



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

OSVALDO MATSUO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
ORIENTAÇÃO CONTROLADA DA SEMENTE NO SOLO E
DAS LINHAS DE SEMEADURA DIRECIONADAS AOS
PONTOS CARDEAIS**

Londrina
2019

OSVALDO MATSUO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
ORIENTAÇÃO CONTROLADA DA SEMENTE NO SOLO E
DAS LINHAS DE SEMEADURA DIRECIONADAS AOS
PONTOS CARDEAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Otavio J. G. Abi Saab.
Co-Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli.

Londrina
2019

OSVALDO MATSUO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO EM FUNÇÃO DA
ORIENTAÇÃO CONTROLADA DA SEMENTE NO SOLO E DAS
LINHAS DE SEMEADURA DIRECIONADAS AOS PONTOS CARDEAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Silvio José Bicudo
Universidade Estadual Paulista – Unesp

Prof. Dra. Cristiane Conti Medina
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 20 de janeiro de 2019.

A DEUS, por ter permitido que eu chegasse até este momento da minha vida e por suas mãos tudo tem se realizado pela compaixão ao próximo. Aos meus amados pais, *in memoriam*, pelo amor e dedicação, a minha querida e amada esposa pelo apoio incondicional, a toda minha família, amigos e colegas.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a DEUS, por estar presente em todos momentos, sem ELE jamais teria concretizado este estudo. “Pai, obrigado pela Sua constante presença em minha vida, pela Sua infinita misericórdia e graça que me acompanham e seguirão para sempre. Obrigado pelas alegrias, tristezas e dificuldades que me fazem ser o que sou hoje e esculpindo ser alguém melhor”.

A Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de cursar a pós-graduação. Ao Departamento de Agronomia por fornecer a estrutura, o apoio e o conhecimento de seus docentes para o curso de mestrado em Agronomia.

A CAPES pela bolsa concedida, que foi de grande importância.

Ao meu orientador prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi-Saab, agradeço pela orientação no trabalho e também pela amizade de longa data. O senhor realiza seu trabalho com amor e dedicação à profissão, seja ao ministrar a aulas ou realizar pesquisa, irretocável como exemplo de profissional. Foi bom trabalhar com o sistema produtivo de milho dentro de sua área e espero continuar com essa parceria. DEUS abençoe e sempre ilumine seu caminho.

Aos meus pais, junto a DEUS, sei que sempre me apoiaram, incentivaram em todas as fases da minha vida e, principalmente, agora no mestrado. Obrigado pelo apoio a toda hora e momentos. Foram exemplos para mim.

A minha querida e amada esposa Monica, companheira, conselheira e com paciência proporcionou o suporte que tanto necessitava para alcançar essa conquista e da qual faz parte. Sou eternamente agradecido a você, e a ELE por ter colocado na minha vida, sempre juntos estaremos sob a presença do PAI ETERNO. Eu a amo, meu amor! Sempre estarei ao seu lado.

A minha família representada pela minha irmã Tiemi Matsuo pelo apoio, suporte e incentivo a continuar esse projeto de vida com dedicação, realizando os trabalhos de forma honesta diante daqueles que convivem com o meu trabalho. Agradeço de coração por toda ajuda prestada. Obrigado!

Ao meu co-orientador Prof. Claudemir Zucareli, por toda disposição e sempre a ajudar. Pelas orientações, por defender no momento de questionamentos e apoio aos trabalhos que realizamos. O senhor na profissão de professor trabalha com amor e dedicação ao ministrar aulas, é um exemplo. Que DEUS esteja sempre contigo.

Aos amigos da Pós-graduação e graduação em Agronomia, pela amizade, conselhos, orientações, disposição em ajudar nos momentos difíceis do trabalho e as experiências proporcionadas tornaram possível a realização desse conhecimento

A todos os funcionários da UEL que contribuíram para a realização dos trabalhos com muita disposição.

A todos que, de alguma forma, ajudaram e aqueles não mencionados, mas sabem da importância que foram para a realização desse trabalho, obrigado!

MATSUO, Osvaldo. **Desempenho produtivo do milho em função da orientação controlada da semente no solo e das linhas de semeadura direcionadas aos pontos cardeais**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2019.

RESUMO

O arranjo de plantas adensadas na cultura do milho pode incrementar o rendimento de grãos, ao otimizar a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e conversão eficiente dos fotoassimilados. Considerando a hipótese de que as orientações das sementes no sulco de semeadura e deste em relação aos pontos cardeais e distribuição espacial das plantas condicionam a disposição das folhas da planta de milho e seus rendimentos, foram realizados três experimentos. O Experimento A, com o objetivo de avaliar o efeito da posição das sementes chata e redonda no leito de semeadura na orientação da folha e arquitetura da planta realizou-se este experimento na estufa de ambiente controlado (UR ar aproximadamente 65% e temperatura entre 25 °C e 30 °C) da Universidade Estadual de Londrina. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial com cinco posições das sementes e duas peneiras, com oito repetições. Tratamentos realizados: posição da semente chata (c) e redonda (r): TAc e TAr – posição horizontal deitada de lado, ponta direcionada à marca na borda do vaso; TBc e TBr – posição vertical com a ponta para baixo; TCc e TCr – posição vertical com a ponta para a superfície do solo; TDc e TDr – posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo e ponta direcionada à marca na borda do vaso; TEc e TEr – posição horizontal, deitada com a face ventral assentada no solo, ponta direcionada à marca no vaso. Foi avaliado a orientação das folhas no estádio V3. A orientação da folha independe da forma da semente. Semente dispostas na posição vertical com a ponta para baixo, em direção ao fundo do (TBc e TBr) e as sementes dispostas na horizontal deitadas com a face dorsal assentada no solo (TDc e TDr), determinam a orientação das folhas da planta de milho perpendicular à linha de semeadura. Experimento B. Realizado em condições de campo na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (PR), teve como objetivo avaliar o efeito da direção da linha de semeadura em relação aos pontos cardeais, na orientação das folhas do milho no plano horizontal semeada com disposição ordenada de sementes, e rendimentos de grãos. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Foram considerados tratamentos as orientações cardeais das linhas de semeadura direcionadas: T1 – Norte; T2 – Sul; T3 – Leste; T4 – Oeste; T5 – Nordeste; T6 – Sudeste; T7 – Sudoeste; T8 – Noroeste. As sementes foram posicionadas deitadas perpendicular a fita com o embrião voltado para cima em todos os tratamentos. Foram avaliados: orientação da folha no plano horizontal (OPp); altura de planta (AP); diâmetro do colmo (DC); Comprimento da espiga (CE); diâmetro da espiga (DE); número de fileiras (NF); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga; índice de colheita (IC); massa de mil grãos (MMG) e produtividade (P). As linhas de semeaduras direcionadas para os pontos cardeais não condicionaram maior disposição das folhas de milho perpendicular à linha de semeadura e rendimento de grãos. Experimento C. Realizado em condições de campo, na Universidade Estadual de Londrina (PR), teve como objetivo avaliar o crescimento da planta e desempenho produtivo do milho com as sementes nas posições direcionadas no sulco de semeadura em diferentes arranjos espaciais. O delineamento utilizado foi o de bloco casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 1, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os espaçamentos nas entre linhas e a densidade de plantas para os tratamentos TA, TB, TC, TD e TE adotados foram: 0,45 m e 0,90 m, e população de 70 mil e 90 mil plantas por ha. Em todos os tratamentos as

sementes foram posicionadas de forma orientada, exceto no tratamento TE onde foram posicionadas de forma aleatória. As sementes foram colocadas manualmente e orientadas no sulco de semeadura, na posição vertical apontados para o fundo do sulco com a face do embrião voltado ao espaço da entrelinha. Foram avaliados: orientação da folha (perpendicular – OPp; diagonal – ODg e paralela – OPll); altura de planta (AP) e inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), índice de área foliar (IAF), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos, índice de colheita aparente e produtividade de grãos. A orientação da planta perpendicular à linha de semeadura possibilita maior índice de área foliar em relação a orientação aleatória da planta, independente da densidade e espaçamento nas entrelinhas.

Palavras-chave: *Zea mays*, sementes chatas, sementes redondas, orientação perpendicular da folha, folhas orientadas plano horizontal, orientação Leste-Oeste.

MATSUO, Osvaldo. **Maize yield performance as a function of the controlled orientation of the seed in the soil and the sowing lines directed to the cardinal points.** 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2019.

ABSTRACT

The arrangement of plants grown in maize can increase grain yield by optimizing the interception of photosynthetically active radiation (RFA) and efficient conversion of photoassimilates. Considering the hypothesis that the orientation of the seeds in the sowing furrow and the sowing furrow in relation to the cardinal points and spatial distribution of the plants condition the arrangement of the leaves of the corn plant and its yields, three experiments were carried out. Experiment A, with the objective of evaluating the effect of the position of the flat and round seeds on the sowing bed in leaf orientation and plant architecture, was carried out in a controlled environment (RH air approximately 65% and temperature between 25 0C and 30C) of the State University of Londrina. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme with five seed positions and two sieves, with eight replications. Treatments performed, position of flat seed (c) and round (r): TAc and TAr - horizontal position lying on the side, tip directed to the mark on the edge of the pot; TBc and TBr - vertical position with the tip down; TCc and TCr - vertical position with the tip to the soil surface; TDc and TDr - horizontal position lying with the dorsal surface seated in the ground and tip directed to the mark on the edge of the vessel; TEc and horizontal TEr - lying, lying with the ventral face seated in the ground, tip directed to the mark in the pot. The orientation of the leaves in the V3 stage was evaluated. The orientation of the leaf is independent of the shape of the seed. Seed arranged vertically with the tip downwards towards the bottom of the (TBc and TBr) and the seeds arranged horizontally lying with the dorsal surface seated in the soil (TDc and TDr), determine the orientation of the leaves of the corn plant perpendicular to the sowing line. Experiment B. The objective of this study was to evaluate the effect of the direction of the sowing line in relation to the cardinal points, in the orientation of the leaves of the maize in the horizontal plane sown with arrangement ordinate of seeds, and yields of grains. The experimental design was of randomized blocks, with eight treatments and four replications. The cardinal orientations of the directed sowing lines were considered treatments: T1 - North; T2 - South; T3 - Leste; T4 - West; T5 - Northeast; T6 - Southeast; T7 - Southwest; T8 - Northwest. The seeds were placed lying perpendicular to the tape with the embryo facing upwards in all treatments. The leaf orientation in the horizontal plane (OPp) were evaluated; plant height (AP); stem diameter (DC); Ear length (CE); ear diameter (DE); number of rows (NF); number of grains per row (NGF); number of grains per spike; harvest index (CI); mass of one thousand grains (MMG) and productivity (P). The sowing lines directed to the cardinal points did not affect the availability of maize leaves perpendicular to the sowing line and grain yield. The Experiment C. This experiment was carried out under field conditions at the State University of Londrina (PR). The objective of this experiment was to evaluate plant growth and yield performance of corn with seeds in the positions directed to the sowing furrow in different spatial arrangements. The experimental design was a randomized block design, in a 2 x 2 x 1 factorial scheme, with five treatments and five replications. Os espaçamentos nas entre linhas e a densidade de plantas para os tratamentos TA, TB, TC, TD e TE adotados foram: 0,45 m e 0,90 m, e população de 70 mil e 90 mil plantas por ha. Em todos os tratamentos as sementes foram posicionadas de forma orientada, exceto no tratamento TE onde foram posicionadas de forma aleatória. In all treatments the seeds were positioned in an oriented manner, except in the

treatment TE where they were randomly positioned. The seeds were placed manually and oriented in the sowing groove, in an upright position pointed towards the bottom of the groove with the face of the embryo facing the space between the lines. Leaf orientation (perpendicular - OPp; diagonal - ODg and parallel - OP11) were evaluated; height of plant (AP) and spike insertion (AE), stem diameter (DC), leaf area index (LAI), number of rows per spike (NFE), number of grains per row (NGF) grains, apparent harvest index and grain yield. The orientation of the plant perpendicular to the sowing line allows a greater index of leaf area in relation to the random orientation of the plant, independent of the density and spacing between the lines. Data were submitted to analysis of variance, comparison of means by Tukey test, orthogonal contrasts and analysis of the components, at a significance level of 5% ($p < 0.05$).

Keywords: *Zea mays*, leaf orientation, horizontal plane, azimuthal plane, East-West orientation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão Bibliográfica

Figura 1 –	Estrutura morfológica da semente de milho	23
------------	---	----

Artigo A

Figura 1 –	Forma da semente de milho semeada chata (A) e redonda (B) e linha imaginária com base a marca de referência na borda do vaso plástico	54
------------	---	----

Figura 2 –	Imagens capturada pela câmera digital com enquadramento por grade no display. Utilização da ferramenta “foco central” da câmera, centrada no cartucho da planta	56
------------	---	----

Figura 3 –	Estratificação dos ângulos conforme a orientação perpendicular, diagonal e paralela	57
------------	---	----

Figura 4 –	Porcentagem de orientação da folha dos tratamentos no plano horizontal em resposta ao posicionamento ordenado da semente. Tratamentos (c) semente chata e (r) semente redonda: Ac e Ar – posição horizontal deitado de lado e a ponta direcionada à marca na borda do vaso; Bc e Br – posição vertical e apontada para baixo em direção ao fundo do vaso; Cc e Cr – posição vertical e a ponta direcionado para a superfície do solo; Dc e Dr – posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso; Ec e Er – posição horizontal deitado com a face ventral assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso	60
------------	---	----

Figura 5 –	O tratamento D a semente deitada na horizontal e o dorso em contato com o soco e a ponta da semente na direção à marca na borda do recipiente, resulta na orientação paralela da planta de milho (A). Para obter a orientação perpendicular à linha imaginária estabelecida pela marca referência na borda do vaso, a ponta da semente deve ser posicionado na perpendicular. O tratamento B a semente foi posicionada na vertical e a face que contém o embrião perpendicularmente à linha de semeadura (B)	61
------------	--	----

Figura 6 –	Tratamento A com a semente deitado de lado e na emergência do embrião ocorre o retorcimento e a deformação do mesocótilo	63
------------	--	----

Artigo B

Figura 1 –	Precipitação pluvial, temperaturas do ar, máxima (T _{máx} °C) e mínima (T _{mín} °C), Radiação Global (Mj m ⁻² dia ⁻¹) do município de Londrina, do período experimental (10/10/2016 a 31/03/2017), safra 2016/2017	72
------------	---	----

Figura 2 –	Gabarito demarcação da linha de semeadura e a direção dos pontos cardeais	73
------------	---	----

Figura 3 –	Tratamento com as linhas de semeadura direcionado aos pontos cardeais	75
------------	---	----

Figura 4 –	Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal centralizada pelo cartucho e referência simulando linha de semeadura: (A) Estádio vegetativo V4; e (B) Estádio vegetativo V8. No software Autocad	77
------------	---	----

Figura 5 –	Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal no estágio vegetativo V12 a V18 com a utilização de transferidor e paquímetro	78
Figura 6 –	Estratificação dos ângulos conforme a orientação perpendicular, diagonal e paralela	78
Figura 7 –	Efeito da posição aleatória da semente no sulco de semeadura refletindo na orientação aleatória da planta (A) e a posição direcionada da semente perpendicular à linha de semeadura resultando na orientação perpendicular da planta de milho à linha de semeadura (B)	82
Figura 8 –	Quantidade de plantas em três diferentes estádios vegetativos (A: EV-V4; B: EV-V8; C: EV-V12_V18) e a evolução da orientação da folha no plano horizontal à linha de semeadura (Pp: perpendicular; Dg: diagonal; Pl: paralela), em gráfico de barra	83

Artigo C

Figura 1 –	Precipitação pluvial (mm) e temperaturas do ar máxima (°C) e mínima (°C) do município de Londrina, no período experimental da primeira safra entre 01/10/2017 a 31/03/2018 segmentado por decêndio, com a identificação da semeadura (S), florescimento (F) e colheita (C), safra agrícola 2017/2018	92
Figura 2 –	Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal entre o estágio vegetativo V12 a V18 utilizando transferidor e paquímetro	95
Figura 3 –	Estratificação dos ângulos conforme a orientação perpendicular, diagonal e paralela	95

Figura 4 –	Mortalidade de plantas, causa não identificado	97
Figura 5 –	Variáveis submetidas a análise de componentes principais dos tratamentos referentes a orientação ordenada e aleatória da arquitetura planta de milho, em função de espaçamentos e densidades populacionais de milho. Componente Principal 1 (PC1), Componente Principal 2 (PC2), Tratamentos: A, B, C e D – orientação da planta perpendicular à linha de semeadura; Tratamento E – orientação aleatória da planta à linha de semeadura; Opp – orientação perpendicular; Odg – orientação diagonal; Opll – orientação paralela; TE – Tamanho da espiga; DE – Diâmetro de espiga; NF – Número de fila; NGF – Número de grãos por fila; MMG – Massa de mil grãos; P – Produtividade quilo por hectare; AP – Altura de planta; AE – Altura de inserção da espiga; DC – Diâmetro do colmo; IAF – índice de área foliar; IC – Índice de colheita	103

LISTA DE TABELAS

Artigo A

Tabela 1 – Tratamentos e respectivas posições ordenadas na semeadura da semente de milho nos formatos, chato (Ac a Ec) e redondo (Ar a Er) 55

Tabela 2 – Média e desvio padrão do ângulo da orientação das folhas do milho, em resposta ao posicionamento ordenado da semente. Tratamentos: Ac(semente chata) e Ar (semente redonda) – posição horizontal deitado de lado e a ponta direcionada à marca na borda do vaso; Bc (semente chata) e Br (semente redonda) – posição vertical e apontada para baixo em direção ao fundo do vaso; Cc (semente chata) e Cr (semente redonda) – posição vertical e a ponta direcionado para a superfície do solo; Dc (semente chata) e Dr (semente redonda) –posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso; Ec (semente chata) e Er (semente redonda) – posição horizontal deitado com a face ventral assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso 59

Artigo B

Tabela 1 – Valores médios da orientação da folha de milho em porcentagem, características agrônômicas e de rendimento de milho. As variáveis são: OPp – orientação perpendicular, AP – altura da planta, DC – diâmetro do colmo, CE – comprimento da espiga, DE – diâmetro da espiga, NF – número de fila, NGF – número de grãos por fila, NGE – número de grãos por espiga, IC – índice de colheita, MMG – massa de mil grãos, P – produtividade 79

Artigo C

- Tabela 1 – Resultados de plantas orientadas na perpendicular (OPp), diagonal (ODg) e paralela (OPll), índice de área foliar (IAF) e diâmetro da espiga (DE), em diferentes espaçamentos nas entrelinhas e densidades populacionais de milho 98
- Tabela 2 – Componentes de rendimento de grãos, agrônômico e produtividade em função de orientação das sementes no sulco de semeadura, espaçamentos nas entrelinhas e densidades populacionais de milho. As variáveis avaliadas foram: Trat. – tratamentos (A, B, C e D pl. or. ha⁻¹ – planta orientada por hectare) e (E pl. al. ha⁻¹ – planta aleatória por hectare); TE – Tamanho da espiga; NF – Número de fila; NGF – Número de grãos por fila; NGE – Número de grãos por espiga; MMG – Massa de mil grãos; P – Produtividade quilo por hectare; Plf – Prolifricidade; AP – Altura de planta; AE – Altura de inserção da espiga; DC – Diâmetro do colmo; IC – Índice de colheita 100
- Tabela 3 – Estimativa e teste t dos contrastes ortogonais de tratamentos orientação ordenada e aleatória da arquitetura planta de milho, em função de espaçamentos entrelinhas e densidades populacionais de milho, para as variáveis índice de área foliar (IAF) e diâmetro de espiga (DE). Os tratamentos, foram: A = espaçamento de 0,45 m e 70.000 plantas orientadas ha⁻¹; B = espaçamento de 0,45 m e 90.000 plantas orientadas ha⁻¹; C = espaçamento de 0,90 m e 70.000 plantas orientadas ha⁻¹; D = espaçamento de 0,90 m e 90.000 plantas orientadas ha⁻¹; E = espaçamento de 0,45 m e 70.000 plantas aleatórias ha⁻¹ 101

LISTA DE QUADROS

Artigo B

Quadro 1 – Tratamento com a posição da semente no sulco de semeadura e direção aos pontos cardeais 74

Quadro 2 – Percentual da orientação da folha no plano horizontal em relação à linha de semeadura direcionada para os pontos cardeais, com mensuração entre os E.V. 12 e 18 80

Artigo C

Quadro 1 – População de plantas ao final do ciclo da cultura de milho, primeira safra 2017/2018, com os respectivos tratamentos 94

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	ASPECTOS GERAIS, ECONÔMICO E SOCIAL DA CULTURA DO MILHO.....	20
2.1.1	Fenologia da Cultura do Milho.....	23
2.1.2	Exigências Climáticas do Milho.....	25
2.1.3	Época de Cultivo	29
2.2	SISTEMA PRODUTIVO DO MILHO	31
2.2.1	Arranjo de Plantas	32
2.2.2	Densidade de Plantas	33
2.2.3	Espaçamentos Entre Linhas.....	37
2.3	ORIENTAÇÃO DA FOLHA NO PLANO HORIZONTAL.....	39
2.3	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	44
3	ARTIGO A: ORIENTAÇÃO FOLIAR DE PLANTAS DE MILHO INFLUENCIADA PELO POSICIONAMENTO DA SEMENTE NO SOLO	51
3.1	RESUMO	51
3.2	ABSTRACT	51
3.3	INTRODUÇÃO	52
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
3.6	CONCLUSÕES	63
3.7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	64
4	ARTIGO B: DISPOSIÇÃO ORDENADA DA SEMENTE NO SOLO E EFEITO DA LINHA DE SEMEADURA DIRECIONADA AOS PONTOSCARDEAIS NA ORIENTAÇÃO DA FOLHA DE MILHO	67
4.1	RESUMO	67
4.2	ABSTRACT	68
4.3	INTRODUÇÃO	69
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	71

4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
4.6	CONCLUSÕES	84
4.7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	84
5	ARTIGO C: ORIENTAÇÃO DAS SEMENTES NO SULCO DE SEMEADURA E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DA PLANTA E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.....	87
5.1	RESUMO	87
5.2	ABSTRACT	88
5.3	INTRODUÇÃO	89
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	91
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	96
5.6	CONCLUSÕES	106
5.7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	107
6	CONSIDERAÇÃO FINAL	111

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é importante econômica e socialmente, sendo o cereal mais produzido e consumido no mundo, tem ampla utilização na alimentação humana e animal, matéria prima para uso industrial e energético. A produção mundial do milho foi a primeira cultura de grãos a ultrapassar a casa de 1,0 bilhão de toneladas por ano. A demanda crescente é devido a sua utilização na produção de proteína animal e para a produção de biocombustível.

No Brasil, a produção de milho tem crescido ano a ano; porém, a sua produtividade é baixa quando comparando nossa principal safra com a do Estados Unidos da América que é mais do que o dobro da produtividade brasileira, respectivamente, 11.084 kg ha⁻¹ (USDA, 2018) e 4.857 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). A diferença pode ser atribuída às diversas microrregiões do Brasil onde o cultivo do milho ocorre sob diferentes condições ambiental, tecnológica, cultural e econômica, que contribuem para baixa produtividade de grãos.

O aumento no rendimento na produção de grãos de milho, segundo estudos e mensurações realizadas, depende da eficiência da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e conversão do CO₂ atmosférico em carbono orgânico para a formação de grãos, dentre outros fatores. Este processo tem relação direta com os mecanismos bioquímicos do milho, que possui metabolismo de planta C₄, o que faz a maximização da radiação solar, água e nutrientes sejam fundamentais no processo fotossintético.

Na agricultura atual, as lavouras comerciais buscam arranjos de plantas adensados com doses mais elevadas de fertilizantes para obter aumento na produtividade de grãos. Estudos comprovam o efeito positivo na redução dos espaçamentos entre linhas e aumento na densidade de plantas sobre o rendimento de grãos de milho. Porém, estes sistemas adensados podem provocar perdas de produtividade por consequência da maior altura da planta, acamamento, auto sombreamento das folhas abaixo no dossel, dissincronismo de florescimento do pendramento-espigamento e menor polinização.

Experimentos relacionados a densidades de plantas são realizados para determinar a melhor resposta entre densidade da população e incremento na produtividade de grãos. Em geral, a faixa populacional entre 70.000 a 80.000 plantas ha⁻¹ na primeira safra mostraram melhores respostas em rendimento de grãos.

No arranjo de plantas, as orientações das folhas no dossel do milho apresentam-se distribuídas nos planos vertical e horizontal, influenciando na eficiência de

intercepção da luz. Os estudos neste campo mostram mais trabalhos de orientação da folha desenvolvidos no plano vertical do que no plano horizontal relacionados a eficiência da intercepção da RFA. De um modo geral, as plantas apresentam orientação das folhas distribuídas no plano horizontal, porém no milho, por sua forma dística, bilateralmente simétrica e em condições de populações de plantas adensadas, ao iniciar a sobreposição de suas folhas devido ao crescimento natural de suas partes, o processo de competição por luz será iniciado com a tendência de as folhas ocuparem os espaços abertos no dossel da cultura.

Estudos de posicionamento da semente de milho, colocada de forma aleatória no sulco de semeadura, sugerem adquirir a orientação aleatória de suas folhas. Já as sementes colocadas em posição direcionada e de forma ordenada, mostram tendência da folha seguir a mesma direção ordenada do embrião na semente. A maioria dos trabalhos de orientação da folha na horizontal foram realizadas com sementes chatas e muito menos estudos foram realizadas com sementes redondas, provavelmente pela facilidade de semeadura com sementes planas. As posições testadas com semente de milho chata, que mostraram melhor orientação ordenada das plantas de modo a evitar sobreposição e sombreamento das folhas, foram aquelas colocada com a ponta de inserção da semente apontada para baixo e a face do embrião voltado para o meio da entrelinha de semeadura, assim como na posição horizontal com a face dorsal voltada para baixo. Esta última apresentou maior viabilidade devido a sua forma plana que poderia facilitar a semeadura quando praticada à campo.

Trabalhos sobre ângulo da folha do milho no plano horizontal indicam que a sobreposição de folhas pode ser minimizada com a adoção controlada da posição da semente no solo, refletindo a orientação direcionada de suas folhas em relação à linha de semeadura. O cultivo do milho em menor densidade de plantas, durante o desenvolvimento dos estádios vegetativos, pode alterar a condição de folhas pouco orientadas nos estádios iniciais da cultura, para melhor direcionadas na perpendicular à linha de semeadura até alcançar nos estádios mais avançados, plantas com folhas desenvolvidas ocupando os espaços aberto e aproximando-se de outras plantas vizinhas. Isto pode ser observado ao reduzir-se os espaçamentos nas entre linhas, nas maiores densidades de plantas, contribuindo para formar um dossel capaz de interceptar a luz com maior eficiência.

Pesquisas sobre linha de semeadura direcionada aos pontos cardeais e medições realizadas, sugerem alguma influência na eficiência do uso da radiação solar por algumas culturas. A orientação e a distribuição das plantas em arranjo espacial na cultura de milho, podem promover algumas alterações na arquitetura da planta para melhorar a

interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Na cultura do milho, linhas de semeadura orientadas para Norte-Sul, podem direcionar as folhas no plano horizontal, rumo Leste-Oeste e resultar em melhores produtividades quando comparados a outras direções de linhas semeadas. Além disso, o rápido fechamento do dossel da cultura e o sombreamento do solo, pode reduzir a competição de plantas daninhas e contribuir para o uso racional de herbicidas com menor impacto ambiental. Porém, se o aumento da produtividade ocorresse somente associado a esta condição, haveria limitações para semeadura com orientação direcionada da semente, pois seriam poucas as propriedades agrícolas com relevo favorável e receptiva a essa prática de manejo na cultura de milho. Estudos nesse sentido indicam que linhas de trigo e cevada semeadas em direção aos pontos cardeais Leste-Oeste, reduziram a biomassa das plantas daninhas e aumentaram o rendimento de grãos.

Dessa forma, possivelmente o aumento na densidade de plantas com a orientação direcionada da semente, poderá formar um dossel de milho também orientado, minimizando a sobreposição das folhas e maximizando a interceptação da RFA para o incremento do rendimento de grãos na cultura do milho.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do posicionamento controlado da semente no solo, sobre a orientação das folhas e o desempenho agrônômico em grãos de milho.

Os objetivos específicos foram: estudar o efeito do posicionamento de sementes chata e redonda no leito de semeadura na orientação da folha e na arquitetura de planta, o efeito da direção da linha de semeadura, em relação aos pontos cardeais, na orientação das folhas do milho e avaliar o crescimento, desenvolvimento e desempenho produtivo do milho, semeado de forma orientada, em diferentes arranjos de plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA:

2.1 ASPECTOS GERAIS, ECONÔMICOS E SOCIAL DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado desde os tempos remotos e os primeiros relatos indicavam ser somente este cereal que os índios americanos cultivavam de forma organizada. O centro de origem do milho, provavelmente é a América sendo disseminado para a Europa, que na época era a rota das expedições de Colombo e nesta ocasião foi chamado de “mahiz”. Outras expedições portuguesas e européias disseminaram o milho para África e Ásia (MEJÍA, 2003). As suposições sobre a origem do milho estão todas relacionadas ao teosinte

(*Euchlaena mexicana*) e tripsacum, e uma possibilidade considerada é o milho, mais o teosinte e tripsacum, serem provenientes em linha independente de um mesmo ancestral. Outra hipótese é o milho originado do teosinte, sendo esta a mais aceita. Uma terceira hipótese é que o teosinte foi originado do milho (MANGELSDORF, 1947; CASTRO, KLUGE, SESTARI, 2008).

