



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA PAULA FERREIRA DOMINONI

**DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS CULTIVADOS EM
SEGUNDA SAFRA**

Londrina
2021

ANA PAULA FERREIRA DOMINONI

**DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS CULTIVADOS EM
SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva

Coorientador: Claudemir Zucareli

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

D671 Dominoni, Ana Paula Ferreira.
Desempenho produtivo de híbridos de milho em diferentes arranjos de plantas cultivados em segunda safra / Ana Paula Ferreira Dominoni. - Londrina, 2021. 54 f. : il.

Orientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.
Coorientador: Claudemir Zucareli.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2021. Inclui bibliografia.

1. Fitotecnia - Tese. 2. Ecofisiologia de plantas cultivadas - Tese. 3. Cultivo de milho - Tese. 4. Arranjo populacional - Tese. I. Aguiar e Silva, Marcelo Augusto de. II. Zucareli, Claudemir. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

ANA PAULA FERREIRA DOMINONI

**DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS CULTIVADOS EM
SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de
Aguiar e Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Gustavo Henrique Freiria
Universidade Estadual de Minas Gerais –
UEMG

Prof. Dr. José Henrique Bizzarri Bazzo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 26 de fevereiro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelos caminhos trilhados e iluminados, que me permitiram chegar até aqui.

Aos meus pais Antônio Dominoni Júnior e Nilceia Regina Ferreira Dominoni, pelo dom da vida, pela paciência, pelas oportunidades educacionais, e principalmente pelo incentivo de nunca desistir das coisas que eu realmente queria.

Aos meus avós maternos, Antônio Bastos Ferreira (*in memoriam*) e Nelsi dos Santos Ferreira, por terem iniciado uma família que até hoje utiliza da agricultura como fonte de renda, auxiliando na evolução dessa ciência. E aos meus avós paternos, Antônio Dominoni (*in memoriam*) e Ester Gonçalves Dominoni, como patriarcas para evolução da nossa família.

A esta universidade e seu corpo docente, que oportunizaram a aspiração de um horizonte superior.

Ao meu orientador Marcelo Augusto de Aguiar e Silva por todo o apoio acadêmico, emocional e profissional, não sendo apenas um orientador, mas também um mentor nessa trajetória.

Ao meu companheiro de vida Vinicius Salvioni Abade, que está presente em todos os meus desafios, sempre me proporcionando o amor e suporte necessários para toda a trajetória.

Às amigas Dayana Bueno, Eloisa Castro, Isadora Belliboni, Luciana Lacerda e Tabata Pereira, que estiveram ao meu lado, sempre me mostrando a possibilidade de superação das adversidades e acreditaram em mim em todos os momentos.

Aos melhores amigos Rafael Schiavon Oliveira, Renan Batini e Tais Dib, que abraçaram comigo o meu amor pela educação e que compartilharam comigo todos os momentos difíceis e todas as vitórias alcançadas.

Aos estagiários Bruno Negrão e Giovana Nascimento, que acompanharam os experimentos, sempre buscando novas informações e conhecimentos para compartilharem comigo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de mais essa formação, o meu muito obrigado.

DOMINONI, Ana Paula Ferreira. **Desempenho produtivo de híbridos de milho em diferentes arranjos de plantas cultivados em segunda safra.** 2021. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

O ajuste do arranjo de plantas de milho, por meio da utilização do espaçamento fileira dupla (Twin Rows) em sistemas de cultivo adensado, pode favorecer a interceptação da radiação solar pelo dossel e, conseqüentemente, o desempenho produtivo da lavoura. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito do espaçamento fileira dupla associado ao adensamento de plantas sobre o crescimento, componentes de rendimento e produtividade de grãos de híbridos de milho cultivados em segunda safra. Os experimentos foram conduzidos na segunda safra dos anos 2019 e 2020, em Londrina-PR, com os híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3, sob delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos (reduzido - 0,45 m e fileira dupla - 0,30 m entre linhas simples e 0,60 m entre linhas duplas) e as subparcelas por quatro densidades de plantas (60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹). Foram avaliadas: altura de plantas, altura de inserção de espigas, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de fileiras de grãos por espigas, número de grãos por fileira, comprimento de espiga, diâmetro de sabugo, massa de cem grãos e produtividade estimada. Os dados experimentais foram primeiramente analisados pelos testes de normalidade e homogeneidade, e submetidos a análise de variância, quando constatada diferença, os tratamentos foram comparados pelo teste F para espaçamentos e por regressão até segundo grau para as densidades populacionais, todos com significância de 5%. O índice de área foliar apresenta incremento com o aumento da densidade populacional. Algumas variáveis analisadas apresentam efeito significativo com a utilização dos diferentes espaçamentos e densidades populacionais, mas não apresentam um padrão. Quando constatado efeito em relação aos espaçamentos, a utilização do espaçamento reduzido apresenta médias superiores nas variáveis em relação ao espaçamento duplo. A produtividade dos híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3 não foi afetada significativamente pela utilização dos espaçamentos, nas diferentes densidades populacionais.

Palavras-chave: características agronômicas; densidade de plantas; desempenho agrônômico, espaçamento entre linhas.

DOMINONI, Ana Paula Ferreira. **Productive performance of corn hybrids in different plant arrangements cultivated in second crop.** 2021. 52 p. Dissertation (Master's degree in 2021) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Adjusting the arrangement of corn plants, with the use of double row spacing (Twin Rows) in dense cropping systems, can increase the interception of solar radiation by the plant stand and, consequently, the productive performance of the crop. The objective of this work was to evaluate the effect of double row spacing associated with plant densification on growth, yield components and grain yield of corn hybrids cultivated in second crop. The experiments were carried out in the second harvest of the years 2019 and 2020, in Londrina-PR, with the hybrids LG 36790 and SUPREMO VIPTERA 3, under a randomized block experimental design with split plots, with four replications. The plots consisted of two spacings (reduced - 0.45 m and double row - 0.30 m between single lines and 0.60 m between double lines) and the subplots by four plant densities (60, 70, 80 and 90,000 plants ha⁻¹). The following were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index, number of grain rows per ear, number of grains per row, ear length, cob diameter, mass of one hundred grains and yield estimated. Experimental data were first analyzed by normality and homogeneity tests and subjected to analysis of variance. When differences were found, treatments were compared by F test for spacing and by regression to second degree for population densities, all with a significance of 5%. The leaf area index increases with increasing population density. Some analyzed variables have a significant effect with the use of different spacing and population densities, but they do not show a pattern. When an effect is found in relation to spacing, the use of reduced spacing has higher averages in the variables in relation to double spacing. The productivity of hybrids LG 36790 and SUPREMO VIPTERA 3 was not significantly affected by the use of spacing, in different population densities.

Keywords: population arrangement, twin rows system, *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e relevo da área do experimento.....	30
Figura 2 – Altura de inserção de espiga em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2020.....	40
Figura 3 – Índice de área foliar em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2019.....	43
Figura 4 – Índice de área foliar em híbrido com arquitetura ereta (SUPREMO VIPTERA 3) cultivado em segunda safra no ano de 2019	43
Figura 5 – Índice de área foliar em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2020.....	44
Figura 6 – Índice de área foliar em híbrido de arquitetura ereta (SUPREMO VIPTERA 3) cultivado em segunda safra no ano de 2020.	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Análise química de solos referente à área experimental. Londrina – PR31
- Tabela 2** – Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas semiereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 201936
- Tabela 3** – Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas ereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 2019.....38
- Tabela 4** – Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas semiereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 202039
- Tabela 5** – Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas ereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 2020.....41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO.....	13
2.1.1	Importância E Aspectos Econômicos	15
2.2	FENOLOGIA DA PLANTA DE MILHO	17
2.3	EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	18
2.4	ARRANJO DE PLANTAS	20
2.4.1	Densidade De Plantas	21
2.4.2	Espaçamento Entre Linhas.....	23
2.4.3	Sistema Twin-Row Ou Linhas Duplas	24
3	ARTIGO: DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS CULTIVADOS EM SEGUNDA SAFRA	26
3.1	RESUMO.....	26
3.2	ABSTRACT	27
3.3	INTRODUÇÃO	28
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.4.1	Caracterização Da Área Experimental.....	30
3.4.2	Delineamento Experimental.....	31
3.4.3	Avaliações	33
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.6	CONCLUSÕES	46
4	CONCLUSÕES GERAIS	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal é também uma das culturas com maior importância no agronegócio sendo utilizado na alimentação humana e animal, visto que sua composição química e valor nutritivo, além de alto potencial produtivo o posicionam entre os cereais mais utilizados no mundo. O alto potencial produtivo da cultura é condicionado às características climáticas como disponibilidade hídrica, temperatura, radiação solar e fotoperíodo, dessa forma a cultura necessita que esses elementos climáticos atinjam níveis ótimos para apresentar altos rendimentos.

