO et al., 2000; DOURADO NETO et al., 2003).

Segundo Pinotti (2013), a densidade populacional ótima para um determinado híbrido, corresponde ao menor número de plantas por unidade de área, que induz à maior produtividade. Para cada cultivar, região, época de semeadura, fertilidade do solo e manejo tem-se uma população ótima. Portanto, esses fatores devem ser trabalhados em conjunto. Em populações menores, devido à maior disponibilidade de luz, ocorre certa compensação através do aumento do índice de espigas, devido principalmente à prolificidade do cultivar e ou aumento no tamanho da espiga (PENARIOL et al., 2003). O aumento do número de plantas por área acima do ideal para a cultura provoca alterações negativas nas plantas, principalmente no que se diz respeito a espiga, com isso afetando diretamente a produtividade. Para Sangoi (2001) a população para maximizar a produtividade de grãos varia de 30.000 a 90.000 plantas ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade de solo, ciclo da cultivar, época de semeadura.

O aumento da densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a aproveitamento solar das plantas de uma lavoura, pelo fato de

que terão mais plantas em uma mesma área. No entanto, o uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética individual das plantas e com isso a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos (PINOTTI, 2013). Segundo Dourado Neto et al. (2003) e Pereira (2007) em consequência disso, há um aumento de esterilidade feminina e redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos.

Em uma lavoura de qualquer que seja a cultura, a interação entre as plantas faz com que haja mudanças morfológicas e fisiológicas, mudanças estas que provavelmente afetarão o potencial produtivo da cultura, uma vez que irão afetar a arquitetura, o crescimento, o desenvolvimento e a assimilação de fotoassimilados das plantas (CASAL et al., 1985).

Alguns autores verificaram que com densidades acima de 70.000 plantas por hectare (MARCHÃO et al., 2010) a redução no espaçamento entre fileiras de 90 para 45 cm e de 80 para 40 cm aumentou a produtividade do milho em 14% e 12%, respectivamente (DEMÉTRIO et al., 2008; MODOLO et al., 2010), enquanto outros não obtiveram respostas significativas em relação ao espaçamento entrelinhas (GILO et al., 2011).

Por isso que cada situação de campo e de plantio é determinado um número de plantas adequados para explorar de maneira mais eficiente aquele ambiente (PENARIOL et al., 2003). O que se pode verificar com o incremento da tecnologia foi o surgimento de cultivares de ciclo mais curtos, mais baixos, angulação mais ereta e maior potencial de resposta (DWYER et al., 1991), isso devido principalmente a sua maior eficiência no acúmulo de matéria seca (SINCLAIR, 1998). Entretanto o aumento dessa população de plantas provoca mudanças em diversos componentes de produção, sendo que, muitas vezes estas mudanças não são vantajosas, ocasionando alterações nas partes vegetativas e reprodutivas da planta, tais como: aumento da altura, diminuição do diâmetro e teor de açúcar do colmo, redução do número e densidade de grãos, aumento da altura de inserção e da esterilidade de espigas, diminuição do tamanho, diâmetro e índice de espiga (BALBINOT e FLECK, 2005).

Em condições ótimas para a planta, pode-se deduzir que o ganho em produtividade é função do aumento da população de plantas, que por sua vez é dependente do cultivar utilizado e de sua arquitetura de folha. Por outro lado, em meio a restrições de ambiente o ganho poderá ser dependente da distribuição espacial das plantas

(DIAS et al., 2009). Outro fator importante na determinação da densidade populacional é a genética do material, pois segundo Penariol et al. (2003) a densidade populacional provocou alterações nas produtividades, quando avaliadas uma variedade (BR 473) e um híbrido simples (AG 9010) nas densidades de 40, 60 e 80 mil plantas ha⁻¹. Os resultados mostraram que a variedade apresentou seu melhor desempenho quando sua população esteve em torno de 70 mil plantas ha⁻¹, já o híbrido simples se mostrou mais produtivo na população de 80 mil plantas ha⁻¹.

Os estudos sobre populações, espaçamento, densidades populacionais são sempre recorrentes, uma vez que sempre há novos genótipos disponíveis no mercado que variam seu porte, sua arquitetura foliar e são mais produtivos em relação aos materiais mais antigos. Essa prática exige a adoção de um arranjo de plantas que permite distribuir mais equidistantemente (que se encontra localizado a uma mesma distância) as plantas na área, proporcionando o aumento de produtividade (ALVAREZ et al., 2006).

Muito se diz sobre as ótimas condições para o desenvolvimento das plantas, portanto para que a planta possa demonstrar o seu máximo potencial genético é necessário além de uma população e um arranjo de plantas adequado, outros fatores como: solos de textura média, com teores de argila em torno de 30-35%, ou mesmo argilosos, com boa estrutura, que possibilitam drenagem adequada, apresentam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis, com profundidade desejável de 1 m, declividade de até 12%, precipitação de pelo menos 500 mm durante o ciclo, temperatura entre 25 e 30°C e alta intensidade luminosa (HORN et al., 2006; LOPES et al., 2007; KAPPES et al., 2011).

4.3 Qualidade na semeadura

O sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos, máquinas e implementos que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas comerciais, é um ponto estratégico para a melhoria da rentabilidade, pois ele pode representar, dependendo da cultura, de 20 a 40% dos custos de produção (ROSA, 2014).

Como a semeadura é um processo mecanizado com grande importância, fica claro que uma lavoura irá produzir mais com a semeadora bem regulada

(PORTELLA, 1999). Portella (1999) acrescenta que o mais importante em uma semeadora é que ela consiga, com a máxima regularidade possível, depositar a semente no sulco para obter um estande de plantas capaz de alcançar adequada produtividade.

Márquez (2004) cita que a qualidade de semeadura é obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, a qualidade das sementes, o adequado preparo do sulco de semeadura, a cobertura das sementes e o contato com o solo e a água, a localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, e, o espaçamento entre fileiras.

Amado et al. (2005) acrescentam que a eficiência das semeadoras adubadoras é avaliada pela qualidade e quantidade de trabalho que executam. A quantidade é obtida pela capacidade de trabalho por unidade de tempo e os fatores que interferem mais diretamente são a largura de trabalho e a velocidade de deslocamento. Por outro lado, a qualidade requer a obtenção de uma população de plantas de acordo com a densidade pré-determinada.

Para Maroni et al. (2005), a semeadura adequada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas calculadas na deposição e as emergidas é mínima, o espaçamento entre elas é uniforme e o tempo necessário para emergência de toda a população de plântulas seja mínimo.

A utilização das máquinas e dos equipamentos agrícolas, quando feita de maneira adequada, melhora a eficiência operacional, aumenta a capacidade efetiva de trabalho, facilita as tarefas do homem no campo, possibilita a expansão das áreas de semeadura, proporciona melhores produtividades e permite atender ao cronograma de atividades em um tempo hábil (MODOLO, 2003).

O processo de semeadura adequado busca a correta distribuição longitudinal das sementes no solo aliada à correta profundidade de deposição das mesmas para se obter estande correto e uniforme (ALMEIDA et al., 2010). É uma das etapas que exige maior perfeição na execução; pois pode comprometer os recursos naturais e a rentabilidade da atividade agrícola (ROS et al., 2011).

Em relação a critérios para a classificação do desempenho para que a rentabilidade seja a maior possível, Coelho (1996) sugere que semeadoras pneumáticas devem proporcionar uniformidade de espaçamentos entre sementes, dentro das linhas, acima de 90% e, semeadoras de discos perfurados horizontais acima de 60%. Schimandei et al. (2006) estudaram processos de semeadura e encontraram coeficiente

de variação médio para estande entre as fileiras de 33%, isso mostra que o erro encontrado no estande de plantas nas lavouras ainda é muito alto.

A qualidade na semeadura está diretamente ligada há alguns fatores como, regulagem da semeadora, população adequada de sementes e plantas por hectare, de acordo com o material utilizado e distribuição equidistante das plantas para evitar o mínimo possível a competição entre plantas por água, nutrientes e luz. 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. Após esse ponto, a produtividade decresce com o aumento do número de plantas por área devido a competitividade entre as mesmas. Quando a densidade de plantas é baixa, ocorre certa compensação por meio do aumento no número de espigas, em razão da prolificidade do genótipo e, ou, variação no tamanho da espiga, o que pode minimizar a diferença da produtividade, porém nas gramíneas esse fator é pequeno (PEREIRA, 1991).

Nas últimas 2 décadas diferentes arranjos espaciais resultantes da combinação do espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas por metro têm sido estudados com maior frequência pela maior ou menor adaptação das culturas ao ambiente. O fator arranjo de plantas na cultura do milho foi alvo de muitas pesquisas (KASPERBAUER e KARLEN, 1994; JOHNSON et al., 1998; ARGENTA et al., 2001). A conclusão foi de que a distribuição de plantas na linha possibilitaria melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes, acarretando maior rendimento da cultura.

O fator que mais afeta a distribuição longitudinal e a profundidade das sementes com certeza é a velocidade de deslocamento do conjunto trator mais semeadora. Delafosse (1986) relata que a velocidade na operação de semeadura é um dos parâmetros que mais tem influência no desempenho de semeadoras, sendo a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura a mais afetada pela velocidade de deslocamento, que, por sua vez, irá influenciar na produtividade da cultura. Klein et al. (2002) apresentaram resultados que demonstram que menos da metade das sementes foram depositadas com espaçamentos adequados quando se aumentou a velocidade de deslocamento da máquina. Os mesmos resultados foram encontrados por Mantovani et al. (1992) que avaliaram 9 semeadoras de milho (disco horizontal e pneumática) e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes se tornavam irregular a medida que a velocidade de deslocamento aumentava.

Outros fatores que tem influência na máquina e podem afetar a distribuição são: os mecanismos dosadores e sua forma de acionamento, tipo de sulcador e pelo tipo de mecanismo de cobertura da semente (BALASTREIRE, 1987). Delafosse (1986) mostrou que a de falta regularidade de espaçamento entre plantas resulta em perdas que podem superar a 15% na cultura do milho. O mesmo resultado encontrado por Mello et al. (2007), que estudando as velocidades de 5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹ na semeadura do milho com discos alveolados horizontais, verificaram que o aumento da velocidade reduziu a percentagem de espaçamentos normais entre as sementes, independentemente do híbrido. Por isso trabalhar em velocidades maiores eleva a capacidade operacional, porém compromete a qualidade da semeadura (LIU et al., 2004; CANOVA et al., 2007), principalmente no que diz respeito a qualidade da distribuição de sementes, expressa na forma de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos. Logo, estudar a possível interação da densidade de semeadura é de relevante importância na avaliação da qualidade do trabalho realizado por semeadoras-adubadoras (DIAS et al., 2009).

Dessa forma, já a vários anos autores tem elevado a densidade de plantas como uma forma de potencializar a produtividade de grãos na cultura de milho (ALMEIDA et al., 2000; SANGÓI et al., 2002). Portanto não é novidade que a cultura do milho necessita de uma distribuição o mais equidistante possível, para competir minimamente entre si e demonstrar todo o seu potencial genético na forma de produção de matéria seca ou de grãos dependendo da finalidade da lavoura.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Campo experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, em área do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Campus de Botucatu, na região centro oeste do Estado de São Paulo que se encontra a 22°51' de latitude sul, 48°26' de longitude oeste de Greenwich, e altitude de 786 metros.

5.2 Tipo de Solo

O solo da área experimental é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura argilosa (EMPRAPA, 2006).

O experimento foi instalado em novembro de 2014, o sistema de preparo de solo foi o convencional, ou seja, o solo foi totalmente mobilizado.

Antes da instalação do experimento foi realizada a análise de solo nas profundidades de 0-20 e de 20-40 cm. Os resultados (Tabela 1) mostraram a necessidade de calagem na área em torno de 2000 kg ha⁻¹. Para tal operação foi utilizado um trator marca Massey Ferguson modelo 265 (4x2 TDA) com 45,5 kW de potência no motor (65 cv), e acoplado o distribuidor de corretivos marca TATU, com capacidade carga de 2500 kg.