A espécie *Zea mays* L. apresenta versatilidade de adaptação nas mais variadas condições ambientais e geográficas, é possível de ser cultivado em diversas regiões, desde o Canadá e União Soviética até a Argentina, e nas mais variadas altitudes, tanto abaixo do nível do mar (Mar Cáspio) até altitudes de 2.500 metros na região dos Andes Peruanos (FANCELLI, DOURADO NETO, 2004).

A planta de milho é ereta, o caule tipo colmo e nós presentes, com raiz fasciculada. As folhas apresentam um padrão de distribuição ao longo do colmo da planta, com as suas folhas inseridas no colmo em lados opostos, alternados e aos pares foliares no mesmo plano (dística), apresentando-se bilateralmente simétrica (CASTRO, KLUGE, SESTARI, 2008).

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo, considerado versátil por sua variada utilização, desde consumo direto como milho verde produzido por pequenos agricultores, até nas indústrias de várias áreas na alimentação humana e animal, na química, farmacêutica, de bebidas a combustível, de cosméticos a explosivos. Derivados do milho são utilizados na indústria aeronáutica à automobilística, adicionado à areia para fundição de peças (STRAZZI, BORTOLLETO, ALCARDE, 2015). O grão de milho é fonte de proteína, fibra e gordura; composto de amido (72%), proteína (9,5%), fibra (9%), e óleo (4%). Os diferentes tipos de milho e qualidade determinam uso como o milho waxy (amilose) na indústria alimentícia e papel, milho ceroso (amilopectina) utilizado na indústria alimentícia e de adesivo, uso de ácidos graxos oleico na produção de margarinas e óleos para frituras, uso aminoácidos de melhor qualidade (lisina e triptofano), amido para produção de álcool. O milho doce utilizado na indústria de conservas, congelados, desidratados ou mini milho (REGITANO-D'ARCE, SPOTO, CASTELLUCCI, 2015; SEAB, 2018).

A agricultura brasileira atual busca a sustentabilidade da sua produção com a conservação do ambiente. Os sistemas de produção conservacionistas como o plantio direto (SPD) a integração lavoura – floresta – pecuária, ao incluir a cultura do milho no sistema através da rotação de cultura (primeira safra) e sucessão (segunda safra), possibilita manter uma cobertura vegetal por mais tempo protegendo o solo e promover melhoria de suas propriedades física, química e biológica, beneficiando o rendimento da cultura, a redução dos

processos erosivos a contaminação ambiental (CRUZ et al., 2006; ASSMANN, 2008). Estes sistemas possibilitam maior estabilidade de produção e renda econômica ao agricultor em relação ao sistema de plantio e manejo do solo convencional. Na região centro-sul do Brasil, o sistema agrícola voltado ao consumo doméstico, muitas vezes chamado de agricultura de subsistência, tem como importante fonte de alimento o milho, tanto para consumo próprio, quanto para alimentação animal (KHATOUNIAN, 2001).

Segundo informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de milho em grãos na safra 2017/2018 foi de 1,0762 bilhão de toneladas e no mesmo período o consumo realizado foi de 1,0879 bilhão de toneladas. A produção dos Estados Unidos da América participou com 34,47% da produção mundial, seguido da China com 24,07% e na terceira posição, o Brasil com 7,62% (FIESP, 2018). No contexto da agricultura brasileira, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na primeira safra do período 2017/2018, a produção foi de 26.815.600 toneladas de milho em grãos para uma área de 5.084.000 ha e produtividade de 5.275 kg ha⁻¹. Enquanto que a segunda safra de milho em grãos, a produção foi de 54.541.200 toneladas em uma área de 11.552.800 ha e produtividade 4.721 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). O Estado do Paraná, na primeira safra de milho 2017/2018, participou com uma produção de 2.886.906 toneladas de grãos, em uma área de 331.524 hectares e produtividade de 8.708 kg ha⁻¹. Para o mesmo período, na segunda safra, a produção foi de 8.971.820 toneladas em uma área de 2.113.239 hectares e produtividade de 4.260 kg ha⁻¹ (SEAB, 2018). A diferença na produtividade entre a primeira e segunda safra, pode estar no fato das melhores respostas de rendimento de grãos passar pela melhor prática de manejo associado a maiores investimentos e cultivares mais produtivos destinados para a primeira safra em comparação à segunda safra (FORSTHOFER, 2006). Outros fatores são os dos recursos ambientais (temperatura, radiação solar, precipitação pluviométrica e nutriente) que são crescentes e favoráveis ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo para a primeira safra, enquanto que para a segunda safra os recursos ambientais são mais favoráveis ao estágio vegetativo e menos para os estádios reprodutivos (SANGOI et al., 2010a; DUARTE, 2015).

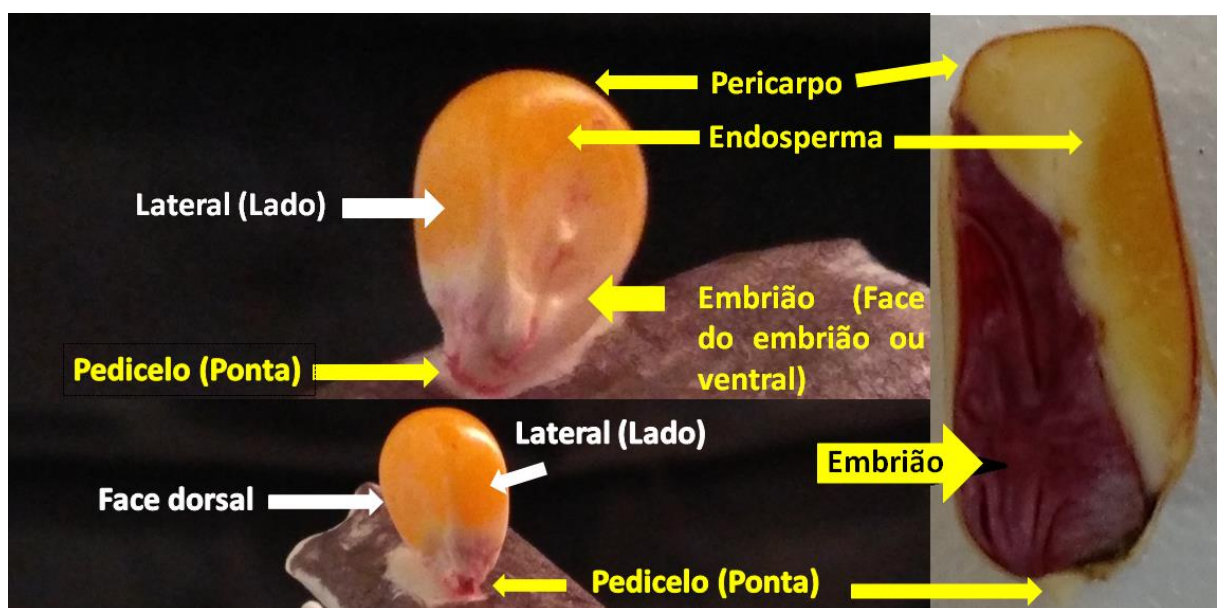
Os fatores ambientais são importantes para o desenvolvimento e crescimento da planta de milho, e o uso eficiente da porção espectral fotossinteticamente ativa para a conversão em fitomassa, pode ser um elemento importante no aumento da produtividade do milho (NASCIMENTO, 2011; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014; TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017). O manejo cultural associado a melhor genética dos híbridos com características morfológicas modernas como: pendões menores, folhas eretas e em

ângulos verticais favoráveis, tolerância ao acamamento e quebramento, pode proporcionar a redução dos espaços nas entre linhas e entre plantas na linha de semeadura. Esta prática pode oportunizar a colocação de maior número de plantas por área para maximizar a interceptação da radiação solar e eficiência na conversão de fotoassimilados na melhoria da produtividade de grãos de milho (FARINELLI, 2012; FUMAGALLI, 2017).

2.1.1 – Fenologia da Cultura do Milho

O milho pertence à família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L., e o ciclo da cultura é anual. A semente de milho (Figura 1) é um fruto tipo cariopse, constituído por uma camada denominada de pericarpo, envolvendo uma estrutura de reserva nutritiva conhecida como endosperma e ao seu lado o embrião. A ponta da semente, considerada como resto de tecido, interliga o grão ao sabugo (CASTRO, KLUGE, SESTARI, 2008). Caracteriza-se pela alta eficiência no uso da radiação solar para a conversão de fitomassa, onde 0,3 g de massa de uma semente de milho produz uma planta de 2 a 3 metros de altura e uma quantidade entre 500 a 1000 grãos. O estágio da floração é um período de maior atividade fisiológica e alta capacidade de conversão da energia luminosa em química, apresentando alta eficácia na produção de área foliar e como resultado, alta produção de matéria seca (EMBRAPA, 2006; INMET, 2009; SANGOI et al., 2010a).

Figura 1 – Estrutura da semente de milho.



O estudo das fases do crescimento e desenvolvimento do milho e as interações com o ambiente é fundamental para realizar intervenções de manejo controlado nos estádios da cultura com melhores chances de respostas à aplicação dos insumos de produção, e proporcionar a manifestação do seu potencial produtivo. Os fatores do ambiente que mais influenciam os mecanismos fisiológicos da planta são as variações da temperatura, umidade disponível e radiação solar (FRANCELI, DOURADO NETO, 2004; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014),

Os estádios fenológicos são separados em escalas relativas à morfologia e associadas as fases de desenvolvimento e crescimento do milho, sendo empregadas na identificação das etapas correlacionando com os processos fisiológicos nos diferentes estádios vegetativos e reprodutivos do milho. A fase vegetativa, é simbolizado pela letra “V” acrescida de número entre 1 e n, correspondendo ao número de folha completamente expandida definida quando a região que separa a bainha e lâmina foliar é visível (aurícula). O estágio vegetativo inicia na emergência (VE) e termina no estágio de pendramento VT (tassel) do milho. Em seguida, inicia-se o período reprodutivo designado pela letra R seguido de números 1 a 6, indicando o desenvolvimento dos grãos (RITCHIE, 1989; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014).

No estágio de germinação e emergência (VE) e em condições ambientais normais, após absorver água, as sementes aumentam o volume iniciando o alongamento da radícula e do coleóptilo junto com a plúmula que é conduzido à superfície do solo pela rápida elongação do mesocótilo (EMBRAPA, 2006; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014).

No estágio V3, estão sendo formados os primórdios da folha e da espiga que irão compor a planta e a definição do potencial de produção do milho, o que a torna sensível à estresse biótico e abiótico. As plantas daninhas, além de competir em recursos ambientais, podem influenciar na desorientação das folhas em função da alteração da relação entre os espectros vermelho e vermelho distante no ambiente da cultura do milho (MADDONNI, 2002; TORRES, 2011). No estágio V6, o colmo cresce rápido, o sistema radicular fasciculado está em funcionamento e o meristema apical, já como primórdio floral, originará o pendão que está acima da superfície do solo (EMBRAPA, 2006; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014). Desde os estádios iniciais da cultura, a orientação da folha no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura pode ocorrer de forma mais consistente quando adotado arranjo de plantas adensadas (MADDONNI et al., 2001; MADDONNI et al., 2002). Girardin (1992), observando que a concorrência entre plantas de milho nos estádios V5 e V6, sugere induzir deslocamento direcionado da nona folha no plano horizontal e na perpendicular

à linha de semeadura, por não ter permanecido na posição aleatória desde o início do desenvolvimento da planta.

No estágio V9 é possível visualizar as espigas ao dissecar a planta e os órgãos reprodutivos desenvolvem-se rapidamente. No estágio V10, a demanda por água e nutrientes é elevada, devido ao crescimento acelerado e continuado da planta com acúmulo de nutrientes e peso seco prolongando-se até os estádios reprodutivos. No estágio V12 é encontrado o primórdio da espiga em crescimento e o período é de definição do número de óvulos em cada espiga. No estágio V15 inicia-se o período crítico da cultura, onde é definido o potencial do número de óvulos na espiga e o estilo-estigma começa a crescer. No estágio V18, o estilo-estigma cresce acelerado e a ponta da inflorescência feminina é visível. O estágio VT (pendoamento) caracteriza-se pelo pendão visível, estilo-estigma não exposto e é o período máximo de crescimento e desenvolvimento da planta de milho (EMBRAPA, 2006; INMET, 2009; SANGOI et al, 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014).

O período reprodutivo e desenvolvimento de grãos é suscetível a adversidades meteorológicas e a liberação do pólen ocorre por uma a duas semanas. O período compreende: estágio R1 (espigamento), a espiga é exposta e os estigmas emergem quase simultâneo a antese; R2 (grão bolha), estigmas secos, inicia o acúmulo de amido no endosperma e tem alta umidade; R3 (grão leitoso), o crescimento do grãos é por expansão celular e deposição de amido, apresenta alta umidade; R4 (grão pastoso), o acúmulo do amido no endosperma continua com textura pastosa, ainda úmido, e o grão cresce com extremidade arredondada; R5 (grão dentado), tem a forma de um dente com a extremidade sólida e em profundidade é pastosa, a umidade do grãos é reduzida; R6 (maturação fisiológica), peso máximo de matéria seca e na base forma camada escura e a umidade entre 25 a 40%. (EMBRAPA, 2006; PINHO, 2009; INMET, 2009; SANGOI et al., 2010a).

2.1.2 – Exigências Climáticas do Milho

A cultura do milho é dependente dos fatores climáticos e as variáveis meteorológicas precipitação pluvial (umidade), temperatura do ar e radiação solar, influenciam o crescimento e desenvolvimento, além do potencial produtivo da cultura (SANGOI, 2009; SENTELHAS, MONTEIRO, 2009).

As oscilações na temperatura e radiação solar influenciam o crescimento e o desenvolvimento da cultura de milho quando explorada nas regiões subtropicais, enquanto que a precipitação pluvial é o fator que melhor define o período de cultivo do milho. A

disponibilidade desses recursos ambientais influenciará a escolha da época de semeadura do milho, porque são fatores que determinam o desempenho da cultura, que ao longo do seu ciclo está sujeita às alterações morfo e fenológicas para a eficiência de uso dos recursos ambientais (SANGOI et al., 2010a; EMBRAPA, 2017).

A temperatura é o fator que mais influencia na velocidade de crescimento e no desenvolvimento da cultura e cada processo fisiológico tem uma temperatura mínima de base (t_b); para cultivares no Brasil situa-se entre 8 a 10 °C. As faixas de temperatura ótima que favorecem o processo fotossintético, rápido crescimento e desenvolvimento situam-se entre 25 a 30 °C; entretanto, os processos são prejudicados quando a ocorrência das temperaturas se afastam dessa faixa ideal (FANCELLI, DOURADO NETO, 2004; SANGOI et al., 2010a; CRUZ et al., 2010a; NASCIMENTO et al., 2018). O aumento na temperatura do solo acelera o desenvolvimento da plântula desde a germinação e emergência, e temperaturas baixas a retardam germinação, principalmente em sementes com baixo vigor, e a emergência das plântulas é lenta (SBRUSSI, ZUCARELI, 2014; EL-ABADY, 2015). No sub-período de emergência ao florescimento, a época da emissão do pendão e espigas é influenciada pela temperatura que, sendo crescente o metabolismo acelerado da planta intensifica a diferenciação das folhas, a modificação do meristema vegetativo em reprodutivo e o incremento das inflorescências, e faz a fase da floração chegar em menor número de dias. Em épocas de semeadura tardias, o subperíodo emergência-pendoamento de milho pode sincronizar com período de maior temperatura e radiação solar disponível e acelerar o crescimento e desenvolvimento da planta (CARON, 2017). A fase de enchimento de grãos é pouco influenciada pelas variações de temperatura, exceto quando ocorrem baixas temperaturas ao final desta fase e provoca atraso na secagem dos grãos (FORSTHOFER et al., 2006; SANGOI et al., 2010a; SERPA, et al., 2012). Segundo Cruz et al. (2010a), a temperatura diurna elevada pode diminuir o rendimento em função de pouco tempo de enchimento de grãos provocado pela redução do ciclo da planta. Situação que pode ocorrer quando são realizadas semeaduras tardias nas regiões com verões quentes e elevada temperatura (CRUZ et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2009; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014; TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017). O milho sendo uma típica plantas C_4 apresenta alta taxa fotossintética com aumento da temperatura, e a fotossíntese é pouco afetada devido ao metabolismo fotossintético C_4 que ocorre próximo à máxima saturação de CO_2 , por causa da baixa afinidade da rubisco pelo gás carbônico, predispondo maior concentração do CO_2 em relação a O_2 na região da rubisco onde o efeito oxidativo é reduzido e a fotorrespiração é neutralizada. Entretanto, temperaturas noturnas

elevadas podem reduzir a produção líquida de fotoassimilados das plantas devido ao aumento do consumo no processo respiratório. O crescimento e o desenvolvimento do milho, o ciclo da cultura, são regulados pela temperatura do ar, onde o tempo de duração para chegar ao florescimento é calculado pelo número de unidades de calor (unidades térmicas de desenvolvimento ou soma térmica), onde cada cultivar tem uma exigência de soma térmica para chegar ao florescimento, sendo o valor constante e não dependente do local e época de cultivo (GADIOLI et al., 2000; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2009). Estudos conduzidos por Wagner et al. (2011) em semeaduras realizadas precocemente observaram a redução nos valores de unidades térmicas diárias (UDT) e, conforme o avanço da semeadura, os valores da UTD aumentavam por conta do aumento na temperatura, e o efeito observado foi a variação na duração dos dias entre o estágio vegetativo de emergência (VE) ao pendoamento (VT), aproximadamente, 60 e 53 dias para as semeaduras realizadas em 21 de setembro e 10 de novembro, respectivamente.

O milho necessita de grandes quantidades de água, em torno de 600 mm ao longo do seu ciclo, devido a capacidade de produção de matéria seca. O consumo de água pela cultura, em termos práticos, é a evapotranspiração máxima de uma cultura (ET_m) obtido pela evaporação da superfície do solo mais a transpiração da planta, sendo variável devido ao estágio de desenvolvimento (área foliar x transpiração) da cultura, época de semeadura e local de cultivo. O consumo de água (ET_m) é baixo no período de emergência da plântula pela ausência de área foliar, mas com leve aumento na fase seguinte, a vegetativa (emergência a primórdio inflorescência masculina), porém ainda baixo pela pouca área foliar. O período reprodutivo, onde ocorre maior desenvolvimento em altura de planta e expansão foliar, reflete alto consumo de água devido à maior área foliar associada à transpiração crescente, uma vez que evaporação do solo é reduzida pelo fechamento do dossel da cultura (FANCELLI, DOURADO, 2004; INMET, 2009; CRUZ et al., 2010; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014). O período de florescimento apresenta um consumo de água elevado devido a maior área foliar, atividade fotossintética e transpiração, e é a fase mais sensível ao déficit hídrico. A fase de enchimento de grãos caracteriza-se pela queda da atividade fotossintética devido a redução da área foliar e senescência das folhas. Como resultado, o consumo de água diminui progressivamente (BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2009; SANGOI et al., 2010a).

O déficit hídrico pode provocar danos em todos os estágios da cultura do milho. A sua ocorrência na fase de semeadura e emergência pode limitar a disponibilidade de açúcares solúveis da semente ao embrião e reduzir o fornecimento de energia à divisão

celular, prejudicando o crescimento da radícula, coleótilo e mesocótilo, que poderá resultar na redução da densidade de plantas, além de emergência lenta e desuniforme. Durante os estádios iniciais de crescimento e desenvolvimento, ocorre menor acúmulo de massa seca e pouca expansão foliar, tolerando a falta de umidade, desde que supridas nas fases seguintes (SANGOI et al. 2010a; CRUZ et al., 2010). Na fase de desenvolvimento reprodutivo do milho ocorre intensa divisão celular com alongação de entrenós, crescimento acelerado da folha e acentuado desenvolvimento das inflorescências masculinos e femininos, sendo esta fase considerada suscetível a deficiência hídrica e a sua ocorrência resultará na redução da área foliar e altura da planta, refletindo na redução da interceptação da radiação solar e a fotossíntese. Estas limitações podem retardar o desenvolvimento das espigas em relação ao pendão e aumentar o efeito protândrico da planta (SERPA et al., 2012). Outros efeitos que poderão ocorrer são a redução de número de espigas por planta e do número de óvulos por espiga. Onde o déficit hídrico na fase de enchimento de grãos prejudica o metabolismo da planta e promove fechamento de estômatos, reduzindo a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotossimilados e sua translocação para os grãos (FORSTHOFER et al., 2006; CRUZ et al., 2010; SANGOI et al., 2010a; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014; EMBRAPA, 2017).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é uma faixa espectral da radiação solar que atua no processo fotossintético e o milho, entre as plantas C₄, é o que apresenta maior eficiência no uso da RFA, respondendo favoravelmente em rendimento de grãos à intensidade luminosa (FANCELLI, DOURADO, 2004). A resposta à luminosidade pode ser atribuída ao mecanismo que ocorre no interior do citoplasma das células do mesófilo pela alta afinidade da fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase) que fixa o CO₂ atmosférico formando ácido de quatro carbonos (ácido oxaloacético). Este é então transportado até a bainha do feixe vascular onde é descarboxilado e liberado novamente como CO₂ no local ativo da rubisco que, por sua baixa afinidade ao CO₂, mantém alta a concentração do gás. O processo ocorre próximo a máxima saturação de CO₂, reduzindo o efeito inibitório do O₂, neutralizando a fotorrespiração, além de facilitar a incorporação do CO₂ pelo ciclo de Calvin-Benson no cloroplasto, produzindo metabólitos que serão exportados a outras partes da planta. (NASCIMENTO, 2011; BERGAMASCHI, MATZENAUER, 2014; TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017). O melhor aproveitamento da RFA é quando coincide o período de maior área foliar do milho (fase de pré-floração, floração e enchimento de grãos), com maior disponibilidade da radiação no período de dezembro a meados de janeiro no hemisfério sul, desde que sincronizada com da semeadura (PIANA et al., 2008; SANGOI et al., 2010a;).

A forma como as plantas são arranjadas e se distribuem na área, como é o arranjo das folhas na planta e a extensão da área foliar formada, são características importantes para a otimização da RFA. Neste contexto, segundo trabalhos e medições realizadas, mostram a interferência da arquitetura e altura da planta sobre a melhor interceptação da radiação solar associados a híbridos simples, precoces e folhas eretas em arranjos adensados de plantas (FANCELLI, DOURADO, 2004; MARCHÃO, BRASIL, XIMENES, 2006; PIANA et al., 2008). Pesquisas e mensurações realizadas sugerem que a quantidade e qualidade da radiação solar que ultrapassa o dossel da cultura pode ter relação com o incremento dos componentes de produção e agronômicos (Altura de planta e inserção da espiga, diâmetro do colmo) são influenciados pela densidade de plantas. Resultados mostram correlação positiva entre rendimentos de grãos e interceptação da RFA – S (superior ao dossel) e RFA – T (absorvido por todo o dossel), confirmando a importância de aumento na densidade de plantas em espaçamentos reduzidos, para o dossel do milho aumentar a capacidade de interceptação da radiação solar disponível por determinada área (MARCHÃO, BRASIL, XIMENES, 2006). Resultados obtidos por Maddonni et al. (2001), sugerem que a distribuição das folhas no plano horizontal na direção perpendicular em uma distância mínima entre plantas no dossel do milho (plasticidade), baseado na re-orientação das folhas, seria favorável à manutenção da interceptação da luz. O sistema adensado de plantas, com orientação direcionada da semente, proporciona melhor orientação das folhas perpendicularmente à linha de semeadura desde o início do seu desenvolvimento e possibilita uma interceptação eficiente da radiação solar pelo dossel da cultura (TOLER et al., 1999).

2.1.3 – Época de Cultivo

A cultura do milho no Brasil é explorada em dois períodos de cultivos, anteriormente denominados como “safra” e “safrinha”, e na atualidade como primeira e segunda safras. A primeira safra de milho inicia na primavera-verão, período compreendido entre o final de julho até janeiro do ano seguinte, conforme as condições climáticas. A segunda safra é o cultivo entre verão e o outono, em sucessão à cultura de verão (GONÇALVES et al., 2002; SANGOI et al., 2010a; NASCIMENTO et al., 2011), para o Estado do Paraná, a recomendação de semeadura é de janeiro a março (IAPAR, 2018).

O desenvolvimento e o rendimento de grãos de milho são influenciados pela fisiologia da planta e condições edafoclimáticas. A semeadura em épocas fora do ideal pode predispor as fases fenológicas da planta às variações do clima e alterar o rendimento de grãos

(SANGOI et al., 2010a). Portanto, é importante o sincronismo da época de semeadura do milho para tornar favorável os estádios fenológicos críticos da cultura ao período de maior disponibilidade hídrica, adequada temperatura e radiação solar nos locais de cultivo. As regiões onde a água não é fator limitante, a semeadura poderá ser ajustada para coincidir os estádios reprodutivos ao período de maior exposição aos dias mais longos do ano, com temperaturas diurnas na faixa ótima e intensa radiação solar. Nos locais que apresentam déficit hídrico, a época de semeadura fica condicionada a maior disponibilidade hídrica ao período mais crítico da cultura (NASCIMENTO et al., 2011; DUARTE, 2015).

Na região Norte do Estado do Paraná, o período de semeadura das primeira e segunda safras são definidos, respectivamente, de setembro a novembro e janeiro a março, com todos os períodos condicionados ao tipo de solo e ciclo do híbrido de milho (IAPAR, 2018). A melhor época de semeadura do milho primeira safra, deve ocorrer no intervalo (setembro – outubro) onde os estádios de pendoamento-espigamento e enchimento de grãos apresentam maior área foliar, alta atividade fotossintética e transpiração da cultura, possibilitando melhor aproveitamento da RFA junto com os fatores ambientais (temperatura, umidade e radiação solar), manifestada na sua plenitude no período de dezembro a janeiro no hemisfério Sul (SANGOI et al., 2010a). A semeadura antecipada ocorre entre final do inverno e antes da primavera, período favorável ao desenvolvimento vegetativo do milho pela melhor distribuição de chuvas, temperaturas brandas, menor intensidade da radiação solar e menor evaporação, sendo possível a floração coincidir com o período de maior calor e menor perda de umidade para a atmosfera (SANGOI et al., 2010a).

A segunda safra de milho no Estado do Paraná, considerada como semeadura tardia, ocorre sob condições ambientais desfavoráveis para os estádios mais avançados da cultura do milho, quando comparada com o cultivo primavera-verão. No período inicial da segunda safra, as condições ambientais de temperatura e precipitação pluviométrica são favoráveis aos estádios de emergência e desenvolvimento vegetativo da cultura. Já para os estádios reprodutivos, os riscos de baixas temperaturas são menores e a deficiência hídrica pode ser minimizada com a adoção do sistema plantio direto que mantém a umidade do solo por mais tempo. Entretanto, as geadas e a deficiências hídricas podem estar presentes como fatores de riscos em cultivo de milho tardio (GONÇALVES et al., 2002; NASCIMENTO, 2011).

O efeito da semeadura logo no início da segunda safra, sobre o desenvolvimento inicial do milho, sob maior disponibilidade de temperatura do ar e do solo, propicia o acúmulo de unidades térmicas e maior crescimento vegetativo, provocando

encurtamento na duração do tempo entre a emergência-espigamento. Por outro lado, ao considerar a segunda safra como semeadura tardia no contexto do calendário agrícola, os efeitos produzidos sobre os componentes de produção e agrônômicos podem ser desfavoráveis e afetar o rendimento de grãos da cultura (NASCIMENTO et al., 2011). Na fase final do ciclo da cultura, a disponibilidade de temperatura e a radiação adequada são menores, o que torna a secagem de grãos na espiga de milho mais lenta. O resultado é o tempo mais prolongado do espigamento até a maturação fisiológica, que reflete no atraso da colheita (SANGOI et al., 2010a).

2.2 – SISTEMA PRODUTIVO DO MILHO

O sistema de produção de milho na agricultura brasileira, em grande parte da área para produção de grãos, é realizado no sistema de plantio direto (SPD), onde a adoção de tecnologias associada a manejo adequado do solo, com a diversificação do uso da terra e a manutenção da cobertura vegetal sobre a superfície do solo, tem melhorado a produtividade e a produção de grãos (MUZZILI et al., 2006; GALVÃO, 2014). Isto pode ser alcançado por meio da intensificação do cultivo consorciado de culturas econômicas e recuperadoras, como atualmente cultivado no sistema milho consorciado com braquiária na segunda safra. A elevada produção de resíduos vegetais mantém a cobertura vegetal por mais tempo minimizando os efeitos das adversidades ambientais sobre o solo e a planta, beneficiando o SPD (CALEGARI, 2006; CECCON, 2014; OLIVEIRA et al., 2015). Outros benefícios observados são a contribuição das raízes fasciculadas do milho na agregação e estruturação do solo, e ciclagem de nutrientes (MUZZILI et al., 2006).