A cultura do milho é comumente cultivada no Brasil em duas safras, o que influencia significativamente na escolha do material a ser cultivado, assim como as técnicas de manejo adequadas para cada uma das safras. O milho de primeira safra é cultivado com temperaturas mais elevadas e com um maior índice pluviométrico, enquanto o milho de segunda safra geralmente é cultivado com temperaturas mais amenas e veranicos constantes. Tais condições climáticas influenciam significativamente na escolha do ciclo do material, época de semeadura, arranjo de plantas e manejo durante o ciclo.

Embora o efeito ambiental tenha alta influência sobre o rendimento de grãos, as técnicas de manejo são capazes de alterações microclimáticas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Tal conhecimento é vital para utilização correta dessas práticas, o que visa maximizar o potencial produtivo da planta. Dessa forma, o atendimento das exigências climáticas da cultura é indispensável para obtenção de produtividades elevadas, assim como aperfeiçoar a eficiência de práticas de manejo.

Por ser caracterizado como uma planta de baixa capacidade prolífera, o milho responde à variação no arranjo de plantas, que é composto por densidade de plantas e espaçamento entre as linhas de semeadura, Tais alterações possibilitam o cultivo com um elevado número de plantas, em um espaçamento adequado para o crescimento e desenvolvimento das mesmas, a fim de alcançar uma maior produtividade da cultura. Neste sentido, estudos anteriores comprovam que a utilização de espaçamento reduzido entre as linhas de semeadura, além de favorecer a interceptação da radiação solar, também possibilita um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis proveniente de uma melhor distribuição de plantas por área. De modo que a densidade populacional contribui com a

rentabilidade, reduzindo os custos adicionais.

Como estratégia para incremento de produção, pode-se citar o uso do espaçamento de linhas duplas ou gêmeas (Sistema Twin-Row), que tem como objetivo melhorar o arranjo de plantas, possibilitando o aumento da densidade populacional, sem causar efeitos negativos no rendimento de grãos. Nesse sistema, as plantas ficam dispostas de maneira equidistante umas das outras, possibilitando melhor aproveitamento da área cultivada e, reduzindo a competição entre as plantas por nutrientes, água e luz, tanto na linha quanto na entrelinha de semeadura

Os híbridos de milho apresentam arquitetura de plantas, abertas, semieretas e eretas, de modo que o melhoramento genético vem trabalhando para o desenvolvimento de folhas eretas, à fim de evitar um maior sombreamento entre as plantas nas linhas e nas entrelinhas. Quanto maior o sombreamento maior a interferência na conversão de fotoassimilados para os indivíduos.

O incremento de produtividade muitas vezes está associado ao aumento da densidade de plantas da área, que é recomendada a partir do espaçamento entre linhas. Desse modo, espera-se que esse trabalho apresente a possibilidade do incremento da densidade populacional com o cultivo em linhas duplas, além de elevar a produtividade alcançada em comparação com o cultivo do espaçamento reduzido.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características fitométricas, os componentes de rendimento e a produtividade de dois híbridos de milho, com arquitetura de plantas contrastantes, cultivados em segunda safra, em resposta à utilização de espaçamento reduzido (0,45 m) e em linhas duplas (0,30 m/0,60 m), em diferentes densidades populacionais (60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O centro de diversidade da cultura do milho (*Zea mays* L.) é a América Central, principalmente no México, de onde se expandiu para o norte até Canadá e para o sul até a Argentina. Mesmo o registro mais antigo tendo cerca de 7000 anos, é possível que existam outros centros de origem provenientes das Américas (FAO, 1992).

Conforme exposto por Fornasieri Filho (2007), existem três vertentes para a possível explicação sobre a origem do milho. A denominada evolução divergente, que retrata a possibilidade de ter havido uma planta selvagem que originou o milho, os teosintes e o gênero *Tripsacum*, que são semelhantes estruturalmente, e suas diferenças aparentes podem ser originárias do aborto de grãos ocasionados pelo melhoramento genético.

A segunda vertente aborda que o teosinte tenha se originado do milho, devido às suas modificações do sabugo, redução de grãos pareados e únicos e endurecimento de glumas e raque em função do fotoperíodo.

A terceira teoria é a mais aceita entre os pesquisadores, e constata que o milho se originou do teosinte por meio da seleção realizada pelo homem, admitindo que as principais modificações foram o aumento da dominância apical, maior sensibilidade ao fotoperíodo, diminuição de perfilhamento e aumento significativo do tamanho das espigas.

O milho é uma planta pertencente à família *Poaceae*, sendo monóica de ciclo anual, com altura variável de um a quatro metros, além de alta eficiência na produção de grãos. O grão de milho é o fruto (cariopse), composto por pericarpo, camada de aleurona, endosperma, embrião e escutelo. No embrião, destaca-se o coleóptilo, a plúmula e a radícula (BÜLL; CANTARELLA, 1993).

A espécie tem ampla adaptabilidade nas mais diferentes condições edafoclimáticas, o que permite seu cultivo nas latitudes variando entre 58° Norte até 40° Sul, nas regiões localizadas ao nível do mar e em altitudes de até 2.500 m (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Seu cultivo é realizado em regiões com precipitação variando de 300 a 5.000 mm anuais, de modo que a quantidade de

água consumida pela cultura ao longo de seu ciclo é próxima à 600 mm (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

O milho é considerado uma das culturas com maior capacidade de transformação energética, uma vez que uma planta com aproximadamente dois metros de altura é proveniente de uma semente que pesa cerca de 0,3 g, e esta tem capacidade de produção entre 600 a 1.000 sementes similares à semente de origem (ALDRICH; SCOTT; LENG, 1982).

Essa alta eficiência na conversão de energia luminosa em fitomassa está relacionada ao metabolismo de fixação de carbono da planta do tipo C₄, que apresenta características favoráveis para a conversão de gás carbônico (CO₂) em compostos orgânicos. As células da bainha das folhas proporcionam uma concentração de CO₂ contínua, que otimiza através do processo fotossintético, a conversão desse CO₂ em carboidratos, e evita o processo de fotorrespiração, o que garante maior eficiência na conversão de energia luminosa em energia química, apresentando grande potencial de produção de biomassa (SANGOI et al., 2010a; ZEIGER, 2013).

O uso do milho nos Estados Unidos e no Canadá é prioritariamente para a alimentação de animais. No Brasil atua de forma parecida, de modo que 65% do milho é utilizado na alimentação animal, 11% pela indústria, para diversos fins, enquanto os outros 24% são direcionados para exportação (GUEDES 2016). É um alimento essencialmente energético, pois seu principal componente é o amido, e adicionalmente apresenta um teor de proteína de 9 à 11% (PAES, 2006).

O ano agrícola é definido pelas condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de uma determinada cultura que se deseja cultivar em um determinado local. Geralmente a semeadura do milho de primeira safra ou milho verão, começa no início da estação chuvosa para que as plantas possam ter água disponível no solo no desenvolvimento vegetativo, mas principalmente, no florescimento e enchimento de grãos, assim determinando o período de início da safra que vai de agosto, na região Sul, até os meses de novembro/dezembro, no Sudeste e Centro-Oeste (DUARTE et al., 2008).

O milho de segunda safra ou safrinha é definido como o milho de sequeiro, semeado extemporaneamente, de janeiro a abril, sendo semeado principalmente após a colheita da soja, após a colheita do feijão “das águas” e até mesmo após a colheita de milho de primeira safra. A partir de experiências pioneiras,

esse sistema de cultivo, inicialmente considerado marginal, feito fora da época normal e em condições climáticas desfavoráveis em relação ao cultivo de primeira safra, como temperaturas mais amenas e menores índices pluviométricos, cresceu e estendeu-se a outras regiões, assim se tornou componente fundamental das cadeias produtivas que têm na produção e no consumo do milho um item importante (DUARTE, 2001).