Tabela 1: Análise de solo da área experimental, nas profundidades de 0-20 e de 20-40 cm, Botucatu 2016.

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	Al ³⁺ -----mmol/dm ³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S mg/dm ³
0-20	4,9	36	10	1	36	3,9	20	8	32	68	47	9
20-40	4,8	27	8	2	33	3,0	18	7	28	60	46	12

Para a correção do solo foi utilizado o calcário com PRNT (Poder Real de Neutralização Total) de 80%. O corretivo foi aplicado e incorporado na área em meados do mês de agosto, ou seja, cerca de 3 meses antes da implantação da cultura.

5.3 Caracterização do clima e balanço hídrico

De acordo com a classificação de Koeppen, o tipo climático onde foi instalado o experimento é o Cwa, caracterizado como clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno.

O período seco compreende os meses de abril a agosto, e a estação chuvosa compreende os meses de setembro a março, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso, com uma pluviosidade total anual média de 1.314 mm e temperatura média mensal de 19,4°C. A temperatura média diária do mês mais frio (julho) é de aproximadamente 17,1°C e a do mês mais quente (fevereiro) de 23°C.

Os dados de pluviosidade foram coletados em um pluviômetro com graduação de 1 mm, colocado na área do experimento e amostrado diariamente. Os dados de temperatura média, evapotranspiração, radiação solar acumulada e velocidade média de vento foram coletados da estação experimental do departamento de Recursos Naturais da FCA-UNESP/Botucatu.

5.4 Descrição dos tratamentos

O trabalho foi dividido em dois experimentos, sendo o primeiro experimento de profundidade de sementes (Figura 1) e o segundo de espaçamento entre plantas (Figura 2). As parcelas experimentais continham 4 linhas espaçadas de 0,85 m

entre si, ou seja 3,4 m de largura e 5 m de comprimento divididas entre si por 1 m entre parcelas e 2 m entre blocos.

	2	4e6	2e4	4e8	2e6	6e8	2e8	8	6	4	
Estrada	4e4	2e4	6e8	8	2e8	2	4e6	6	2e6	4e8	Estufas
	2e8	2e6	4	6	4e6	4e8	2e4	6e8	8e8	2	
	2e4	8	6	2e6	6e8	2e8	4e8	4	2	4e6	

Figura 1: Croqui referente ao experimento de profundidade das sementes de milho (cm), Botucatu 2016.

	10	17	11,1	18,7	12,3	27,5	22,7	13,7	25	20,6	15,3	
Estrada	15,3	11,1	27,5	22,7	25	13,7	10	17	20,6	12,3	18,7	Estufas
	13,7	12,3	15,3	20,6	17	18,7	11,1	22,7	27,5	25	10	
	11,1	25	20,6	12,3	22,7	13,7	18,7	15,3	10	17	27,5	

Figura 2: Croqui referente ao experimento de espaçamento entre sementes de milho (cm), Botucatu 2016.

Os tratamentos foram escolhidos (Tabela 2) com base na recomendação da empresa da semente usada, ou seja, foi utilizada a profundidade média de 4 cm e o espaçamento entre plantas de 17 cm, utilizado nas áreas de produção. O valor de espaçamento adotado foi baseado na distância entre fileiras utilizada de 0,85m, totalizando a população final de 69200 sementes ha⁻¹.

Os valores de profundidade utilizados no estudo foram: 2; 4; 6 e 8 cm; além da combinação e alternância entre estes. Nesse experimento todas as sementes foram colocadas no mesmo espaçamento de 17 cm, dessa forma fixando a população em 69.200 sementes por hectare. Vale ressaltar que o valor de referência é de 4 cm de profundidade, as outras profundidades utilizadas foram para simular erros de semeadura e com isso a consequência no desenvolvimento e produção da lavoura.

Tabela 2: Tratamentos de diferentes profundidades utilizados, Botucatu 2016.

Profundidades de sementes (cm)
Todas as sementes a 2cm (2)
Sementes a 2 e 4cm alternadas (2 e 4)
Sementes a 2 e 6cm alternadas (2 e 6)
Sementes a 2 e 8cm alternadas (2 e 8)
Todas as sementes a 4cm (4)
Sementes a 4 e 6cm alternadas (4 e 6)
Sementes a 4 e 8 alternadas (4 e 8)
Todas as sementes a 6cm (6)
Sementes a 6 e 8cm alternadas (6 e 8)
Todas as sementes a 8cm (8)

Já no caso dos espaçamentos partiu-se do espaçamento correto de 17 cm o que resulta em uma população de 69.200 sementes por hectare e se utilizou 5 espaçamentos acima e 5 abaixo do valor ideal, sempre 10% a mais ou a menos do que o anterior e assim sucessivamente. Para esse experimento a profundidade ficou fixada em 4 cm de profundidade.

Tabela 3: Tratamentos de espaçamentos entre plantas utilizados, Botucatu 2016

Espaçamentos entre plantas (cm)	População de sementes m⁻¹	População de sementes ha⁻¹
10,0	10,00	117.650
11,1	9,00	105.990
12,3	8,13	95.650
13,7	7,29	85.880
15,3	6,53	76.900
17,0	5,88	69.200
18,7	5,34	62.910
20,6	4,85	57.110
22,7	4,40	51.830
25,0	4,00	47.060
27,5	3,63	42.780

5.5 Preparo da área

Para a realização da descompactação do solo foi utilizado o subsolador escarificador, marca Jan, de arrasto, equipado com 7 hastes parabólicas espaçadas em 0,4 m, trabalhando a 0,4 m de profundidade. Para a quebra dos torrões e preparo secundário do solo foi utilizada a grade intermediária Marchesan, com 20 discos recortados em ambas as seções, espaçados em 0,27 m, 28 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,57 m. Para tracionar os equipamentos foi utilizado o trator marca Massey Ferguson, modelo MF 299 (4 x 2 TDA), com 107,9 kW (130 cv) de potência no motor.

Para a realização da quebra dos torrões e nivelamento do local de implantação do experimento foi realizada uma gradagem leve, com a grade marca Marchesan, com 32 discos espaçados de 0,22 m, 20 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,92 m. Para tracionar esse equipamento foi utilizado o trator marca New Holland, modelo TL 85 (4 x 2 TDA), com 70,55 kW (85 cv) de potência no motor (Figura 3).



Figura 3: Realização da gradagem leve na área experimental, Botucatu, 2016.

5.6 Semente e fertilizantes

A cultura utilizada para a realização do trabalho foi a do milho sendo usado o híbrido simples de marca Dow AgroSciences, cultivar 2B 587 Power Core (PW) de ciclo precoce com resistência a molécula de Glyphosate e tolerância a várias espécies de lagartas, estando espaçado de 0,85 m entre fileiras. Na adubação de plantio foi utilizado o fertilizante formulado 08 (N) -28 (P₂O₅) -16 (K₂O) + zinco, na quantidade de 350 kg por hectare, de acordo com a recomendação da análise do solo para a cultura do milho (RAIJ et al., 1997). A adubação de cobertura foi realizada 26 dias depois da semeadura e para essa adubação foi utilizado 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia a 45% de concentração.

5.7 Semeadura e condução

Previamente a realização da semeadura manual foi efetuada a passagem da semeadora realizando a adubação e marcando onde seriam as linhas de semeadura. Para tal operação foi utilizada a semeadora-adubadora de precisão marca Jumil, modelo 3060 PD Magnum, equipada com 4 linhas e depositando o adubo na profundidade de 0,10 m. Para o tracionar a semeadora foi utilizado o trator agrícola marca Massey Ferguson, modelo MF 283 (4 x 2 TDA) com 71,38 kW (86 cv) de potência no motor (Figura 4).



Figura 4: Realização da adubação e marcação das linhas de semeadura, com o auxílio de uma semeadora-adubadora, Botucatu 2016.

A semeadura foi realizada manualmente com o auxílio de régua previamente dimensionadas com 2,5 m de comprimento 0,08 m de largura e 0,025 m de largura com furos de 0,025 m de diâmetro espaçados de acordo com o tratamento desejado, tais espaçamentos foram utilizados para se chegar as populações desejadas (Figura 5).

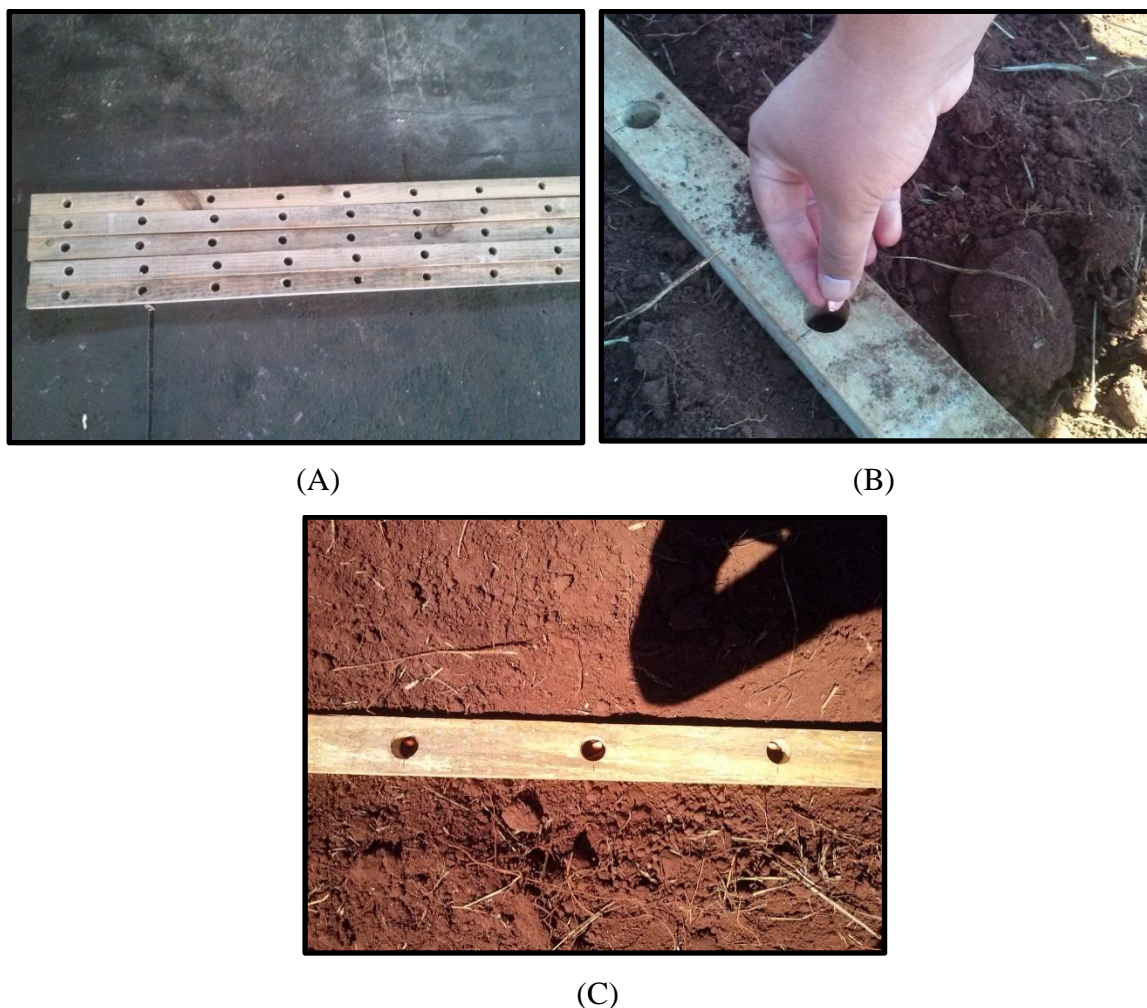


Figura 5: Régua utilizadas na semeadura manual do milho: (A) régua prontas para utilização; (B) semeadura manual nos orifícios pré-determinados; (C) semeadura já realizada com uma semente de milho em cada orifício. Botucatu 2016.