A melhoria da qualidade do solo devido ao sistema de plantio direto e práticas culturais (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001) com a adoção de híbridos de milho modernos de maior potencial produtivo, de ciclo precoce, porte baixo, folhas eretas propiciam a formação de um dossel com maior abertura no estrato superior. Esta possibilidade permite melhor interceptação da radiação solar, com o estabelecimento de arranjos em densidades maiores de plantas e espaçamento nas entre linhas reduzida, buscando otimizar ocupação da área de cultivo e obter maior quantidade de espigas e rendimento de grãos (KAPPES et al., 2010).

O rendimento de grãos (R_g) de milho é expressa pela interação: (1) da quantidade de radiação incidente (R_i) sobre a cultura dependendo da posição geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude) e época de semeadura no ano; (2) da

eficiência de interceptação (E_i) da radiação incidente que está relacionado com a planta referente a sua idade, arquitetura da folha e o arranjo espacial dos indivíduos na área em função do espaçamento na entre linhas e densidade adotada; (3) da eficiência de conversão (E_c) em fotoassimilados, condicionada pela temperatura, nutrição da planta e equilíbrio hídrico da planta; (4) da partição dos fotoassimilados (p) de acordo com o genótipo e da relação fonte-dreno firmado durante a ontogenia (ANDRADE et al., 1996 *apud* SANGOI et al., 2010a).

2.2.1- Arranjo de Plantas

A utilização de híbridos de milho na agricultura brasileira foi importante ferramenta para melhorar a produtividade. Outros fatores, como herbicidas em pós-emergência e híbridos resistentes à herbicidas não seletivos, associados a melhoria de demais práticas agrícolas relativas a fertilizantes e controle de pragas e doenças, possibilitaram a redução dos espaçamentos entre fileiras e, como resultado, o incremento no rendimento de grãos (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; GALVÃO, 2014).

O potencial produtivo do milho depende da exposição à interceptação da radiação solar, da efetividade do uso desta na fotossíntese, da eficiente conversão do CO_2 atmosférico em carbono orgânico e partição dos fotoassimilados para diversas necessidades da planta. O arranjo de plantas possibilita o incremento, pois influencia o índice de área foliar, o ângulo de inserção foliar, a interceptação da radiação incidente de diversas partes da planta, inclusive das camadas inferiores do dossel, e interfere na disposição das folhas e características de absorção de luz pelo dossel (SANGOI et al., 2010a; SANGOI et al., 2014; SOUZA et al., 2015).

O arranjo de plantas é uma prática que possibilita aumentar o rendimento de grãos de milho, por meio do aumento na densidade de plantas e da redução do espaçamento na entre linha, que pode propiciar melhor interceptação e eficiência do uso da radiação, aliado aos demais fatores de produção em níveis adequados (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; DOURADO NETO et al., 2003; DEMÉTRIO et al., 2008; KAPPES et al., 2010). As alterações são o aumento na densidade de plantas e a redução do espaçamento nas entre linhas, que possibilitam maior rendimento de grãos pela melhor distribuição das plantas na linha com a utilização de híbridos de ciclo precoce (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; FOLONI et al., 2014).

O arranjo de plantas, na forma como é operacionalizado atualmente, onde a semente, ao ser depositada no sulco de semeadura posiciona-se aleatoriamente, reflete também um dossel aleatório da cultura. Porém, a semeadura sob uma outra ótica, de orientação direcionada da semente, onde o resultado é um dossel de população de plantas ordenadas e as folhas também com orientação direcionada perpendicularmente à linha de semeadura e paralelas entre si, pelo efeito da posição da semente, sugere a possibilidade de um incremento da interceptação da RFA pela menor sobreposição das folhas (TOLER et al., 1999) e redução do sombreamento na cultura (TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017). Estudos sugerem que a semeadura de milho com a deposição aleatória da semente no sulco tem refletida no dossel da cultura do milho a orientação aleatória (FORTIN, PIERCE, 1996; TOLER et al., 1999).

2.2.2 – Densidade de Plantas

O aumento do número de plantas por área (densidade) é um fator que pode potencializar o rendimento de grãos de milho pelo aumento da eficiência na interceptação da radiação solar (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; FARINELLI, CERVEIRA JUNIOR, 2014). Outras formas, como o espaçamento na entre linha, a distribuição de plantas na linha e a uniformidade entre plantas, podem maximizar a interceptação da radiação solar, e a sua utilização mais eficiente pode melhorar o rendimento de grãos (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; BOIAGO et al., 2017). Entretanto, altas densidades de plantas aumentam a competição entre os indivíduos, o que pode levar a diminuição da atividade fotossintética reduzindo a eficiência na conversão de fotoassimilados na produção de grãos. Nesse caso, as consequências seriam o aumento da esterilidade feminina, a ampliação na diferença do intervalo da antese e espigamento (assincronia), acarretando a redução de grãos por espiga e de rendimento de grãos, além da desuniformidade entre as plantas na linha (SANGOI et al., 2012; SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b).

O aumento da densidade de plantas com uso de híbridos de milho modernos, mostrou-se mais eficiente no incremento da produtividade de grãos em semeaduras antecipadas, ocorridas no final do inverno nas regiões mais quentes do sul do Brasil, em ambientes irrigado e sequeiro, sem estresse hídrico entre os estádio V15 e R2 (RITCHIE, 1989), evidenciando a importância da sincronização da época de semeadura com o período de maior disponibilidade hídrica. O aumento na densidade de híbridos de milho em semeadura antecipada (final do inverno) mostrou maior número de espigas por área, possivelmente,

devido à menor esterilidade de plantas, que pode ser atribuída a ausência de deficiência hídrica, possibilitando a sincronização da emissão da inflorescência masculina e feminina (SERPA et al., 2012).

A resposta de rendimento de grãos de milho é resultado do aumento da densidade, devido à baixa capacidade de perfilhamento e não possuir mecanismos de compensação de aumento na quantidade plantas por área (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b). O aumento na densidade de plantas e espaçamento reduzido influencia o rendimento de grãos, mas é necessário considerar outros fatores como fertilidade do solo, disponibilidade de água, cultivar, localização da área e época de semeadura da cultura, que participam como parte da interação da radiação incidente, eficiência na interceptação da radiação, eficiência da conversão da radiação em biomassa e partição da fitomassa para os grãos (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b).

As necessidades nutricionais do milho influenciam na escolha da densidade de plantas a ser implantada e, para alcançar elevadas produtividades, é preciso excelente fertilidade do solo (COELHO, CRUZ, PEREIRA FILHO, 2004). As exigências são necessárias devido à competição sob alta densidade de plantas, que pode resultar em dominância de plantas e ocorrer quebra de colmos. Sob tais condições, maiores aportes de fertilizantes são necessários para atender à demanda nutricional das plantas (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; GALVÃO et al., 2014).

A disponibilidade de água influencia a densidade ideal de plantas de milho a ser adotada. Além disso, a ocorrência de déficit hídrico nas fases mais sensíveis da cultura, são condições para determinar a escolha da época de semeadura baseado em dados históricos. Em perspectiva de baixa disponibilidade de água nas fases críticas da cultura, recomenda-se optar pela redução da densidade de plantas com a finalidade de minimizar a competição intraespecífica e ao mesmo tempo atender as necessidades das plantas (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b). A baixa produtividade de grãos provocada pela deficiência hídrica depende da intensidade, da duração e do estágio da cultura em que ocorre o evento meteorológico. A cultura do milho em sistema irrigado, com aumento da densidade de plantas, resultou no aumento da produtividade de grãos (SERPA et al., 2012).

O melhoramento genético do milho tem buscado produzir híbridos modernos caracterizados pela maior tolerância ao adensamento de plantas, ciclo precoce, menores exigências de somas térmicas, porte baixo das plantas com folhas eretas em menor quantidade e área foliar reduzida, o que minimiza a competição entre as plantas (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; STACCIARINI et al., 2010).

Na antecipação da semeadura no período de transição das estações invernal e primaveril, na região sul do Brasil, recomenda-se aumentar a densidade de plantas devido às baixas temperaturas e menor radiação solar a fim de compensar a utilização da radiação solar até a fase de floração que, no início do ciclo, apresenta menor disponibilidade restringindo o crescimento da planta. Nesta condição o milho floresce antes dos dias mais longos e reduz os riscos de déficit hídrico no florescimento, possibilitando obter o máximo de rendimento de grãos (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b).

Os estudos de densidades de plantas tem demonstrado melhora do rendimento de grãos de milho nos agrupamentos populacionais de 70.000 a 80.000 plantas por hectare, com diferenças na interceptação da radiação solar em função da densidade e espaçamento reduzido de plantas (MARCHÃO, BRASIL, XIMENES, 2006; DEMÉTRIO et al., 2008; SANGOI et al., 2009; KAPPES et al., 2010; FREITAS, NASCENTE, SANTOS, 2013; SILVA et al., 2014). Na segunda safra, dados de campo levantados junto aos agricultores já buscavam aumentar a densidade de plantas e redução do espaçamento, com população de plantas em diferentes espaçamentos na maior frequência, entre 51.000 a 55.000 plantas por hectare, e a maior frequência de lavouras com produtividade entre cinco a sete mil kg ha⁻¹, em sistema de plantio direto (CRUZ et al., 2010b). Porém, pesquisas realizadas sugerem que híbridos superprecoces, porte baixo e folhas eretas, alcançaram altas produtividades com densidades entre 70.000 a 80.000 plantas por hectare em espaçamento reduzido de 0,45 m, na segunda safra no Norte do Paraná (FOLONI, 2014).

A resposta às alterações fenotípicas condicionadas pelo aumento da densidade de plantas é variável com as condições ambientais ofertadas e híbridos utilizados (DOURADO et al., 2003). Os efeitos são as alterações que podem ocorrer na arquitetura da planta e se manifestar sob diferentes formas. O aumento da população de plantas incrementou a altura das plantas devido à competição intraespecífica por luz, que estimula a dominância apical (MEROTTO, ALMEIDA, FUCHS, 1997; DOURADO et al., 2003; FARINELLI, PENARIOL, FORNASIERI FILHO, 2012). Porém, Marchão et al. (2005), em seus estudos, observaram que a altura da planta e a inserção da espiga variaram conforme a densidade de semeadura. Ensaios de aumento na densidade de plantas, independentemente do genótipo, resultaram no aumento do diâmetro do colmo para menores populações e espaçamentos (DOURADO et al., 2003). Por outro lado, com o aumento da população houve diminuição do diâmetro do colmo, aumento na altura da planta e de inserção da espiga e da relação entre as duas variáveis (BRACHTVOGEL et al., 2009).

A produção de matéria seca (MS), em valores absolutos, apresentou tendência de redução por unidade de planta com aumento da população (DOURADO et al., 2003). O aumento na densidade de plantas incrementou a competição intraespecífica e, ao associar com a deficiência hídrica e irrigação somente nos períodos críticos (MS = 11,1 Mg ha⁻¹) da cultura, a produção de matéria seca foi menor quando comparado com irrigação sempre que necessário (MS = 14,1 Mg ha⁻¹) (SERPA et al., 2012). Na visão de Fumagalli et al. (2017), o aumento da densidade de plantas restringe o fornecimento de carbono e nitrogênio às espigas depois da fecundação, onde na fase inicial de formação de grãos podem ser abortadas aquelas do ápice da espiga. Nesse sentido, observou-se que as plantas com menor quantidade de folhas, porém eretas e de menor produção de fitomassa, possibilitaram reduzir a competição entre plantas e alcançar maior adensamento de indivíduos para aumentar a eficiência de interceptação da radiação solar e as taxas fotossintéticas para maior produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior produção em quantidade de massa seca para o desenvolvimento sincronizado das inflorescências masculinas e feminina.

Estudos de rendimento de grãos em função da população de plantas, mostram que o número de grãos por espiga (330 grãos), considerada baixa, não foi influenciado pelo aumento na densidade de plantas de 37.000 para 81.000 plantas ha⁻¹, e espaçamentos menores na entre linhas de 1,00 m para 0,75 m, sendo a limitação provável causada pelo déficit hídrico (MEROTTO, ALMEIDA, FUCHS, 1997). A diminuição do número de grãos e massa de grãos com o aumento da densidade de plantas pode ter sido estimulada pela maior competição intraespecífica por recursos ambientais (FARINELLI, PENARIOL, FORNASIERI FILHO, 2012; SERPA et al., 2012; FREITAS, NASCENTE, SANTOS, 2013). Ensaio de densidade de híbridos de milho em espaçamento reduzido nas entre linhas, mostram que o número de fileiras de grãos não variou com o aumento na densidade, mas o número de grãos por fileira e a massa de 100 grãos acusaram redução dos valores médios com o incremento da população de plantas (MARCHÃO et al, 2005). Outros trabalhos indicaram que o aumento da densidade de plantas em espaçamentos reduzidos, resultou no menor número de fileiras de grãos e redução do número de grãos por fileira, acarretando na diminuição do número de grãos por espiga. Já para a variável massa de mil grãos houve acentuadas reduções nos maiores espaçamentos entre fileiras (0,7 e 0,9 m) e menores reduções da massa de mil grãos em menores espaçamentos entre fileiras (0,45 m) (FUMAGALLI et al., 2017). A massa de grãos por espiga foi menor pelo aumento da população de plantas, possivelmente devido a competição intraespecífica provocado pela maior densidade e menos recursos disponíveis às plantas, que passam a produzir espigas

menores com menos grãos, mais leves e menor produção por planta (BRACHTVOGEL et al., 2009)

O aumento da produtividade de grãos de milho é influenciado pelo aumento na densidade de plantas, uma prática de manejo que favorece o incremento do rendimento de grãos devido ao aumento do número de espigas por área (MEROTTO, ALMEIDA, FUCHS, 1997). A densidade populacional também influenciou no aumento da produtividade nas populações de 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ (FREITAS et al., 2013); porém, dependendo da variedade, como a BR 473, não houve resposta com o aumento na densidade de plantas. No entanto, o contrário deu-se com o híbrido AG 9010, mais adaptado à condição de aumento da densidade de plantas devido a menor altura, folhas eretas, antese e emissão do estilo-estigma mais sincronizado, eficiência na produção de grãos por área. Estes são alguns atributos que caracterizam os híbridos modernos, assim como o índice de espiga ou prolificidade, considerado um componente indicador da capacidade de híbridos suportar adensamento de plantas sem afetar muito a emissão e manutenção das espigas (BRACHTVOGEL et al., 2009; FARINELLI et al., 2012;).

2.2.3 – Espaçamentos Entre Linhas;

Entre os anos 80 e 90, agricultores iniciavam uma movimentação no sentido de aumentar a densidade de plantas com a redução dos espaçamentos entre linhas (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b). Os híbridos modernos apresentam-se melhores adaptados ao adensamento de plantas junto a novas tecnologias desenvolvidas, no controle de plantas daninhas e máquinas agrícolas, possibilitando a implementação do arranjo espacial de plantas em maior quantidade de indivíduos por área, através da redução do espaçamento na entre linha (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001).

A redução do espaçamento na entre linha favorece a equidistância entre plantas na linha de semeadura, o que possibilita obter maior uniformidade do dossel no milho e minimizar a dominância entre plantas, reduzindo a concorrência intraespecífica. Essa condição permite a utilização otimizada dos fatores edafoclimáticos na produção de grãos (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; LANA et al., 2009; BRACHTVOGEL et al., 2009; FUMAGALLI et al., 2017).

O dossel uniforme da cultura do milho melhora a interceptação da radiação solar e afeta o desenvolvimento das plantas daninhas. Redução da competição com a cultura que pode diminuir uso de herbicidas com impactos positivos para a preservação dos recursos

ambientais. O rápido fechamento do dossel devido à menor distância das entrelinhas em maior número de plantas reduz a perda de água desde o início do ciclo da cultura, contribuindo para a sobrevivência da biota do solo e a cultura de milho (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; BORGER, HASHEM, PATHAN, 2010).

Estudos indicaram que o maior espaçamento (0,90 m) resultou em maior altura da planta e inserção da espiga, possivelmente pela associação do espaçamento à maior densidade de plantas com melhor distribuição, favorecendo o crescimento vertical das plantas por efeito da competição por luminosidade (MODOLO et al., 2010; SILVA, et al., 2014). O espaçamento reduzido (0,45 m) apresentou maior comprimento da espiga quando comparado ao espaçamento 0,90 m (SILVA, et al., 2014), menor número de fileiras por espiga e aumento do número de espiga por planta em relação aos espaçamentos 0,70 m e 0,90 m. (MODOLO et al., 2010).

Os resultados de pesquisas sobre a redução do espaçamento nas entre linhas e o efeito no rendimento de grãos de milho são muito variados. Alguns autores sugerem aumento da produtividade de grãos em função da redução do espaçamento na entre linha, atribuída a diversos fatores, como, o aumento na quantidade de plantas por área, o número de espiga por planta, o comprimento da espiga, o número de grãos por fileira, possivelmente devido maior eficiência da interceptação da radiação, associada à distribuição mais uniforme e equidistante das plantas na área com a redução da competição intraespecífica por água, radiação e nutrientes (MUDSTOCK, 1978; DEMÉTRIO et al., 2008; MODOLO et al., 2010; CRUZ et al. 2010; SILVA et al., 2014; TAKASU et al., 2014; BOIAGO et al., 2017).

Estudo de espaçamentos nas entre linhas de 0,40 e 0,45 m, e densidade populacional a partir de 60 a 80 mil plantas por hectare de milho, resultaram um arranjo de plantas com aumento da produtividade (DEMÉTRIO, 2008; BOIAGO et al.; 2017; FUMAGALLI et al., 2017).

Na semeadura na segunda safra, onde ocorrem maiores limitações de luminosidade, as cultivares “AG 9010” e “DKB 979” responderam com máxima produção ao reduzir o espaçamento entre linhas, enquanto que cultivares “DKB 350”, “Maximus” e “Impacto” não apresentaram tolerância ao aumento populacional (FOLONI et al., 2014).

Os resultados obtidos por Pereira et al. (2017), indicam que os diferentes espaçamentos nas entre linhas (0,5 m; 0,7 m e 0,9 m) não afetaram as características agronômicas da planta (folhas por planta, folhas senescentes por planta, número de espiga por planta, altura da planta, altura de inserção da espiga, diâmetro da espiga, comprimento da

espiga, diâmetro de colmo), produtividade de matéria verde e seca de milho silagem e rendimento de grãos.

2.3 – ORIENTAÇÃO DA FOLHA NO PLANO HORIZONTAL

A colocação e arranjo de semente de milho (*Z. mays*) direcionada no sulco de semeadura pode influenciar na orientação da folha. O dossel do milho apresenta folhas com orientação aleatória, porque estão dispostas nas plantas quase no mesmo plano vertical, conferindo à aleatoriedade da planta quando a semente é depositada no sulco pela máquina de semeadura de forma também aleatória, indicando que o efeito é determinado pela posição da semente. Se o ângulo da folha entre plantas for coerente com sobreposição reduzida das folhas, as plantas bilateralmente simétricas podem ser organizadas ordenadamente e direcionadas para otimizar a interceptação da luz e incrementar o rendimento de grãos, ou manter o rendimento com uma população menor de plantas (GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; TORRES et al., 2011).

Nos estudos conduzidos para identificar a posição da semente promotora da arquitetura de planta com as folhas orientadas perpendicularmente à linha de semeadura, foi observado que determinadas posições direcionadas das sementes produziram alto percentual de ângulos foliares na orientação perpendicular e paralela à linha de semeadura. As posições das sementes: (1) na vertical, a radícula apontada para baixo e o embrião perpendicular à linha de semeadura, resultou em 90% dos ângulos foliares perpendicular à linha de semeadura; (2) deitado na horizontal, embrião para cima e paralelo à linha de semeadura, resultou em 80% dos ângulos da folha paralelo a linha de semeadura (TORRES et al., 2011).

O ângulo vertical da folha tem sido muito estudado, principalmente em relação à eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), mas pouco se conhece sobre a orientação da folha do milho no plano horizontal (DROUET, MOLIA, 1997). A interação competitiva entre plantas vizinhas, pode influenciar uma mudança natural na estrutura da planta e, assim, compensar a interceptação da luz incidente entre as plantas com desuniformidade, proporcionando interação cooperativa (HOIZUMI, KOYAMI, KIRA, 1955).

O arranjo de linhas de semeadura na direção Norte-Sul tem a tendência de favorecer no plano horizontal a orientação da folha espiga perpendicular à linha de semeadura. A orientação direcionada da folha não aleatória no plano horizontal, com o embrião na direção Norte-Sul, resultou entre 70 a 74% das folhas espigas rumo Norte-Sul e embriões

direcionados para Leste-Oeste, apresentando 60 a 64% das folhas espigas orientadas perpendicularmente à linha de semeadura. Já nas sementes orientadas aleatoriamente, as folhas espigas apresentaram direções também aleatórias (FORTIN, PIERCE, 1996).

O manejo do dossel de milho possibilita o aumento do número de plantas por área, uma prática que pode incrementar a produção de grãos. A distribuição da área foliar nos planos vertical e horizontal do milho pode fornecer maior entrada da luz na comunidade de plantas ordenadas uniformemente e maximizar com maior eficiência a interceptação da radiação solar (GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; TOLER et al, 1999; SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; FARINELLI, CERVEIRA JUNIOR, 2014). Controlar a orientação da folha do milho por meios da colocação direcionada das sementes no sulco de semeadura pode ser uma alternativa para atingir esses resultados (TOLER et al, 1999).

A disponibilidade de luz na interação competitiva da cultura de grãos de inverno e plantas daninhas é fundamental, pois controla o crescimento e o desenvolvimento de plantas vizinhas em função da luz refletida. Nessa relação, uma forma de diminuir a interceptação de luz por plantas daninhas e otimizar no dossel da cultura seria manipular o espaçamento e a orientação da direção das linhas de semeadura. Estudos de manipulação da orientação da linha de semeadura na direção Leste-Oeste, no controle das plantas daninhas por sombreamento das culturas de inverno, mostraram resultados consistentes somente para a cultura de trigo e na cevada (BORGER, HASHEM, PATHAN, 2010).

As plantas jovens na fase inicial de crescimento, com pequenas modificações na relação da luz incidente, podem apresentar desenvolvimento capaz de promover leves mudanças na orientação da folha conforme as condições ambientais. No milho, as folhas podem sofrer reorientação a partir da distribuição aleatória de plantas isoladas, com densidade de 3 plantas m^{-2} , para uma distribuição orientada das folhas perpendicular à linha de semeadura, quando as plantas são expostas a uma maior densidade, por exemplo, de 9 a 10 plantas m^{-2} , ocorrendo de forma mais rápida (GIRARDIN, 1992; MADDONNI et al., 2002; TORRES et al., 2011). Resultado obtido por Maddonni et al. (2002) possivelmente seja melhor explicação para as mudanças na orientação da folha do milho, que foram alcançadas ao colocar as linhas de semeaduras de plantas agrupadas na direção Norte-Sul e submetidas a aplicações adicionais de radiação vermelho distante sobre a linha de plantas, proporcionando a redução do sombreamento. Maddonni et al. (2002) sugerem que as variações da radiação vermelho (V) e vermelho distante (VD) refletidas podem gerar uma sinalização que induz a reorientação da folha do milho. A interação das faixas espectrais do vermelho (600 – 700 nm) e vermelho distante (700 – 800 nm) refletidas entre as plantas em

maior densidade distribuídas na linha de semeadura, influenciaram no direcionamento das folhas do milho no plano horizontal e nenhuma sinalização no plano vertical. A reação de movimentação das folhas nos espaços abertos do dossel de milho ocorreu quando resultou em índice baixo da relação vermelho (menor valor) e vermelho distante (maior valor), provocando o afastamento das folhas do local de maior reflectância do espectro vermelho distante, um indicativo da presença de plantas vizinhas e, com isso, a possibilidade de redução do sombreamento entre as plantas. Ainda segundo o autor, a planta de milho foi submetida a luz branca e em uma porção foliar da planta foi feita a aplicação suplementar da radiação vermelho distante, o que provocou o afastamento da folha do local tratado com a radiação suplementar; porém, a porção das folhas opostas e da mesma planta com folhas tratadas, não sofreram nenhuma influência da radiação vermelho distante.

Medições realizadas no estádio reprodutivo R2 em linhas de semeadura de milho orientadas Norte-Sul e Leste-Oeste, não encontraram diferenças significativas para variável área foliar, com média de 6.714 cm² por planta. Esta quantidade de área foliar produziu um valor de índice de área foliar de 3,5 sugerindo nos estudos prévios o suficiente para interceptar 98% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) antes de chegar à superfície do solo (KARLEN, KASPEBAUER, ZUBLENA, 1987). O peso seco das folhas orientação Norte-Sul apresentou menor valor em relação à orientação Leste-Oeste. Os componentes de rendimento apresentaram maior produção nas linhas de semeadura Leste-Oeste do que Norte-Sul, devido ao maior número de fileira de grãos por espiga, haja vista que o número de grãos por fila foi menor e não houve diferença no peso de grãos. Porém, com irrigação suplementar as plantas da linha de semeadura Norte-Sul produziram maior quantidade de grãos, número de grãos e peso do sabugo do que plantas nas linhas de semeadura direcionadas Leste-Oeste (KARLEN, KASPEBAUER, 1989). Segundo Loomis e Williams (1969), a orientação azimutal faz parte da natureza de algumas culturas, que no caso de milho e sorgo a orientação das folhas para Leste-Oeste independe da direção da linha de semeadura.

Trabalho de Toler et al. (1999) mostra que a área foliar foi maior para as orientações perpendicular e aleatórias das folhas, do que a orientação da folha que percorre sobre a linha de semeadura, mas a biomassa da folha e do caule não apresentaram diferenças entre todas as orientações foliares testadas. Os resultados por planta em condições de baixa população, apresentou área foliar e a biomassa vegetativa maior do que para altas populações. Porém, a área foliar total e biomassa vegetativa por acre (0,404686 ha) foram maiores para as altas populações, indicando maior concorrência intraespecífica para altas populações de plantas do que para baixas (TOLER et al., 1999).

Resultados envolvendo a interceptação da luz e a orientação direcionada da folha sobre o rendimento de grãos de milho, em comparação às folhas orientadas aleatoriamente, sugerem que o rendimento de grãos da orientação perpendicular da folha à linha de semeadura foi 10% maior em relação a semeadura aleatória e 20% maior do que as folhas orientadas paralelamente à linha de semeadura (TOLER et al., 1999). Entretanto, segundo Fortin e Pierce (1996), no estudo entre a orientação da folha espiga no plano horizontal, posição da linha de semeadura Norte-Sul, não resultou no maior rendimento de grãos.

O arranjo adensado de plantas propõe o aumento na densidade de plantas por área e a redução dos espaçamentos nas entre linhas, e a deposição aleatória da semente no sulco de semeadura, que resultam na aleatoriedade da folha e da planta no dossel da cultura de milho, e possibilitam o aumento do rendimento de grãos de milho, creditada a maior eficiência na interceptação da radiação solar (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; FARINELLI, CERVEIRA JUNIOR, 2014). Porém, é possível buscar a otimização da interceptação da RFA na cultura, com a possibilidade de aumentar o rendimento de grãos, colocando-se a semente em posição direcionada no leito de semeadura para refletir na orientação ordenada da planta perpendicularmente à linha de semeadura, mesmo que em maior densidade de plantas, ocorra menor sobreposição e sombreamento das folhas entre as plantas (FORTIN, PIERCE, 1996; TORRES et al., 2011). Entretanto, as interações das orientações das folhas na transversal, aleatório e paralela com a população de plantas, sugere que não houve diferença para o crescimento vegetativo da planta de milho (TOLER et al., 1999).

No rendimento de grãos de milho foi observada interação entre orientação das folhas e a população de plantas. Para cada tipo de orientação da folha o rendimento de grãos de milho foi maior com aumento da população de plantas, porém dependente da extensão de alteração da orientação da folha. Para a população mais elevada, o rendimento de grãos da orientação das folhas na transversal, aleatória e sobre a linha de semeadura foi maior do que para baixa população. A orientação transversal da folha foi mais vantajosa para o rendimento de grãos em altas populações de plantas, em relação às demais orientações, provavelmente pela maior eficiência da interceptação da RFA pelo dossel, ao longo do período de desenvolvimento e crescimento da planta (TOLER et al., 1999).