2.1.1 Importância e Aspectos Econômicos

Segundo Torres et. al (2015), a cultura do milho tem notável significância nacional no aspecto econômico e social, além desses dois fatores, pode-se citar a importância agrônômica, sendo utilizado em sistemas de rotação e sucessão de culturas devido suas características singulares de produção de biomassa, sistema radicular e resíduos deixados no solo o que favorece a ciclagem de nutrientes, especialmente em agrossistemas em que a soja é predominante.

Além desses fatores, Miotto Júnior (2014), traz a importância da cultura como uma commodity agrícola, considerando sua maior contribuição para a produção de rações para a avicultura, bovinocultura e suinocultura, bem como a produção de biocombustíveis de etanol.

De acordo com a Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, a cultura do milho apresenta características intrínsecas que permitem seu posicionamento entre as mais propícias e adequadas à agricultura de subsistência. Em condições normais de cultivo, a partir de 80 dias após a emergência das plantas, já é possível a obtenção do “milho verde”, a base de alimentos humanos como milho cozido, pamonha, curau, bolos, entre outros, e de forragens com a parte aérea da planta disponibilizada diretamente aos animais ou através de sua ensilagem, o que possibilita a conservação de forragens a serem utilizadas em ocasiões de déficits alimentares (AGRAER, 2019).

O milho também é utilizado na rotação de culturas no sistema de plantio direto, pois deixa boa quantidade de palha na superfície do solo para as culturas subsequentes. Além disso, sua palha tem lenta decomposição devido à elevada relação C/N, o que resulta em uma proteção no solo por um maior período (DUARTE et al., 2008).

Na safra 2019/2020 atingiu-se um total de 1.113,02 milhões de

toneladas produzidas mundialmente, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, responsável por cerca de 9%, correspondente à aproximadamente 102 milhões de toneladas, sendo inferior apenas aos EUA com aproximadamente 32%, e a China com cerca de 23% da produção mundial. Atualmente a produtividade média do Brasil atinge 5,58 toneladas por hectare, sendo o cereal mais produzido no país, porém não atinge o patamar produtivo esperado, quando comparado aos principais países produtores (USDA, 2021; CONAB, 2021).

No Brasil, as médias obtidas por cada região são variadas, visto que diferentes sistemas de manejo e cultivo, finalidades e variação de níveis tecnológicos são utilizados, dessa forma, a produtividade média do país é inferior à das regiões mais produtoras (DEMÉTRIO, 2008). A estimativa de produção de milho no ano de 2021, é de 105 milhões de toneladas, apresentando incremento de 2,9% em relação ao exercício anterior (CONAB, 2021).

Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o milho é cultivado no Brasil, em especial nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, em primeira e em segunda safra. Atualmente, o milho juntamente com a soja, contribui aproximadamente com 80% de toda a produção de grãos nacional. O milho tem prosperado como cultura comercial com a ocorrência nos últimos trinta anos de taxas de crescimento da produção de 3,0% ao ano e da área cultivada de 0,4% ao ano, tendo um aumento de 3,2% da área nacional cultivada no ano de 2020 especificamente (MAPA, 2020).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), as variações das condições ambientais encontradas nas diferentes regiões produtoras também devem ser consideradas fator limitante para obtenção de médias satisfatórias. Pode-se citar a diferença entre as médias de produção de regiões no Sul do país, que tem uma produtividade próxima à 6.000 kg ha⁻¹, enquanto a produtividade alagoense é de aproximadamente 1.600 kg ha⁻¹, essa variação pode ser atribuída às condições climáticas distintas.

O estado do Paraná, é o segundo maior produtor nacional de milho, e atingiu na safra de 2019/2020 os valores de aproximadamente 10.000 kg ha⁻¹, obtendo um total de 3.170,9 toneladas produzidas de primeira safra, em uma área cultivada de aproximadamente 350 mil hectares, enquanto o milho de segunda safra, com a produtividade de aproximadamente 5.000 kg ha⁻¹, em uma área cultivada de aproximadamente 2,3 milhões de hectares. Quando somadas as duas safras de

cultivo obteve um total próximo 15 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2021).

2.2 FENOLOGIA DA PLANTA DE MILHO

A fenologia das plantas tem inúmeras aplicações importantes na agricultura, sendo de extrema importância para assertividade das técnicas de manejo. Ela é definida como o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com o ambiente, sendo na agronomia uma ferramenta indispensável e de uso generalizado e aplicado. A caracterização dos eventos fenológicos permite identificar o desenvolvimento das plantas, estabelecendo as relações com as condições do ambiente e sob ambientes diferentes, e possibilita assim a avaliação e descrição precisas do impacto de fenômenos adversos (BERGAMASCHI, 2007).

Segundo Fancelli (2015), durante o ciclo do milho, que dura em média 100 a 160 dias, ocorrem as seguintes fases de desenvolvimento:

- a) O período de emergência: compreende desde a germinação até o momento em que a plântula emerge acima do solo;
- b) O crescimento vegetativo: engloba a emissão da primeira folha até os primórdios do florescimento;
- c) O florescimento: caracterizado pelo período de abertura da flor masculina até a fecundação da flor feminina;
- d) A frutificação: vai desde o momento da fecundação até o enchimento total de grãos;
- e) A fase de maturação: determinada desde o final da frutificação até a ocorrência da camada de abscisão ou “camada preta”, que é o ponto conhecido como maturidade fisiológica do grão.

O ciclo da cultura do milho é dividido entre os estádios de desenvolvimento vegetativo (V) e reprodutivo (R). As subdivisões dos estádios de desenvolvimento vegetativo são apresentadas como VE (emergência), V1, V2, V3 e V(n), no qual (n) representa o último estágio antes de VT (pendoamento). Durante a fase vegetativa, cada estágio foliar é definido a partir da folha de inserção mais alta cuja aurícula esteja visível (RITCHIE et al., 2003).

O estágio VE é caracterizado pela alongação do mesocótilo, o qual pressiona o coleótilo em crescimento para a faixa superficial do solo. Nos estádios

V3 até V5 o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta quase não possui colmo formado. Nesse estágio, a planta começa a definir o número de folhas e espigas que produzirá, portanto, o estabelecimento do número máximo potencial de grãos, assim a produção potencial está sendo definida nesse estágio. No estágio V5, tanto a fase inicial das folhas como das espigas estará completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

No estágio de desenvolvimento V6, a porção de crescimento e o pendão estão acima da superfície do solo e o colmo está iniciando a alongação (RITCHIE et al., 2003). Ao aproximar-se do estágio V10, a planta inicia um rápido e contínuo crescimento, com acúmulo de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Em V12, observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias e inicia-se o período mais significativo para a produção, e estendem-se até a polinização. O número de fileiras de grãos na espiga já foi definido, porém, a determinação do número de grãos por fileira só será definida próximo à uma semana antes do florescimento. Nos estádios de VT a R1, a planta de milho é mais sensível às intempéries do ambiente que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expandidas externamente (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Para Ritchie et al. (2003) os estádios reprodutivos são segmentados em R1 (florescimento), R2 (grão leitoso, até 14 dias após o florescimento), R3 (grão pastoso, até 22 dias após o florescimento), R4 (grão farináceo, até 28 dias após o florescimento), R5 (grão farináceo-duro, até 42 dias após o florescimento) e R6 (maturidade fisiológica, até 65 dias após o florescimento). Estes estádios reprodutivos dizem respeito ao desenvolvimento do grão e de suas partes.

2.3 EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

Por ser uma planta de origem tropical, o milho exige durante seu ciclo, calor e água disponível no solo para se desenvolver. Dessa forma a temperatura constitui-se em um dos fatores de produção mais importantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

O milho é uma cultura que tem como necessidade o acúmulo de energia térmica para cumprimento do seu desenvolvimento, chamada de unidades

térmicas e/ou graus-dia (GD), que correspondem a quantidade de graus Celsius de temperatura ocorrerem durante um dia e que efetivamente contribuíram de maneira positiva para o metabolismo do organismo considerado, sendo calculado a partir da diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal, que para a cultura do milho considera-se normalmente 10°C (BERGAMASCHI; MATZENAUER 2014).