Durante a semeadura manual foi colocado em cada furo da régua uma semente de milho (Figura 6 A) e depois pressionadas para dentro do solo com o auxílio de um bastão de madeira previamente identificado com as profundidades desejadas no estudo (Figura 6 B). Feito isso a régua era retirada e com o amparo de uma enxada era colocado o solo sobre as sementes e compactado.

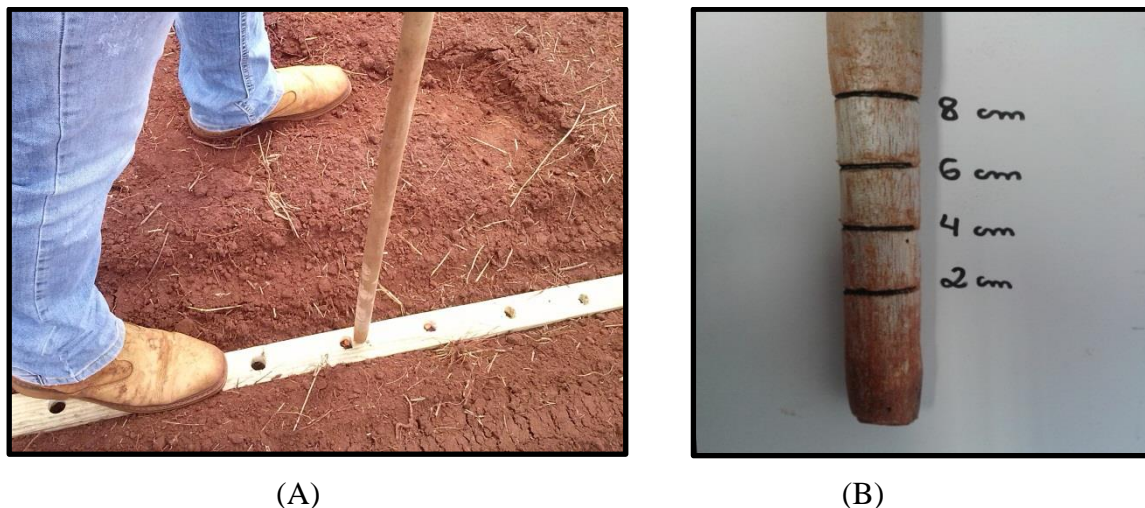


Figura 6: (A) realização da sementeira de acordo com o tratamento requerido; (B) bastão de madeira com as marcações das profundidades desejadas, Botucatu, 2016

Após a realização da adubação de cobertura foi realizada a pulverização de herbicida para o controle de plantas daninhas. Essa pulverização foi feita com pulverizador marca Jacto modelo Condor com capacidade de 600 litros, equipado com uma barra de 12 metros com 25 bicos espaçados de 0,50 m entre si, pontas marca Teejet, com vazão 03 e ângulo de aplicação de 110 graus, com pressão de 8 kgf.cm², acoplado ao trator agrícola marca New Holland, modelo 3030 com 42,33 kW (51 cv) de potência no motor. O herbicida utilizado foi Roundup WG, de princípio ativo Glyphosate, na dose de 2,5 kg por hectare de produto comercial, com volume de calda de 150 L por hectare.

5.8 Delineamento experimental

Em ambos os experimentos o delineamento foi em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições.

5.9 Determinação do teor de água no solo

No dia da sementeira foram coletadas 8 amostras de solo nas profundidades de 0 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,30 m; e 0,30 a 0,40 m, para tal coleta foi utilizado um enxadão e sacos plásticos onde o solo foi acondicionado até ser levado ao laboratório. No laboratório as amostras foram colocadas em latas de alumínio em seguida

pesadas e levadas para a estufa a 105°C por 24 horas, após as quais foram pesadas as amostras e as latas para a determinação da massa de água contida nas amostras, a qual foi expressa em porcentagem.

5.10 Determinação da velocidade de emergência

Após a semeadura, a área foi monitorada diariamente e ao quinto dia foi constatada a emergência das primeiras plântulas. A partir de então foi realizada a primeira contagem de emergência das plântulas, posteriormente realizada diariamente até o 13° dia após a semeadura, quando houve estabilização da emergência e estande de plântulas, conforme indica Nakagawa (1994).

O índice de velocidade de emergência (IVEm), foi obtido por meio das contagens diárias de plântulas emergidas até a estabilização do estande em “X” metros. Os valores do IVEm foram determinados pela equação 1, proposta por Maguire (1962).

Equação 1:

$$IVEm = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVEm: índice de velocidade de emergência (plantas dia⁻¹);

G₁, G₂,...,G_n: número de plântulas emergidas em cada dia de contagem;

N₁, N₂,...,N_n: número de dias decorridos entre a semeadura e o último dia de contagem.

5.11 Determinação das populações inicial e final das plantas de milho

A população inicial foi realizada quando se deu o final da emergência das plantas, ou seja, na última avaliação de velocidade de emergência. Já a população final foi determinada no mesmo local da população inicial, contando as plantas presentes no momento da colheita em “X” m.

5.12 Determinação índice de sobrevivência das plantas de milho

O índice de sobrevivência médio correspondeu à proporção média de plantas que atingiram sua maturação, em relação ao estande médio inicial de plantas obtido pela equação:

Equação 2:

$$IS = \frac{P_f}{P_i} \cdot 100$$

Em que:

IS = índice de sobrevivência médio de plantas (%);

P_f = estande final de plantas (plantas ha⁻¹);

P_i = estande inicial de plantas (plantas ha⁻¹).

5.13 Determinação da altura de plantas e inserção de espigas

A altura das plantas foi determinada com uma régua medindo-se a distância vertical entre o solo e a inserção da folha bandeira aos 120 dias após a semeadura. A altura de inserção da primeira espiga foi determinada medindo-se, com a mesma régua, a distância vertical entre o solo e o nó onde estava inserida a base da primeira espiga em 10 plantas consecutivas na mesma linha no interior de cada parcela.

5.14 Determinação do diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi determinado aproximadamente a 0,1m acima do solo, sendo medido sempre o maior diâmetro encontrado em todas as plantas, com auxílio de um paquímetro digital. Para encontrar o maior diâmetro o paquímetro foi girado até a obtenção do maior valor. Essas três medições foram tomadas de 10 plantas consecutivas na mesma linha no interior de cada parcela, sendo deixadas três fileiras de cada lado e no mínimo cinco metros no sentido do comprimento da parcela, considerados como bordadura.

5.15 Determinação da porcentagem de plantas quebradas e acamadas

Tal determinação foi realizada no momento da colheita onde foi contado o número de plantas da área útil de cada parcela com ângulo superior a 45° com a vertical e ou quebrada abaixo da inserção da espiga, foi expresso em porcentagem de plantas acamadas e ou quebradas, feito isso foi aplicada a Equação 3 e 4 para a determinação:

Equação 3:

$$\% PA = \frac{PA}{TP} * 100$$

e

Equação 4:

$$\% PQ = \frac{PQ}{TP} * 100$$

Em que:

$\%PA$ = Porcentagem de plantas acamadas

$\%PQ$ = Porcentagem de plantas quebradas

PA = Plantas acamadas

PQ = Plantas quebradas

TP = Total de plantas

5.16 Quantidade de espigas por planta

A determinação do número de espiga por planta foi determinado por meio da contagem do total de espigas contidas na área útil da parcela e da população final, submetido a Equação 5:

Equação 5:

$$Nep = \frac{Nte}{PF}$$

Em que:

Nep = Número de espigas por planta

Nte = Número total de espigas

PF = População final

5.17 Determinação do comprimento e diâmetro de espigas

Para determinar o comprimento, foram amostradas 10 espigas ao acaso, despalhadas e colocadas em uma superfície plana e em cada extremidade da espiga foi limitado a um anteparo de madeira com dimensões de 0,05 x 0,05 x 0,15 m, sendo assim, a distância entre os dois pedaços de madeira tomada como sendo o comprimento da espiga. O diâmetro das espigas foi determinado com o mesmo paquímetro utilizado para a determinação do diâmetro do colmo, essa medida foi tomada onde a régua de determinação do comprimento da espiga marcou a metade da mesma.

5.18 Determinação do número de fileiras de grãos

O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado por meio da contagem das fileiras de grãos das mesmas espigas referidas no item 5.17 e calculada a média.

5.19 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi obtida a partir da pesagem de mil grãos obtido das espigas referidas no item 5.17, considerando de teor de água de 13%, medida em balança eletrônica com precisão de 0,1 g e efetuando-se a média.

5.20 Produtividade estimada de grãos

A produtividade estimada de grãos foi determinada pela pesagem dos grãos obtidos a partir da debulha das espigas citadas no item 5.17, considerando o teor de água de 13%, medida em balança eletrônica de precisão de 0,1g e calculando as médias.

Estas médias foram extrapoladas para hectare imaginando uma situação hipotética perfeita, onde a população seria de 100% em todas as populações avaliadas e todas as plantas produzissem uma espiga com a mesma produtividade das avaliadas. Ou seja, a massa média obtida das 10 espigas foi extrapolada para hectare, multiplicando esse valor pela quantidade de plantas por hectare.

5.21 Produtividade de grãos

A produtividade foi determinada aos 150 dias após a semeadura sendo as espigas de todas as plantas das duas linhas centrais de cada parcela colhidas manualmente em cada parcela, o que correspondia a uma área de 8,5 m². Essas espigas foram debulhadas por uma debulhadora estacionária de grãos marca Nux, acionada pela TDP de um trator agrícola marca Massey Ferguson modelo MF 265 (4 x 2 TDA), após a debulha foi determinada a massa dos grãos de cada parcela por meio de uma balança.

Após a pesagem foi tomada uma amostra de 100 gramas de grãos de cada parcela e levada ao laboratório para determinação da umidade da massa de grãos. As amostras foram pesadas e colocadas na estufa por 24 horas a 105°C, sendo pesadas novamente para obtenção da produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade. Para um melhor entendimento dos dados essa produção foi extrapolada para uma área de 1 hectare.

5.22 Análise estatística dos dados

Para a análise estatística os dados originais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo os dados qualitativos, (profundidade de semeadura) foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de confiança de 0,05. Para os resultados quantitativos (diferentes espaçamentos entre plantas) foi realizada análise de regressão com ajuste dos maiores coeficientes de determinação ($p \leq 0,05$). As barras verticais nas análises de regressão demonstram o erro padrão +- média.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Dados meteorológicos dos experimentos

O período de desenvolvimento da cultura do milho é limitado por falta ou excesso de água, temperatura e radiação solar. Entre esses fatores o mais complexo é o da temperatura, uma vez que a condição ideal nesse caso varia ao longo do ciclo da cultura (ALVES et al., 2010). Quanto mais elevada a temperatura ambiente maior a temperatura da planta e com isso maior o metabolismo da mesma, quanto menor a temperatura ambiente também será menor a da planta e com isso o metabolismo diminui (CRUZ et al., 2006). Porém como pode ser observado na Figura 7, a temperatura ficou dentro do ideal para o melhor desenvolvimento da cultura.

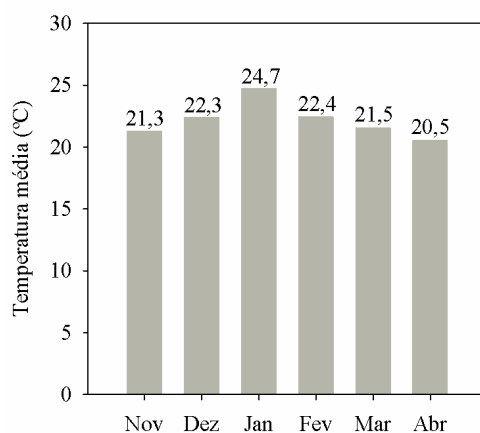


Figura 7: Temperatura média (°C) do período em que o experimento esteve em campo, Botucatu, 2016.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), para atingir a fase reprodutiva, a cultivares de milho de ciclo precoce necessita de 831 a 890 MJ m², como mostra a Figura 8 ate meados de janeiro quando a cultura iniciou a fase reprodutiva a radiação acumulada ficou em torno de 1270 MJ m².