As orientações perpendiculares das folhas do milho podem proporcionar o fechamento mais rápido do dossel, aumentando a capacidade competitiva da cultura em relação às plantas daninhas e reduzir a utilização de herbicidas (TOLER et al., 1999). O

fechamento rápido do dossel pode ser atribuído a maior velocidade de emergência da plântula, conforme a colocação e arranjo de sementes de milho (TORRES et al., 2011). Possivelmente, isto possa estar relacionado com a posição da semente que propicia uma emissão mais retilínea do embrião à superfície do solo, observada quando a semente é posicionada na vertical com a radícula para o fundo do sulco de semeadura e na horizontal deitado com a face que contém o embrião voltado para superfície do solo. Em outras posições testadas ocorrem importantes deformações na região do mesocótilo, em curvaturas semelhantes ao “pescoço de ganso”, que pode ter influenciado a velocidade de emergência da plântula e a maior orientação aleatória das folhas de milho, levando a maior sobreposição e sombreamento entre plantas. Resultados semelhantes foram obtidos com semente de feijão, onde aquelas posicionadas na vertical, com o ponto de emissão do hipocótilo para baixo, apresentaram taxa de emergência e emergência com orientação menor do que as sementes posicionadas na vertical, com o ponto de emissão do hipocótilo para cima e na horizontal deitada plano lateral, sendo devido à provável relação com a rotação de sementes (BOWERS, HAYDEN, 1972).

Os estudos e o conhecimento atualmente alcançados sobre a arquitetura da planta de milho em sistemas de arranjos adensados, onde são depositadas aleatoriamente as sementes no sulco de semeadura por máquinas de precisão, para uma distribuição uniforme das plantas e formação de um dossel adensado com maior capacidade de interceptação da radiação solar, permitiram o aumento de rendimento de grãos (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; KAPPES et al., 2010; GALVÃO, 2014; BRASCHTVOGEL et al., 2009, 2012; CECCON et al., 2014; FARINELLI et al., 2014; FUMAGALLI et al., 2017). Por outro lado, novos estudos de arquitetura de planta orientadas no plano horizontal, sugerem ser possível a orientação direcionada da semente e o favorecimento da direção da folha no sentido perpendicular à linha de semeadura, abrindo a possibilidade de desenvolver tecnologias em um outro patamar de estudos, para obter conhecimento sobre a uniformidade do estande, redução da competição intraespecífica, eficiência na interceptação de luz, fechamento rápido do dossel da cultura reduzindo a competição de plantas daninhas e o uso de híbridos modernos adaptados a suportar altas densidade de plantas para obter o aumento de rendimento grãos. Disso recorre a importância do estudo para identificar a posição da semente que pode influenciar a arquitetura da planta e folhas em relação a orientação no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura, e o efeito sobre as plantas de milho quando as linhas são direcionadas aos pontos cardeais, além de verificar o impacto sobre os componentes agronômicos e de rendimento de grãos de milho (KARLEN, KASPERBAUER, 1989; GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; LOOMIS, AMTOHR, 1999; TOLER et al., 1999; MADDONNI et al., 2002; VIEIRA JUNIOR et al., 2005; TORRES et al., 2011).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ASSMANN, A. L.; SOARES A. B.; ASSMANN T. S. Manejo de biomassa. In_____. **Integração lavoura-pecuária para agricultura familiar**. 1. ed. Londrina: IAPAR, 2008. 11 – 13 p.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, jan. 2001.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.
- BOIAGO, R. G. F. S. R.; MATEUS, R. P. G.; SCHUELTER, A. R.; BARRETO, R. R.; SILVA, G. J.; SCHUSTER, I. Combinação de espaçamento entrelinhas e densidade populacional no aumento da produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 440-448, jan. 2017.
- BORGER, C. P. D.; HASHEM, A.; PATHAN, S. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. **Weed Science**, v. 58, n. 2, p. 174-178, 2010.
- BORTOLLETO, A. M.; ALCARDE A. R. **Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, 135-137 p.
- BOWERS, S. A.; HAYDEN, C. W. Influence of seed orientation on bean seedling emergence. **Agronomy Journal**, v. 64, p. 736-738, dec. 1972.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, nov. 2009.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina/Foz do Iguaçu: [s.n.], 2006, 55 – 84 p.
- CARON, B. O.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E.; SCHWERZ, F.; SOUZA, V. Q. Elementos meteorológicos sobre características morfológicas e produtivas do milho em diferentes épocas de semeadura. **Científica**, v. 45, n. 2, p. 105-14, 2017.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2008, 864 p.
- CECCON, G; SILVA, J. F.; NETO A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS dos A. Produtividade de milho safrinha em espaçamentos reduzidos com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p 326-335, 2014.
- COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Desafios para obtenção de altas produtividades de milho**. Sete Lagoas, Comunicado Técnico, 112, 1 ed., 2004, 24 p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017: décimo Segundo levantamento**, v. 3, Brasília, 2018, 1-178 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. DE; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho em Sistema Plantio Direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, 2006, p. 42-53.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A., ALVARENGA, R. C., GONTIJO NETO, M. M., VIANA, J. H. M., OLIVEIRA M. F. de, MATRANGOLO, W. J. R., ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de. **Sistemas de produção: Cultivo do Milho**. 6. ed., [S. l.], Embrapa Milho e Sorgo, 2010a. 10 p.

CRUZ, J. C.; SILVA, G. H. DA; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M.; MAGALHÃES, P. C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 177-188, 2010b.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; 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, dez. 2008.

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, dez. 2003.

DROUET, J. -L.; MOULIA, B. Spatial re-orientation of maize leaves affected by initial plant orientation and density. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 88, n. 1-4, p. 85-100, 1997.

DUARTE, A. P. **Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, p. 78-82.

EL-ABADY, M. I. Influence of Maize Seed Size/Shape, Planted at Different Depths and Temperatures on Seed Emergence and Seedling Vigor. **Research Journal of SeedScience**, [S.l.], v. 8 (1), nov. 2015.

EMBRAPA. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2017/2017 e 2018/2019**. 1. ed. Brasília, [s. n], 2017. 209 p.

EMBRAPA. **Fisiologia da produção de milho**. 1. ed. Sete Lagoas, [s. n.], 2006, 10 p.

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

FARINELLI, R.; CERVEIRA, JUNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 336-346, 2014.

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

FIESP. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safra mundial de milho 2018/2019 – 8º Levantamento do USDA**. Informativo dezembro de 2018. [S. l.: s. n.].

FORTIN, M. C.; PIERCE, F. J. Leaf Azimuth in strip-intercropped corn. **Agronomy Journal**, [S.l.] v. 88, n. 1, p. 6-9, fev. 1996.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. de M. Cultivares de milho em diferentes populações de Plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2014.

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A. A. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 399-407, mar. 2006.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA¹, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA² H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamento entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

FREITAS, R. J. de; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. de S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, jan/mar 2013.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCIA, A. G. y; BASANTA, M. del V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica, associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, jul/set 2000.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 819-828, nov-dez. 2014.

GIRARDIN, P. H. Leaf azimuth in maize canopies. **European Journal Agronomy**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 91-97, jun. 1992.

GONÇALVES S. L.; CARAMORI, P. H.; WREGGE, M. S.; SHIOGA, P.; GERAGE, A. C. Épocas de semeadura do milho “safrinha”, no Estado do Paraná, com menores riscos climáticos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1287-1290, 2002.

HOZUMI, K.; KOYAMI, H.; KIRA, T. Interspecific competition among higher plants. IV. A preliminar account the interaction between adjacent individuals. **Journal of The Institute of Polytechnics**, [S.l.], v. 6, p. 121-130, maio 1955.

INMET. **Agrometeorologia dos cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília, [s. n.], 2009, 530 p.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Zoneamento Agrícola**. Mapas.

Londrina-PR. Disponível em:

<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>. Acesso em: 21 ago 2018.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C. de; VALENTINI ARF, M.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, set. 2010.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth. **Applied Agricultural Research**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 51-56, 1989.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J.; ZUBLENA, J. P. Row-spacing effects on corn in the southeastern US. **Applied Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 65-73, 1987.

KHATOUNIAN, C. A. A produção para consumo doméstico. In _____ **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Livraria e Editora Agroecológica, 2001, p. 251-283.

LANA, M. do C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI A. de LUCCA e; SCAPIM C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo especial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, 2009.

LOOMIS R. S.; WILLIAMS, W. A. **Productivity and the morphology of crop stands**: patterns with leaves. Agronomy-Faculty Publications, [S. l.], 1969, 187 p.

MADDONNI, G. A.; CHELLE M.; DROUET, J. L.; ANDRIEU B. Light interception of contrasting azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions: simulations and crop measurements. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 70, p. 1-13, abr. 2001.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; CASAL, J. J. Maize leaves turn away from neighbors. **Plant Physiology**, Rockville, v. 130, p. 1182-1189, nov. 2002.

MANGELSDORF, P. C. The origin and Evolution of maize. **Elsevier**. [S. l.], v. 1, 1947, p. 161-207.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, maio-ago. 2005.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado: **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, ago. 2006.

MEJÍA, D. **MAIZE: Post-Harvest Operation**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), AGST. 2003, p. 2-3.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M. L. de; 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.; 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, vol. 41, n. 3, p. 435-441, jul-set. 2010.

MUDSTOCK, C. M. Efeito de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas em milho (*Zea mays*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, jan. 1978.

MUZILLI, O. Manejo do solo em sistema plantio direto. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina/Foz do Iguaçu. [s.n.], 2006, 09-28 p.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, 2011.

NASCIMENTO, W. F.; COSTA J. S. da; PEIXOTO, P. P. P; DUARTE, N. D. L. Efeito da temperatura sobre a soja e milho no estado de Mato Grosso do Sul. **Investigación Agraria**, [S. l.] v. 20, n. 1, p. 30-37, 2018.

OLIVEIRA, S. M. de; ALMEIDA, R. E. M. de; MIGLIAVACCA, R. A.; FAVARIM, J. L. **Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, p. 40-44.

PEREIRA, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S. dos; ARGENTA, F. M.; MOURA, A. F. de; BORCHATE, D. Características agrônômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, Cruz das almas, v. 29, n. 1, p. 18-27, jan. - mar. 2017.

PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, LUÍS.; VIEIRA, V. M.; SERPA M. S.; JANDREY D. B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, dez. 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna**, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

- REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. **Processamento e industrialização do milho para alimentação humana**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, 138-139 p.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report n. 48)
- SANGOI, L.; PICOLI JUNIOR, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SCHMITT, A.; ZOLDAN, S. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 671-682, mar./abr. 2014.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JUNIOR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, dez. 2012.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Grapel, 2010a. 87 p.
- SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SILVA, P. R. F. da; SALDANHA, A.; VIEIRA, J.; PLETSCHE, A. J. Uniformidade no desenvolvimento e resposta de cultivares de milho ao incremento na população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8 n. 1, p. 69-81, 2009.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Grapel, 2010b. 63 p.
- SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C. Germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor em reposta à diferentes temperaturas. **Semina**, Londrina. V. 35, n. 1, p. 215, jan/fev. 2014.
- SEAB. PARANÁ, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural. Análise conjuntura milho. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=240>. Acesso em: 21 ago. 2018.
- SENTELHA, P. C; MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável**. 1. ed. Brasília, [s. n.], 2009, 530 p.
- SERPA, M. S.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 541-549, abr. 2012.
- SiBCS. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília, 2006, 2. ed. 305 p.
- SILVA, A. F. DA; SCHONINGE E. L.; CAIONE G.; KUFFEL C.; CARVALHO, M. A. C. DE. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.

13, n. 2, p. 162-173, ago. 2014.

SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; NARDINO, M.; BELLÉ, R.; BARETTA, D.; SCHMIDT, D. Desfolhamento artificial e seus efeitos nos caracteres morfológicos e produtivos em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 61-74, ago. 2015.

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

STRAZZI, S. **Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, 146-150 p.

TAIZ, L.; MOLLER, E. Z. I. M.; MURPHY, A. Dormência e germinação da semente e estabelecimento da plântula. In _____. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda, 2017, 540-542 p.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; ARF, O; HAGA, K. I. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamentos entrelinhas. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2014.

TOLER, J. E.; MURDOCK, E. C.; STAPLETON, G. S. e WALLACE, S. U. Corn leaf orientation effects on light interception, intraspecific competition, and grain yields. **Journal Production Agriculture**, Madison, v. 12, n. 3, p. 396-399, 1999.

TORRES, G.; VOSENKEMPER, J.; RAUN†, W.; TAYLOR, R. Maize (*Zea mays*) leaf angle and emergence as affected by seed orientation at planting. **Experimental Agriculture**, [S.l.], v. 47, n. 4, p. 579-592, maio 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - Economics, Statistics and Market Information System. Crop Production. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/zs25x844t/8g84mr14m/0k225g11x/grain.pdf>. Acesso em 20 janeiro 2019.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. dos S.; MAGGI, M. F.; POTT, C. A.; SUCHORONCZEK, A. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava. Sul do Brasil. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas **Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 135-149, 2011.

3 ARTIGO A

ORIENTAÇÃO FOLIAR DE PLANTAS MILHO INFLUENCIADA PELO POSICIONAMENTO DA SEMENTE NO SOLO

3.1 RESUMO

O adequado posicionamento da semente de milho no sulco pode possibilitar a orientação perpendicular das folhas em relação à linha de semeadura, minimizando sobreposição e auto sombreamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar o posicionamento de sementes de milho chata e redonda no sulco de semeadura e os seus efeitos na orientação das folhas e na arquitetura da planta no plano horizontal. O experimento foi conduzido em vasos sob condições de casa de vegetação, sendo utilizadas sementes de peneiras 20C (chatas) e 22R (redondas) do híbrido Balu 280 PRO, com semeadura a 0,04 m de profundidade. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco posições da semente, dois formatos – chata e redonda) com oito repetições, totalizando 80 parcelas. A avaliação da orientação da folha foi realizada no estádio V3. O tamanho e a formato das sementes não demonstraram interação significativa com o posicionamento das sementes, sugerindo que a orientação da folha do milho ocorreu em função do efeito da posição de sementes, sendo mais favoráveis os tratamentos na posição vertical apontada para o fundo do vaso e a posição na horizontal deitado com a face que contém somente o endosperma (dorsal) voltado para baixo, independente da forma.

Palavras-chave: *Zea mays*, deposição da semente, sementes chatas, sementes redondas, arquitetura da planta.

3.2 ABSTRACT

The adequate positioning of the corn seed in the furrow can allow perpendicular orientation of the leaves in relation to the sowing line, minimizing overlapping and auto shading. The objective of this work was to evaluate placements of the flat and round corn seed in the sowing furrow and its effect on leaf orientation and plant architecture in the horizontal plane. The experiment was conducted in pots under greenhouse conditions, using seeds of 20C (flat) and 22R (round) sieves of the Balu 280 PRO hybrid, with sowing at 4.0 cm depth. The statistical

design used was completely randomized, in a 5 x 2 factorial scheme (five seed positions, two forms - flat or round) with eight replications, totaling 80 plots. Leaf orientation evaluation was performed at the V3 stage. The size and shape (sieves) did not show a significant interaction with the positioning of the seeds in the groove of the pot, suggesting that the orientation of the corn leaf occurred due to the effect of the position of seeds, being more favorable the treatments in the vertical position pointed to the bottom of the vessel and the horizontal position lying with the face containing only the dorsal endosperm facing down, regardless of the shape.

Key words: *Zea mays*, plant architecture, seed positioning, leaf shading.

3.3 INTRODUÇÃO

A cultura de milho (*Zea mays* L.) destaca-se no cenário agrícola mundial por sua importância econômica e social, pelo uso diversificado desde alimento humano e animal até na produção das indústrias químicas, farmacêuticas, bebidas e combustível (REGITANO-D'ARCE; SPOTO; CASTELLUCCI, 2015; SOLOGUREN, 2015).

As plantas fazem a conversão da energia luminosa em química na produção de seu alimento, com destaque para cultura do milho, planta típica C4 e, portanto, altamente eficiente nesse processo de conversão, sendo o fator essencial a eficiência da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (LOOMIS; AMTHOR, 1998). Práticas de manejo, como arranjo de plantas com distribuição e orientação das formas e estruturas da planta de milho, podem contribuir para melhor interceptação da RFA (ARGENTA 2001; PETTER et al., 2016) e elevar o rendimento de grãos (OTTMAN; WELCH, 1989; KAPPES et al., 2010; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010a).

A colocação ordenada da semente no sulco de semeadura, pode favorecer a posição das folhas no plano horizontal perpendicularmente à linha de semeadura, e promover redução da sobreposição das folhas com melhores interceptações da RFA e rendimento de grãos de milho (FORTIN; PIERCE, 1996; TOLER et al., 1999; TORRES et al., 2011; TAIZ; MOLLER; SANGOI et al., 2001; MURPHY, 2017).

Fortin e Pierce (1996) sugerem que a orientação aleatória da folha da espiga do milho é resultado do posicionamento aleatório das sementes no sulco. Ao controlar a posição da semente, as folhas ficam perpendicular à linha de semeadura. Para Toler et al. (1999), isto ocorre quando as sementes são colocadas na vertical, com a ponta direcionada para baixo no solo e a face do embrião direcionada para o meio das entrelinhas, sendo o

rendimento superior à semente aleatória das sementes. Além dessa posição, Torres et al. (2011) utilizaram sementes chatas na posição horizontal e com a face dorsal apontado para baixo, sendo que essas mostraram-se promissoras para orientação das folhas, visando evitar o sombreamento. A maioria dos trabalhos de orientação da folha na horizontal fora realizada com sementes chatas, e algumas poucas com sementes redondas, possivelmente pela facilidade de semente com sementes planas. A morfologia da planta de milho, com suas folhas inseridas no colmo de forma oposta, dística e bilateralmente simétrica (CASTRO; KLUGE; SESTARI, 2008), também contribui para o arranjo de plantas paralelas entre si e suas folhas posicionadas perpendicularmente à linha de semente (LOOMIS E WILLIAMS 1969; GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; TOLER et al, 1999; MADDONNI et al., 2002; TORRES et al., 2011). Provavelmente, isto é possível pela combinação da posição orientada da semente no sulco de semente, associada à posição natural do eixo embrionário (radícula, hipocótilo e a plúmula) no interior da semente. Onde a germinação, emergência e o crescimento direcional (tropismo) retilíneo do eixo do embrião é conduzido a percorrer o sentido do comprimento da semente de milho, que estimuladas por fatores ambientais (gravitropismo), fazem a plúmula crescer em direção à luz e a radícula para as camadas inferiores do solo para suprimento por água e nutrientes (TAIZ; MOLLER; MURPHY, 2017). Estes recursos combinados seriam os principais fatores para a manutenção ordenada do crescimento bilateral simétrico da planta de milho orientadas perpendicularmente à linha de semente (LOOMIS E WILLIAMS 1969; GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; TOLER et al, 1999; MADDONNI et al., 2002; TORRES et al., 2011).

O melhoramento genético têm desenvolvido diferentes híbridos de milho adaptados para as mais variadas regiões agrícolas, com alta capacidade de rendimentos de grãos em função do arranjo adensado de plantas (SANGOI et al., 2011; COSTA et al., 2015; UATE et al., 2015; PEREIRA et al., 2017), necessitando realizar novas pesquisas com arranjos adensados de plantas de milho no plano horizontal (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001; FELIPE; DUARTE; CAMARANO, 2010).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do posicionamento de sementes chata e redonda no leito de semente, na orientação da folha e na arquitetura de planta.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, no município de Londrina – PR, em estufa agrícola Vand der Hoeven, caracterizado como ambiente protegido e controlado, com temperatura média de 25 °C, umidade relativa do ar entre 65% a 70%, e com redução na incidência da radiação solar em torno de 20%.

As unidades experimentais foram 80 vasos plásticos, com dimensões: 10 cm de altura; 13 cm de diâmetro superior; e 9,5 cm de diâmetro inferior, constituindo volume de 900 mL, preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, peneirado para uniformização da granulometria. Foram utilizadas sementes de milho da cultivar Balu 280 PRO, peneira 22R (semente redonda) e 20C (semente chata), tipo híbrido simples, ciclo precoce e textura de grãos semiduro (Figura 1).

Figura 1 – Forma da semente de milho semeada chata (A) e redonda (B) e linha imaginária com base a marca de referência na borda do vaso plástico.


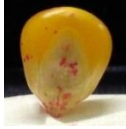





(Fonte: próprio autor, 2016)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com cinco posições da semente no sulco de semeadura e dois formatos de sementes (peneiras chata e redonda) com 8 repetições. Os tratamentos, conforme a Tabela 1, são referentes a colocação orientada das sementes no substrato. Os tratamentos de Ar até Er são os mesmos tratamentos de Ac até Ec quanto ao posicionamento da semente, mas diferentes no formato, sendo redonda (r) e chata (c). As sementes nos tratamentos Ac e Ar, Bc e Br e Cc e Cr, foram posicionadas no substrato com a face do embrião à esquerda da marca

de referência sinalizada no vaso (Figura 1). Os tratamentos Dc e Dr, e Ec e Er foram semeados com a ponta da semente em direção à marca sinalizada no vaso. O procedimento adotado foi para fixar o sentido da posição da semente para possibilitar melhor avaliação da orientação.

Tabela – 1: Tratamentos e respectivas posições ordenadas na semeadura da semente de milho nos formatos, chato (Ac a Ec) e redondo (Ar a Er).

Tratamento	Posição e orientação da semente	Descrição
Ac e Ar		Semente chata (Ac) e redonda (Ar), posição horizontal deitado de lado, a ponta direcionada à marca na borda do vaso.
Bc e Br		Semente chata (Bc) e redonda (Br), posição vertical, apontada para baixo em direção ao fundo do vaso.
Cc e Cr		Semente chata (Cc) e redonda (Cr), posição vertical, com a ponta direcionada para a superfície do solo.
Dc e Dr		Semente chata (Dc) e redonda (Dr), posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo, ponta direcionada à marca no vaso.
Ec e Er		Semente chata (Ec) e redonda (Er), posição horizontal deitado, com a face ventral assentada no solo, ponta direcionada à marca no vaso.

(Fonte: próprio autor, 2016)

O substrato foi colocado em duas etapas para evitar o deslocamento da semente no momento da semeadura e irrigação. A primeira porção de substrato foi colocada até 2/3 da altura do vaso plástico e, em seguida, foi umedecida para melhor fixação da semente na posição preconizada no tratamento. Após este procedimento, foi colocado o restante do substrato até posicionar a semente a quatro cm de profundidade com duas sementes por vaso. A irrigação foi realizada diariamente com objetivo de manter a umidade do substrato. Após a definição da emergência das plântulas, foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

A mensuração dos ângulos da orientação plantas no plano horizontal do milho ocorreu no estágio vegetativo V3, terceira folha completamente expandida (RITCHIE,

1989), por meio da análise de imagens digitais. As imagens foram obtidas com uma câmera digital Sony Cybershot 16 MP fixada a um tripé, onde as imagens foram enquadradas pelo topo de cada copa da planta, centralizadas no centro da planta, região denominada como cartucho, tendo como referência a marca sinalizada na borda do vaso plástico (Figura 2). Para o processamento digital das imagens foi utilizado o software AutoCad (AUTODESK, 2018), onde foi determinado o ângulo da folha da planta no plano horizontal em relação a marca referência.

Figura 2 – Imagens capturada pela câmera digital com enquadramento por grade no display. Utilização da ferramenta “foco central” da câmera, centrada no cartucho da planta.



(Fonte: próprio autor, 2016)

A mensuração na terceira folha expandida da planta de milho foi realizada posicionando sobre o topo da planta, linhas virtuais representando eixos “X” e “Y”, dividindo a imagem em quadrantes. A partir do centro do cartucho, sobre a nervura central da terceira folha, foi traçada e fixada uma linha retilínea através de ferramentas apropriadas do software, onde o ângulo determinado foi estabelecido entre a reta traçada sobre a folha com o eixo “X” virtual. Na avaliação da orientação da terceira folha da planta de milho, o primeiro quadrante (0° a 90°) foi considerado como a base para leitura dos ângulos. As medições dos ângulos das folhas, que se desenvolveram nos demais quadrantes (entre 91° a 360°), foram corrigidas para os valores equivalentes ao primeiro quadrante, subtraindo-se o quadrante em que estivesse contido. Dessa forma, os dados referentes a ângulos foram tabulados somente na faixa de 0° a 90° (Figura 3). Foi estabelecida separação dos ângulos em estratificações, permitindo

diferenciar as orientações em maior ou menor possibilidade de ocasionar sobreposição e auto sombreamento das folhas de milho.

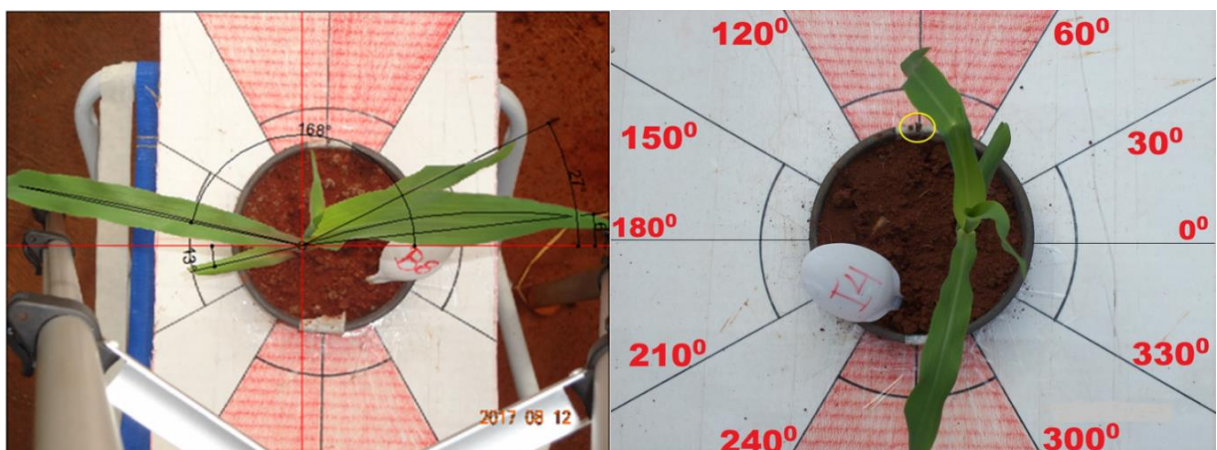
A estratificação foi dividida em perpendicular, diagonal e paralela, tendo como referência a marcação sinalizada no vaso, definida conforme classificação abaixo (TORRES et al., 2011):

(1) ângulos de folhas entre 0° a 30° : ângulos com maior aproximação no sentido perpendicular à marca referência. Esta orientação pode ser favorável dependendo da posição da semente em relação à marca de referência no vaso e minimizar a sobreposição e sombreamento das folhas do dossel da cultura;

(2) ângulos de folhas, entre 31° a 59° : ângulos com orientações das folhas no sentido diagonal à marca referência. Nos estádios vegetativos mais avançados da cultura, pode ocasionar maior sobreposição das folhas e auto sombreamento, sendo, portanto, não favorável;

(3) ângulos de folhas entre 60° a 90° : ângulos com maior aproximação das folhas no sentido paralelo à marca referência. Porém, esta orientação pode ser favorável dependendo da posição da semente em relação à marca de referência e minimizar a sobreposição e sombreamento das folhas, desde que em posição adequada da semente em relação à marca de referência no vaso.

Figura 3 – Estratificação dos ângulos conforme a orientação: perpendicular, diagonal e paralela.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Os dados coletados foram transformados de acordo com a técnica de transformação potência de Box Cox, para adequar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, submetidos ao teste F da análise de variância

(ANAVA). As médias dos ângulos das folhas em relação ao plano horizontal foram comparadas pelo teste de Tukey, no nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram executadas através do pacote R “RStudio” (RSTUDIO TEAM, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar o efeito da posição da semente no leito de semeadura sobre a orientação da folha e arquitetura da planta no plano horizontal, foram realizadas análises de variância com os valores transformados em \sqrt{x} , devido a não normalidade dos dados originais ($p=0,01726$) e heterogeneidade de variâncias ($p=0,04431$), apresentando teste F significativo com valor de $p=0,008827$. Ao desdobrar os graus de liberdade de tratamentos, segundo esquema fatorial, verificou-se que o efeito do tipo de semente ($p=0,4907$) e o efeito de interação deste com a posição da semente no sulco de semeadura ($p=0,7811$), não foram significativos, evidenciando apenas a importância do efeito da posição ($p<0,001$).

As médias dos resultados dos ângulos de orientação das folhas (Tabela 2), mensuradas na fase vegetativa V3 com a terceira folha totalmente expandida, apresentaram agrupamento dos tratamentos Dc homólogo de Dr e Cr, aproximando da orientação paralela, com ângulos médios de $67,375^\circ$, $64,000^\circ$ e $61,000^\circ$, respectivamente. Já os tratamentos Bc e Br apresentaram orientações aproximando-se da perpendicular com ângulos médios de $13,174^\circ$ e $15,143^\circ$, respectivamente.