Para a passagem de um estágio fenológico para o outro faz-se necessária uma soma térmica mínima, que relaciona os dias com as temperaturas, nomeada Constante Térmica (CT), que expressa a quantidade de energia que uma espécie vegetal necessita para atingir um determinado grau de maturidade. Durante o estágio vegetativo, ocorre o desenvolvimento da planta, sendo necessário acumular cerca de 1400 GDs, o que corresponde à cerca de 60 a 65 dias para completar essa fase. Durante os estádios reprodutivos, ocorre o desenvolvimento da espiga de milho, onde é necessário o acúmulo de aproximadamente outros 1.400 GDs, o que corresponde à outros 60 a 65 dias (MAHANNA, 2014).

Na cultura do milho durante a fase vegetativa ocorre a definição de potencial produtivo e dos componentes de rendimento, assim o fator temperatura é responsável por alterações na velocidade de crescimento e desenvolvimento de forma mais significativa dentro da cultura, pois afeta quase todos os processos fisiológicos da planta, sendo a faixa entre 25 e 30°C ideal para o desenvolvimento adequado (SANGOI et al., 2010a). Por ocasião do período de florescimento e maturação, as temperaturas médias diurnas do ar, quando superiores a 26°C podem acelerar o processo de florescimento e maturação, assim como temperaturas inferiores a 15,5°C podem retardá-las (FANCELLI; DOURADO, 1997).

Conhecer a temperatura do solo ideal para a germinação é importante para o planejamento de semeadura. Temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 42°C prejudicam o processo de germinação, enquanto àquelas situadas entre 25 a 30°C propiciam melhores condições para germinação e emergência. A disponibilidade hídrica durante as fases vegetativa e reprodutiva também é um fator crítico. A umidade do solo é necessária para que a germinação ocorra de forma eficaz e durante o período vegetativo a água torna-se importante de maneira crescente para o desenvolvimento do sistema radicular. As fases mais sensíveis para o déficit hídrico são a fase de florescimento e de enchimento de grãos, que são essenciais para o rendimento (BERGAMASCHI; MATZENAUER 2014).

O milho é uma cultura extremamente exigente em disponibilidade

hídrica, apesar da possibilidade de cultivo em diversos solos, há uma melhor resposta da cultura à solos bem estruturados que possibilitam a circulação da água e do ar, alta capacidade utilizável para a água e disponibilidade de nutrientes. O milho prefere solos de textura mediana e tolera pH entre 5 e 8, no entanto, solos de pH próximos de 5 podem apresentar teores de alumínio e ferro que são tóxicos para as plantas (BARROS; CALADO, 2014).

A radiação solar também é outro fator determinante para a cultura do milho, além de ser uma planta com metabolismo C4, possui elevada área foliar, o que favorece a alta eficiência em conversão de energia luminosa em energia química. Dessa forma, o período de floração deve coincidir com altas taxas de radiação solar e boa disponibilidade hídrica, visto que é o período com maior índice de área foliar durante o ciclo da cultura (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

O rendimento de grãos em cultivos de milho é função de inúmeros fatores e processos atuando concorrentemente, quais sejam: interceptação de luz pela cobertura vegetal da cultura, determinada pela região e época de cultivo, eficiência metabólica das plantas, determinada pelos estádios fenológicos da planta, arquitetura e arranjo espacial, eficiência da conversão de radiação em biomassa, influenciada pelo estado nutricional, hídrico e acúmulo de unidades térmicas e da participação de fotoassimilados. Sendo dependente do genótipo, condições bióticas e abióticas, e a eficiência da relação fonte-dreno que são função de condições ambientais (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

A maior rentabilidade da lavoura de milho geralmente é alcançada com manejo que resulta em altos rendimentos de grãos, e este é dependente da relação entre a produção biológica e a massa de grãos, portanto, faz-se necessário o estímulo da fotossíntese, através de fatores genéticos, ambientais e de manejo.

....

2.4 ARRANJO DE PLANTAS

Arranjo espacial de plantas é caracterizado por duas variáveis, sendo elas, densidade de plantas e espaçamento entre as plantas do estande. Estudos sobre arranjos espaciais proporcionam uma melhor configuração das plantas dentro do ambiente produtivo para que ocorra uma distribuição mais eficiente das plantas, permitindo a minimização da competição pelos elementos responsáveis

pela produção, além de proporcionar um maior controle de plantas daninhas e ajuste aos implementos agrícolas (BEZERRA et al., 2014).

Alterações vêm ocorrendo na indicação do arranjo de plantas de milho à medida que ocorrem alterações de ordem fisiológica, genética, bioquímica e anatômica, provenientes do melhoramento genético da cultura, de modo que as mudanças no arranjo de plantas afetam diretamente o rendimento de grãos (ALMEIDA, 2000). Dentre as possíveis formas de manipulação do arranjo entre as plantas, a que tem apresentado maior efeito sobre o rendimento de grãos é a densidade de semeadura, de modo que pequenas alterações na população podem interferir diretamente no resultado final (SILVA et al., 2006). Essa resposta está diretamente associada à falta de compensação eficiente da cultura do milho, que diferentemente de outras espécies da família das Poaceas, possui baixa capacidade de perfilhamento fértil, apresentando capacidade de expansão foliar limitada e baixa prolificidade (SANGOI et al., 2002).

2.4.1 Densidade de Plantas

Visando o aumento da eficiência da interceptação da radiação solar e conseqüentemente, da produtividade, uma estratégia é alterar a distância entre as linhas de semeadura ou alterar o ângulo foliar com diferentes arquiteturas de plantas (NUMMER FILHO; HENTSCHKE, 2006). Portanto, é imprescindível conhecer as características da variedade ou híbrido selecionado para o sucesso da lavoura, de modo que a adequação do arranjo de plantas interfere diretamente no rendimento da cultura (SANGOI et al., 2010b).

Essa estratégia se torna complexa, visto que não há uma única recomendação, sendo dependente de condições meteorológicas e condições de manejo (SANGOI; SILVA 2010). A recomendação da densidade de semeadura ideal é dependente do ciclo de desenvolvimento, estatura da planta, tamanho das folhas, área foliar, duração do período que antecede o fechamento do dossel e do sistema de manejo a ser utilizado. Esses fatores expressam que híbridos de ciclos curtos, com folhas eretas respondem com maior eficiência ao uso de densidades mais elevadas (GERMANO et al., 2007).

A escolha do espaçamento entres as linhas de semeadura e o número de plantas mais adequado por área são responsáveis por determinarem

melhor aproveitamento de fatores abióticos, como água, luz e nutrientes, para melhor expressão do potencial fenológico da cultura (PENARIOL et al., 2003).

O aumento do número de plantas por unidade de área é uma forma fácil e eficiente de aumentar a interceptação da radiação solar incidente. A densidade de plantas interfere não só na quantidade, mas também na qualidade de radiação a ser interceptada pelo dossel. Quando utilizada uma densidade de plantas caracterizada abaixo do ideal, ocorre o subaproveitamento da radiação solar, reduzindo o rendimento da cultura e elevando a competição com plantas daninhas (ANDRADE et al., 2000; MADDONI et al., 2001).

Para as cultivares modernas, com altura de plantas reduzida e arquitetura foliar ereta, a densidade recomendada varia de 50.000 a 70.000 plantas ha^{-1} ao utilizar um espaçamento entre as linhas de plantio de 0,70 a 0,80 metros. Enquanto para espaçamento reduzidos de 0,45 a 0,60 metros, a recomendação da densidade pode chegar até 90.000 plantas ha^{-1} (PIONEER, 2019).

Diversos estudos já foram realizados para avaliar as diferentes respostas da cultura do milho quando cultivado em diferentes arranjos espaciais. Sangoi et al. (2011) avaliaram o efeito das alterações no arranjo espacial de plantas de milho sobre área foliar, perfilhamento e produtividade da cultura, concluindo que a redução do espaçamento entre linhas de 1 m para 0,40 m foi capaz de elevar a interceptação da radiação solar, porém não foi constatada diferença significativa na produtividade.

Lana et al. (2009) e Gonçalves (2008) verificaram que a utilização de espaçamento reduzido (0,45 m) promoveu cerca de 9% de incremento na produtividade quando comparado à semeadura realizada com espaçamento convencional (0,90 m). E segundo Cox e Cherney (2001), o rendimento da cultura do milho foi superior em 7,5% quando utilizado o espaçamento reduzido em comparação ao espaçamento convencional. Os autores afirmaram que os produtores podem obter maior matéria seca no cultivo com espaçamento reduzido, com o gerenciamento de adubação nitrogenada semelhante à do espaçamento convencional.