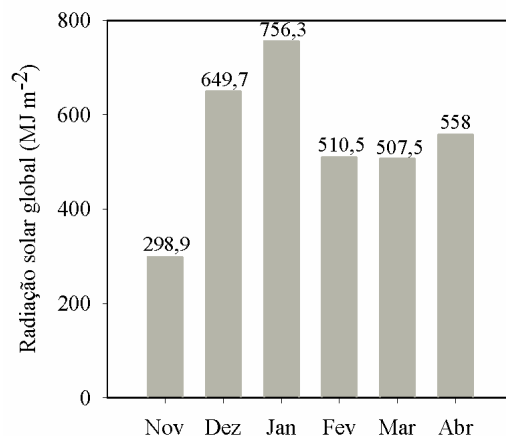


Figura 8: Radiação solar (MJ m⁻¹) acumulada em cada mês a partir do momento da semeadura, Botucatu, 2016.

Assim como a temperatura, a quantidade de água necessária depende da época em que a cultura se encontra. Segundo Cruz et al. (2006) a cultura do milho consome em torno de 600 mm de água durante o ciclo. Ainda segundo os mesmos autores, nos estádios iniciais de crescimento a cultura raramente necessita de uma quantidade acima de 2,5 mm.dia⁻¹. Já durante o período compreendido entre o florescimento e a maturação fisiológica o consumo se eleva para 5 a 7,5 mm diários, podendo chegar a 10 mm em dias quentes e com umidades muito baixas.

De acordo com os dados pluviométricos coletados, pode-se observar (Figura 9) que não houve falta de água para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Vale ainda ressaltar que a pluviosidade acumulada em novembro conta com uma irrigação de 12 mm no dia da semeadura, portanto a chuva acumulada a partir do momento da semeadura (15/11/2014) foi de 80 mm mais 12 mm de irrigação.

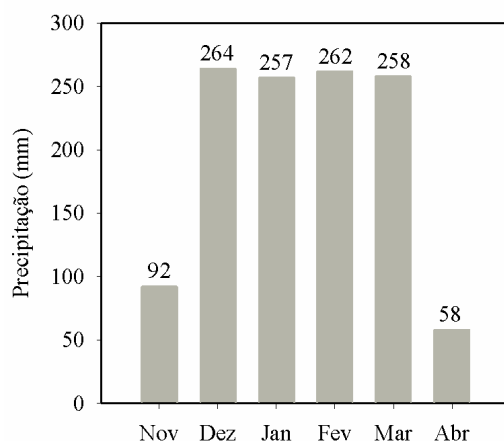


Figura 9: Precipitação acumulada (mm) do dia da semeadura até o momento da colheita, Botucatu, 2016.

Em condições adversas de ventos médios acima de 15 km h^{-1} o milho pode vir a sofrer tombamento e/ou quebraimento do colmo o que provoca perda de produtividade em qualquer que seja o estágio da cultura (MALDANER, et al., 2014). Esse fator se agrava em materiais com porte elevado e/ou colmo fino, ou ainda quando há um adensamento elevado das plantas. No caso deste experimento as velocidades dos ventos não ultrapassaram $8,2 \text{ km h}^{-1}$ (Figura 10), dessa forma não apresentando maiores danos a cultura.

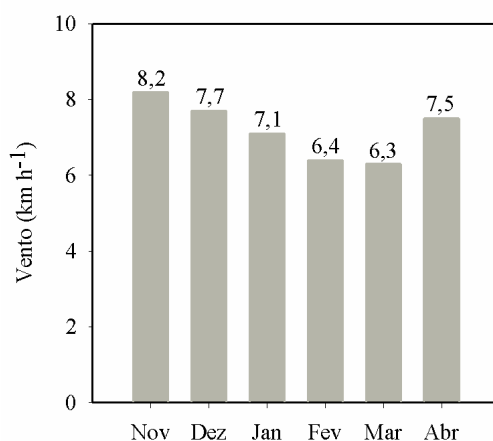


Figura 10: Velocidade média do vento (km h^{-1}) no período do experimento em campo, Botucatu, 2016.

6.2 Profundidade de sementeira

6.2.1 Índice de velocidade de emergência das plantas

Para caracterizar o período da sementeira até a emergência total, foram coletados dados diários das condições climáticas (Tabela 4).

Tabela 4: Dados meteorológicos de T° (Temperatura mínima e máxima), P (Precipitação), UR (Umidade Relativa do Ar mínima), U (Velocidade do Vento), ECA (Evapotranspiração do Tanque – Classe A) e DH20 (Demanda Hídrica), Botucatu, 2016.

Novembro de 2014							
Dia	T° min	T° max	P (mm ⁻¹)	UR min (%)	U (m,s ⁻¹)	ECA (mm ⁻¹)	DH ₂₀ (mm ⁻¹)
1° *	14,6	24,7	12	45,7	3,5	10,5	-2,06
2°	14,8	26,1	0	33,7	2,9	8,2	-1,18
3°	12,9	26,9	0	31,3	2,9	7,2	-0,97
4°	13,4	27,9	12	41,3	2,9	11,2	10,02
5°	16,5	31,2	0	31,2	2,5	7,9	-1,06
6°	18,9	23,2	2	59,3	2,2	1,3	1,67
7°	19,8	31,2	21,1	34,1	1,6	2,5	20,73
8°	18,2	23,5	8,9	70,2	1,6	10,8	5,66
9°	18	24,8	0,6	60,2	1,4	2,4	-0,02
10°	18,2	28,9	17,8	53	2,5	4,8	16,71
11°	18,7	26,8	14,2	65,3	1,5	3,1	13,33
12°	19,3	25,8	2,5	71,7	1,9	2,5	1,75
13°	19,6	27	0,3	62,4	2,4	5,2	-1,09
14°	17,7	26,1	0	58	2,9	5,6	-1,39
Total							62,11

DH₂₀ = Kc*ECA-P. Kc (coeficiente de evapotranspiração) do milho na fase inicial = 0,3 (UR min>70% e U<5m.s⁻¹) e 0,5 (UR min<20% e U>5m.s⁻¹). * dia em que foi realizada a sementeira (15 de novembro de 2014).

Em condições de temperatura e umidade relativa do ar adequadas, a emergência ocorre de 4 a 5 dias após a sementeira (MAGALHÃES e DURÃES, 2002). No presente trabalho foi observado que a emergência se iniciou no quinto dia após a sementeira. Pode-se verificar na Tabela 4 que houve 62,11 mm de oferta hídrica no período de contagem das plântulas, satisfazendo a demanda diária de 2,5 mm de água (CRUZ et al., 2006), o que resultou em uma ideal condição de emergência da plântula.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios de teor de água do solo nas diferentes profundidades.

Tabela 5: Valores de teor de água do solo nas diferentes profundidades do solo. Botucatu, 2016.

Profundidade (cm)	Teor de Água do Solo %
0-10	11,26
10-20	11,10
20-30	12,09
30-40	11,48

Foi verificado o baixo teor de água do solo no momento da semeadura. Justificam-se estes valores devido à alta mobilização do solo feita nos primeiros 0,4m de profundidade decorrente do preparo convencional do solo. Porém, como observado na Tabela 4, logo após a semeadura houve uma irrigação, o que favoreceu a germinação das sementes.

O fator água é de extrema importância para o desenvolvimento inicial da cultura, pois a falta ou o excesso desta irá comprometer o desenvolvimento e produtividade da lavoura (MATA et al., 2011; GAZOLA et al., 2014).

O contato da semente com solo úmido permite a reidratação de seus tecidos, aumentando suas atividades respiratórias e a germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Ainda segundo os mesmos autores, o conteúdo de água no solo influencia a aeração e na disponibilidade de oxigênio, fundamental para o processo germinativo da população desejada de plantas.

Na Tabela 6 pode-se observar que todas as variáveis de emergência avaliadas apresentaram significância de 1% de probabilidade para os tratamentos, que consistem nas diferentes profundidades de semeadura.

Os resultados do IVEm, CEm e EmT, no tratamento 6 e 8 cm, foram maiores ao dos obtidos nos demais tratamentos em números absolutos, porém estatisticamente houve pouca variação entre os tratamentos estudados. Contudo concluímos que quanto menor a profundidade, menor será o índice de velocidade de emergência.

Tabela 6: Valores médios do IVEm (Índice de Velocidade de Emergência), CEm (1ª Contagem de Emergência) e EmT (Emergência total de plantas) em função das diferentes profundidades de semeadura. Botucatu, 2016.

Tratamentos	IVEm (plantas.dia ⁻¹)	CEm (plantas)	EmT (%)
2	2,07 c	3,37 b	93,75 c
2 e 4	2,37 bc	3,50 b	97,43 ab
2 e 6	2,64 ab	9,00 ab	99,44 a
2 e 8	2,57 abc	8,87 ab	98,21 ab
4	2,80 ab	10,37 ab	99,66 a
4 e 6	2,70 ab	9,37 ab	99,21 ab
4 e 8	2,75 ab	9,50 ab	98,21 ab
6	2,83 ab	11,37 ab	98,54 ab
6 e 8	2,98 a	16,47 a	99,10 ab
8	2,86 ab	13,5 a	97,09 b
Teste F	5,6**	4,94**	13,61**
C.V.	12,66	37,59	0,96
DMS	0,51	8,72	2,29

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Teste de Tukey significativo a 1% de probabilidade. C.V. coeficiente de variação em porcentagem. DMS diferença mínima significativa.

O IVEm e a EmT obtidos no tratamento de 2 cm, mostraram que em menor profundidade de semeadura o estabelecimento do estande de plântulas é prejudicado, ocorrendo 93,75% de EmT. Contrário a estes resultados, Sangoi et al., (2004), semeando milho nas profundidades de 2 e 5; e 5 e 10 cm, alcançaram percentagens de emergência superiores a 94% em todas as profundidades. A menor porcentagem de EmT do presente trabalho possivelmente é resultado do sistema de preparo do solo utilizado, o sistema convencional. Neste sistema, as camadas superficiais do solo têm o teor de água reduzido e a temperatura elevada, consequência da não existência de palhada em sua superfície, desfavorecendo a EmT (SOUZA et al., 2013)

Estudando a emergência de milho, Gupta et al. (1988) observaram que, em temperaturas favoráveis, existe correlação entre profundidade e velocidade de emergência sendo mais rápidas a germinar as sementes em maiores profundidades. Os resultados corroboram com Souza et al. (2013) que estudaram a velocidade da emergência de milho nas profundidades de 3, 5, 7 e 9 cm e verificaram que o IVEm foi melhor em 7 cm e pior em 3 cm respectivamente. Já Prado et al. (2001) não encontraram diferenças para

a velocidade de emergência em diferentes profundidades de semeadura, em experimento com suplementação hídrica. Mesmo resultado encontrado por Furlani et al. (2001) que também não encontraram diferença no IVE_m de plântulas de milho em diferentes profundidades e compactações de solo. Contudo Yorinori et al. (1996) descreveram, sem relato do conteúdo de água do solo, proporcionalidade inversa entre profundidade e velocidade de emergência de milho-pipoca.

Esses resultados mostram a particularidade de cada situação e os múltiplos fatores que afetam esse índice. A diferença entre os dias para emergência e estande das plantas de milho no efeito ocasionado pela variação da profundidade está provavelmente associado ao comportamento da temperatura do solo. No subperíodo semeadura-emergência o meristema apical está abaixo da superfície do solo e o efeito da temperatura se torna um fator limitante da taxa de desenvolvimento inicial do milho (STONE et al., 1999; JANOWIAK et al., 2003). Na profundidade de 2 cm a alta temperatura nas camadas superficiais do solo limitou a emergência das plântulas, do mesmo modo, que nas maiores profundidades se as temperaturas tivessem ficado abaixo do ideal haveria também redução da velocidade de emergência devido a redução nas reações metabólicas (NASSIF, 2015) o que nesse experimento não ocorreu.

Os tratamentos de 4, 6 e 8 cm de profundidade, apresentam resultados mais satisfatórios para as variáveis analisadas, destacando a importância da uniformidade na linha de semeadura, que pode influenciar na produtividade da cultura e implicar no aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, quando não alcançadas à padronização, conforme esclarecem Neto et al., (2008).