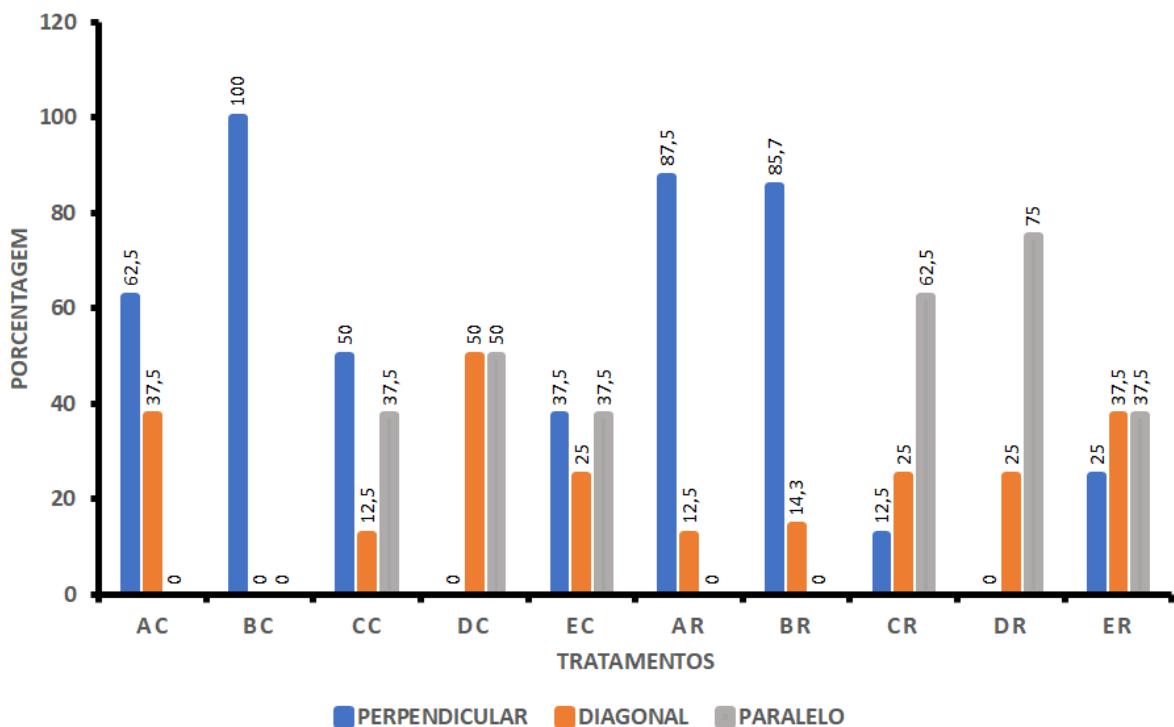
Tabela 2 – Média e desvio padrão do ângulo da orientação das folhas do milho, em resposta ao posicionamento ordenado da semente. Tratamentos: Ac(semente chata) e Ar (semente redonda) – posição horizontal deitado de lado e a ponta direcionada à marca na borda do vaso; Bc (semente chata) e Br (semente redonda) – posição vertical e apontada para baixo em direção ao fundo do vaso; Cc (semente chata) e Cr (semente redonda) – posição vertical e a ponta direcionado para a superfície do solo; Dc (semente chata) e Dr (semente redonda) –posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso; Ec (semente chata) e Er (semente redonda) – posição horizontal deitado com a face ventral assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso.

Tratamento ⁽²⁾	Média	Desvio Padrão
Ac	27,125 ab	16,617
Bc	13,714 b	8,160
Cc	41,625 ab	36,091
Dc	67,375 a	16,124
Ec	45,000 ab	24,553
Ar	24,000 ab	16,388
Br	15,143 b	16,395
Cr	61,000 a	27,558
Dr	64,000 a	15,222
Er	49,875 ab	24,620

*Teste de Tukey com dados transformados em \sqrt{x} . Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos Bc e Br, apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos Dc, Dr e Cr. O tratamento B (chata e redonda), apresentou maior percentual de orientação perpendicular da folha, respectivamente 100% e 85,7%, em relação à marca referência sinalizada na borda do vaso, reforçado pelos menores percentuais de orientação diagonal, respectivamente 0% e 14,3%, e a não manifestação da orientação paralela (Figura 4), sugerindo menor possibilidade de sobreposição de folhas. Estudos conduzidos por Toler et al. (1999), a orientação perpendicular da folha do milho à linha de semeadura, foi alcançada quando a semente foi colocada no solo com a ponta da semente apontado para baixo e a face da semente, onde se visualiza o embrião, voltada para o espaço da entrelinha. Experimentos de orientação perpendicular da folha de milho sugerem que o sombreamento pode ser evitado (TOLER et al., 1999; TORRES et al., 2011) com a utilização de híbridos caracterizados pelo menor porte e folhas eretas, que possibilita o adensamento de plantas (STACCIARINI et al., 2010). O uso de espaçamento reduzido pode influir no melhor crescimento inicial da cultura e produzir um dossel mais eficiente à interceptação da RFA, sugerindo maior produtividade de grãos (FARINELLI; PENARIOL; FORNASIERI FILHO, 2012).

Figura 4 – Porcentagem de orientação da folha dos tratamentos no plano horizontal em resposta ao posicionamento ordenado da semente. Tratamentos (c) semente chata e (r) semente redonda: Ac e Ar – posição horizontal deitado de lado e a ponta direcionada à marca na borda do vaso; Bc e Br – posição vertical e apontada para baixo em direção ao fundo do vaso; Cc e Cr – posição vertical e a ponta direcionado para a superfície do solo; Dc e Dr – posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso; Ec e Er – posição horizontal deitado com a face ventral assentada no solo e a ponta direcionada à marca no vaso.

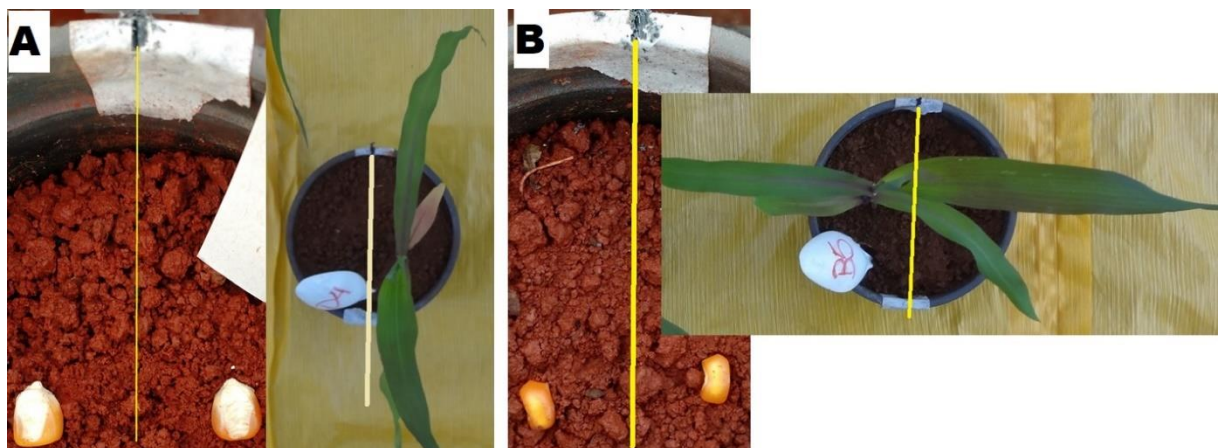


(Fonte: próprio autor, 2016)

Os tratamentos Dc e Dr apresentaram maior orientação paralela, respectivamente 50% e 75%, com a ausência orientação perpendicular (Figura 4). Estes resultados podem ser atribuídos à posição da semente adotada na semeadura e ao crescimento direcional (tropismo) do eixo do embrião formado pela radícula, mesocótilo e hipocótilo, incluso a plúmula, durante o processo germinativo e emergência da plântula (TAIZ; MOLLER; MURPHY, 2017). Onde a sua emissão do embrião ocorre pelo sentido da profundidade (comprimento) da semente milho, respeitando a anatomia natural relativa à planta de milho, com as folhas de um lado praticamente idêntico do outro lado, em um plano de 180° (TORRES et al, 2011).

Os tratamentos com a semente na posição vertical apontada para baixo em direção ao fundo do vaso (Bc – chata; Br – redonda) (Figura 5B), e a posição horizontal deitado com a face dorsal assentada no solo (Dc – chata; Dr – redonda) (Figura 5A), podem proporcionar orientação favorável, ou seja, perpendicular à linha de referência, desde que a face da semente que contém o embrião permaneça posicionada na perpendicular, respeitando a emissão natural do embrião. Especificamente no caso dos tratamentos Dc e Dr com orientação paralela na Figura 5A, para transformá-la em orientação perpendicular como o tratamento B na Figura 5B, a ponta da semente deve ser colocada perpendicularmente à linha imaginária determinada pela marca na borda do vaso. Experimento conduzido por Torres et al. (2011), mostrou evidências de que é possível posicionar a semente de forma orientada no leito da semeadura e disso resultar uma arquitetura da planta em ângulos foliares no plano horizontal, perpendicular ou paralela à linha semeada.

Figura 5 – Tratamento D: semente deitada na horizontal e dorso em contato com o solo e ponta da semente na direção à marca na borda do recipiente, resultando na orientação paralela da planta de milho (A). Para adquirir a orientação perpendicular à linha imaginária pela marca referência na borda do vaso, o eixo do embrião da semente deve ser colocado na perpendicular. O tratamento B: a semente foi posicionada na vertical e face que contém o embrião perpendicularmente à linha referência resultando na orientação perpendicular da folha (B).



(Fonte: próprio autor, 2016)

O tratamento Cr apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos Bc e Br, além disso, apresentou as três variações de orientações (perpendicular, diagonal e paralelo) ao mesmo tempo (Figura 4), assim como os tratamentos Cc, Er e Ec, algo desfavorável para um único tratamento devido a maior possibilidade de plantas com

arquitetura aleatória e, possivelmente, maior competição intraespecífica e menor eficiência à interceptação da RFA, durante o período de crescimento do milho (LOOMIS; AMTHOR, 1998; TOLER et al., 1999). Estudo conduzido por Torres et al. (2011), em relação a colocação orientada da semente na posição vertical, paralela à linha de semeadura e radícula apontada para baixo, resultou na distribuição de frequência de 90% de plantas em ângulo foliar entre 60° e 90° , caracterizando orientação perpendicular a um eixo “X” de referência, representando uma linha de orientação. Já a semente na posição deitada, com o embrião para cima e paralelo à linha, apontado para a esquerda e direita, resultou em 80% dos ângulos de folhas entre 0° e 30° em relação a um eixo “X” de referência. Nesse caso, os resultados sugerem a possibilidade de alterar a orientação foliar da planta em maior percentual favorável, tanto na linha como nas entrelinhas semeadas em função da posição da semente.

Embora o método de mensuração, classificação ou estratificação e posicionamento da semente adotado no presente estudo, tenha indicado algumas diferenças em relação ao método adotado por Torres et al. (2011), os resultados foram semelhantes. A média do ângulo dos tratamentos Bc e Br, Dc e Dr ficaram enquadrados nos intervalos angulares $0^\circ \sim 30^\circ$ e $60^\circ \sim 90^\circ$, respectivamente, sugerindo que para tais tratamento não importa as diferenças de posicionamento da semente e a estratificação conceitual de enquadramento do ângulo, pois ambos os tratamentos podem apresentar orientação perpendicular das folhas. Torres et al. (2011), obtiveram ao colocar a semente deitada com a face do embrião voltado para cima, em paralelo à linha de semeadura, apontado para a esquerda e direita, resultado com 80% dos ângulos de folhas entre 0° e 30° , no primeiro experimento (E1). No segundo experimento (E2), com as alterações efetuadas na posição da semente, perpendicular à linha de semeadura, os percentuais obtidos foram de 77,8% a 90% de plantas em ângulo foliar entre 60° e 90° , sugerindo que a orientação da folha no plano horizontal, perpendicular à linha de semeadura, favoreceria o aumento da interceptação da luz e do rendimento.

Os tratamentos Ac e Ar, Cc, Ec e Er não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Os Tratamentos Ac e Ar, apesar do posicionamento da semente produzir importante deformação do mesocótilo durante a emergência da plântula, como exemplificado na Figura 6, resultaram em alto percentual de orientação perpendicular, respectivamente, 62,5% e 87,5% (Figura 4). Nos estudos conduzidos por Torres et al. (2011), em tratamentos semelhantes, no Experimento – 1 obteve-se 66,7% e 70,0% de plantas com orientação da folha entre os ângulos 60° a 90° . Já o Experimento – 2, resultou em 44,4% e 80,0%. Estes resultados sugerem uma instabilidade na

formação da orientação perpendicular da folha do milho, em função da amplitude dos percentuais obtidos desta posição da semente, necessitando de mais estudos.

Figura 6 – Posição da semente deitado de lado e na emergência do embrião ocorre o retorcimento e a deformação do mesocótilo em substrato de areia.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Os resultados obtidos com arquitetura de plantas e folhas ordenadamente organizadas, estimulam a condução de novos estudos voltados para adensamento de plantas, na expectativa de realizar semeadura em altas populações para obter incremento no rendimento de grãos ou a manutenção da produtividade alta com populações reduzidas de plantas, conforme estudos de rendimento de grãos com redução dos espaçamentos nas entrelinhas e densidades de plantas demonstrados por Farinelli, Penariol, Fornasieri Filho (2012) e Fumagalli et al. (2017).

3.6 CONCLUSÕES

A orientação da planta de milho perpendicular à linha de semeadura independe da forma da semente, dependendo, no entanto, da posição em que a semente é colocada no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa com suporte financeiro para a condução dos trabalhos de pesquisa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

AUTODESK (2014), Autocad 2014.

<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/autocad/troubleshooting/caas/CloudHelp/cloudhelp/PTB/Autodesk-Installation/files/GUID-CD9E439F-38F4-4FC9-A2A7-3C5E4EEA6B9D-htm.html>. Acesso: 29 de Maio de 2018.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2008, 864 p.

COSTA, K. D. S.; CARVALHO, I. D. E.; FERREIRA, P. V.; SANTOS, P. R.; SOUZA, E. G. F.; SOUSA, T. P. Avaliação de genótipos de milho em diferentes densidades populacionais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 18-30, 2015.

CUNHA, R. G., LIMA S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; SIMON, C. A.; CONTARDI, L. M. Arranjo espacial e biorreguladores de crescimento na produtividade de milho. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 14, n. 2, p. 23-31, 2016.

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

FELIPE, C. R. P.; DUARTE, J. B.; CAMARANO, L. F. Estratificação ambiental para avaliação e recomendação de variedades de milho no estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 186-199, 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **11^o Levantamento USDA da safra 2017/18**. [S. l.], Informativo, mar 2018, [s. n.].

FORTIN, M. C.; PIERCE F. J. Leaf azimuth in strip-intercropped corn. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 1, p. 6-9, 1996.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA¹, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA² H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamento entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

GIRARDIN, Ph. Leaf azimuth in maize canopies. **European Journal Agronomy**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 91-97, jun. 1992.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C. de; ARF, M. V. e FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 2, n. 70, p. 334-343, 2010.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 6, p. 1584-1596, 1999.

LOOMIS R. S.; WILLIAMS, W. A. **Productivity and the morphology of crop stands:** patterns with leaves. Agronomy-Faculty Publications, [S. l.], 1969, 187 p.

OTTMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **AgronomyJournal**, [s.l.], v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.

PEREIRA, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S. da; ARGENTA, F. M.; M. A. F. de; BORCHATE, D. Características agronômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 29, n. 1, p. 18-27, 2017.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna**, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. **Processamento e industrialização do milho para alimentação humana**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez 2015, 138-139 p.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report n. 48)

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A F.; ALMEIDA, M. L. D. e HEBERLE, P. C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **PesquisaAgropecuáriaBrasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.

SANGOI, L.; da SILVA, P. R. F.; da SILVA, A. A.; ERNANI, P. R.; HORN, D.; STRIEDER, M. L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G. **Estratégia de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010a, 64 p.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010b, 87 p.

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

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção **Visão Agrícola**. Piracicaba: Pyxis Editorial e Comunicação, Piracicaba, ano 9, n. 13, 172 p. jul-dez 2015.

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

TAIZ, L.; MOLLER, E. Z. I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda, 2017, 858 p.

TOLER, J. E.; MURDOCK, E. C.; STAPLETON, G. S.; WALLACE, S. U. Corn leaf orientation effects on light interception, intraspecific competition, and grain yields. **Access DL**, v. 12, n. 3, p. 396-399, 1999.

TORRES, G.; VOSSenkEMPER J.; RAUN W.; TAYLOR, R. Maize (*Zea mays*) leaf angle and emergence as affected by seed orientation at planting. **Experimental Agriculture**, [s.l.], v. 47, n. 4, p. 579-592, 2011.

4 ARTIGO B

DISPOSIÇÃO ORDENADA DA SEMENTE NO SOLO E EFEITO DA LINHA DE SEMEADURA DIRECIONADA AOS PONTOS CARDEAIS NA ORIENTAÇÃO DA FOLHA DE MILHO

4.1 RESUMO

Estudos de arquitetura do milho sugerem que as linhas de semeadura direcionadas aos pontos cardeais Norte-Sul, fornecem melhor modelo de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e, com o aumento na densidade de plantas, as folhas apresentam a tendência de se orientar transversalmente à linha de semeadura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da direção da linha de semeadura em relação aos pontos cardeais, na orientação das folhas do milho no plano horizontal, semeando com disposição ordenada de sementes, e no rendimento de grãos. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. As parcelas de tamanho 3,20 m x 2,5 m, espaçamento de 0,80 m e quatro linhas de semeadura sendo as duas linhas centrais utilizadas para avaliação com descarte dos 0,5 metros iniciais e finais da linha. Os tratamentos foram linhas de semeadura direcionadas para os pontos cardeais, Norte, Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Nordeste. O preparo do solo foi o convencional, 01 gradagem aradora pesada e 02 gradagens niveladoras. O adubo formulado utilizado na implantação foi o 4-30-10 na dose de 300 kg ha⁻¹ e adubação nitrogenada em cobertura, entre os estádios V3 e V5, na dose de 92 kg de N ha⁻¹ dividido em duas aplicações. A semeadura foi feita manualmente no sulco, ordenada por meio de fita biodegradável com a semente posicionada perpendicularmente, pela face dorsal e o embrião livre para a germinação e emergência da plântula em direção à superfície do solo, para obter a orientação perpendicular da planta à linha de semeadura. Utilizou-se híbrido de milho, híbrido Impacto não transgênico, ciclo precoce e folhas intermediárias. Os controles de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados conforme as recomendações técnicas oficiais. Foram avaliadas as características: altura da planta (AP), diâmetro da base do colmo (DC), orientação da folha no plano horizontal perpendicular (OPp), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileiras (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) em gramas, índice de colheita (IC) e produtividade em quilogramas por hectare (P). As linhas de semeadura

direcionadas aos pontos cardeais não apresentaram diferença significativa para as características avaliadas. A direção da linha de semeadura não é determinante na orientação horizontal da folha de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, semeadura direcionada, pontos cardeais Norte-Sul, direção Leste-Oeste, folhas orientadas no plano horizontal.

4.2 ABSTRACT

Studies of maize architecture suggest that sowing lines directed to north-south cardinal points provide a better model of interception of photosynthetically active radiation and, with the increase in plant density, the leaves tend to orient crosswise to the seeding line. The objective of this work was to evaluate the effect of the direction of the sowing line in relation to the cardinal points, in the orientation of the leaves of the corn in the horizontal plane, planted with ordered arrangement of seeds, and yield of grains. A randomized block design with eight treatments and four replications was used. The plots of size 3.0 m x 2.5 m, spacing of 0.80 m and four sowing lines being the two central lines used for evaluation with discard of the final 0.5 meters of the line. The treatments were the sowing lines directed to the cardinal points (North, South, East, West) and collateral points (Northeast, Southeast, Southwest and Northwest). The soil preparation was the conventional one (01 heavy plow harrow and 02 grader harrows). The formulated fertilizer used in the sowing was the 4-30-10 (300 kg ha⁻¹) and nitrogen fertilization in coverage, between stages V3 and V5, in the dose of 92 kg of N ha⁻¹ divided in two applications. The sowing was done manually in the furrow, ordered by means of biodegradable tape with the seed positioned perpendicularly, by the dorsal face and the free embryo for the germination and emergence of the seedling towards the soil surface, to obtain the perpendicular orientation of the plant to the line of sowing. Non-transgenic corn hybrid (Impacto), conventional, early cycle and intermediate leaves were used. Pest, disease and weed control were performed according to official technical recommendations. The characteristics were: plant height (AP), stem base diameter (DC) and leaf orientation in perpendicular horizontal plane (OPp), ear length (CE), ear diameter (DE), number of rows (NG), number of grains per row (NGF), thousand grain mass (MMG) in grams, harvest index (CI) and productivity in kilograms per hectare (P). The sowing lines directed to the cardinal points did not show a significant difference for the characteristics evaluated. The highest

percentage of perpendicular orientation of the corn leaf was independent of the direction of the sowing line to the cardinal and collateral points.

Keywords: *Zea mays*, north-south sowing line, leaves oriented in the horizontal plane, perpendicular to the sowing line.

4.3 INTRODUÇÃO

O arranjo de plantas de milho, e as orientações das folhas no dossel, estão organizadas no plano vertical (zenital) e horizontal (azimutal). Esta distribuição pode resultar no aumento na eficiência da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e influenciar no rendimento de grãos de milho (TORRES et al., 2011; FARINELLI, CERVEIRA JUNIOR, 2014). A colocação aleatória da semente no sulco de semeadura resulta na orientação aleatória das folhas e plantas (FORTIN, PIERCE, 1996), acarretando maior sobreposição de folhas entre plantas vizinhas durante o seu desenvolvimento e crescimento, predispondo a planta de milho a menores áreas foliares e interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (KARLEN, KASPERBAUER, 1989; TORRES et al., 2011). Por outro lado, a colocação da semente de milho na posição direcionada verticalmente apontada para baixo, e a face do embrião voltado para o espaço da entrelinha, ou então na posição horizontal deitada, com a face do embrião voltada à superfície do solo, podem direcionar as folhas dísticas do milho no ângulo horizontal, dispondo a simetria bilateral da planta direcionada perpendicularmente à linha de semeadura, (GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; MADDONNI et al., 2006) favorável à redução da sobreposição e o sombreamento das folhas durante o desenvolvimento da cultura (TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017).

A linha de semeadura direcionada para os pontos cardeais pode influenciar na eficiência do uso da radiação solar por algumas culturas. Híbridos utilizados por Toler et al. (1999), semeados em sulcos orientados aos pontos cardeais norte e sul, com densidades entre 54,3 a 56,8 mil plantas por hectare, sementes em posições ordenadas, produziram folhas orientadas no sentido perpendicular e paralelo em relação à linha de semeadura. Já, a semeadura aleatória, resultou também em orientação aleatória das folhas. As folhas orientadas apresentaram maior interceptação de luz em relação as orientações das folhas aleatórias e paralelas à linha, respectivamente, até 10 e 25%. As orientações transversais e aleatórias das folhas apresentaram 8% de área foliar maior do que orientação da folha sobre a linha de semeadura (paralela) (TOLER et al., 1999). Estudos de rendimento de grãos de milho com

linhas de semeadura direcionadas para Leste-Oeste, apresentaram aumento quando comparada às linhas de semeadura direcionada para Norte-Sul, devido o aumento do número de filas (KARLEN, KASPERBAUER, 1989).

Arranjos de plantas com linhas de semeaduras posicionadas na direção Norte-Sul, sugerem o direcionamento das folhas de milho para a orientação perpendicular à linha de semeadura no plano horizontal (GIRARDIN, 1992; TOLER et al., 1999). Porém, os resultados indicaram também que as direções das folhas da espiga não apresentavam relação ao rendimento de grãos. Observações realizadas no período de estiagem prolongado em semeadura aleatória, manual e mecânica, apontavam que o azimute da folha poderia comportar como um indicador do estresse hídrico (FORTIN, PIERCE, 1996). Híbridos de milho e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), independente da direção das linhas de semeadura, produziram orientações das folhas no sentido Leste-Oeste, influenciado pelo caminhamento solar (LOOMIS, WILLIAMS, 1969).

As alterações adaptativas na morfologia da planta de milho e tabaco, em arranjo adensado, além de contribuir para melhor interceptação da RFA, são influenciadas pelo baixo índice da relação radiação Vermelho (V) e Vermelho distante (VD), radiações que atuam no mecanismo do sistema fitocromo da planta (KASPERBAUER, 1971; KARLEN, KASPERBAUER, ZUBLEMA, 1987). A planta de soja semeada no sentido Norte-Sul ficou mais exposta à luz VD e o resultado foi os entrenós mais longos e menor ramificação, em relação às plantas semeadas na linha Leste-Oeste. Já sobre o dossel do milho, a orientação da linha de semeadura no sentido Norte-Sul teve pouca influência da relação da radiação vermelho e vermelho distante (KARLEN, KASPERBAUER, ZUBLEMA, 1987).

Os estudos da relação dos comprimentos de onda do Vermelho (V) para Vermelho Distante (VD) no interior do dossel do milho, com plantas isoladas simulando linhas de semeadura em direção Norte-Sul e postada ao sul do filtro de reflectância VD, manifestaram a orientação das folhas em direção Leste-Oeste afastando do sinal VD de maior reflectância emitida por plantas vizinha. Este fato deve-se aos baixos índices da relação V/VD, que proporcionam menor reflectância do espectro V e maior do VD, que podem refletir na diminuição de sombreamento entre plantas (MADDONNI et al., 2002).

A arquitetura da planta de milho, com as folhas orientadas no plano horizontal e as linhas de semeaduras direcionada para os pontos cardeais Norte-Sul ou Leste-Oeste, sugerem resultados favoráveis no rendimento de grãos e na redução do sombreamento entre as plantas ((KARLEN, KASPEBAUER, ZUBLENA, 1987; TOLER et al., 1999). É difícil imaginar somente esta prática como a mais viável para a obtenção de uma

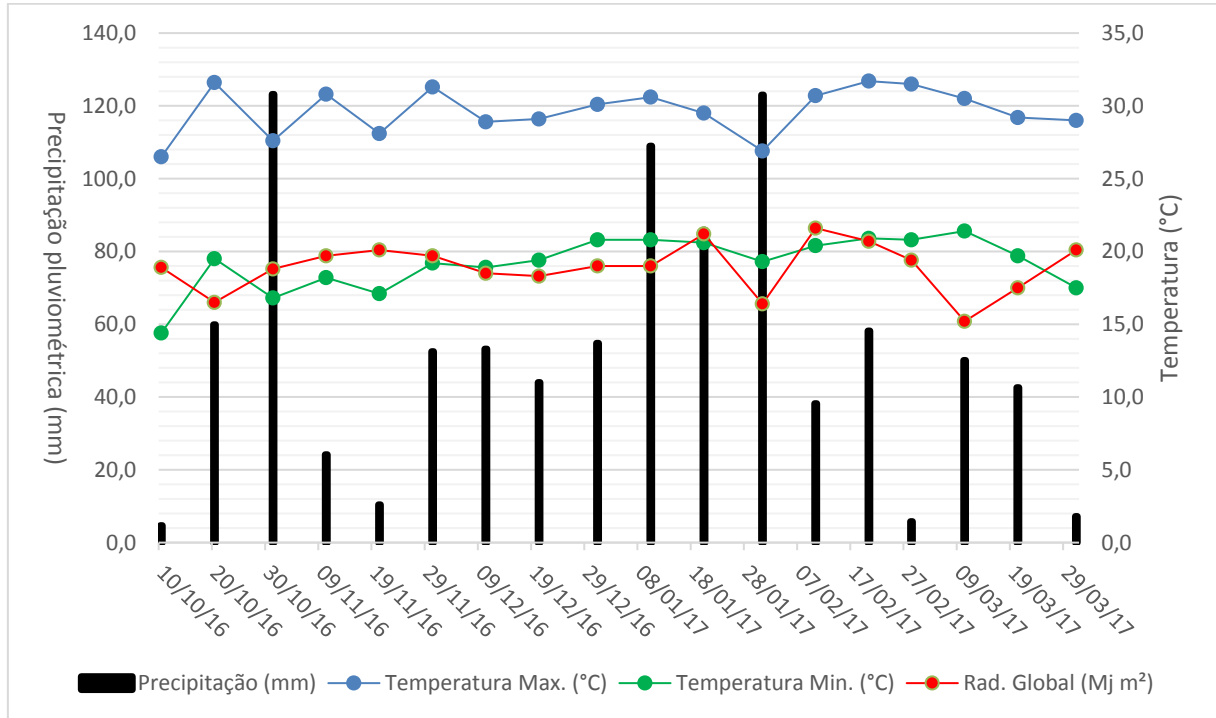
arquitetura da planta de milho favorável a eficiência da fotossíntese e desempenho produtivo do milho. Esta condição cria uma limitação às propriedades rurais para o cultivo de milho, por vincular o melhor rendimento de grãos com a semeadura somente em terrenos com a face voltada aos pontos cardeais Norte-Sul ou Leste-Oeste. Portanto, a expectativa é o arranjo espacial de milho com a orientação organizada de suas folhas no plano horizontal e perpendicular à linha de semeadura, não sejam influenciados pelos pontos cardeais.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da direção da linha de semeadura, em relação aos pontos cardeais, na orientação das folhas do milho no plano horizontal (azimutal), semeado com a posição da semente ordenada.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina – PR, primeira safra 2016/2017, localizada a 23° 20,478'S e 51° 12,524'O, com altitude média de 560 m, clima Cfa (Köppen), subtropical úmido, verões quentes, geadas pouco frequentes. O solo é Latossolo Vermelho distroférrico e a composição química: pH (KCl) 5,5; 13,95 mg dm⁻³ de P; 6,7 cmolc dm⁻³ de K; 2,28 g 100g⁻¹ de M.O.; 6,7 cmolc dm⁻³ de Ca⁺²; 1,35 cmolc dm⁻³ de Mg⁺²; 0,0 cmolc dm⁻³ de Al e 9,25 cmolc dm⁻³ de CTCef. A cultura anterior na safra de inverno 2016, foi aveia-preta (*Aveia strigosa* Schreb). As variações na precipitação pluvial e temperatura por decêndio referente ao período de condução do experimento, estão apresentadas na Figura 1, com dados disponibilizados pelo Departamento de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

Figura 1 – Temperaturas do ar, máxima (T_{máx} °C) e mínima (T_{mín} °C), Radiação global (Mj m⁻² dia⁻¹) do município de Londrina, do período experimental (10/10/2016 a 31/03/2017), safra 2016/2017, Londrina – PR.