2.4.2 Espaçamento Entre Linhas

Os fatores abióticos como água, luz e nutrientes são melhor aproveitados quando o número de plantas por área é adequado a escolha do espaçamento entre as linhas de semeadura, favorecendo a expressão do potencial fisiológico da cultura (PENARIOL et. al, 2003).

Há bastante tempo se estuda a adoção do espaçamento reduzido e a utilização de uma maior densidade de plantas na cultura do milho, sendo na atualidade nacional a prática mais utilizada pelos agricultores, principalmente no milho de segunda safra (KAPPES, 2010). Já fora constatado também que o espaçamento reduzido em 0,5 m tem sido preferível por proporcionar maior operacionalidade para os agricultores, favorecendo o cultivo de soja, milho e feijão sem que sejam necessárias alterações na mudança de cultivo pelas semeadoras (BALBINOT E FLECK, 2005).

Na cultura do milho, ao considerar a utilização dos híbridos mais modernos, que detêm características como menor altura de plantas e de inserção de espigas, maior potencial produtivo, menor angulação das folhas e menor número de folhas por planta e menor área foliar. Tais características minimizam a competição dentro do estande, favorecendo a utilização da prática de redução de espaçamento e aumento da densidade de plantas (ARGENTA et al., 2001; KAPPES, 2010).

Dentre as vantagens da utilização do espaçamento reduzido, pode-se citar o aumento da distância entre as plantas na linha, o que garante um arranjo mais equidistante dos indivíduos no estande, conseqüentemente reduzindo a competição por água, luz e nutrientes (PORTER et al., 1997).

Essa distribuição equidistante das plantas proporciona uma maior interceptação da radiação solar, e conseqüentemente, um aumento da área foliar exposta à radiação solar, o que pode garantir uma menor perda de água por evaporação do solo, mas também pode aumentar a taxa de transpiração das plantas, esse aumento pode ser compensado pela maximização da distribuição da fotossíntese nos indivíduos (NOVACEK, 2011).

O espaçamento reduzido gera uma maior uniformidade de semeadura, o que garante maior aproveitamento de solo pelo sistema radicular das plantas de milho, devido à maior precisão de espaçamento (MCGRATH et al. 2006).

Estudo realizado por Gonçalves (2008), analisou variáveis como

altura de plantas e inserção de espigas, resultou em um aumento próximo à 9% nas variáveis em espaçamentos de 0,45m e 0,68m em comparação com o espaçamento de 0,90 m. Alvarez et. al, (2006) compararam o comportamento de dois híbridos de milho com arquiteturas foliares contrastantes, com os espaçamentos 0,70 m e 0,90 m entre linhas e densidades populacionais de 55.000 e 75.000 plantas ha⁻¹, em dois anos agrícolas e constatou um incremento na estatura das plantas com a redução do espaçamento. Entretanto, um estudo realizado por Demetrio (2008), submeteu dois híbridos simples à três espaçamentos entre linhas 0,40, 0,60 e 0,80 m em quatro densidades populacionais 30, 50, 70 e 90.000 plantas ha⁻¹, e observou que mesmo sem alterações significativas na altura de inserção da primeira espiga, a produtividade de grãos obteve um incremento com a redução do espaçamento.

2.4.3 Sistema Twin-Row Ou Linhas Duplas

Uma alternativa para o incremento no rendimento dos grãos de milho é o sistema de plantio Twin-Row ou linhas duplas, que consiste em uma forma de distribuição das plantas, buscando aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas e aumentar a produtividade (KARLEN et al., 1987). Essa prática possibilita um arranjo de plantas mais equidistantes, favorecendo um melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, otimizando a adaptação das culturas ao ambiente de cultivo (BALEM, 2013).

A semeadura em fileira dupla é uma alternativa muito utilizada nos Estados Unidos, podendo favorecer a alta incidência de luz e agroquímicos no dossel, incrementando a taxa fotossintética, longevidade das folhas próximas à superfície do solo, e a sanidade das plantas, possibilitando uma maximização da produtividade de grãos (BRUNS, 2011).

Cox et al. (2006) constataram que o espaçamento entre as linhas, sendo convencional ou em linhas duplas, não apresentou diferença significativa na altura média das plantas. Porém observaram que o rendimento de grãos em linhas duplas foi superior quando comparado ao rendimento de grãos proveniente do arranjo de plantas convencional. Os autores justificaram as respostas devido ao fechamento mais rápido do dossel, possibilitando maior eficiência no aproveitamento da radiação solar incidente, e conseqüentemente, no aumento da qualidade de fotoassimilados acumulados.

Flint (2010) ao comparar o espaçamento de linhas duplas com o convencional em Minnesota e Kansas, observou um significativo incremento na produtividade da cultura do milho com a utilização do espaçamento de linhas duplas, apresentando resultados mais expressivos quando combinado às densidades superiores à 85.000 plantas ha⁻¹.

Brian (2010) obteve como resultado na Virginia e Virginia Ocidental, um incremento de 12,5% no rendimento de grãos com o cultivo em sistema de linhas duplas, em comparação ao cultivo em sistema convencional. Tendo consistência dos resultados em duas safras, concluiu que o arranjo de plantas em linhas duplas proporcionou maiores rendimentos uma vez que favoreceu a eficiência no desenvolvimento mais rápido do dossel e proporcionou melhor aproveitamento no uso da água.

Enquanto Schimitt (2014) ao avaliar a redução do espaçamento e o cultivo em linhas duplas na cultura do milho no estado de Santa Catarina, concluiu que a utilização do arranjo espacial em linhas duplas não apresentou diferença significativa na produtividade dos grãos, afirmando que o incremento da densidade populacional é mais eficiente para esta variável do que a redução no espaçamento entre as linhas de plantio.

3 ARTIGO: DESEMPENHO PRODUTIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS CULTIVADOS EM SEGUNDA SAFRA

3.1 RESUMO

O ajuste do arranjo de plantas de milho, por meio da utilização do espaçamento fileira dupla (Twin Rows) em sistemas de cultivo adensado, pode favorecer a interceptação da radiação solar pelo dossel e, conseqüentemente, o desempenho produtivo da lavoura. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito do espaçamento fileira dupla associado ao adensamento de plantas sobre o crescimento, componentes de rendimento e produtividade de grãos de híbridos de milho cultivados em segunda safra. Os experimentos foram conduzidos na segunda safra dos anos 2019 e 2020, em Londrina-PR, com os híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3, sob delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos (reduzido - 0,45 m e fileira dupla - 0,30 m entre linhas simples e 0,60 m entre linhas duplas) e as subparcelas por quatro densidades de plantas (60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹). Foram avaliadas: altura de plantas, altura de inserção de espigas, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de fileiras de grãos por espigas, número de grãos por fileira, comprimento de espiga, diâmetro de sabugo, massa de cem grãos e produtividade estimada. Os dados experimentais foram primeiramente analisados pelos testes de normalidade e homogeneidade, e submetidos a análise de variância, quando constatada diferença, os tratamentos foram comparados pelo teste F para espaçamentos e por regressão até segundo grau para as densidades populacionais, todos com significância de 5%. O índice de área foliar apresenta incremento com o aumento da densidade populacional. Algumas variáveis analisadas apresentam efeito significativo com a utilização dos diferentes espaçamentos e densidades populacionais, mas não apresentam um padrão. Quando constatado efeito em relação aos espaçamentos, a utilização do espaçamento reduzido apresenta médias superiores nas variáveis em relação ao espaçamento duplo. A produtividade dos híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3 não foi afetada significativamente pela utilização dos espaçamentos, nas diferentes densidades populacionais.

Palavras-chave: Arranjo Populacional, Sistema Twin Rows, *Zea mays* L.