6.2.2 Características agronômicas e produtividade

A Tabela 7 mostra que em todos os tratamentos avaliados não houve diferenças significativas para as populações inicial e final de plantas, dessa forma também não houve diferença no índice de sobrevivência ficando todas acima dos 98%. Esse fato ocorreu porque a cultura, desde a semeadura, não sofreu com falta d'água, além de que mesmo as sementes colocadas mais ou menos profundas ainda assim estavam dentro ou próximo do que é recomendado para a cultura do milho em solos argilosos (CRUZ et al., 2006).

Em relação as plantas quebradas e acamadas (Tabela 7) apesar do coeficiente de variação ter dado alto, também não houve diferenças estatísticas para essas variáveis, isso ocorreu provavelmente por conta de que dentro de um mesmo tratamento houve parcelas com bastante quebra e acamamento e em outro bloco o mesmo tratamento esse fato não ocorreu.

Tabela 7: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de população inicial (plantas.ha⁻¹), população final (plantas.ha⁻¹), índice de sobrevivência (%), plantas acamadas (%) e plantas quebradas (%), Botucatu, 2016.

Tratamento (cm)	População Inicial (pl.ha ⁻¹)	População Final (pl.ha ⁻¹)	Índice de Sobrevivência (%)	Plantas Acamadas (%)	Plantas Quebradas (%)
2	63.525 a	62.643 a	98,6 a	1,87 a	3,24 a
2 e 4	64.702 a	64.113 a	99,1 a	0,45 a	5,06 a
2 e 6	64.996 a	64.996 a	100 a	0,44 a	4,49 a
2 e 8	64.996 a	63.819 a	98,1 a	0,93 a	2,76 a
4	65.584 a	65.584 a	100 a	0,00 a	0,89 a
4 e 6	64.996 a	63.819 a	98,2 a	1,44 a	1,83 a
4 e 8	64.702 a	64.113 a	99,1 a	1,84 a	0,45 a
6	64.996 a	64.407 a	99,1 a	0,45 a	2,29 a
6 e 8	65.290 a	64.407 a	98,6 a	0,92 a	3,57 a
8	64.702 a	63.819 a	98,7 a	0,00 a	0,00 a
ANOVA					
Teste F	0,81 n.s.	1,26 n.s.	0,66 n.s.	1,22 n.s.	1,64 n.s.
DMS	2921	3384,8	3,85	3,05	6,41
C.V. %	1,85	2,17	1,6	149	107

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). DMS diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

O fato das sementes terem sido colocadas em distâncias iguais fez com que a população final de plantas pouco variasse entre os tratamentos, dessa forma a porcentagem de plantas acamadas e quebradas também foi baixa, pois a planta não sofreu com a estiolagem, como foi o caso do outro experimento.

Os resultados da Tabela 8 mostram que as médias das alturas das plantas diferiram, apresentando-se menores valores as plantas nas quais as sementes foram

colocadas nas situações mais adversas, ou seja, 2 e 8 cm, e maiores valores na situação considerada normal (4 cm). Já na variável altura de inserção da primeira espiga, apenas os tratamentos 4 e 8 cm diferiram mostrando-se com 0,97 e 0,85 m de altura respectivamente.

Os dados de diâmetro de colmo não apresentaram diferenças significativas, ficando em torno dos 22 mm, da mesma forma a porcentagem de espigas por planta, permanecendo em torno de 100%, ou seja, uma espiga por planta.

Tabela 8: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de altura de plantas (m), altura de inserção de espiga (m), diâmetro de colmo (mm) e espigas por planta. Botucatu, 2016.

Tratamento (cm)	Altura de Plantas (m)	Altura de inserção de Espiga (m)	Diâmetro de Colmo (mm)	Espigas por planta
2	1,84 c	0,89 ab	21,8 a	0,97 a
2 e 4	1,95 abc	0,93 ab	22,5 a	0,97 a
2 e 6	1,92 abc	0,88 ab	22,1 a	0,97 a
2 e 8	1,98 ab	0,94 ab	22,1 a	1,01 a
4	2,00 a	0,97 a	23,3 a	1,02 a
4 e 6	1,94 abc	0,87 ab	21,4 a	0,98 a
4 e 8	1,98 ab	0,95 ab	22,5 a	1,00 a
6	1,94 abc	0,91 ab	22,4 a	1,02 a
6 e 8	1,98 ab	0,92 ab	22,6 a	0,98 a
8	1,86 bc	0,85 b	22,9 a	0,95 a
ANOVA				
Teste F	4,45 **	2,49 *	1,65 n.s.	1,85 n.s.
DMS	0,11	0,11	1,98	8,26
C.V. %	2,5	5,16	3,65	3,43

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). DMS diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Entre todos os dados de espiga avaliados (Tabela 9), ou seja, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e número de fileiras de grãos por espiga, apenas para o comprimento de espiga houve diferença significativa, apresentando maiores valores no tratamento de 2 e 6 cm com tamanho médio de 17,2 cm.

Os outros fatores (diâmetro e número de fileiras de grãos por espiga) não mostraram grandes variações, ficando com um diâmetro de espigas médio de 52 mm e uma quantidade de 16 fileiras de grãos. Esses resultados concordam com Mello (2011), que também não encontrou diferença em seu trabalho.

Tabela 9: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de diâmetro de espigas (mm), comprimento de espigas (cm) e número de fileiras de grãos por espiga. Botucatu, 2016.

Tratamento (cm)	Diâmetro das espigas (mm)	Comprimento de espigas (cm)	Nº de fileiras de grãos por espiga
2	51,76 a	16,6 ab	16,6 a
2 e 4	52,03 a	16,5 abc	16,8 a
2 e 6	52,33 a	17,2 a	16,6 a
2 e 8	52,28 a	15,9 bc	16,8 a
4	51,89 a	16,6 ab	16,4 a
4 e 6	51,13 a	15,4 c	16,5 a
4 e 8	52,37 a	16,8 ab	16,6 a
6	52,51 a	16,8 ab	16,4 a
6 e 8	52,68 a	16,6 abc	16,7 a
8	52,20 a	16,4 abc	16,4 a
ANOVA			
Teste F	0,68 n.s.	4,09 **	0,24 *
DMS	2,6	1,22	1,49
C.V. %	2,05	3,06	3,72

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). DMS diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

A ocorrência das variáveis das espigas não terem se alterado estatisticamente entre os tratamentos está relacionado à genética do material (FURTADO, 2005), além de que em todas as parcelas a quantidade de água disponível no momento da definição das suas características, foi igual.

Quando se refere a cultura do milho todos os dados relacionados a espiga refletem diretamente na produtividade final da lavoura (MELLO, 2011; PINOTTI, 2013), isso quer dizer que quanto maior a espiga e quanto maior o peso dos grãos, maior

será a produção. Contudo, a única variável da espiga que variou nesse trabalho foi o comprimento (Tabela 9), pois nem o diâmetro de colmo (Tabela 8) e nem a massa de mil grãos (Tabela 10) variaram.

A massa média de grãos por espiga variou estatisticamente, como pode ser observado na Tabela 10, tendo produzido uma massa média de 0,234 kg de grãos por espiga. Esse resultado foi encontrado no tratamento de 2 e 6 cm que não por coincidência também foi o tratamento que apresentou as espigas mais compridas.

Por meio da massa das espigas pode-se inferir que a situação ideal de produtividade, onde nenhuma planta nem espiga se perderiam, e chega-se ao resultado de 15089 kg por hectare de grãos produzidos no mesmo tratamento. A pior estimativa ficou por conta do tratamento 4 e 6 que teria uma produção de 12042 kg de grãos ha⁻¹.

Tabela 10: Análise estatística para os dados de profundidade de semeadura comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis de massa de mil grãos (g), Massa média de grãos por espiga (kg), produtividade estimada das espigas (kg.ha⁻¹), produtividade (kg.ha⁻¹), Botucatu, 2016.

Tratamento (cm)	Massa de mil grãos (g)	Massa média de grãos por espiga (kg)	Produtividade estimada das espigas (kg.ha ⁻¹)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
2	332,62 a	0,218 abc	14089 abc	11122 bc
2 e 4	347,47 a	0,212 bc	13686 bc	12210 bc
2 e 6	347,07 a	0,234 a	15089 a	12226 bc
2 e 8	356,73 a	0,206 c	13299 c	12698 abc
4	358,88 a	0,227 ab	14654 ab	14126 a
4 e 6	341,88 a	0,186 d	12042 d	11068 c
4 e 8	345,71 a	0,226 ab	14573 ab	12688 abc
6	352,51 a	0,224 ab	14493 ab	12930 ab
6 e 8	349,24 a	0,220 abc	14234 abc	12904 abc
8	357,73 a	0,222 abc	14363 abc	12598 abc
ANOVA				
Teste F	2,08 n.s.	14,75 **	14,75 **	5,51 **
DMS	27,13	0,017	1099,92	1850,3
C.V. %	3,19	3,21	3,21	6,1

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01). n.s. não significativo (p ≥ .05). DMS diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Na situação real de campo onde houve perdas de plantas, plantas acamadas e quebradas, sombreamento, intemperes climáticas, competição por luz, água e nutrientes, que resultaram em todas as outras características inclusive as das espigas; a produção se mostrou melhor, em números absolutos, no tratamento de 4 cm de profundidade (Tabela 10) contudo não se diferenciando estatisticamente de outros tratamentos. Dessa forma, segundo a estatística a variação da profundidade de deposição da semente de 4 até 8 cm não afeta a produtividade da lavoura.

Os piores resultados de produtividade foram obtidos nos tratamentos em que as sementes foram colocadas nas menores profundidade. Essa variação de resultados está associada às condições climáticas, principalmente, temperatura e umidade do solo (GUPTA et al., 1988; PRADO et al., 2001; YORINORI et al., 1996)

Fancelli e Dourado Neto (2000) descrevem que a profundidade de semeadura ideal para milho seria entre 3 a 5 cm para solos argilosos e 4 a 6 cm para solos arenosos. Cruz et al. (2006) citam como ideal as profundidades de 3 a 5 e 5 a 7 cm, para solos argilosos e arenosos respectivamente.

Weirich Neto (2004), estudando 60 pontos em uma lavoura comercial, constatou como profundidade ideal 3,9 cm, abaixo dessa profundidade as sementes depositadas já terão problemas com germinação o que comprometerá o seu desenvolvimento futuro.

6.3 Espaçamento entre plantas

As características agronômicas avaliadas mostraram que há uma grande variação na cultura do milho quando os espaçamentos entre plantas são alterados. Muitas dessas mudanças ocorrem devido a maior ou menor competição entre plantas dependendo do espaçamento, por: espaço, nutrientes, água e luz.

Como pode-se verificar na Figura 11 (A) o índice de sobrevivência de plantas foi afetado significativamente, de forma que quando a cultura foi submetida a condições extremas com população muito alta ou muito baixa houve diminuição gradativa da sobrevivência das plantas.

O índice de plantas acamadas (Figura 11 B) mostra que quanto mais plantas em uma mesma área maior será a quantidade de plantas acamadas, sendo o maior resultado encontrado no tratamento de 11,1 cm entre plantas.