Fonte: IAPAR

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando trinta e duas parcelas. Os blocos, com as dimensões de 30,5 m de comprimento por 4,10 m de largura, foram constituídos por oito parcelas representando os tratamentos e cada parcela (3,20 m x 2,50 m) formada por quatro linhas de 2,50 m, espaçadas a 0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. As duas linhas centrais foram utilizadas para as avaliações das características agrônômicas e fitométricas, amostrando-se 10 plantas por parcela.

As parcelas foram direcionadas pelas linhas de semeadura, dos tratamentos apontadas para os pontos cardeais. Para a definição da orientação foi utilizado a bússola eletrônica do GPSmap 76 CSx, da Garmin e régua com os pontos cardeais. Estes instrumentos foram colocados sobre o gabarito de linha de semeadura e, dessa forma, foram feitas as demarcações das linhas e direção das semeaduras por meio de estacas (Figura 2).


Figura 2 – Gabarito de demarcação da linha de semeadura e a direção dos pontos cardeais.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Neste estudo foram feitas avaliações de orientação da planta de milho em relação à linha de semeadura, com a semente colada pela face dorsal na fita biodegradável, em posição deitada na horizontal, ordenada no sulco de semeadura com a ponta direcionada perpendicularmente à linha de semeadura e girando no sentido horário de acordo com as linhas de semeadura em direção aos pontos cardeais, conforme os tratamentos (Quadro 1). As linhas de semeadura foram direcionadas aos pontos cardeais: Norte, Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste (Figura 3), onde foi mensurado o percentual de plantas com as suas folhas posicionadas no sentido perpendicular à linha de semeadura.

Quadro 1 – Tratamento com a posição da semente no sulco de semeadura e direção aos pontos cardeais.

Tratam.	Posição e orientação da semente	Descrição
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

(Fonte: próprio autor, 2016)

Figura 3 – Tratamento com as linhas de semeadura direcionado aos pontos cardeais.



No estudo a face da semente com o embrião foi direcionada à superfície do solo e a ponta voltado para o espaço entre duas linhas. Após a colagem, as fitas foram enroladas em carretéis de plástico, a fim de facilitar a colocação da semente no sulco de semeadura na posição conforme o tratamento. O híbrido simples utilizado foi o de nome comercial “Impacto”, não transgênico e sem tolerância a herbicidas. As sementes foram adquiridas com tratamento prévio à base de piraclostrobina (25 g/L) + tiofanato metílico (225 g/L) + (Fipronil (250 g/L), para a proteção preventiva contra insetos considerados pragas e fungos fitopatogênicos do solo.

O preparo do solo adotado foi o sistema convencional, com a realização das operações de uma gradagem aradora pesada e duas gradagens niveladoras.

A recomendação de adubação foi baseada na análise química do solo e conforme a circular técnica CT – 128, de adubação e calagem de interesse econômico no Estado do Paraná (IAPAR, 2003). O adubo granulado NPK utilizado foi o 04-14-08, na dose 300 kg ha⁻¹. A adubação de cobertura nitrogenada foi realizada em duas aplicações entre os estádios vegetativo V3 e V5, na dose total de 92 kg de N ha⁻¹.

A semeadura foi realizada no dia 28 de outubro de 2016. Foram abertos sulcos por meio de enxadas seguindo a linha entre as estacas e as fitas foram colocadas na posição plana com as sementes depositadas a 4,0 cm de profundidade, esticadas e fixadas no momento do fechamento do sulco de semeadura. Para maior controle da abertura de sulco de

semeadura na direção dos pontos cardeais, foi utilizado um gabarito confeccionado com ripas de MDF, nas dimensões 3,20 m x 2,5 m. A função foi alinhar o sulco de semeadura no espaçamento 0,80 m.

Para o controle de plantas daninhas foi utilizado herbicida de princípio ativo Tembotriona, em pós-emergência, seletivo e sistêmico na dose a 240 mL ha⁻¹ do produto comercial Soberan e 1,0 L de Atrazina ha⁻¹.

No controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)) e percevejo (*Dichelops melacanthus* (Dallas) e *Dichelops furcatus* (Fabricius)) foi utilizado o inseticida Imidacloprido, na dose 750 mL ha⁻¹ do produto comercial Connect. Para o controle da lagarta rosca (*Agrotis ipsilon* (Hufnagel)) o produto utilizado foi o inseticida Clorpirifós, na dose de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial Lorsban 480 com alto volume da calda, jato dirigido no colo da planta de milho. Novas aplicações de inseticidas foram necessárias em função da ressurgência de lagarta do cartucho, com a aplicação do inseticida Flubendiamida, na dose de 150 mL ha⁻¹ do produto comercial Belt.

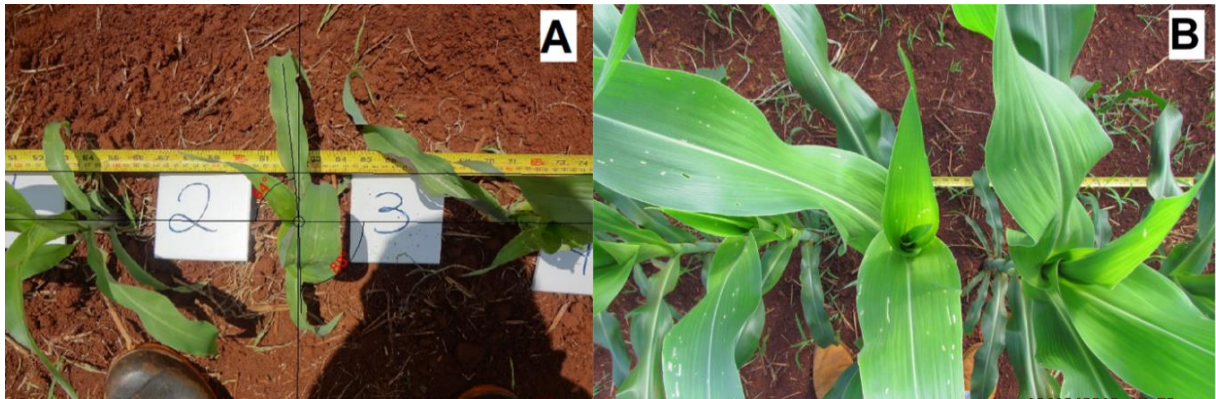
No estágio reprodutivo R5 (RITCHIE, 1989) (06/03/17) foram realizadas avaliações da altura da planta, com base na altura da inserção do pendão, e diâmetro do colmo, na altura da base no segundo internódio acima da superfície do solo.

A colheita foi realizada 25 de março de 2017 da área útil (1,67 m²) formada pelas duas linhas centrais de cada parcela com a coleta de dez espigas. Onde foram despalhadas e levadas para secagem natural, sendo acondicionadas em sacos de papel cru e, posteriormente, realizadas as mensurações: comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fila de grãos (NF), número de grãos por fila (NGF), número de grãos por espiga e índice de colheita (IC). Após isso, as espigas foram debulhadas manualmente, onde foram determinados o peso bruto dos grãos na balança digital, corrigindo-se o teor de água ao percentual padrão de 13%, para obter massa líquida de grãos em gramas (MMG) e a produtividade em kg ha⁻¹ (P).

Avaliação da Orientação Planta

As mensurações das orientações da planta de milho no plano horizontal (Figura 4) foram realizadas em períodos distintos do desenvolvimento e crescimento do milho com base na escala Ritchie (1989), sendo:

Figura 4 – Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal centralizada pelo cartucho e referência simulando linha de semeadura: (A) estágio vegetativo V4 e (B) estágio vegetativo V8. No software Autocad.



(Fonte: próprio autor, 2016)

- (A) estágio vegetativo aproximadamente V4 (23/11/2017) e entre os estádios vegetativos V8 (08/12/2017), respectivamente, quarta e sétima – oitava folha completamente expandida. As imagens foram capturadas por uma câmera fotográfica digital Sony Cyber-shot 16 MP, pelo topo da planta centralizada no cartucho do milho, tendo como referência linha paralela e simulando o sulco de semeadura, onde foram processadas no software Autocad, com ferramentas apropriadas para a mensuração do ângulo da folha no plano horizontal.
- (B) estágio vegetativo V12 – V18 (19 A 26/12/2017), foram realizadas medições a partir do colmo por sua forma elíptica e inserção das folhas conferindo simetria bilateral da planta. A morfologia do milho favorece a leitura direta do ângulo de orientação da planta no plano horizontal, com a utilização de transferidor tamanho extra-grande e paquímetro com haste prolongada adaptada no bico fixo e móvel (Figura 5). Para essa medição, o transferidor foi centralizado na planta alinhado paralelamente a linha de semeadura, com o paquímetro de haste prolongada envolvendo o colmo elíptico, sendo que a média dos dois valores apontados pelas hastes no transferidor refere-se ao ângulo da planta no plano horizontal.

Figura 5 – Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal do estádio vegetativo V12 a V18 com a utilização de transferidor e paquímetro.

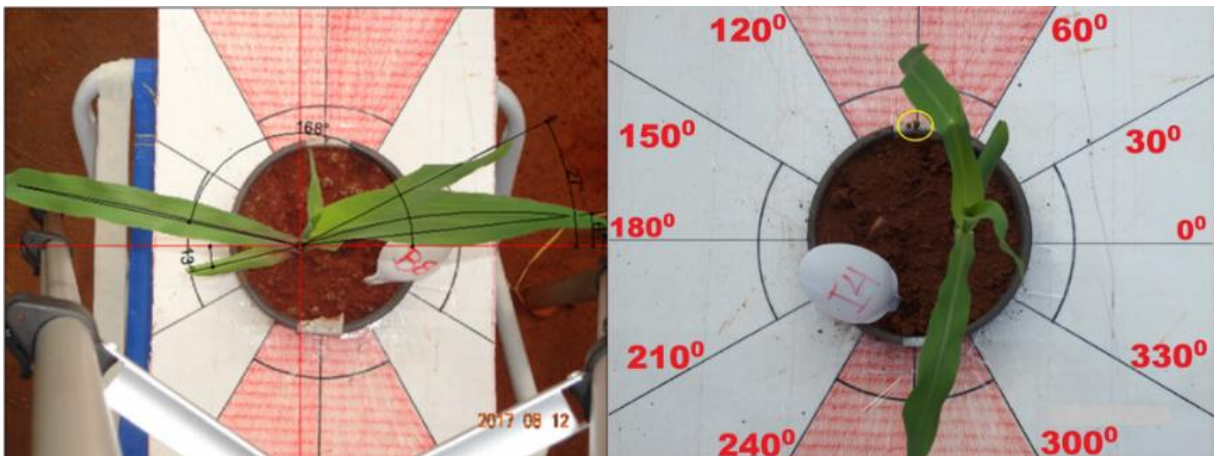


(Fonte: próprio autor, 2016)

Os ângulos foram agrupados em estratificações (adaptado de TORRES, 2011), orientadas sob a seguinte forma (Figura 6):

- (1) Ângulos entre 0° a 30° : orientação paralela à marca referência;
- (2) Ângulos entre 31° a 59° : orientação diagonal à marca referência; e
- (3) Ângulos entre 60° a 90° : orientação perpendicular à marca referência.

Figura 6 – Estratificação dos ângulos conforme a orientação perpendicular, diagonal e paralela.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Análise Estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Bartlett), Anova e teste Tukey no nível do 5%. As análises estatísticas foram executadas através do pacote R “RStudio” (RSTUDIO TEAM, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da orientação da planta no plano horizontal, características morfológicas e componentes de rendimentos de grãos da cultura do milho. Verifica-se que não houve diferença significativa das variáveis em todos os tratamentos.

Tabela 1 – Valores médios da orientação da planta de milho em porcentagem, características agronômicas e de rendimento de milho. As variáveis são: OPp – orientação perpendicular, AP – altura da planta, DC – diâmetro do colmo, CE – comprimento da espiga, DE – diâmetro da espiga, NF – número de fila, NGF – número de grãos por fila, NGE – número de grãos por espiga, IC – índice de colheita, MMG – massa de mil grãos, P – produtividade.

Tratamentos	OPp (%)	AP (cm)	DC (cm)	CE (cm)	DE (cm)	NF	NGF	NGE	IC*1	MMG (g)	P (kg ha ⁻¹)
Norte	52,50	161,80	2,23	16,25	4,92	16,70	33,43	551,00	0,51	242,64	7879,00
Nordeste	47,50	167,50	2,25	16,06	4,91	16,85	33,62	550,50	0,50	244,81	8305,00
Leste	70,00	163,65	2,26	15,91	4,96	16,69	32,77	553,50	0,48	239,29	7790,75
Sudeste	72,50	166,77	2,41	16,35	4,94	16,85	34,75	573,25	0,47	240,41	8496,50
Sul	57,50	162,05	2,26	16,09	4,95	16,25	32,77	560,50	0,50	243,80	8417,25
Sudoeste	62,50	159,52	2,21	15,81	4,90	16,37	31,95	540,25	0,52	243,78	7673,00
Oeste	62,50	160,27	2,24	16,32	4,88	16,35	32,85	556,00	0,49	230,92	7494,25
Noroeste	62,50	159,35	2,30	16,36	4,87	16,00	34,40	548,25	0,51	244,08	7750,00
Pr>FTratamento	0,5077 ^{ns}	0,7255 ^{ns}	0,8922 ^{ns}	0,8565 ^{ns}	0,9057 ^{ns}	0,8913 ^{ns}	0,4799 ^{ns}	0,8524 ^{ns}	0,5581 ^{ns}	0,9275 ^{ns}	0,4561 ^{ns}
CV %	28,46	4,86	8,80	3,85	2,19	5,92	5,62	5,17	6,65	6,53	9,42

No geral, o posicionamento das sementes direcionadas perpendicularmente no sulco de semeadura, apresentaram um percentual satisfatório de orientação do conjunto planta perpendicular (OPp) à linha de semeadura, direcionados aos pontos cardeais. Os tratamentos referentes aos pontos cardeais que apresentaram os menores percentuais de orientação perpendicular à linha de semeadura, foram a direção norte (52,50%), sul (57,50%) e nordeste (47,50%), ao contrário dos demais tratamentos que apresentaram orientações entre 62,50% a 72,50%, nas mensurações realizadas no estádio vegetativo entre V12 e V18 (Quadro 2). Estudos conduzidos por Torres et al. (2011) apresentaram frequência de distribuição em dois experimentos, respectivamente, de 80% e na faixa de 60% a 80% dos ângulos foliares entre a faixa de 0° e 30°, percentuais que corroboram aos obtidos neste estudo. Isto sugere a possibilidade de manipular o posicionamento da planta para obter orientação perpendicular à linha de semeadura. Apesar do posicionamento satisfatório das folhas do dossel do milho, perpendicularmente à linha de semeadura, não houve diferença significativa para as variáveis avaliadas. Ao contrário dos resultados obtido por Karlen e Kapesbauer (1989), em medições realizadas no estádio reprodutivo R2, que demonstraram que as plantas de milho nas linhas de

semeadura Leste-Oeste produziram mais do que as plantas nas linhas de semeadura Norte-Sul, devido ao maior número de fileiras de grãos por espiga nas plantas cultivadas na direção Leste-Oeste, já que número de grãos por fila foi menor e no peso de grãos não houve diferenças.

Quadro 2 – Percentual da orientação da folha no plano horizontal em relação à linha de semeadura direcionada para os pontos cardeais, mensuração entre os E.V. 12 e 18.

Tratamento	Orientação* ¹					
	Perpendicular	%	Diagonal	%	Paralela	%
Norte	21	52,5	10	25,0	9	22,5
Sul	23	57,5	9	22,5	8	20,0
Leste	28	70,0	4	10,0	8	20,0
Oeste	25	62,5	12	30,0	3	7,5
Nordeste	19	47,5	14	35,0	7	17,5
Sudeste	29	72,5	10	25,0	1	2,5
Sudoeste	25	62,5	6	15,0	9	22,5
Noroeste	25	62,5	6	15,0	9	22,5

*¹Orientação dística da planta de milho no plano horizontal

Resultados semelhantes foram obtidos por Borger, Hashem e Pathan (2010) ao manipular as linhas de semeadura orientadas rumo Leste-Oeste, com as sementes depositadas aleatoriamente no cultivo de cereais de inverno, onde a produção média de trigo e cevada foram maiores para orientação Leste-Oeste, respectivamente 24% e 26%, em relação à orientação Norte-Sul, além de promover a redução da disponibilidade de luz para as plantas daninhas, suprimindo o seu crescimento (BORGER, HASHEM, PATHAN, 2010). Esses autores consideram ainda que, provavelmente, a interceptação da luz pela cultura de cereais reduziu a biomassa de plantas daninhas, que influenciou a produtividade das culturas; no entanto, não interferindo na sua biomassa. Na cultura do café, Bicalho et al. (2005), verificaram que a produtividade sempre foi maior para as plantas que receberam o sol pela manhã (nascente), em relação à aquelas plantas que receberam o sol à tarde, independente do direcionamento das ruas da cultura em relação aos pontos cardeais. Resultados obtidos por Tsukahara, Barbosa e Caramori (2005) no cultivo de milho em linhas de semeadura com sementes depositadas aleatoriamente na direção Norte-Sul, a variável altura da inserção da folha bandeira levou a maior altura de plantas de milho, quando comparada às linhas de semeadura na direção Leste-Oeste, e em consequência, o diâmetro dos colmos foram menores. A não ocorrência de diferenças para as variáveis avaliadas, principalmente, em relação a

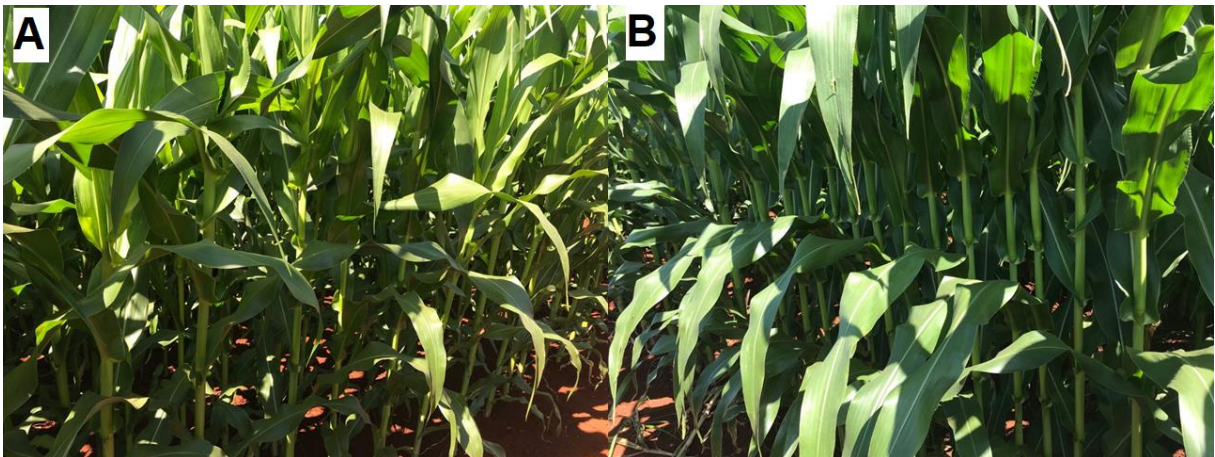
produtividade e maior orientação das folhas para os pontos cardeais Leste-Oeste, ao contrário do trabalho de Karlen e Kapesbauer (1989), pode ter sido influenciado pela localização geográfica. Este estudo conduzido próximo ao Trópico de Capricórnio, e em pleno verão, o ângulo de incidência da radiação solar apresenta-se muito próximo à perpendicular sobre a região de estudo, produzindo uma incidência da radiação solar semelhante para todos os tratamentos direcionados aos pontos cardeais. Já nos estudos realizados por Karlen e Kapesbauer (1989), nas safras agrícolas 1985 e 1986 (Provence, Carolina do Sul, EUA), situado acima do Trópico de Câncer, indicam que a incidência da radiação solar percorreu em um ângulo diferente, sendo a provável explicação para os resultados obtidos. Nesse sentido, são necessários realizar mais estudos.

Os resultados referentes à quantidade de plantas com as folhas orientadas no plano horizontal (azimutal), nas estratificações perpendicular, diagonal e paralela à linha de semeadura, relacionados junto aos gráficos de barra, em três diferentes estádios vegetativos (Figura 8), sugerem que a orientação desejada das folhas na perpendicular independe da orientação da linha de semeadura em direção aos pontos cardeais, onde o efeito esperado é resultado da posição da semente controlada no sulco de semeadura. Loomis e Williams (1969) corroboram com este estudo ao observar que orientação azimutal faz parte da natureza de algumas culturas, podendo ser relacionada ao caminhamento solar tal qual a direção da linha de semeadura e densidade de plantas, como exemplo os movimentos heliotrópicos do girassol; no caso de milho e sorgo, a orientação das folhas para Leste-Oeste independe da direção da linha de semeadura.

Porém, neste estudo com o espaçamento 0,80 m e 9,5 plantas m^{-2} foi observado entre o estádio de emergência e o estádio vegetativo V4, uma quantidade muito próxima de plantas orientadas na perpendicular, diagonal e paralela. Isto sugere que nesta fase não há uma clara definição da orientação perpendicular à linha de semeadura, juntamente com as outras estratificações de orientação da planta. O maior de número de plantas orientadas perpendicularmente à linha de semeadura pode ser observado, principalmente, a partir do estádio vegetativo V8, até entre os estádios V12 e V18, quando comparados às orientações diagonais e paralelas. É preciso salientar que estas últimas orientações são desfavoráveis ao dossel da cultura do milho pela maior possibilidade de sobreposição e sombreamento das folhas. Os gráficos de área e linha sugerem, nos três estádios vegetativos avaliados, que a orientação perpendicular figura sempre acima das orientações diagonal, e que, por sua vez, encontra-se acima da orientação paralela. Isso provavelmente, pode ser atribuído a maior tendência da planta de milho orientar-se perpendicularmente à linha de semeadura (Figura 7) e

menos para as demais orientações, devido ao efeito da posição da semente quando colocadas direcionadas no sulco de semeadura, apesar da influência da radiação vermelho e vermelho distante na reorientação da folha do milho. Drouet e Moulia (1997) não constataram a ocorrência de uma orientação preferencial do ângulo da folha no plano horizontal (azimutal) no momento da emissão da folha, mas observaram grandes movimentos individuais de folhas, principalmente no momento de crescimento da folha antes da ligulação, apesar de terem verificado a ocorrência de movimentação nas folhas mais longa (9, 10 e 11 folha) após a ligulação. Esse comportamento foi observado independentemente da orientação inicial da planta.

Figura 7 – Efeito da posição aleatória da semente no sulco de semeadura refletindo na orientação aleatória da planta (A) e a posição direcionada da semente perpendicular à linha de semeadura resultando na orientação perpendicular da planta de milho perpendicular à linha de semeadura (B).



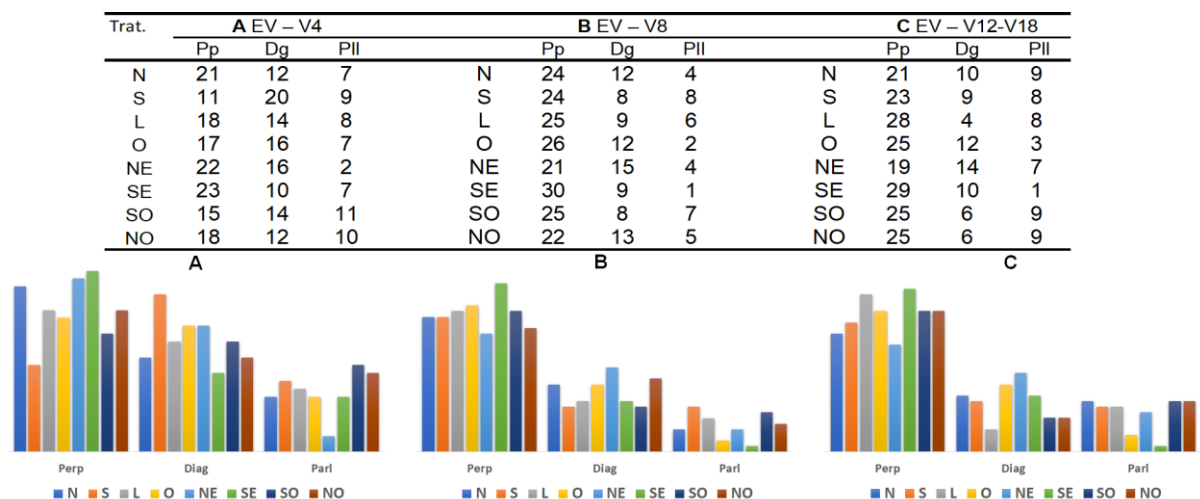
(Fonte: Zucareli, 2018)

Na Figura 8, é possível verificar graficamente que as barras referentes as três orientações no estágio vegetativo V4 (A) mantêm-se muito próximas entre si, mas com o avanço do ciclo da cultura para o estágio vegetativo V8 (B), as barras da orientação diagonal e paralela apresentam a tendência quantitativa de permanecerem próximas. Concomitantemente, as barras de orientação perpendicular apresentam a tendência de maiores quantidades de plantas nesta direção em reação às outras duas orientações.

A movimentação da orientação da folha tem continuidade até entre os estádios vegetativos V12 e V18 (C), onde as orientações diagonal e paralela posicionam-se mais próximas entre si quando comparados ao estágio vegetativo V8, enquanto que a orientação perpendicular posiciona-se mais distantes das duas. Segundo Maddonni et al.

(2002), a cultura de milho em espaçamentos maiores que 70 cm em arranjo retangular, torna o ambiente variado entre plantas e na linha de sementeira, fazendo do maior espaço aberto da entre linha uma área de maior recebimento da radiação do vermelho (V) em relação ao vermelho distante (VD), e a reação de movimentação das folhas para os espaços mais abertos no dossel do milho manifestaram quando o índice da razão V / VD foram baixos, ou seja, respectivamente menor e maior reflectância da radiação. A maior reflectância da radiação do VD é o sinal indicador que provoca o afastamento das folhas entre plantas vizinhas concentrada na linha de sementeira pelo arranjo adensado e, como resultado, a planta orienta as folhas do milho para os espaços mais abertos do dossel, local de maior reflectância do espectro vermelho, que é uma das faixas da radiação fotossinteticamente ativas.

Figura 8 – Quantidade de plantas em três diferentes estádios vegetativos (A: EV_V4; B: EV_V8; C: EV_V12_V18) e a evolução da orientação da folha no plano horizontal na linha de sementeira (Pp: perpendicular; Dg: diagonal; Pll: paralela), em gráfico de barra.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Outra possibilidade, para a movimentação de orientação da folha do milho, pode ser atribuída a baixa relação da radiação V/VD sob maior adensamento de plantas na linha de sementeira, fazendo com que o comprimento de 640 até 680 nanômetros (comprimento da radiação do vermelho na faixa de 640 a 700 nanômetros) seja interceptado pela planta para a realização da fotossíntese e, dessa forma, é reduzida a reflectância da radiação do vermelho com o aumento da reflectância da radiação vermelho distante. Possivelmente, seja este fenômeno que induz a movimentação da folha na busca da radiação

fotossinteticamente ativa, concentrada nos espaços mais abertos das entre linhas de semeadura (MADDONNI et al., 2002).