3.2 ABSTRACT

Adjusting the arrangement of corn plants, with the use of double row spacing (Twin Rows) in dense cropping systems, can increase the interception of solar radiation by the plant stand and, consequently, the productive performance of the crop. The objective of this work was to evaluate the effect of double row spacing associated with plant densification on growth, yield components and grain yield of corn hybrids cultivated in second crop. The experiments were carried out in the second harvest of the years 2019 and 2020, in Londrina-PR, with the hybrids LG 36790 and SUPREMO VIPTERA 3, under a randomized block experimental design with split plots, with four replications. The plots consisted of two spacings (reduced - 0.45 m and double row - 0.30 m between single lines and 0.60 m between double lines) and the subplots by four plant densities (60, 70, 80 and 90,000 plants ha⁻¹). The following were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index, number of grain rows per ear, number of grains per row, ear length, cob diameter, mass of one hundred grains and yield estimated. Experimental data were first analyzed by normality and homogeneity tests and subjected to analysis of variance. When differences were found, treatments were compared by F test for spacing and by regression to second degree for population densities, all with a significance of 5%. The leaf area index increases with increasing population density. Some analyzed variables have a significant effect with the use of different spacing and population densities, but they do not show a pattern. When an effect is found in relation to spacing, the use of reduced spacing has higher averages in the variables in relation to double spacing. The productivity of hybrids LG 36790 and SUPREMO VIPTERA 3 was not significantly affected by the use of spacing, in different population densities.

Keywords: Population Arrangement, Twin Rows System, *Zea mays* L.

3.3 INTRODUÇÃO

Embora o efeito ambiental tenha elevada influência sobre o rendimento da cultura do milho, as técnicas de manejo são capazes de alterações microclimáticas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas em suas plantas. É de extrema importância a seleção de cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas de cada ambiente de cultivo visando atingir o máximo potencial produtivo, sendo essencial a incorporação de práticas de manejo que auxiliem no alcance deste objetivo, como o ajuste do arranjo de plantas.

O rendimento de grãos em cultivos de milho é proveniente de inúmeros fatores e processos atuando concomitantemente, entre eles: interceptação de luz pela cobertura vegetal da cultura, determinada pela região e época de cultivo; eficiência metabólica das plantas, determinada pelos estádios fenológicos da planta, arquitetura e arranjo espacial; eficiência da conversão de radiação em biomassa, influenciada pelo estado nutricional, hídrico e acúmulo de unidades térmicas; e pela participação de fotoassimilados. Sendo dependente do genótipo e condições bióticas e abióticas (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Arranjo espacial de plantas é caracterizado por duas variáveis, sendo elas, densidade de plantas e espaçamento entre as plantas do estande. Estudos sobre arranjos espaciais proporcionam uma melhor configuração das plantas dentro do ambiente produtivo para que ocorra uma distribuição mais eficiente das plantas, permitindo a minimização da competição pelos elementos responsáveis pela produção, além de proporcionar um maior controle de plantas daninhas e ajuste aos implementos agrícolas (BEZERRA et al., 2014).

Dentre as possíveis formas de manipulação do arranjo entre as plantas, a que tem apresentado maior efeito sobre o rendimento de grãos é a densidade de plantas de modo que pequenas alterações na quantidade de plantas podem interferir diretamente na produtividade (SILVA et al., 2006). Essa resposta está diretamente associada à falta de compensação eficiente da cultura do milho, que diferentemente de outras espécies da família das Poáceas, possui baixa capacidade de perfilhamento fértil, apresentando capacidade de expansão foliar limitada e baixa prolificidade (SANGOI et al., 2002).

Visando o aumento da eficiência da interceptação da radiação solar,

e conseqüentemente, da produtividade, uma estratégia é alterar a distância entre as linhas de semeadura ou alterar o ângulo foliar com diferentes arquiteturas de plantas (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006). Uma opção que tem sido adotada é a utilização do espaçamento reduzido, que gera uma maior uniformidade de plantio, o que garante maior aproveitamento de solo pelo sistema radicular das plantas de milho, devido à maior precisão de espaçamento, o que diminui a competição entre as plantas por água e nutrientes (MCGRATH et al. 2006).

Uma alternativa para o incremento no rendimento dos grãos de milho é o sistema de plantio Twin-Row ou linhas duplas, recomendado para o sistema de cultivo adensado de plantas, que consiste em uma forma de distribuição das plantas, buscando aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas e aumentar a produtividade (KARLEN et al., 1987). Essa prática possibilita um arranjo de plantas mais equidistantes e favorece um melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, otimizando a adaptação das culturas ao ambiente de cultivo (BALEM, 2013).

A semeadura em fileira dupla é uma alternativa muito utilizada nos Estados Unidos, que pode favorecer a alta incidência de luz e agroquímicos no dossel, incrementar a taxa fotossintética, longevidade das folhas próximas à superfície do solo, e a sanidade das plantas, e assim possibilitar uma maximização da produtividade de grãos (BRUNS, 2011).

A escolha do espaçamento entre as linhas de semeadura e o número de plantas mais adequado por área são responsáveis por determinarem melhor aproveitamento de fatores abióticos, como água, luz e nutrientes, para melhor expressão do potencial fisiológico da cultura (PENARIOL et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características fitométricas, os componentes de rendimento e a produtividade de dois híbridos de milho, com arquitetura de plantas contrastantes, cultivados em segunda safra, em resposta à utilização de espaçamento reduzido (0,45 m) e em linhas duplas (0,30 m/0,60 m), com diferentes densidades populacionais (60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹).

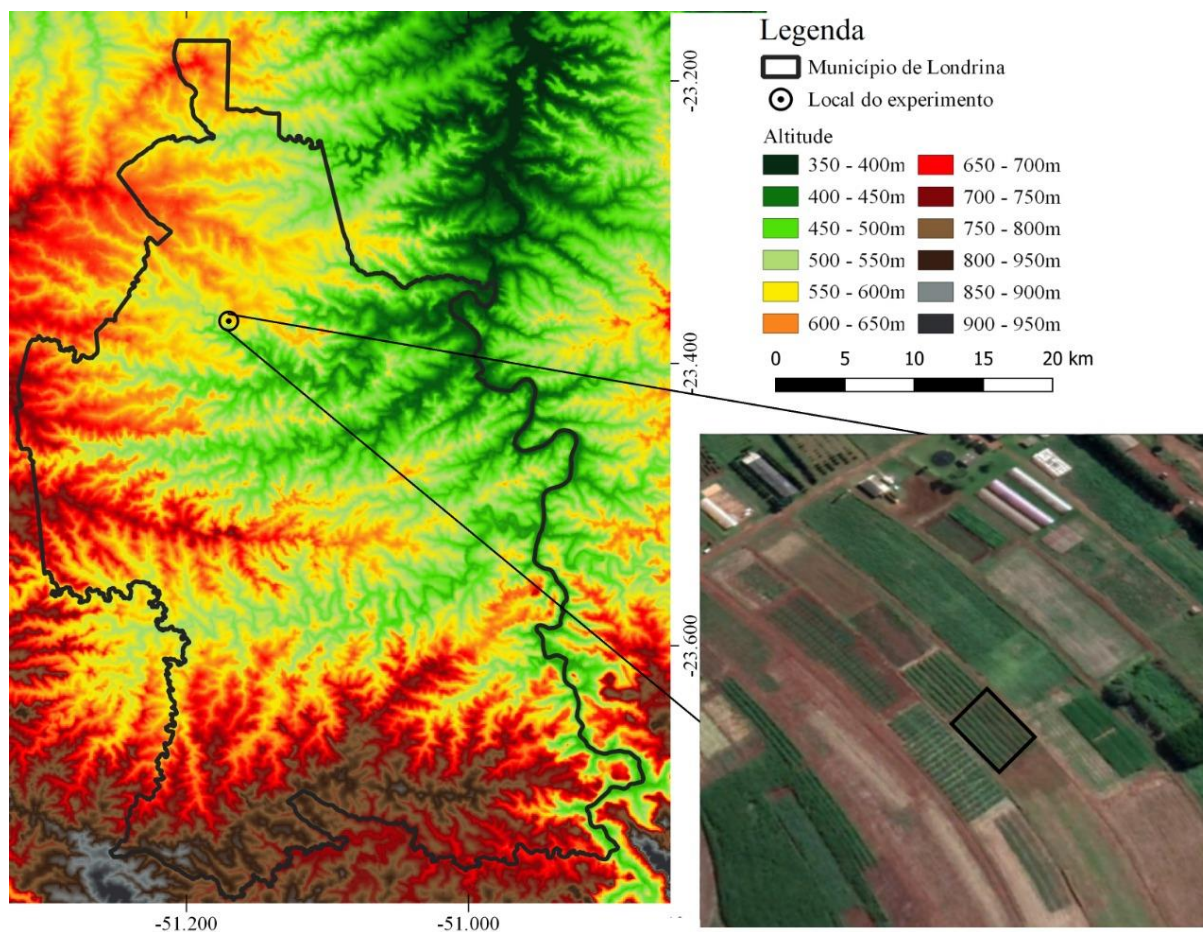
3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Caracterização da Área Experimental

Os experimentos foram conduzidos na segunda safra dos anos 2019 e 2020, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada sob as coordenadas 23° 20' 23" S, 51° 12' 48" O e 566 m de altitude, no município de Londrina-PR (Figura 1).