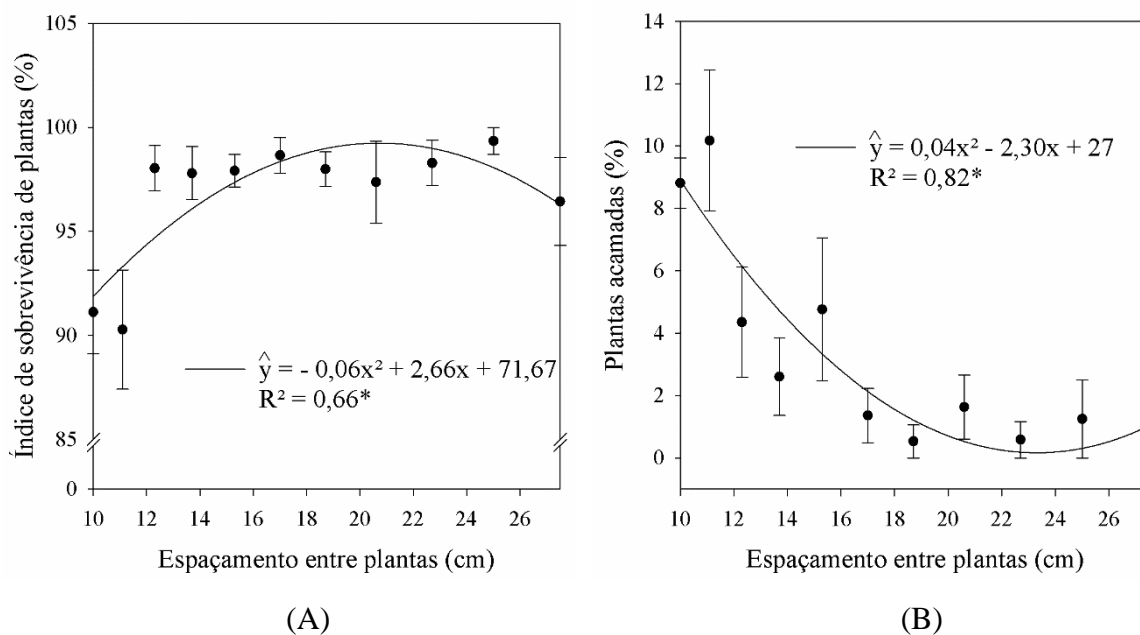


Figura 11: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) índice de sobrevivência de plantas (%); (B) plantas acamadas (%) em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas, Botucatu, 2016.

As plantas quebradas (Figura 12) não apresentaram diferença estatística. Esses resultados corroboram com os encontrados por Pereira et al. (2009) onde verificaram que com o incremento populacional há também o aumento de plantas quebradas e acamadas assim como a diminuição do índice de sobrevivência das plantas.

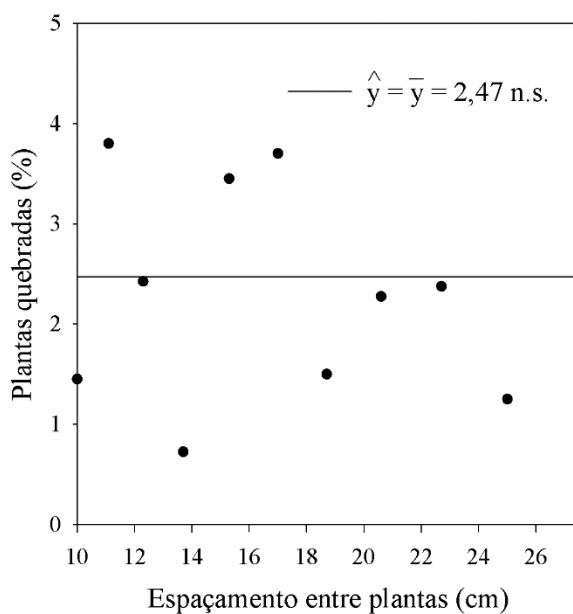


Figura 12: Análise estatística de regressão para a variável plantas quebradas (%), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

Os dados de altura de inserção de espiga apresentaram uma tendência de decréscimo conforme há o aumento do espaçamento entre as plantas, como mostra a Figura 13 (A) sendo os valores maiores e menores encontrados nos tratamentos de 17 e 25 cm respectivamente, porém a tendência segunda a equação é diminuir cada vez mais quando se aumenta o espaçamento. A variável altura de plantas (Figura 13 B) não apresentou diferença estatística. Estes resultados corroboram com os obtidos por Penariol et al (2003), Alvarez et al. (2006), Demétrio et al. (2008).

De modo geral aumentos populacionais de plantas fazem com que ocorra aumento da altura de plantas e da altura de inserção de espiga, resultante da menor degradação de auxinas (SANGOI et al., 2002), que juntamente com o aumento da competição intraespecífica, neste ambiente de produção, faz com que seja prejudicada as outras estruturas do vegetal, levando as plantas a sofrerem mais com acamamento e quebraimento (KAPPES, 2010), o que fica mais do que evidenciado no presente trabalho.

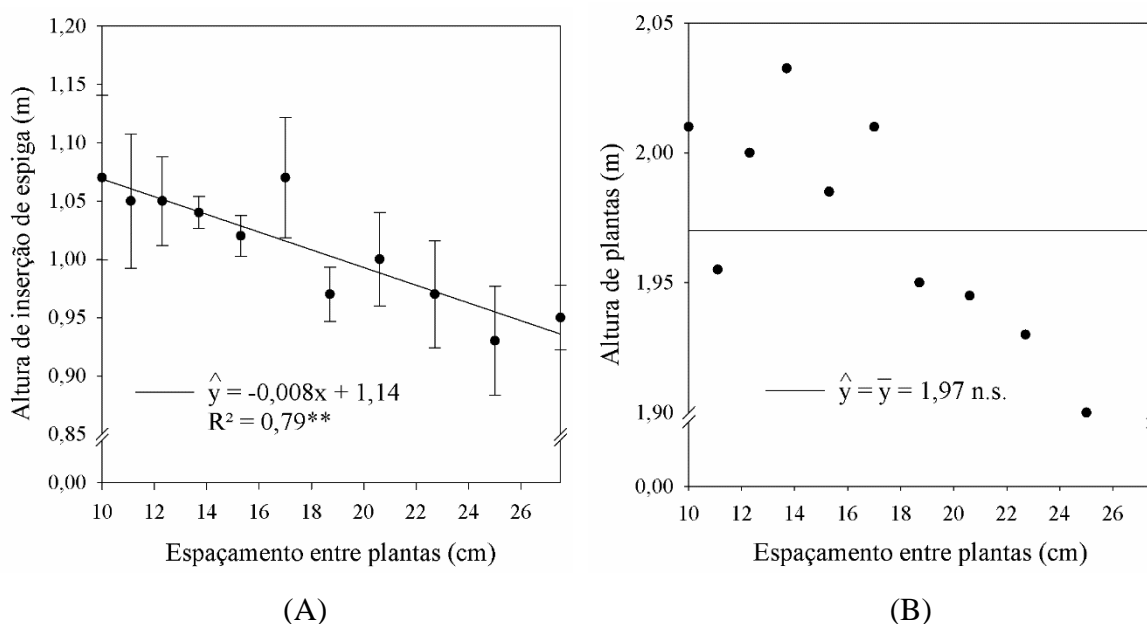


Figura 13: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) altura de inserção de espiga (m); (B) altura de plantas em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

O motivo das plantas serem mais baixas com o aumento do espaçamento e conseqüentemente a diminuição da densidade populacional se dá ao fato da planta com maior espaçamento ter menos resistência para encontrar luz. Já as plantas mais adensadas tendem a crescer mais para conseguirem mais luz (CASAL et al., 1985).

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que em uma condição de restrição de luz ocorre alteração no sistema de fitocromo, fazendo com que ocorra o aumento da altura da planta e da altura de inserção de espiga, ocorrendo maior efeito de dominância apical e estiolamento da planta (PINOTTI, 2013)

O diâmetro de colmo da cultura (Figura 12 A) assim como o número de espigas por plantas (Figura 12 B) demonstraram um crescimento linear com o aumento do espaçamento entre as plantas.

A redução do índice de espigas em relação ao aumento populacional de plantas, é relatado com frequência por diversos autores (SILVA et al. 1999; PALHARES, 2003; PINOTTI, 2003; PENARIOL et al. 2003; CRUZ et al. 2007; BRACHTVOGEL et al. 2009; BRACHTVOGEL, 2010; KAPPES et al. 2011; PINOTTI, 2013) e corroboram com os resultados obtidos.

Plantas que apresentam maiores diâmetros de colmo, menor altura, menor altura de inserção de espigas, tem menor probabilidade de acamamento, sendo este um fator a ser considerado na decisão de escolha de utilização do cultivar, principalmente quando ocorre grande competição pelos recursos do ambiente (PINOTTI, 2013), pois isso irá facilitar no momento da colheita, e diminuirá possíveis perdas (BALBINOT e FLECK, 2005).

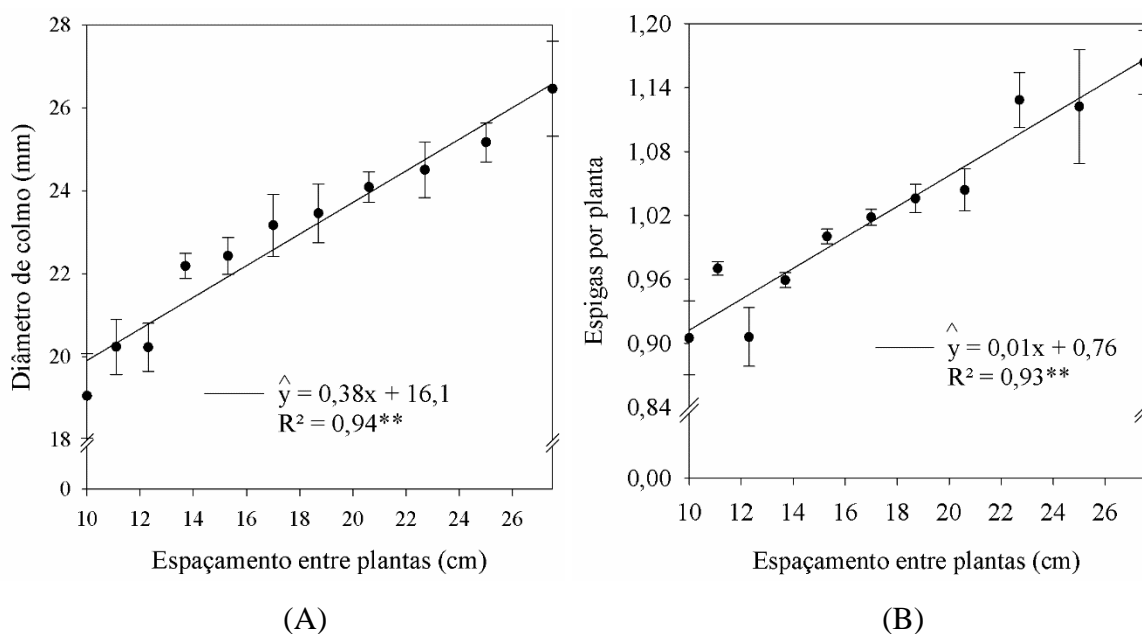
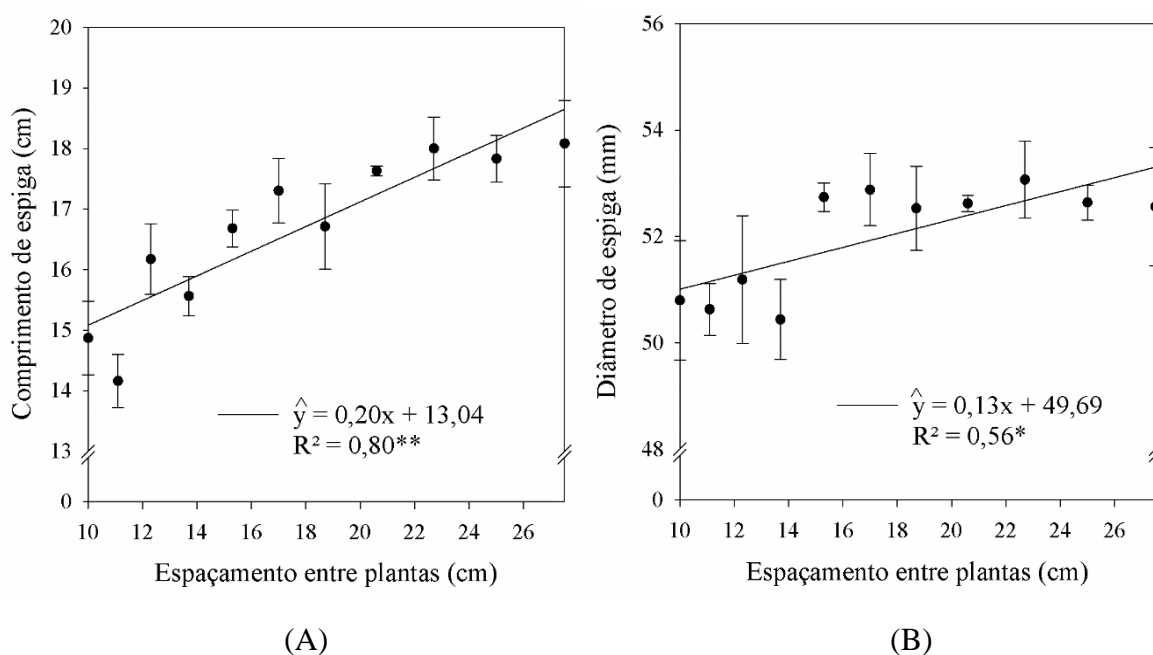