Neste estudo, as orientações perpendiculares à linha de semeadura do estádio vegetativo V8 para o estádio V12 – V18 apresentaram poucas as alterações, sugerindo que a definição da orientação da folha no dossel do milho ocorra próxima ao estádio vegetativo V8, com a manutenção das mesmas orientações nos estádios mais avançados da cultura. Girardin (1992) observou resultados muito próximos, quando as folhas inferiores do milho se desenvolveram perpendicularmente à linha de semeadura, com consequências para as folhas superiores apresentando poucas alterações de orientação, onde permaneceram com as mesmas orientações da sexta e sétima folhas, completamente expandidas. Ainda o mesmo autor observou que no arranjo de sete plantas m^{-2} , a competição por luz entre plantas ocorrida nos estádios vegetativos V5 a V6 induziu a movimentação da nona folha no plano horizontal, e que esta folha não mais se encontrava sob orientação aleatória.

4.6 CONCLUSÕES

Não há influência das linhas de semeadura, em relação aos pontos cardeais, na orientação das folhas de milho semeado com a posição da semente ordenada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa com suporte financeiro para a condução dos trabalhos de pesquisa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BICALHO, G. O. D.; ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. do; BARTHOLOTO, G. F.; FALEIROS, S. de CARVALHO; GUERRA, E. G. Direcionamento das linhas de plantio em diferentes orientações cardeais e seus reflexos sobre a produtividade de cafeeiros. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, n. 4, 2005, Londrina, PR. Anais. Brasília, D.F., Embrapa Café, 2005.

BORGER, C. P. D.; HASHEM, A.; PATHAN, S. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. **Weed Science**, v. 58, n. 2, p. 174-178, 2010.

DROUET, J. L.; MOULIA, B. Spatial re-orientation of maize leaves affected by initial plant orientation and density. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 88, n. 1-4, p. 85-100, 1997.

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

FORTIN, M. C.; PIERCE F. J. Leaf azimuth in strip-intercropped corn. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 1, p. 6-9, 1996.

GIRARDIN, P. H. Leaf azimuth in maize canopies. **European Journal Agronomy**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 91-97, jun. 1992.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2003. p. 30.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Zoneamento Agrícola. Mapas. Londrina-PR. Disponível em:
<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>. Acesso em: 21 ago 2018.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth. **Applied Agricultural Research**, [S.l.] v. 4, n. 1, p. 51-56, 1989.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J.; ZUBLENA, J. P. Row-spacing effects on corn in the southeastern US. **Applied Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 65-73, 1987.

KAPESBAUER, M. J. Spectral distribution of light in a tobacco canopy and effects of end-of-day light quality on growth and development. **Plant physiology**, v. 47, n. 6, p. 775-778, 1971.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 6, p. 1584-1596, 1999.

LOOMIS R. S.; WILLIAMS, W. A. **Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves**. Agronomy-Faculty Publications, [S. l.], 1969, 187 p.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; CASAL, J. J. Maize leaves turn away from neighbors. **Plant Physiology**, Rockville, v. 130, p. 1182-1189, nov. 2002.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report n. 48).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna**, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

TAIZ, L.; MOLLER, E. Z. I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: ArtmedEditoraLtda, 2017, 858p.

TOLER, J. E.; MURDOCK, E. C.; STAPLETON, G. S.; WALLACE, S. U. Corn leaf orientation effects on light interception, intraspecific competition, and grain yields. **Acess DL**, v. 12, n. 3, p. 396-399, 1999.

TORRES, G.; VOSSENKEMPER J.; RAUN W.; TAYLOR, R. Maize (*Zea mays*) leaf angle and emergence as affected by seed orientation at planting. **Experimental Agriculture**, [s.l.], v. 47, n. 4, p. 579-592, 2011.

TSUKAHARA, R. Y.; BARBOSA, F. M.; CARAMORI, P. H. Influência das orientações das linhas de cultivo sobre as características fitotécnicas do milho, nos Campos Gerais do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, n. 14 2005, Campinas, BR-SP, Anais [recurso eletrônico]

5 ARTIGO C

ORIENTAÇÃO DAS SEMENTES NO SULCO DE SEMEADURA E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO DA PLANTA E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

5.1 RESUMO

O arranjo adensado de plantas de milho e a sua morfologia bilateralmente simétrica, possibilita controlar a orientação no plano horizontal, perpendicular à linha de semeadura e as plantas paralelas entre si na linha. Possivelmente com menor sobreposição de folhas e sombreamento, pode proporcionar maior eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, melhorando o rendimento de grãos. O objetivo do estudo foi avaliar o crescimento da planta e o desempenho produtivo do milho com as sementes nas posições direcionadas no sulco de semeadura em diferentes arranjos espaciais, num Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, na primeira safra 2017/2018 de milho. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, com cinco tratamentos e cinco repetições. Na primeira safra foram avaliadas duas densidades, 70.000 e 90.000 mil plantas ha^{-1} , em dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m), com as sementes orientadas no sulco, acrescidas de tratamento controle com sementes posicionadas aleatoriamente no espaçamento 0,45 m e densidade de 70.000 plantas ha^{-1} . As parcelas experimentais com 5,4 m de largura, foram compostas por 6 e 11 linhas de semeadura, respectivamente, para os espaçamentos 0,90 m e 0,45 m, e 5,0 m de comprimento. As sementes foram colocadas manualmente e orientadas no sulco, na posição vertical apontada para o fundo com a face do embrião voltado ao espaço da entrelinha. As variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), ângulo foliar horizontal (Opp: perpendicular; Odg: diagonal; Opll: paralelo), índice de área foliar (IAF), plantas acamadas (AC), plantas quebradas (Q), prolificidade (Pfl), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG), índice de colheita aparente (IC) e produtividade de grãos (P). As variáveis índice de área foliar e diâmetro do colmo apresentaram diferença significativa. Para os demais tratamentos não houve diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na análise dos principais componentes (ACP), agrupados em dois principais componentes (PC1 e PC2), absorveram 76% de toda variação apresentada pelas variáveis

avaliadas. Os tratamentos A (0,45 m x 70 mil plantas ha⁻¹), B (0,45 m x 90 mil plantas ha⁻¹), C (0,90 m x 70 mil plantas ha⁻¹), D (0,90 m x 90 mil plantas ha⁻¹) e E (0,45 m x 70 mil plantas ha⁻¹), apresentam-se distanciados entre si no plano bidimensional do gráfico, conferindo alta dispersão, sugerindo que houve diferenças significativas. O tratamento D apresentou maiores valores reais para as variáveis AP, AE, NGF, P, NF e Opp pela maior proximidade dos respectivos vetores e, menores valores em relação aos vetores das variáveis Opll e Odg. O tratamento C apresentou maiores valores reais para as variáveis MMG e DE. A associação entre vetores mostra correlação positiva dos vetores. De um lado, as variáveis AP, AE, Opp, MGF, NF e PP e, de outro lado, as variáveis DE e MMG, em função da maior proximidade dos vetores (variáveis). A posição da semente na vertical com a ponta para o fundo e a face do embrião voltado para a entrelinha, resulta na orientação da planta de milho perpendicular à linha de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*, orientação perpendicular da folha, orientação aleatória, radiação solar, arranjo de plantas.

5.2 ABSTRACT

The thickened arrangement of corn plants and the bilaterally symmetric dystonic morphology make it possible to control the orientation in the horizontal plane, perpendicular to the sowing line and parallel to each other in the line. Possibly with lower leaf overlap and shading, where it can provide greater efficiency in the interception of the photosynthetically active radiation and improving grain yield. The objective of the study was to evaluate the plant growth and the productive performance of the corn with the seeds in the positions directed in the sowing furrow in different spatial arrangements, in a dystrophic Red Latosol, clay texture in the School Farm of the State University of Londrina, in the first crop 2017/2018 of corn. The experimental design was a randomized complete block design, in a 2x2 + 1 factorial scheme, with five treatments and five replications. In the first harvest, two densities, 70,000 - 90,000 ha⁻¹ plants were evaluated in two spacings (0.45 m and 0.90 m), with the seeds oriented in the furrow, plus a control treatment with seeds randomly positioned at 0.45 I density of 70,000 ha⁻¹ plants. The experimental plots were 5.0 m long, consisting of 6 and 11 sowing lines, respectively, for spacings of 0,90 m and 0,45 m. The sowing was done in the conventional system, where the seeds were placed manually and oriented in the sowing groove, in the vertical position pointed to the bottom of the groove with the face of the embryo facing the

space between the lines. The variables evaluated were: plant height (AP) and spike insertion (AE), shoot diameter (DC), leaf angle (OPP: perpendicular, Odg: diagonal, Opll: parallel), leaf area index (PF), number of rows per spike (NF) and number of grains per row (NGF), thousand grain mass (MMG), apparent harvest index (IC) and grain yield (P). The variables leaf area index and stem diameter presented a significant difference, and for the other treatments there was no statistical difference by the Tukey test at 5% of probability. In the analysis of the main components (PCA), grouped into two main components (PC1 and PC2), they absorbed 76% of all variation presented by the variables evaluated. The treatments A (0.45 mx 70 thousand plants ha⁻¹), B (0.45 mx 90 thousand plants ha⁻¹), C (0,90 mx 70 thousand plants ha⁻¹), D 90 thousand plants ha⁻¹) and E (0.45 mx 70 thousand plants ha⁻¹), presented high dispersion, suggesting that there were significant differences. The treatment D presented higher real values for the variables AP, AE, NGF, P, NF and Opp due to the greater proximity of the respective vectors, and smaller values in relation to the vectors of Opll and Odg variables. Treatment C presented higher real values for MMG and DE variables. The association between vectors shows positive correlation of the vectors. On the one hand, the variables AP, AE, Opp, MGF, NF and PP, and on the other hand, the variables DE and MMG, due to the greater proximity of the vectors (variables). The perpendicular orientation of the maize leaf-plant, suggests better productive performance than the random orientation.

Keywords: *Zea mays*, perpendicular leaf orientation, random orientation, solar radiation.

5.3 INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura do milho tem passado por mudanças no sistema produtivo agrícola, tornando a segunda safra como a mais importante para a produção nacional do milho. Apesar da redução da área na primeira safra, a produção de milho neste período é importante para o abastecimento continuado ao longo de um período do ano, para atender o mercado em crescimento da proteína animal (BARROS, ALVES, 2015).

A adoção de híbridos precoces com maior capacidade produtiva, adaptados as adensamento de indivíduos, junto às práticas culturais promotoras da qualidade do solo, tem possibilitado arranjos de plantas adensados e aumento da produtividade (ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001; COELHO, CRUZ, PEREIRA FILHO, 2004; SANGOI, SCHMITT, ZANIN, 2007; FOLONI et al., 2014). Neste aspecto, o arranjo de plantas por meio da alteração na densidade de plantas e do espaçamento na entre linhas, pode melhorar o

rendimento do milho através da interceptação e eficiente uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), associado à outros fatores de produção (DOURADO NETO et al., 2003; DEMÉTRIO et al., 2008; KAPPES et al., 2010).

Pesquisas relacionadas com a arquitetura de planta, sugerem que a orientação aleatória das folhas do dossel de milho no plano horizontal deve-se ao efeito da posição da semente aleatória no sulco de semeadura (FORTIN, PIERCE, 1996). A consequência, ao longo do desenvolvimento e crescimento do milho, é a maior sobreposição de folhas de plantas vizinhas e menor eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (KASPERBAUER, KARLEN, 1989; TORRES et al., 2011) e possibilidade de queda no rendimento de grãos. Incremento do número de plantas pode aumentar a competição entre os indivíduos e prejudicar a fotossíntese, bem como a conversão dos fotoassimilados na produção de grãos. Outros aspectos negativos são a manifestação da esterilidade feminina, a não sincronização da polinização, redução do número de grãos por espiga e de rendimento de grãos com o aumento da desuniformidade espacial entre as plantas na linha de cultivo do milho (SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; SANGOI et al., 2012).

As plantas são capazes de alterar a arquitetura da folha conforme as condições ambientais. No milho, as folhas podem sofrer uma reorientação a partir de uma distribuição aleatória de plantas isoladas, com densidade de 3 plantas m^{-2} , para uma distribuição dística (duas séries opostas ao longo de um eixo comum), onde as emissões das folhas seguem perpendicularmente à linha de semeadura, quando as plantas são expostas a uma maior densidade, por exemplo, de 9 a 10 plantas m^{-2} . Porém, estudos mostram que a orientação na posição direcionada da semente no sulco de semeadura é uma importante condição para a planta se orientar perpendicularmente à linha de semeadura (GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; MADDONNI et al., 2002).

O incremento na produtividade do milho pode ter relação com a redução do sombreamento mútuo de plantas, influenciada pelo tamanho da folha, ângulo vertical (zênite) e horizontal (azimute) da folha (FORTIN, PIERCE, 1996; LOOMIS R. S., AMTHOR, J. S., 1999). A planta de milho bilateralmente simétrica apresenta inserção das folhas no caule de forma oposta e dística (CASTRO, KLUGE, SESTARI, 2008), sugerindo a possibilidade de colocar semente em uma posição no sulco de semeadura que conduza a orientação da planta do milho perpendicularmente à linha de semeadura. Assim, o dossel do milho ordenado pode melhorar a penetração da luz, a eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, reduzir a competição entre as plantas mesmo em sistema adensado com espaçamentos

reduzidos nas entre linhas e proporcionar incremento no rendimento de grãos (TOLER et. al, 1999, ARGENTA, SILVA, SANGOI, 2001).

Estudos relacionados à posição da semente de milho no sulco de semeadura, colocada na vertical com a ponta direcionada para o fundo do sulco e a face do embrião voltada para o espaço da entre linha, e igualmente na posição horizontal com a face do embrião voltado à superfície do solo, indicam ser possível desenvolver a orientação da folha do milho perpendicular à linha de semeadura (GIRARDIN, 1992; FORTIN, PIERCE, 1996; MADDONNI et al., 2006). A posição direcionada da semente no sulco de semeadura, associado a híbridos tolerantes ao adensamento por sua morfologia de porte baixo, folhas curtas e eretas que podem minimizar a sobreposição e sombreamento das folhas, pode favorecer o desempenho produtivo do milho (MADDONI, 2002; SANGOI, SILVA, ARGENTA, 2010b; TORRES, et al., 2011; TAIZ, MOLLER, MURPHY, 2017). Nesse contexto, também devem ser considerados o tempo de interceptação da radiação solar, a eficiência da interceptação da RFA, a conversão eficiente do CO₂ atmosférico em carbono orgânico e a translocação dos fotoassimilados para a expressar todo potencial produtivo do milho (SANGOI et al., 2010a).

Segundo Toler et al. (1999), o direcionamento das sementes no sulco de semeadura promoveu a orientação perpendicular da planta em relação à linha de semeadura, onde o rendimento de grãos foi maior do que semeadura aleatória das sementes, e em relação ao tratamento com orientação das folhas sobre a linha de semeadura. Portanto, é possível estabelecer um arranjo de plantas adensadas, organizadas pela simetria bilateral mantendo a posição paralela entre si e perpendicular à linha de semeadura, a fim de otimizar a interceptação da RFA, o processo fotossintético e produção de fotoassimilados para o incremento no rendimento de grãos de milho (TORRES et al., 2011).

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e o desenvolvimento da planta, bem como o desempenho produtivo do milho, em semeadura de posicionamento direcionado das sementes e em diferentes arranjos espaciais.

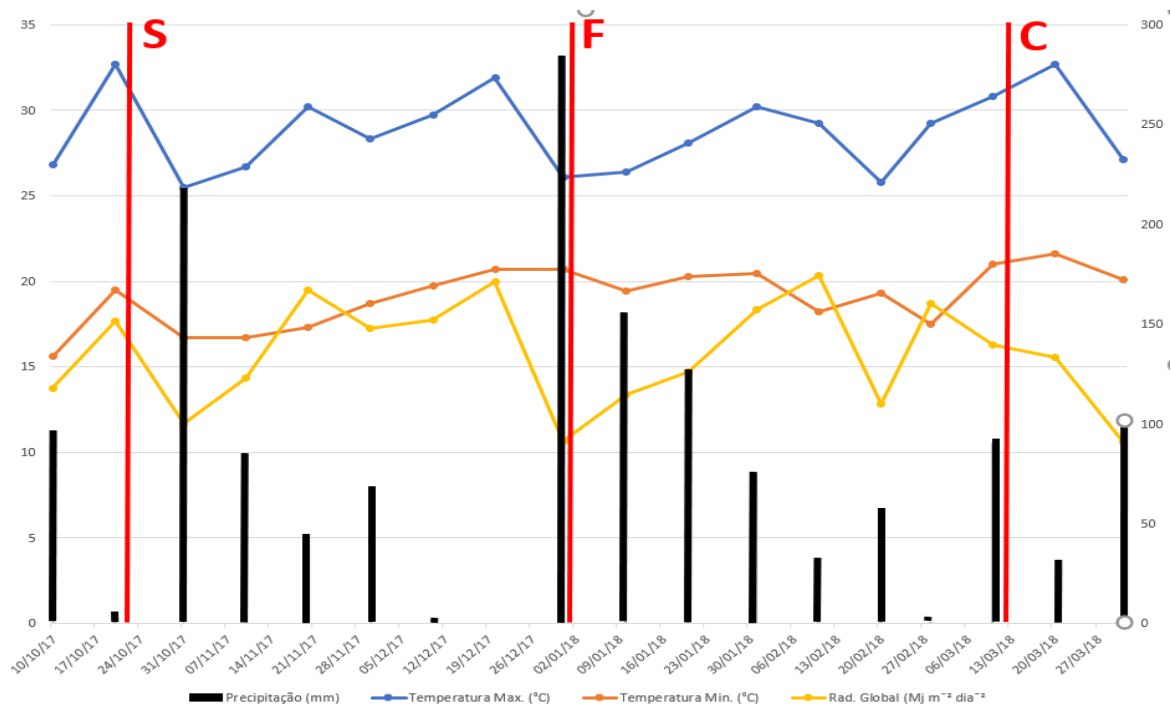
5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento na primeira safra de milho do calendário agrícola 2017/2018, foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), no município de Londrina, situado a 23° 20' 32" e 51° 12' 32" W e altitude média de 540 m. O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distroférico (SiBCS, 2006). O clima da região de

Londrina é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido e verões quentes, conforme classificação de Köppen. Os dados de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas, referente ao período do experimento, foram obtidos na estação meteorológica do IAPAR, no município de Londrina (Figura 1).

A análise química do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, safra 2017/2018, apresentou os seguintes dados: pH (CaCl₂) = 4,5; P = 2,22 mg dm⁻³; K = 0,38 Cmol_c dm⁻³; Ca = 3,48 Cmol_c dm⁻³; Mg = 0,80 Cmol_c dm⁻³; Al = 0,15 Cmol_c dm⁻³; H + Al = 4,96 Cmol_c dm⁻³; CTC = 8,27 Cmol_c dm⁻³; V = 56,35%. A análise foi realizada no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Estadual de Londrina – PR.

Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas do ar máxima (°C) e mínima (°C) do município de Londrina, no período experimental da primeira safra entre 01/10/2017 a 31/03/2018, segmentado por decêndio, com a identificação de semeadura (S), florescimento (F) e colheita (C), safra agrícola 2017/2018. Londrina – PR, 2018.



Fonte: IAPAR (2018)

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, compostos por cinco tratamentos e cinco repetições, em esquema fatorial 2x2+1. Foram avaliados em dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m) e duas densidades de 70.000 e 90.000 plantas ha⁻¹ na primeira safra, com sementes orientadas no sulco, acrescidos de tratamento controle com as

sementes posicionadas aleatoriamente no espaçamento 0,45 m e densidade 70.000 plantas ha⁻¹, representando a semeadura adotada pelo agricultor.

A recomendação de adubação foi baseada na circular técnica CT – 128, de adubação e calagem de interesse econômico no Estado do Paraná (IAPAR, 2003). A adubação de base utilizada foi o fertilizante formulado (NPK) 4-30-10, aplicado no sulco de semeadura na dose de 400 kg ha⁻¹, equivalente a 16-120-40 (kg ha⁻¹) de N, P₂O₅ e K₂O. No período entre os estádios vegetativo de quatro (V4) e cinco (V5) folhas completamente expandidas, foi realizada a adubação em cobertura de nitrogênio (N) na dosagem de 150 kg de N ha⁻¹, equivalente em sulfato de amônia na quantidade de 714 kg ha⁻¹, dividida em duas aplicações, estágio V4 e estágio V5. As aplicações de inseticida e fungicida foliar não foram realizadas devido à eficiência da tecnologia Bt no controle de lagartas e a não ocorrência de doenças foliares. O controle de plantas daninhas foi realizado em uma etapa, no estágio vegetativo V3, sendo utilizado o herbicida Glifosato (480,0 g/L).

Os experimentos foram implantados no sistema de semeadura convencional com o preparo do solo por meio de uma gradagem aradora e duas gradagens niveladoras, sendo nesta operação realizada a incorporação de calcário dolomítico, na dose de 1,5 t ha⁻¹. Na instalação das unidades experimentais, foi utilizada uma semeadora para a marcação das linhas e facilitar a demarcação dos blocos e parcelas. Os blocos foram formados por cinco parcelas de cinco metros de comprimento e 5,4 metros de largura. A parcela do tratamento adicional correspondeu a semeadura aleatória com o espaçamento 0,45 m e população de 70.000 plantas por hectare, representando uma prática comum entre agricultores no cultivo de milho na região de Londrina PR.

A semeadura da primeira safra foi realizada entre os dias 23 e 25/10/2017 com a colocação manual de 55 sementes por linha de 5,0 metros para garantir a germinação e emergência de plantas para chegar a densidade final desejada. As sementes foram colocadas no sulco de semeadura na posição vertical, com a ponta da semente voltada para o fundo e a face do embrião voltada para o espaço da entrelinha. O híbrido simples utilizado foi 30F53VYHR (Leptra), transgênico, ciclo precoce, folha de comprimento intermediário.

Nos estádios V2 a V3 (RITCHIE, 1989) foi realizado o desbaste de plantas emergidas em excesso, para alcançar ao final do ciclo da cultura uma população de plantas próxima ao preconizado no estudo para a primeira safra 2017/2018 (Quadro 1).

Quadro 1 – População de plantas ao final do ciclo da cultura de milho, primeira safra 2017/2018, com os respectivos tratamentos.

Tratamento	Espaçamento (cm)	População preconizada (plantas ha ⁻¹)	População final (plantas ha ⁻¹)	Posição semente
A	45	70.000	71.296	Ordenada
B	45	90.000	88.889	Ordenada
C	90	70.000	69.630	Ordenada
D	90	90.000	89.630	Ordenada
E	45	70.000	72.593	Aleatória

Fonte: o próprio autor

As avaliações foram realizadas período de florescimento, tomando-se dez plantas ao acaso na área útil das parcelas, que correspondeu as duas linhas centrais com exceção de 1,0 metro de cada extremidade, onde foram avaliados acamamento atribuindo nota de (1 = nenhuma planta acamada a 5 = todas as plantas acamadas), altura da planta (AP) e altura de inserção da espiga (AE) em centímetros, com base na distância da superfície do solo até a base do pendão e da espiga principal, respectivamente. As dez plantas foram utilizadas para mensurar o diâmetro da base do colmo (DC), em centímetros, por meio de paquímetro tomando o terço médio do segundo internódio contado a partir da base da planta.

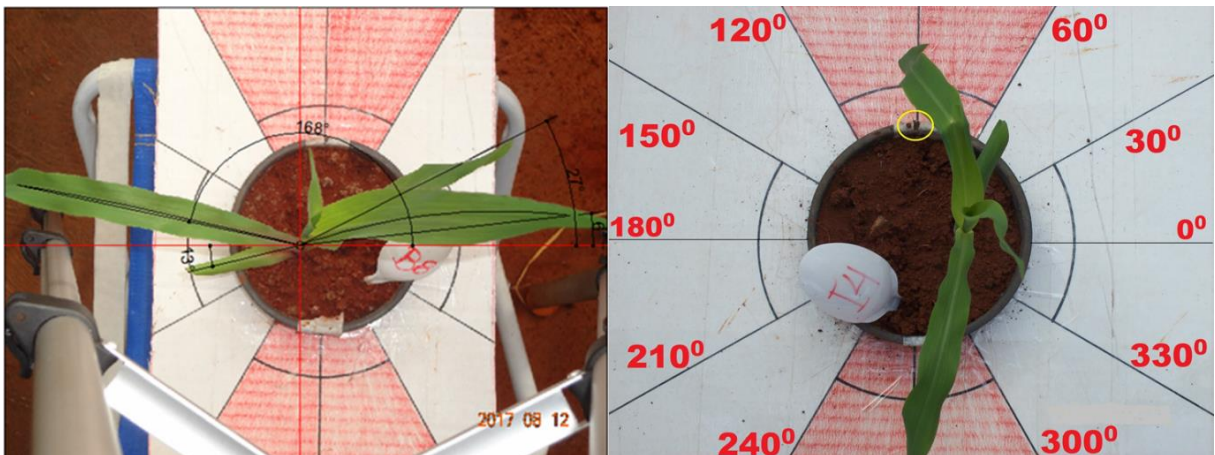
As orientações das folhas no plano horizontal perpendicular (OPp) foram mensuradas envolvendo o sentido elíptico do colmo, utilizando o paquímetro com a ponta prolongada para possibilitar a leitura do ângulo do transferidor, centrado na planta e alinhada paralelamente à linha de semeadura (Figura 2), entre os estádios VT e R1 conforme escala Ritchie (1989), fez-se a leitura do ângulo em graus (Tabela 1). Os ângulos foram agrupados nas seguintes estratificações (adaptado de Torres, 2011) (Figura 3): (1) Ângulos entre 0^o a 30^o: orientação paralela à marca referência; (2) Ângulos entre 31^o a 59^o: orientação diagonal à marca referência; e (3) Ângulos entre 60^o a 90^o: orientação perpendicular à marca referência.

Figura 2 – Mensuração do ângulo da folha no plano horizontal entre estágio vegetativo V12 a V18, utilizando transferidor e paquímetro.



(Fonte: próprio autor, 2016)

Figura 3 – Estratificação dos ângulos conforme a orientação perpendicular, diagonal e paralela.



(Fonte: próprio autor, 2016)

O índice de área foliar (IAF) que representa a razão entre a área foliar total (m^2) e a área de solo (m^2), foi estimado baseado no comprimento total (C) e largura (L) do terço médio das folhas fotossinteticamente ativa de dez planta de cada parcela (Tabela 1). O índice foi calculado pela fórmula proposta por Francis (1969):

$$IAF = \frac{(0,75 * C * L)}{(e1 * e2)}$$

Onde, e1 e e2 referem-se, respectivamente, aos espaçamentos entre plantas na linha de semeadura e entre as linhas.

A colheita foi realizada no dia 14/03/2018, sendo retiradas as espigas de todas as plantas da área útil de cada parcela. As espigas colhidas foram despalhadas, levadas para secagem natural e debulhadas manualmente, onde os grãos tiveram o seu peso bruto determinado em balança digital, corrigindo-se o teor de água ao percentual padrão de 13%. O resultado possibilitou obter o equivalente em massa líquida de grãos e determinar a produtividade em kg ha^{-1} (P), por meio da pesagem dos grãos produzidos nas parcelas de área útil de $2,7 \text{ m}^2$ e $5,4 \text{ m}^2$, respectivamente, para os espaçamentos 0,45 m e 0,90 m.

As mensurações do tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileiras (NGF) foram realizadas em dez espigas colhidas aleatoriamente da área útil de cada parcela. A massa de mil grãos (MMG) foi determinada com correção para 13% de H_2O .

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey para comparações das médias, contrastes ortogonais para avaliar o efeito dos fatores no nível de significância de 5% e análise de componentes principais, com os cálculos executados por intermédio pacote R “RStudio” (RSTUDIO TEAM, 2014).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na primeira safra 2017/2018 de milho, apesar da ocorrência normal de precipitações pluviométricas e temperatura, foi observada a mortalidade de plantas de causa não identificada do estágio vegetativo V3 a V4 (Figura 4). Os dados pluviométricos de 2017/2018 para o início de desenvolvimento do milho apresentaram intensas precipitações, bem distribuídas desde a semeadura do experimento até a data de 27/11/2017 totalizando 287,8 mm. Nos primeiro e segundo decêndios do mês de dezembro/2017 não ocorreram precipitações e a situação foi agravada com altas temperaturas no segundo decêndio. As precipitações pluviométricas retornaram na data 21/12/2017 e continuaram em grande volume de chuvas, associadas à ocorrência de nebulosidade por todo o terceiro decêndio de dezembro/2017, prosseguindo no primeiro e segundo decêndios de janeiro/2018 (Figura 1). Esse período coincidiu com o sub-período de florescimento (pendoamento e espigamento) e a polinização, cuja liberação do pólen ocorre de 5 a 8 dias, sendo esta fase da cultura considerada a de maior expressão da área foliar, associada a maior atividade fotossintética e transpiração (EMBRAPA, 2006; SANGOI et al., 2010a). Provavelmente, a condição de elevada nebulosidade, persistente por todo período do florescimento, reduziu a incidência da radiação luminosa e, conseqüentemente, no menor aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa que pode ter influenciado negativamente o processo fotossintético, a

produção de fotoassimilados em todos os tratamentos. Marchão et al. (2006), observaram maior rendimento de grãos devido ao aumento linear da interceptação da luz pelo dossel do milho.

Figura 4 – Mortalidade de plantas de causa não identificada.