O clima da região é classificado como Cfa – Subtropical úmido, pela classificação de Köppen, com precipitação anual de 1.600 mm, sendo o verão a estação mais chuvosa com 524 mm e o inverno a mais seca com acumulado de 200 mm. A temperatura média anual é de 21,1°C, médias das máximas de 27,3°C e média das mínimas de 16,1°C (NITSCHKE et al., 2019).

Figura 1. Relevo da região e localização da área experimental



O solo da área experimental foi caracterizado como latossolo vermelho Eutroférico (LVe) (EMBRAPA SOLOS, 2013) com características físicas de 65% de argila, 25% de silte e 10% de areia e relevo suave ondulado/plano.

A análise química de solo da área foi realizada previamente à implantação do experimento na profundidade de zero até 20 centímetros e apresentou os valores registrados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de solos referente à área experimental. Londrina – Pr.

pH CaCl ₂	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	(H+Al)	H ⁺	P	CTC pH 7,0	CTC Efetiva	V%
cmol _c /dm ³						mg/dm ³		cmol _c /dm ³			
5,33	5,94	6,03	1,62	0,74	0,02	4,93	4,93	11,8	13,34	8,41	63,04

3.4.2 Delineamento Experimental

Foram realizados dois experimentos, um com um híbrido de arquitetura de folhas tradicional, e outro com um híbrido de arquitetura de folhas eretas, sobre todos os tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois espaçamentos (reduzido - 0,45 m e duplo - 0,3 m entre linhas simples x 0,6 m entre linhas duplas) e as subparcelas foram constituídas por quatro densidades populacionais (60, 70, 80 e 90.000 plantas ha⁻¹).

As sementeiras das segundas safras dos anos 2019 e 2020 ocorreram no dia 15 e 14 de março, respectivamente. As linhas espaçadas de 0,45 m foram semeadas com o auxílio de uma semeadora da marca Vence Tudo, realizando as parcelas experimentais compostas por seis linhas de cinco metros. As linhas duplas foram obtidas por meio da mesma semeadora, no espaçamento de 0,90 m, posteriormente foram abertos sulcos manualmente, com o auxílio de uma picareta, espaçados com 0,30 m de distância, paralelamente à linhas de 0,90 m com assistência de barbante e estacas.

Cada parcela foi composta por 15 m², com as dimensões de cinco metros de comprimento por três metros de largura, com seis linhas de plantio. A área útil de cada parcela foram as duas linhas centrais, descontando um metro de cada

lado das extremidades.

As parcelas foram semeadas na maior população desejada (90.000 plantas ha⁻¹), para posterior desbaste por meio de raleio manual das plantas no estágio V4 da cultura, para adequação da densidade populacional estabelecida para cada parcela.

A adubação inicial utilizada foi de 200 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15. No estágio de desenvolvimento V5 foi realizada a adubação de cobertura manualmente, com Sulfato de Amônio (21% N), equivalente à 150 kg de N por hectare, sendo a quantidade determinada equivalente para cada parcela experimental.

O manejo de pragas e plantas invasoras foi realizado conforme necessidade durante o desenvolvimento da cultura. Com aplicação de fungicida Orkestra® (Piraclostrobina - 333 g L⁻¹; Fluxapiraxade 167 g L⁻¹) na dose de 300 ml ha⁻¹, no estágio de desenvolvimento V8, com auxílio de pulverizador costal elétrico com bateria recarregável, da marca Yamaho, com capacidade de vinte e cinco litros e regulado com vazão de 250 L ha⁻¹, equipado com barra de pulverização de quatro pontas.

A colheita da segunda safra de 2019 foi realizada no dia 16 de agosto, enquanto a segunda safra de 2020 precisou ser dividida em duas épocas de colheita, uma realizada no dia 13 de agosto, para o material de arquitetura foliar tradicional, e dia 01 de setembro para material de arquitetura foliar ereta.

3.4.3 Avaliações

As avaliações iniciaram após o florescimento da cultura, quando foram tomadas dez plantas ao acaso dentro da área útil das subparcelas e avaliadas a altura de plantas (ALT. P.) e de inserção de espigas (ALT. INS.) em centímetros, realizadas por meio da aferição da distância entre a superfície do solo e base do pendão e da espiga principal, respectivamente. As mesmas dez plantas foram utilizadas para avaliação do diâmetro de colmo (DC) em milímetros, aferido com auxílio de paquímetro no terço mediano do segundo internódio, a partir da base da planta.

Foi determinado no estágio VT o índice de área foliar (IAF), expresso em m² de folha por m² de superfície de solo, estimado com base na aferição do comprimento total (C) e largura do terço médio (L) das folhas fotossinteticamente ativas de dez plantas na área útil de cada parcela. Os dados foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis (1969), onde, e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas (em metros) na linha de semeadura e entre as linhas, respectivamente

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

Após o término do ciclo da cultura do milho foram colhidas às espigas da área útil das parcelas sendo estas contadas, foi determinado o número de espigas por planta (NEP). Foram separadas aleatoriamente dez espigas de cada parcela, onde foram avaliadas as características de comprimento da espiga (CP. ESP.), por meio da aferição do comprimento das fileiras de grãos com auxílio de trena graduada, número de fileiras de grãos por espiga (N. FIL.) e número de grãos por fileira (N.G.F.), por meio de simples contagem. Também foram determinados os diâmetros de espiga (D. ESP.) e de sabugo (D.S.) com auxílio de paquímetro no terço médio de todas as espigas e os valores expressos em milímetros.

Posteriormente à debulha das espigas da área útil, foram aferidas a massa de cem grãos (M. 100) e a produtividade de grãos (PROD). A massa de mil grãos foi determinada conforme metodologia proposta por Brasil (2009) realizando-se a pesagem em balança de precisão, de duas repetições de 100 grãos por

unidade experimental, para se obter a média da variável. A produtividade foi obtida através da pesagem dos grãos produzidos na área útil da parcela, com resultados expressos em kg ha^{-1} , ambas com massas corrigidas para 13% de umidade e por fim estabelecendo o valor correspondente à produtividade da área útil.

Os dados experimentais foram primeiramente analisados pelo teste de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade (Bartlett), os mesmos foram submetidos a análise de variância e se constatada diferença, os espaçamentos foram comparados pelo teste F e as populações por regressão até segundo grau, todos com significância de 5%.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância, observou-se efeito significativo ao avaliar o espaçamento para as variáveis DC, CP.ESP., N.G.F., e M100 para o híbrido LG36790 na segunda safra de 2019. A variável IAF, também apresentou efeito significativo nas diferentes densidades de plantas utilizadas (Tabela 2).

O diâmetro de colmo apresentou diferença significativa entre os espaçamentos utilizados, apresenta valores superiores com a utilização do espaçamento reduzido em relação ao espaçamento duplo, com as médias de 17,585 mm e 16,3156 mm, respectivamente. Essa diferença pode ser associada à utilização do espaçamento em linhas duplas reduzir a distância entre as plantas, o que causa uma elevação da competição dos indivíduos por alguns recursos responsáveis por alterações no metabolismo, como água, luz e nutrientes. Resultados esses que corroboram com os encontrados por Balem et al. (2013) e Dias (2017).

Alterações nas características fitométricas das plantas estão diretamente relacionadas ao ambiente de produção que elas são submetidas. Plantas cultivadas em maiores densidades populacionais tendem a sofrer uma maior competição intra-específica, o que possibilita alterações no metabolismo da planta, o que, conseqüentemente, pode promover o crescimento em altura para uma melhor captação de energia luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2013) e conseqüente diminuição no diâmetro do colmo.

Graffitti (2020), também obteve baixa interferência nas variáveis diâmetro de colmo, altura de plantas e altura de inserção de espigas, resultado que pode ser corroborado com os resultados de Skonieski et al (2014), que avaliaram a utilização de espaçamentos de 0,40, 0,60, e 0,80 m entre as linhas de semeadura e não observaram diferenças significativas para essas variáveis.