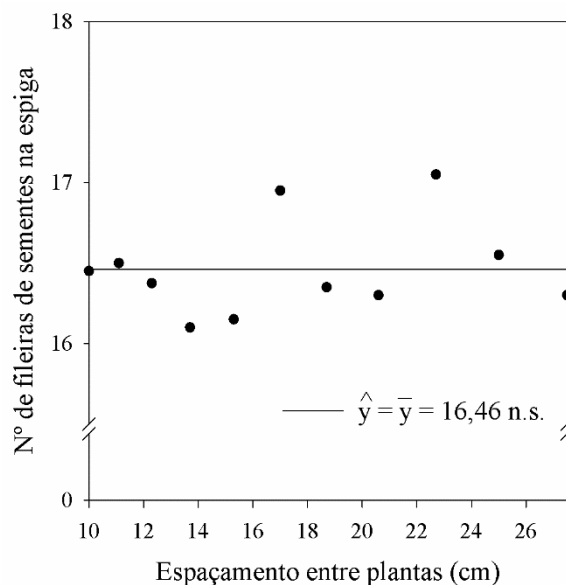
Figura 14: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) diâmetro de colmo (mm); (B) espigas por planta, em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

Em se tratando de número de espigas, a cultura do milho foi melhorada geneticamente para produzir apenas uma espiga por planta com o intuito de que essa espiga tenha uma produção maior do que várias espigas de tamanhos menores. Contudo, de forma restrita as plantas tendem a desenvolverem mais de uma espiga por planta quando é disponibilizado um espaço maior, essa característica é chamada de efeito compensatório (DOEBLEY 2004; GALLAVOTTI et al., 2004) o que corrobora com o resultado encontrado no presente trabalho.

As Figuras 15 (A e B) mostram que houve um aumento linear no comprimento e diâmetro de espigas quando essas plantas foram submetidas a espaçamentos maiores. Essas duas características da cultura do milho, assim como a maioria das características fenotípicas, são muito comuns quando a cultura tem disponibilizado para si melhores condições e/ou menor competição entre plantas, por nutrientes, água, espaço e luz, esse fator se mostra mais ou menos eficiente dependendo da prolificidade da cultivar (PENARIOL et al., 2003)

Os resultados obtidos neste experimento corroboram com os obtidos por Kappes, (2010) e Brachtvogel (2008), ou seja, aumentos na população de plantas fazem com que ocorra diminuição do comprimento da espiga devido ao efeito provocado pela maior competição intraespecífica.





(C)

Figura 15: Análise estatística de regressão para as variáveis: (A) comprimento de espiga (cm); (B) diâmetro de espiga (mm); (C) número de fileiras de semente na espiga, em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

Segundo Palhares (2003) o comprimento da espiga é definido no momento em que as plantas apresentam doze folhas plenamente desdobradas (estádio V12), sendo assim, qualquer adversidade que aconteça nessa fase, como: o efeito combinado da competição intraespecífica e limitações relacionadas com temperatura, água, nutrientes ou luz, pode resultar em redução no comprimento das espigas, provocando diminuição da produtividade.

O mesmo resultado não aconteceu para o número de fileira de grãos por espiga (Tabela 15 C), esse resultado não apresentou diferença estatística significativa o que é comum, pois, segundo Furtado (2005), dificilmente o número de fileiras varia quando é avaliado um mesmo híbrido isso devido a sua alta homogeneidade genética.

Os valores de peso médio dos grãos das espigas (Figura 16 A) estão diretamente associados as características do material, portanto o resultado acompanhou a tendência de aumento mostrado nos dados de comprimento e diâmetro de espiga e expondo um acréscimo significativo do peso de grãos das espigas quando estas estavam em plantas com mais espaçamento disponível para se desenvolverem.

A realidade é que densidades populacionais elevadas podem reduzir a atividade fotossintética individual das plantas e com isso a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos (PINOTTI, 2013) além de aumentarem a esterilidade feminina das plantas (DOURADO NETO et al., 2003; PEREIRA, 2007)

O resultado de produtividade estimada (Figura 16 B), pode-se observar uma situação hipotética que seria uma condição em que todas as plantas daquele tratamento produzissem uma espiga com aquela massa média. Esse resultado mostrou que hipoteticamente é melhor se ter mais plantas com espigas pequenas do que menos plantas com espigas grandes. Mesmo resultado foi encontrado por Pinotti (2003), Brachtvogel et al. (2009) e Brachtvogel (2010) que trabalharam com populações de plantas entre 30.000 e 105.000 pl ha⁻¹, e chegaram a mesma conclusão.

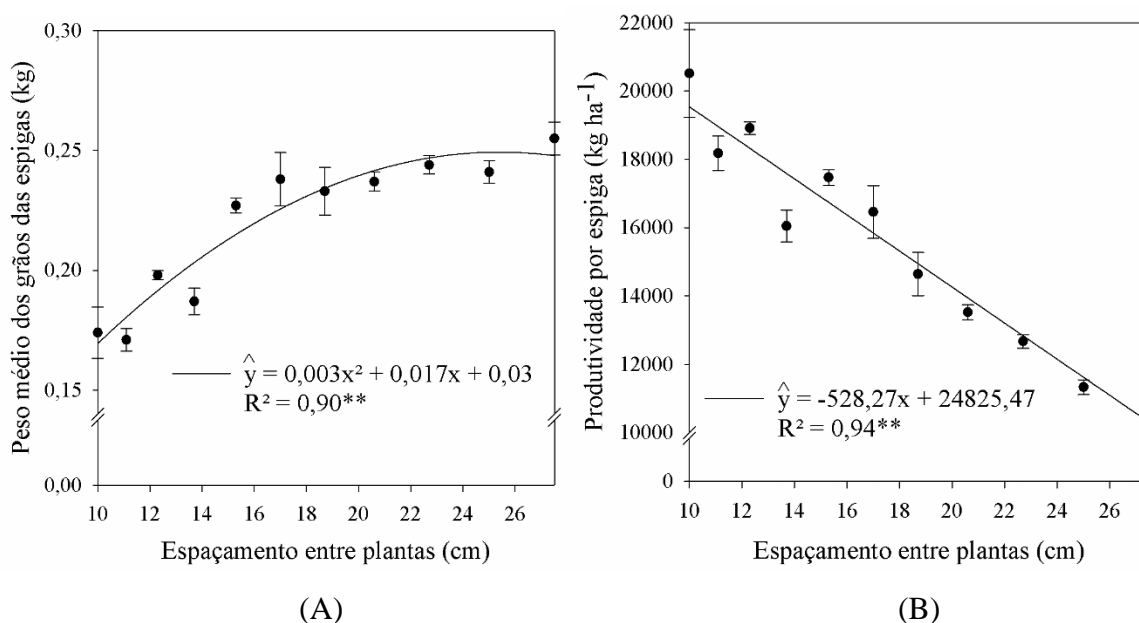


Figura 16: Análise estatística de regressão para as variáveis; (A) peso médio dos grãos das espigas (kg); (B) produtividade por espiga extrapolada (kg.ha⁻¹) (C) peso de mil grãos (g); (D) produtividade (kg.ha⁻¹), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

No entanto, quando se observam todos os dados das espigas desde comprimento passando por diâmetro e massa dos grãos, nota-se que em todos os casos os tratamentos com os maiores espaçamentos entre plantas foram os que se mostraram superiores, portanto se o intuito é a produção de espigas e não a produção de grãos os

melhores tratamentos são os de menores densidades, esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Moraes, et al (2010); Kappes et al. (2011) e Pinotti (2013).

Na variável peso de mil grãos (Figura 17 A), os resultados mostram a tendência de que quanto maior o espaço disponível para as plantas, maiores serão as espigas produzidas e maiores também serão seus grãos produzidos, sendo nesse caso a maior massa de mil grãos encontrada nas parcelas correspondentes ao tratamento de 27,5 cm. Estes resultados concordam com Liang (1992), Strieder et al. (2007) e Pinotti (2013), demonstrando o efeito da competição intraespecífica em condições de alta densidade populacional.

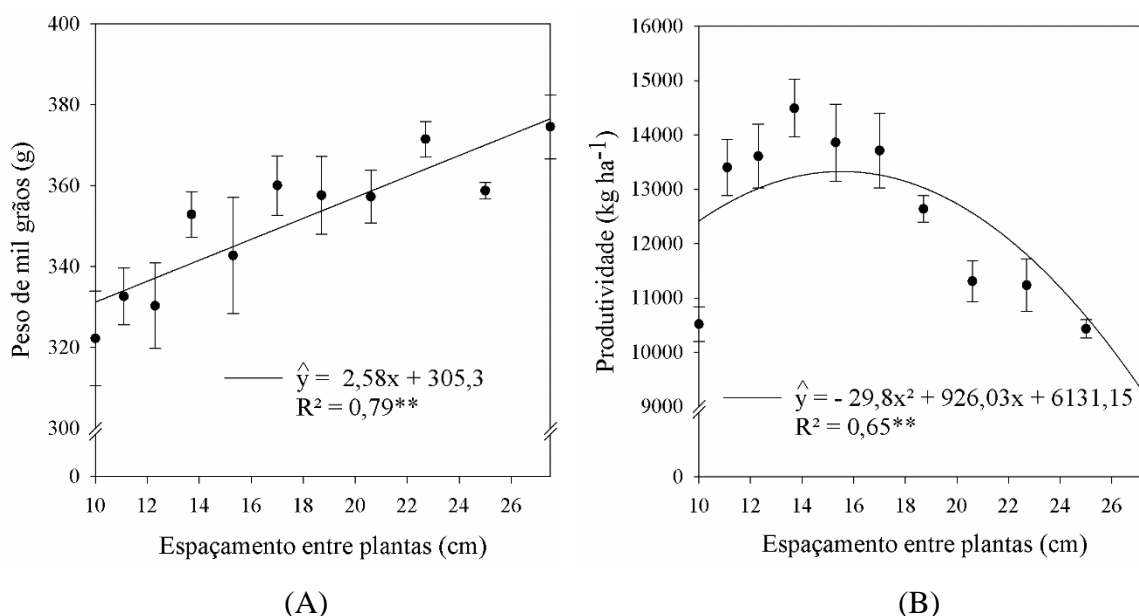


Figura 17: Análise estatística de regressão para as variáveis; (A) peso de mil grãos (g); (B) produtividade (kg.ha-1), em relação aos diferentes espaçamentos entre plantas. Botucatu, 2016.

A produtividade final real (Figura 17 B) mostra uma regressão quadrática onde os tratamentos, 10 cm (plantas duplas) e acima de 20% do espaçamento ideal (20,6; 22,7; 25; e 27,5 cm) a produtividade fica prejudicada. Dessa forma pode-se afirmar que em espaçamentos de -50% e 20, 30, 40 e 50% a produtividade da cultura fica prejudicada. Demonstrando ser o melhor tratamento nas condições em que foi realizado o experimento o tratamento de 13,7 cm entre plantas, tendo este apresentado uma produtividade de 14488 kg.ha⁻¹, porém quando derivamos a equação encontrada,

observamos que a melhor produtividade encontrada seria na distância de 15,5 cm entre plantas o que levaria a uma população ideal aproximada de 75.900 plantas por hectare.