Conforme os valores de F obtidos na análise de variância, houve efeito significativo nos componentes orientação perpendicular (Opp), índice de área foliar (IAF) e diâmetro da espiga (DE). Porém, não houve diferença significativa para os demais componentes morfológicos e de rendimento ($p < 0,05$) em função da densidade, espaçamento e orientação da folha no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura. Apesar das orientações diagonal (Odg) e paralela (Opl) terem apresentado diferença significativa, são orientações indesejáveis no dossel de milho pela maior possibilidade de sobreposição das folhas e, conseqüentemente, sombreamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados de plantas orientadas na perpendicular (OPp), diagonal (ODg) e paralela (OPll), índice de área foliar (IAF) e diâmetro da espiga (DE), em diferentes espaçamentos nas entrelinhas e densidades populacionais de milho. Londrina-PR.

Tratamentos	OPp (%)	ODg (%)	OPll (%)	IAF*	DE (cm)
A (45 cm, 70.000 pl. or. ha ⁻¹)	80a	20 ab	0 b	4,29 abc	4,894 ab
B (45 cm, 90.000 pl. or. ha ⁻¹)	76a	24 ab	0 b	5,12 a	4,806 b
C (90 cm, 70.000 pl. or. ha ⁻¹)	80a	16 ab	4 b	4,09 bc	5,022 a
D (90 cm, 90.000 pl. or. ha ⁻¹)	86a	8 b	6 b	4,88 ab	4,912 ab
E (45 cm, 70.000 pl. al. ha ⁻¹)	28b	36 a	36 a	3,47 c	4,918 ab
Pr>FTratamento	0,000004*	0,0104*	0,00000*	0,0002*	0,0091*
CV %	16,9	51,22	75,7	10,49	1,59

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo, e *p < 0,001 significativo pelo teste F.

O aumento do IAF pode refletir melhor eficiência de interceptação da radiação solar, e significar maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida, que somada a eficiência de conversão das folhas, possibilita incrementar a fotossíntese, pois tem relação diretamente proporcional a RFA incidente, estabelecendo a fotossíntese do dossel, que ao se juntar a respiração do dossel irá definir o rendimento de grãos. As médias da variável IAF (Tabela 1) de todos os tratamentos com o dossel de folhas orientadas no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura (A: 4,29; B: 5,12; C: 4,09; D: 4,88), apresentaram índice bem superior em relação ao tratamento adicional (E: 3,47), com a orientação das folhas do dossel aleatório. Entretanto, os tratamentos que apresentaram diferenças significativas foram somente os tratamentos B, orientado (0,45 m x 90.000 plantas ha⁻¹) com maior valor de IAF, em relação ao tratamento C orientado (0,90 m x 70.000 plantas ha⁻¹), e tratamento E, aleatório (0,45 m x 70.000 plantas ha⁻¹), estes dois últimos tratamentos com os menores valor do IAF. Da mesma forma, houve diferença entre os valores obtidos no tratamento D, orientado (0,90 m x 90.000 plantas ha⁻¹) com maior IAF em relação ao tratamento E, aleatório (0,45 m x 70.000 plantas ha⁻¹). Estes resultados são confirmados por Sangoi et al (2011), que sugerem que o incremento do IAF foi pelo efeito densidade devido ao incremento na população de plantas, onde obteve um índice de área foliar do colmo principal, na densidade de 7 plantas m⁻², em torno do índice 5, um valor que otimiza o desempenho

agronômico. Segundo Strieder et al. (2008), o incremento da densidade de 5 para 6,6 plantas m^{-2} aumentou o IAF em R1 e R3 somente no espaçamento 0,80 m.

O diâmetro da espiga (DE) apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos B (0,45 m x 90 mil plantas ha^{-1}) e C (0,90 m x 70 mil plantas ha^{-1}), respectivamente, na média de 4,806 cm e 5,022 cm, com menor diâmetro da espiga para o tratamento B (Tabela 1). Isso provavelmente, foi devido à maior competição intraespecífica do milho por recursos ambientais, proporcionado pelo menor espaçamento entre linhas e maior número de plantas por área, formando uma distribuição espacial das plantas adensadas. Segundo Fumagalli et al. (2017), a redução do diâmetro de espiga devido a maior população no maior espaçamento, aponta a influência dessas variáveis como a provável causa da maior competição intraespecífica entre plantas, principalmente por água, nutrientes e radiação. Souza et al. (2015), observaram a redução do diâmetro da espiga provocado pela redução da área foliar. Pereira et al. (2017) observaram que diferentes espaçamentos e densidades não influenciaram nas características agronômicas da planta de milho, incluído o diâmetro de espiga.

A variável produtividade não resultou em diferença significativa dos tratamentos com orientação das folhas do dossel do milho no plano horizontal e perpendicular à linha de semeadura (tratamentos A, B, C e D), quando comparados com o tratamento com orientação aleatória das folhas (tratamento E) do dossel da cultura (Tabela 2). Em estudos conduzidos por Toler et al. (1999), em arranjo de plantas com alta densidade, 81.544 plantas ha^{-1} e espaçamento de 0,76 m na entre linhas, o melhor rendimento de grãos foi obtido sob a orientação das folhas perpendicular (10.670 $kg ha^{-1}$) à linha de semeadura em relação à orientação aleatória (9.728 $kg ha^{-1}$) e paralela (8.787 $kg ha^{-1}$) das folhas do milho. Estudos conduzidos por Sangoi et al. (2012), ao reduzir o espaçamento na entre linha para obter o aumento no rendimento de grãos, não resultaram em acréscimo na produtividade de milho por depender do híbrido utilizado, das condições ambientais e das práticas de manejo adotadas.

Tabela 2 – Componentes de rendimento de grãos, agrônomico e produtividade em função de orientação das sementes no sulco de semeadura, espaçamentos nas entrelinhas e densidades populacionais de milho. As variáveis avaliadas foram: Trat. – tratamentos (A, B, C e D pl. or. ha⁻¹ – planta orientada por hectare) e (E pl. al. ha⁻¹ – planta aleatória por hectare); TE – Tamanho da espiga; NF – Número de fila; NGF – Número de grãos por fila; NGE – Número de grãos por espiga; MMG – Massa de mil grãos; P – Produtividade quilo por hectare; Plf – Prolificidade; AP – Altura de planta; AE – Altura de inserção da espiga; DC – Diâmetro do colmo; IC – Índice de colheita. Londrina-PR.

Trat	TE (cm)	NF	NGF	NGE	MMG (g)	P (Kg ha ⁻¹)	AP (cm)	AE (cm)	DC (cm)	IC
A	16,87 a	16,6 a	36,2 a	590,8 a	255,57 a	10.112 a	244,25 a	139,56 a	2,55 a	0,538 a
B	16,46 a	16,4 a	34,6 a	549,2 a	242,11 a	9.644 a	247,64 a	136,84 a	2,44 a	0,508 a
C	17,51 a	16,4 a	36,8 a	596,8 a	269,71 a	10.191 a	248,08 a	137,10 a	2,68 a	0,520 a
D	16,35 a	16,8 a	33,8 a	556,4 a	261,73 a	10.482 a	255,02 a	138,50 a	2,48 a	0,518 a
E	16,25 a	16,2 a	34,2 a	555,4 a	262,08 a	9.713 a	239,68 a	133,56 a	2,64 a	0,522 a
Pr > F trat	0,1617 ^{ns}	0,2965 ^{ns}	0,0561 ^{ns}	0,0892 ^{ns}	0,0783 ^{ns}	0,7714 ^{ns}	0,4215 ^{ns}	0,8214 ^{ns}	0,1551 ^{ns}	0,4383 ^{ns}
C.V. (%)	5,06	6,46	4,90	5,59	5,58	11,6	5,03	6,03	5,89	4,65

Nos resultados de testes de comparações de médias por contraste ortogonais (Tabela 3), diferentemente dos obtidos pelo teste Tukey, a variável índice de área foliar (IAF), para qualquer orientação dística da planta de milho avaliada no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura (Tratamentos A, B, C e D), apresentou resultado significativamente maior que a semeadura aleatória (Tratamento E), sendo em média $4,51 \pm 0,92$ maior, independente da densidade de plantas e o espaçamento adotado. Provavelmente, a orientação perpendicular da planta do milho, associada à melhor distribuição das plantas, pode ter influenciado positivamente na formação da área foliar, proporcionada pela menor competição intraespecífica entre plantas.

Tabela 3 – Estimativa e teste t dos contrastes ortogonais de tratamentos orientação ordenada e aleatória da arquitetura planta de milho, em função de espaçamentos entrelinhas e densidades populacionais de milho, para as variáveis índice de área foliar (IAF) e diâmetro de espiga (DE). Os tratamentos, foram: A = espaçamento de 0,45 m e 70.000 plantas orientadas ha⁻¹; B = espaçamento de 0,45 m e 90.000 plantas orientadas ha⁻¹; C = espaçamento de 0,90 m e 70.000 plantas orientadas ha⁻¹; D = espaçamento de 0,90 m e 90.000 plantas orientadas ha⁻¹; E = espaçamento de 0,45 m e 70.000 plantas aleatórias ha⁻¹. Londrina-PR.

Contraste ¹	Índice de área foliar	Diâmetro da Espiga
(A+B+C+D) vs (E) = 0	4,51 ± 0,92***	-0,04 ± 0,16
(A+B) vs (C+D) = 0	0,45 ± 0,41	-0,23 ± 0,07**
A vs B = 0	-0,83 ± 0,29*	0,09 ± 0,05
C vs D = 0	-0,79 ± 0,29*	0,11 ± 0,05*
(A+B+C+D) vs (E) = 0	4,51 ± 0,92***	-0,04 ± 0,16
(A+C) vs (B+D) = 0	-1,63 ± 0,41**	0,20 ± 0,07*
A vs C = 0	0,20 ± 0,29	-0,13 ± 0,05*
B vs D = 0	0,24 ± 0,29	-0,11 ± 0,05*

***p < 0,001 **p < 0,01 *p < 0,05

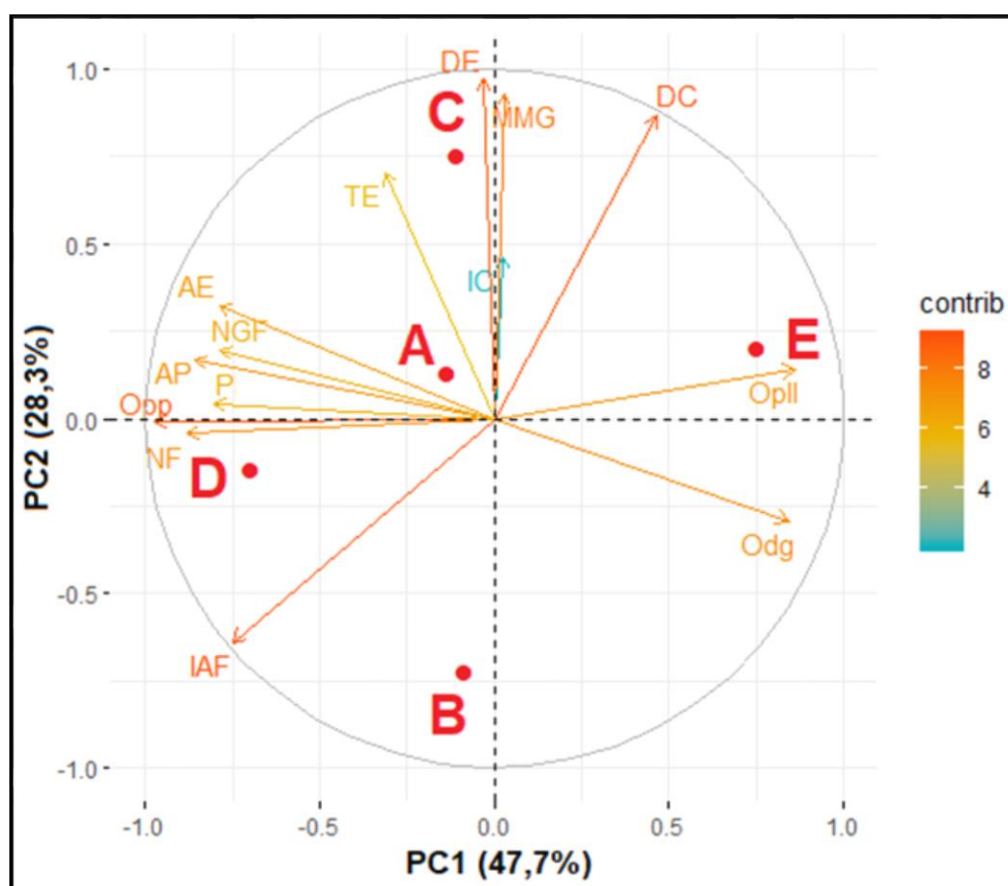
Brachtvogel et al. (2012), observaram que o aumento da população de plantas com orientação aleatória das plantas, aumentou o índice de área foliar no subperíodo de florescimento devido à maior quantidade de plantas por área. Toler et al. (1999), em seus estudos não encontraram diferenças na área foliar entre a orientação das folhas na transversal e aleatória, mas a área foliar por planta foi maior na baixa densidade do que na alta e, quando analisada pela área foliar total por área, a variável foi maior para alta população. Esses resultados indicam a ocorrência de maior competição intraespecífica na alta população do que na de baixa. Toler et al. (1999), observaram que a competição de plantas foi influenciada pela orientação das folhas, sugerindo que a orientação transversal na alta população, provavelmente, reduziu a competição intraespecífica formando um dossel de plantas eficiente à interceptação da luz do que as demais orientações foliares.

Na comparação somente entre os tratamentos com orientação das folhas do dossel do milho no plano horizontal e perpendicular à linha de semeadura, em relação à

variável IAF, houve diferença significativa do tratamento A orientado (0,45 m x 70.000 plantas ha⁻¹) em relação ao tratamento B orientado (0,45 m x 90.000 plantas ha⁻¹) ($p < 0,01$), do tratamento C orientado (0,90 m x 70.000 plantas ha⁻¹) para o tratamento D orientado (0,90 m x 90.000 plantas ha⁻¹) ($p < 0,01$) e os tratamentos agrupados com orientação (A+C) em relação ao tratamento (B + D) ($p < 0,05$), onde o IAF foi superior para os tratamentos em maior densidade de plantas. A variável diâmetro da espiga (DE), submetida a análise estatística por contrastes ortogonais, apresentou diferença estatística somente entre os tratamentos com orientação da folha perpendicular à linha de semeadura, tanto para tratamentos agrupados em (A+B) vs (C+D), respectivamente, espaçamento 0,45 m vs 0,90 m, sendo a média de $-0,23 \pm 0,07$, ocorrendo efeito semelhante para os espaçamentos dentro de cada densidade, A vs C e B vs D, respectivamente, na média $-0,13 \pm 0,05$ e $-0,11 \pm 0,05$. Provavelmente este resultado possa ser atribuído à maior competição intraespecífica por recursos ambientais para o tratamento de menor espaçamento. Já entre os tratamentos com maior espaçamento (0,90 m), a média ($0,11 \pm 0,05$) foi maior para o tratamento C, com menor densidade de plantas (70 mil plantas ha⁻¹), quando comparado com o tratamento D (90 mil plantas ha⁻¹), de maior densidade. O contraste entre os tratamentos agrupados envolvendo densidades (A+C) vs (B+D), respectivamente, 70 mil plantas ha⁻¹ e 90 mil plantas ha⁻¹, em média de $0,20 \pm 0,07$, foi favorável à menor densidade, provavelmente pela menor competição intraespecífica por fatores ambientais.

Os resultados das características avaliadas através do método estatístico linear utilizado, análise de componentes principais (PCA), são apresentados na Figura 6, sendo que os componentes principais explicaram 76% [componente principal 1 (47,7 %) + componente principal 2 (28,3 %)] da variabilidade total apresentada pelas características avaliadas.

Figura 5 – Variáveis submetidas a análise de componentes principais dos tratamentos referentes às orientações ordenada e aleatória da arquitetura planta de milho, em função de espaçamentos e densidades populacionais de milho. Componente Principal 1 (PC1), Componente Principal 2 (PC2), Tratamentos: A, B, C e D – orientação da planta perpendicular à linha de semeadura; Tratamento E – orientação aleatória da planta à linha de semeadura; Opp – orientação perpendicular; Odg – orientação diagonal; Opll – orientação paralela; TE – Tamanho da espiga; DE – Diâmetro de espiga; NF – Número de fila; NGF – Número de grãos por fila; MMG – Massa de mil grãos; P – Produtividade quilo por hectare; AP – Altura de planta; AE – Altura de inserção da espiga; DC – Diâmetro do colmo; IAF – índice de área foliar; IC – Índice de colheita. Londrina-PR.



Os tratamentos A (0,45 m x 70.000 plantas ha⁻¹), B (0,45 m x 90.000 plantas ha⁻¹), C (0,90 m x 70.000 plantas ha⁻¹), D (0,90 m x 90.000 plantas ha⁻¹) e E (0,45 m x 70.000 plantas ha⁻¹), analisados por dispersão gráfica, apresentam-se dispersos e mantendo-se distanciados entre si no plano bidimensional, indicando a existência de diferenças (dissimilaridade) entre os tratamentos (CRUZ, 2003).

Segundo Quadros (2014), os vetores associados às variáveis sugerem que, quanto maior o vetor, maior é a influência da variável, e quanto mais agrupados estão os vetores maior é a correlação, e positiva são as variáveis próximas. Neste contexto, é possível observar que as variáveis orientação perpendicular (Opp), altura da planta (AP), altura de inserção da espiga (AE), número de fila na espiga (NF), número de grãos na fila (NGF) e produtividade (P), estão agrupadas e próximas entre si, sugerindo a existência de uma correlação entre essas variáveis (vetores). Provavelmente a orientação dística do milho perpendicular à linha de semeadura, associada ao arranjo de plantas do tratamento com melhor equidistância entre elas, e dispostas paralelamente entre si, podem ter contribuído para a redução da sobreposição e sombreamento das folhas de milho, predispondo maior área foliar ao fluxo de densidade de fótons, possibilitando melhor desempenho destas variáveis (TOLER et. al, 1999; LOOMIS R. S., AMTHOR, J. S., 1999). Isto pode ser constatado por meio desses mesmos vetores, posicionados diametralmente opostos aos vetores de orientação paralela (Opll) e diagonal (Odg) à linha de semeadura, orientações desfavoráveis à formação de um dossel ordenado e mais favorável à sobreposição e sombreamentos das folhas, sugerem uma correlação negativa entre elas. Já os vetores diâmetro da espiga (DE) e massa de mil grãos (MMG), dispostos em ângulo de 90^0 em relação ao maior agrupamento de vetores, indica ausência de correlação entre esses grupos de vetores (variáveis) (Figura 6).

Na análise de componentes principais, os vetores das características (variáveis) avaliadas e os tratamentos podem apresentar relação quando estão próximos uns dos outros, como pode ser observado no gráfico bidimensional (Figura 6). Há maior aproximação dos vetores ao tratamento, significando que os tratamentos apresentaram maiores valores reais para as variáveis que estão próximas. Ao contrário quando os tratamentos estão na direção oposta aos vetores, o entendimento é de que os tratamentos apresentaram os menores valores reais para as variáveis (QUADROS, 2014). Neste enquadramento, verifica-se que os vetores das variáveis Opp, AE, AP, NF, NGF e P sugerem tendência de aproximação ao tratamento D. Destacando o vetor orientação perpendicular à linha de semeadura (Opp), apresentando correlação positiva em relação aos demais vetores deste agrupamento. Principalmente o vetor produtividade, no maior arranjo adensado de plantas de 90.000 plantas ha^{-1} , concentrada na linha de semeadura e no espaçamento da entre linhas em $0,90$ m. Toler et al. (1999), ao direcionarem as sementes para orientar a planta de milho perpendicularmente à linha de semeadura, obtiveram produção de grãos 10% maior do que semeadura aleatorizada das sementes, e 20% maior que a orientação das folhas sobre a linha de semeadura. Resultados obtidos por Calonego et al. (2011), demonstraram que a

população de plantas aleatórias influenciou o número de espiga por planta, produtividade de grãos, altura de inserção de espiga, altura de planta e diâmetro do caule, enquanto o fator espaçamento na entre linhas provocou efeito no tamanho da espiga, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, produtividade e altura de planta. Porém, neste trabalho não se constatou a interação significativa entre população de plantas e espaçamento entre linhas.

Os vetores diâmetro da espiga (DE) e massa de mil grãos (MMG) apresentaram maior tendência de aproximação ao tratamento C, significando que o tratamento apresentou maiores valores reais para estas variáveis em relação aos demais tratamentos. Isto pode ser atribuído a orientação da folha no plano horizontal perpendicular à linha de semeadura, ao maior espaçamento (0,90 m) e à menor densidade (70 mil plantas ha⁻¹), associado à melhor equidistância e menor competição entre as plantas, principalmente por água, nutrientes e radiação, proporcionando melhor produção e partição dos fotoassimilados, sendo dirigidos para a melhor formação do diâmetro da espiga e massa de mil grãos. Resultados próximos foram obtidos por Fumagalli et al. (2017), na densidade de 80 mil plantas ha⁻¹ e no espaçamento 0,90 m, que resultou na redução no diâmetro da espiga (45 mm). No mesmo trabalho, o aumento na densidade de plantas em diferentes populações de plantas proporcionou massa de mil grãos menor em relação aos demais tratamentos, provavelmente devido à maior competição intraespecífica por recursos ambientais. Segundo Ceccon et al. (2014), o aumento na densidade de plantas de *Brachiara* em consórcio no milho acarretou a redução no diâmetro da espiga.

Em relação ao tratamento E, com a orientação aleatória da planta no dossel do milho, verificou-se maior aproximação do vetor orientação paralela (Op11) e tendência de aproximação da orientação diagonal (Odg). Esta maior aproximação ao tratamento E ocorre em função da própria aleatoriedade da orientação da planta de milho, provocado pelo efeito da posição aleatória da semente no sulco de semeadura. Segundo resultados obtidos por Fortin e Pierce (1996), em estudos de orientação da posição da semente, a deposição aleatória no sulco de semeadura produziu orientação também aleatória da planta de milho.

A variável índice de área foliar (IAF), pelo maior comprimento do vetor, sugere maior influência nos tratamentos B (0,45 m x 90 mil plantas ha⁻¹) e D (0,90 m x 90 mil plantas ha⁻¹) com diferentes espaçamentos e mesmas densidades, ao posicionar o vetor IAF entre os dois tratamentos. No geral, o menor espaçamento e maior densidade (IAF: 5,12), e o maior espaçamento e maior densidade (IAF: 4,88), apresentaram os maiores valores de índice de área foliar em relação aos demais tratamentos, porém o maior IAF ocorreu no espaçamento

reduzido (Tratamento B). Esse resultado é diferente do obtido por Strieder et al. (2008) em sistemas de manejo cultural médio e dossel aleatório, onde o menor valor do IAF ocorreu no menor espaçamento (0,40 m) e maior densidade (66.000 plantas ha⁻¹) no estágio R1 (IAF: 4,4). Entretanto, ao incrementar a densidade de 50.000 para 66.000 plantas ha⁻¹, o resultado foi o aumento do IAF no estágio R1 tanto para o espaçamento 0,40 m (IAF: 4,4), como para o espaçamento 0,80 m (IAF: 5,0). Porém, foi o maior espaçamento que proporcionou maior IAF, contrariando o esperado que era obter maior IAF no menor espaçamento. Ainda o mesmo autor, verificou que o maior espaçamento nas entre linhas é desfavorável a uma distribuição uniforme e equidistante entre plantas, que pode levar a maior competição intraespecífica entre plantas resultando em menor IAF.

Neste trabalho, observou-se o encontro das folhas de plantas das entre linhas, resultando na antecipação da sobreposição das folhas e, conseqüentemente, no sombreamento precoce para o híbrido com arquitetura de planta de folhas intermediárias (Pioneer 30F53VYHR – Leptra), em espaçamentos reduzidos (0,45 m), já nos estádios vegetativos intermediários, na maior densidade (90 mil plantas ha⁻¹), aproximadamente entre estádios V5 a V7. Diante desse fato, faz-se necessário o estudo de híbridos de milho com arquitetura de planta de folhas eretas e curtas, com boas respostas agrônômicas e de rendimento de grãos em função da orientação das folhas no plano horizontal, perpendicular à linha de semeadura.

5.6 CONCLUSÕES

A semente orientada na posição vertical, com a ponta da semente voltada para o fundo e a face do embrião voltada para o espaço da entrelinha, resulta em plantas orientadas perpendicularmente à linha de semeadura.

Arranjo de plantas de milho com as folhas orientadas perpendicularmente à linha de semeadura, sugerem melhor performance de rendimento de grãos no maior espaçamento associado a maior densidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa com suporte financeiro para a condução dos trabalhos de pesquisa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, jan. 2001.

BARROS, G. S. C; ALVES L. R. A. **Maior eficiência econômica e técnica depende do suporte das políticas públicas**. Revista Visão Agrícola, Piracicaba, n. 13, ano 9, jul-dez. 2015, p. 4-7.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, nov. 2009.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L.; BICUDO S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. Revista Trópica: **Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

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

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1999, 864 p.

CECCON, G; SILVA, J. F.; NETO A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS dos A. Produtividade de milho safrinha em espaçamentos reduzidos com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p 326-335, 2014.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Desafios para obtenção de altas produtividades de milho**. Sete Lagoas, Comunicado Técnico, 112, 1 ed., 2004, 24 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. vol. 2. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; 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, dez. 2008.

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, dez. 2003.

EMBRAPA. **Fisiologia da produção de milho**. 1 ed. Sete Lagoas, [s. n.], 2006, 10 p.

FOLONI, J. S. S; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. de M. Cultivares de milho em diferentes populações de Plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2014.

FORTIN, M. C.; PIERCE, F. J. Leaf Azimuth in strip-intercropped corn. **Agronomy Journal**, [S.l.] v. 88, n. 1, p. 6-9, fev. 1996.

FRANCIS, C. A.; RUTGER, J. N.; PALMER, A. F. E. Rapid Method for Plant Leaf Area Estimation in Maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, [S. l.], v. 9, set-oct. 1969.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA¹, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA² H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamento entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

GIRARDIN, Ph. Leaf azimuth in maize canopies. **European Journal Agronomy**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 91-97, jun. 1992.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2003. p. 30.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Zoneamento Agrícola**. Mapas. Londrina-PR. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>. Acesso em: 21 ago 2018.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2003. p. 30.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C. de; VALENTINI ARF, M.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, set. 2010.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J. Row orientation and configuration effects on canopy light spectra and corn growth. **Applied Agricultural Research**, [S.l.] v. 4, n. 1, p. 51-56, 1989.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, [s.l.], v. 39, n. 6, p. 1584-1596, 1999.

MADDONNI, G. A.; CHELLE M.; DROUET, J. L.; ANDRIEU B. Light interception of contrasting azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions: simulations and crop measurements. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 70, p. 1-13, abr. 2001.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; CASAL, J. J. Maize leaves turn away from neighbors. **Plant Physiology**, Rockville, v. 130, p. 1182-1189, nov. 2002.

PEREIRA³, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S. da; ARGENTA, F. M.; M. A. F. de; BORCHATE, D. Características agronômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 29, n. 1, p. 18-27, 2017.

QUADROS, P. D. de; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F da; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. de O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, mar/abr, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna**, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report n. 48)

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JUNIOR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, dez. 2012.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6 n. 3, p. 263-271, jan. 2007.

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

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Grapel, 2010a. p. 87.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Grapel, 2010b. p. 63.

SiBCS. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília, 2006, 2. ed. p. 305.

SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; NARDINO, M.; BELLÉ, R.; BARETTA, D.; SCHMIDT, D. Desfolhamento artificial e seus efeitos nos caracteres morfológicos e produtivos em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 61-74, ago. 2015.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DAMALGO G. A.; ENDRIGO P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, mar. 2008.

TAIZ, L.; MOLLER, E. Z. I. M.; MURPHY, A. Dormência e germinação da semente e estabelecimento da plântula. In _____. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda, 2017, p. 540-542.

TOLER, J. E.; MURDOCK, E. C.; STAPLETON, G. S. e WALLACE, S. U. Corn leaf orientation effects on light interception, intraspecific competition, and grain yields. **Journal Production Agriculture**, Madison, v. 12, n. 3, p. 396-399, 1999.

TORRES, G.; VOSSENKEMPER, J.; RAUN†, W.; TAYLOR, R. Maize (*Zea mays*) leaf angle and emergence as affected by seed orientation at planting. **Experimental Agriculture**, [S.l.], v. 47, n. 04, p.579-592, maio 2011.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A colocação com orientação ordenada na posição adequada da semente de milho no sulco de semeadura, promove a orientação da planta bilateralmente simétrica no plano horizontal, perpendicular à linha de semeadura e paralela entre si. Essa prática cultural não é afetada pela orientação das linhas de semeadura aos pontos cardeais. Ainda sugere a ocorrência de menor sobreposição e sombreamento das folhas, possibilitando maior eficiência fotossintética e rendimento de grãos.