De maneira geral esse resultado concorda com diversos autores (Mundstock, 1978; Meroto Jr et al. 1997, Palhares, 2003, Pinotti, 2013) que também encontraram em seus respectivos trabalhos de densidades populacionais produtividades maiores com populações maiores e produtividades menores em populações menores.

7 CONCLUSÕES

Pode-se concluir para o híbrido testado nas situações em que o trabalho foi conduzido as profundidades avaliadas afetam significativamente o índice de velocidade de emergência, a primeira contagem de plântulas e a emergência total das plantas. E que quanto menor a profundidade semeada menor serão esses índices.

As profundidades de semeaduras maiores foram as que apresentaram as melhores condições para a cultura. E que os melhores resultados foram obtidos com todas as sementes colocadas a 4 cm.

Quanto maior o espaçamento entre plantas maiores serão as espigas produzidas.

As maiores produtividades de grãos foram obtidas no espaçamento entre plantas próximo de 13,7cm.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIGDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1. p. 23 - 29, 2000.
- ALMEIDA, R.A.S.; SILVA, C.A.T.; SILVA, S.L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n.7, p. 63-70, 2010.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 402-408, 2006.
- ALVES, F. Q. G.; SILVA, F. C.; COSTA, I. J. S.; DAVID, A. M. S. S.; SIMÕES, D. A. Qualidade fisiológica de híbridos de milho submetidos a diferentes temperaturas. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.
- AMADO, M.; TOURN, M. C.; ROSATTO, H. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O. A. (ed.). **Avances en ingeniería agrícola 2003-2005**. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 77-81.
- ANDRADE, F. H. et al. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, n. 2, p. 453-459, 1999.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; HEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.71-78, 2001.
- ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v.4, n.1-2, p.27-34, 2003.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- BALBINOT JR., A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.
- BEGNA, S. H.; HAMILTON, L.M.; DWYER, D..W.S.; SMITH, D.L.. Effects of population density and planting pattern on the yield and yield components of leafy reduced stature maize in a short season area. **Journal of Agronomy**, v. 179, n 1, p. 9-17, 1997.

BENTO, D.A.V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 134f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRACHTVOGEL, E. L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BRACHTVOGEL, E.L. et al. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v.39, p.2334-2339, 2009.

BRACHTVOGEL, E. L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas**. 2010. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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

CANOVA. R.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; CORTEZ, J.W. Distribuição de sementes por uma semeadora adubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.3, p.299-306, 2007.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CASAL, J.J., DEREGIBUS, V.A., SÁNCHEZ, R.A. Variations in tiller dynamics and morphology In *Lolium multiflorum* Lam. vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, London, v. 56, p. 533-559, 1985.

COELHO, J.L.D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In **MIALHE, L.G. Máquinas Agrícolas: Ensaio & Certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: décimo segundo levantamento, Setembro 2012**. Brasília, DF, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. CONAB, 2015. **10º levantamento, Acompanhamento da safra 2014/2015**.

CRUZ, J.C. et al. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.1, p.60-73, 2007.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. **Circular técnica 87; Manejo da cultura do milho**. 12 p. Sete Lagoas, 2006

CRUZ, S.J.S. **Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho.** 2013. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas sembradoras de grão grosso.** Santiago: FAO, 1986. 48 p.

DEMÉTRIO, C.S.; FILHO, D.F.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DIAS, V.O.; ALONÇO A.S.; BAUMHARDT U.B.; BONOTO G.J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1721-1729, 2009.

DOEBLEY, J. The Genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**, Madison, v.38, p.37-59, 2004.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DWYER, L. M.; TOLLENAAR, M.; STEWART, D. W. Chances in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. **Canadian Journal Plant Science**, Quebec, v. 71, p. 1-11, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006. 412 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L. A importância da cultura do milho no plantio direto. In:- **EMBRAPA:FUNDAÇEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC.** Plantio direto no Brasil. Passo Fundo, Editora Aldeia Norte, 1993. p. 119-127.

FANCELLI, A.L. **MILHO: produção e produtividade.** 2 ed. Piracicaba: USP /ESALQ/LPV, 2011.176p.

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

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho.** Jaboticabal: FUNEP. 1992. 273 p.

FORSTHOFER, E.L.; STRIDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A.A. Desempenho agrônomico e econômico do milho

em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.399-407, 2006.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; REZENDE, L. C.; SOUZA E SILVA, S. S; LEITE, M.A. S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 9, n.3, p. 147-53. 2001.

FURTADO, M. B. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamento reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GALLAVOTTI A., ZHAO Q., KYOZUKA J., MEELEY R.B., RITTER M.K., DOEBLEY J.F., PÈ M.E., SCHMIDT R.J. . The role of barren stalk in architecture of maize. **Nature**, Londres, v. 432, p. 630-635, 2004.

GAZOLA, D; ZUCARELI, C; CAMARGO, M.C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.224-232, 2014.

GILO, E. G.; SILVA JUNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado Sul-Mato-Grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 908-914, 2011.

GUPTA, S.C.; SCHENEIDER, E.C.; SWAN, J.B. Planting depth and tillage interactions on corn emergence. **Soil. Science Society of America Journal**, Madison, v.52, n.4, p.1122-27, 1988.

HORN, D.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P. C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 77-85, 2006.

JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, v.90, p.40-46, 1998.

JANOWIAK, F.; LUCK, E.; DÖRFFLING, K. Chilling tolerance of maize seedlings in the field during cold periods in spring is related to chillinginduced increased in abscisic acid level. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Berlim, v.189, p.156-161, 2003.

KAPPES, C. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de **plantas**. 2010. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha solteira, 2010.

- KAPPES, C; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 348-359, 2011.
- KAPPES, C; ANDRADE, J.A.C; ARF, O.; OLIVEIRA, Â.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.
- KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1564-1569, 1994.
- KLEIN, V.A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A.L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.75-82, jan. 2002.
- LANDAU, E.C. Cultivo do milho: clima e solo. **Sistemas de produção 2**. Sete Lagoas – MG, 4 ed Set 2008.
- LEVIEN, R. ; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Preparo convencional e reduzido em solo argiloso em diferentes condições de cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n.2, p. 277-289, 2003.
- LIANG, B. C., REMILLARD, M. MACKKENZIE, A. F. Effects of hybridis densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L.) in Quebec. **Canadian Journal of Plant Science**, Quebec, v. 72:4, p. 1163-1170, 1992.
- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, n.96, p.1668-1672, 2004.
- LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1536-1542, 2007.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Cultivo do milho: Germinação e emergência. Embrapa Milho e Sorgo, 2002.9p. (Comunicado técnico).
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in relation evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MAHL, D.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; FURLANI, C. E.A.; SILVA, A.R.B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.24, n.1, p.150-157, 2004.
- MALDANER, L.J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J.F.; FRIGO, J.P.; AZEVEDO, K.D.; GRZESIUCK, A.E. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. Curitiba, v. 3, p. 13-23, 2014

- MANTOVANI, E.C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F.E.C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n.12, p.1579-1586, 1992.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Brasília: MAPA, 2015.
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, p. 93-101, 2010.
- MARONI, J. et al. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra. **In: BARBOSA, O.A. (ed.). Avances em ingeniería agrícola 2003-2005**. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 1 – 9.
- MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid : B&H, 2004. 700 p.
- 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. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.6, n.12, jan./jul. 2011.
- MELLO, A.J.R; FURLANI, C.E.A; SILVA, R.P; LOPES, A; BORSATTO, E.A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.479-486, 2007.
- MELLO, A.J.R. **Distribuição longitudinal e produtividade do milho em função da velocidade de deslocamento e da profundidade de deposição da semente**. 2011. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.
- MELLO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconomicos da cultura do milho. **In: EMBRAPA. Milho: informações técnicas**, Dourados, 1997. p. 13-38.
- MELO, R.F.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L.A.; SOUZA, F.H. SILVA J.G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013
- MEROTO Jr, A. ; ALMEIDA, M. L.; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.
- MODOLO, A.J. **Demanda energética de uma semeadora-adubadora com diferentes unidades de semeadura**. 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2003.
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob

diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 435-441, 2010.

MORAES, et al. Desempenho de oito cultivares de milho verde na safrinha no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Embrapa - Sete Lagoas, v. 9, n.1, p. 79-91, 2010.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamento entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays* L.) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p.13 - 17, 1978.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-86

NASSIF, S.M.L. Germinação de sementes: fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação. Disponível em: <http://ipef.br/espécies/germinaçãoambiental>. Acesso em 11 de setembro de 2015.

NETO, R. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO, A. C. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 611-617, 2008.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; 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**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PEREIRA, F.H. **Influência do despendoamento e da desfolha na produção e qualidade de sementes de milho**. 2007. 38f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zea mays* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 26, p. 745-751, 1991.

PEREIRA, J.L.A.R., et al. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, 2009.

PINOTTI, E.B. **Características agronômicas de três cultivares de milho (*Zea Mays* L.) sob quatro populações de plantas em espaçamento reduzido**. 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

PINOTTI, E. B. **Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

PORTELLA, J. A. **Plantio de precisão: o desafio para o século XXI**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 5 p.

PRADO, R.M.; TORRES, J.L.; ROQUE, C.G.; COAN, O. Semente de milho sob compressão do solo e profundidades de semeadura: Influência no índice de velocidade de emergência. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.2, n.1, p.45-9, 2001.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p.(Boletim Técnico, 100)

RESENDE, S.G., VON PINHO, R.G., VASCONCELOS, R.C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.34-42, 2003

RIQUETTI, N. B. ; BENEZ, S. H. ; SILVA, P. R. A. . Demanda energética em diferentes manejos de solo e híbridos de milho. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, p. 76-85, 2012.

ROS, V.V.; SOUZA, C.M.A.; VITORINO, A.C.T.; RAFULL, L.Z.L. Oxisol resistance to penetration in no-till system after sowing. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 6, p. 1104-1114, 2011.

ROSA, J. H. M. Avaliação do desempenho efetivo e econômico de uma colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em espaçamento duplo alternado. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. 2014.

SANGOI, L.; ARGENTA, G.; SILVA, R.R.F. da.; MINETTO, T.J.; BISOTO, V. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.1021-1029, 2003.

SANGOI, L. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.2, p. 187-197, 2009.

SANGOI, L. et al. Perfilamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n.3, p. 254-265, 2010.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159 - 168, jan./fev. 2001.

SANGOI, L.; LECH, V.A.; GRACIETTI, L.C. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações fonte dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37. n.3, p.259-267, 2002.

SANGOI, L. et al. Tamanho de semente, profundidade de semeadura e crescimento inicial do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p.370-380, 2004.

SANGÓI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Piracicaba, v.61, n.2, p.101-110, 2002.

SCHIMANDEIRO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; GIMENEZ, L. M.; COLET, M. J.; GARBUIO, P. W. Distribuição longitudinal de plantas de milho (*Zea mays* L.) na região dos Campos Gerais, Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.977-980, 2006.

SCHWEITZER, C. **Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho em função do arranjo de plantas**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho Irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho. **Evangraf**, Porto Alegre, 2006. 64p.

SINCLAIR, T. R. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2 p. 638-643, 1998.

SOUZA, P.H.N; RODRIGUES, E.F.; RAMOS, L.S.; VIERO, R.M.; CORTEZ, J.W. Efeito da profundidade da semeadura na emergência e distribuição longitudinal do milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto. **In: Milho safrinha**, XII seminário nacional, Dourados, 2013.

STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.63, p.169-178, 1999.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A.; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, v.37, p.634-642, 2007.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P.M.; SILVA, L.A.; ALMEIDA, L.G.P. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 01, p. 245-249, 2009.

WEIRICH NETO, P.H. Importância de Atributos Agronômicos para qualificação de semeadura do milho (*Zea mays* L.) no sistema Plantio Direto na Região dos Campos Gerais - PR. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

YORINORI, N.A.; SADA, S.Y.; PISAIA, A. Efeito da profundidade de semeadura e do envelhecimento precoce de sementes de milho-pipoca (*Zea mays* L.) sobre a emergência e vigor de plantas. *Agrárias*, Curitiba, v.16, n.2, p.173-8, 1996.