Para o híbrido LG 36790 na segunda safra do ano de 2019 não foi constatado efeito significativo para as variáveis altura de plantas e altura de inserção de espigas. Molin et al. (2009) demonstraram em um estudo realizado com três densidades de semeadura, três densidades de plantas e nove genótipos, que apenas alguns híbridos apresentaram efeito para essas variáveis. Os autores apontam que essas respostas estão relacionadas ao genótipo utilizado e suas interações com o ambiente.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, Híbrido LG 36790, em função do espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades de plantas, Londrina-PR, 2019.

HÍBRIDO LG 36790 - 2019													
FV	GL	ALT.P	ALT. INS.	DC	IAF	CP. ESP.	D. ESP.	N. FIL.	N. G. F.	D. S.	M. 100 (g)	P. TOTAL kg	PROD
REP.	3	2211,57	489,03	2,34	211590,51	3,42	8,52	1,48	10,31	1,18	26,83	0,79	0,060
ESP.	1	921,28	659,75	12.89*	138702,49	14.72*	7,39	0,91	60.5*	0,10	49.20**	1,36	0,995
ERRO 1	3	364,40	124,74	0,99	237099,87	0,98	1,94	0,13	3,53	3,72	1,42	0,18	0,144
POP.	3	79,75	22,68	1,70	1532022,5**	1,04	2,67	1,11	6,35	1,81	19,55	0,26	0,211
ESP.*POP.	3	69,16	42,36	1,08	89529,89	0,57	1,83	0,33	0,98	0,80	2,86	0,13	0,116
ERRO 2	18	64,12	55,79	1,56	89884,64	1,20	1,55	0,38	11,17	0,87	7,10	0,10	0,079
CV 1		9,79	13,64	5,87	17,44	6,26	3,04	2,24	6,57	6,44	4,38	25,02	24,200
CV 2		4,11	9,12	7,37	10,74	6,93	2,72	3,85	11,68	3,11	9,79	18,14	17,870

* significativo à 5% de probabilidade; ** significativo à 1% de probabilidade; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Altura de plantas (ALT.P.); Altura de inserção de espiga (ALT. INS.); Diâmetro de colmo (DC); Índice de área foliar (IAF); Comprimento de espiga (CP. ESP.); Diâmetro de espiga (D. ESP.); Número de fileiras por espiga (N. FIL.); Número de grãos por fileira (N. G. F.); Diâmetro de sabugo (D. S.); Massa de 100 grãos (M.100); Peso total da área útil da parcela (P. TOTAL); Produtividade (PROD.); Repetições (REP.); Espaçamento (ESP.); Erro da parcela (ERRO 1); População (POP.); Interação Espaçamento x População (ESP.*POP.); Erro da subparcelas (ERRO 2).

Fonte: o próprio autor.

Apesar de algumas variáveis que compõem o rendimento da cultura apresentarem efeito significativo em relação aos espaçamentos utilizados, não foi constatado efeito significativo na produtividade da cultura a 5% de significância (Tabela 2).

O comprimento de espiga apresentou valores superiores com a utilização do espaçamento reduzido em relação ao espaçamento duplo, com as médias 15,1125 cm e 16,4687 cm, respectivamente.

Apresentou efeito significativo para a variável espaçamento, para as avaliações de número de grãos por fileira, com médias de 27,2375 com a utilização do espaçamento duplo e 29,9875 para o espaçamento reduzido.

Para a análise de massa de 100 grãos, também foi constatado efeito significativo para a variável espaçamento, com média superior para o uso do espaçamento reduzido (28,4465g) em relação ao espaçamento duplo (25,9656g).

Resultados semelhantes foram obtidos por Jeschke (2010), que comparou a produtividade com o cultivo em linhas gêmeas e o cultivo com um arranjo normal de 76 cm nos EUA, em 179 experimentos em ambientes referidos como de alta produtividade e não apresentou diferenças significativas entre os espaçamentos utilizados.

As médias que apresentaram efeito significativo observadas com a utilização do espaçamento reduzido foram superiores às médias observadas com a utilização do espaçamento duplo. Tal efeito pode estar associado ao aumento da competição entre as plantas proveniente da proximidade das mesmas e às interações do híbrido LG 36790 com as condições ambientais da segunda safra do ano de 2019.

Conforme análise de variância (Tabela 3), pode-se observar que a variável IAF apresentou efeito significativo para as diferentes densidades de plantas utilizadas no cultivo do híbrido SUPREMO VIPTERA 3 na segunda safra do ano de 2019.

As avaliações realizadas com o cultivo do híbrido LG 36790, na segunda safra do ano de 2020, (Tabela 4) apresentaram efeito significativo para ALT. INS. E IAF para as diferentes populações analisadas.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas ereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 2019.

SUPREMO VIPTERA 3 - 2019													
FV	GL	ALT.P	ALT. INS.	DC	IAF	CP. ESP.	D. ESP.	N. FIL.	N. G. F.	D. S	M. 100 (g)	P. TOTAL kg	PROD
REP.	3	336,32	229,62	2,46	381237,43	9,78	18,58	0,39	16,15	13,42	3,80	0,20	0,164
ESP.	1	1,76	32,20	7,51	18936,04	1,49	1,22	0,00	0,04	0,90	9,66	0,02	0,024
ERRO 1	3	674,40	295,44	5,31	93535,58	2,38	0,91	0,10	0,93	1,87	2,19	0,10	0,059
POP.	3	93,98	44,59	0,08	1008664,8**	1,31	0,94	0,42	1,57	3,49	0,88	0,01	0,011
ESP.*POP.	3	34,37	9,27	0,96	167454,10	0,47	1,44	0,27	0,85	1,56	1,24	0,02	0,024
ERRO 2	18	107,46	44,82	2,82	65990,81	1,46	2,77	0,16	3,13	3,62	6,13	0,07	0,050
CV 1		13,09	20,26	12,45	11,67	10,39	2,21	2,06	3,27	4,88	6,88	21,36	18,330
CV 2		5,22	7,89	9,08	9,80	8,15	3,86	2,56	5,99	6,80	11,52	17,77	16,890

Legenda: * significativo à 5% de probabilidade; ** significativo à 1% de probabilidade; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Altura de plantas (ALT.P.); Altura de inserção de espiga (ALT. INS.); Diâmetro de colmo (DC); Índice de área foliar (IAF); Comprimento de espiga (CP. ESP.); Diâmetro de espiga (D. ESP.); Número de fileiras por espiga (N. FIL.); Número de grãos por fileira (N. G. F.); Diâmetro de sabugo (D. S.); Massa de 100 grãos (M.100); Peso total da área útil da parcela (P. TOTAL); Produtividade (PROD.); Repetições (REP); Espaçamento (ESP.); Erro da parcela (ERRO 1); Populações (POP.); Interação Espaçamento x População (ESP.*POP.); Erro da subparcelas (ERRO 2).

Fonte: o próprio autor

Tabela 4 - Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas semiereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 2020.

HÍBRIDO LG 36790 - 2020

FV	GL	ALT.P	ALT. INS.	DC	IAF	CP. ESP.	D. ESP.	N. FIL.	N. G. F.	D. S	M. 100 (G)	P. TOTAL kg	PROD
REP.	3	434,54	132,23	0,61	70169,26	0,43	4,55	0,13	1,22	4,91	12,59	1,01	0,610
ESP.	1	1,58	16,25	0,09	6451,34	1,47	3,08	2,00	0.8778*	0,34	29,86	1,15	0,682
ERRO 1	3	85,49	54,73	19,34	10913,91	0,26	1,18	0,86	0,03	2,65	7,95	0,06	0,025
POP.	3	120,17	70.30*	4,05	1526545,3**	1,16	0,62	0,44	3,99	0,78	6,44	0,10	0,057
ESP.*POP.	3	9,56	1,94	5,82	64720,22	0,95	1,91	0,14	1,78	1,05	58,44	0,16	0,010
ERRO 2	18	42,13	16,42	2,78	46512,10	0,85	2,13	0,28	3,32	0,42	22,41	0,12	0,082
CV 1		4,64	8,24	24,09	3,81	3,38	2,26	5,46	0,72	5,74	7,90	11,39	9,120
CV 2		3,26	4,51	9,13	7,86	6,12	3,04	3,13	7,45	2,29	13,27	16,33	16,700

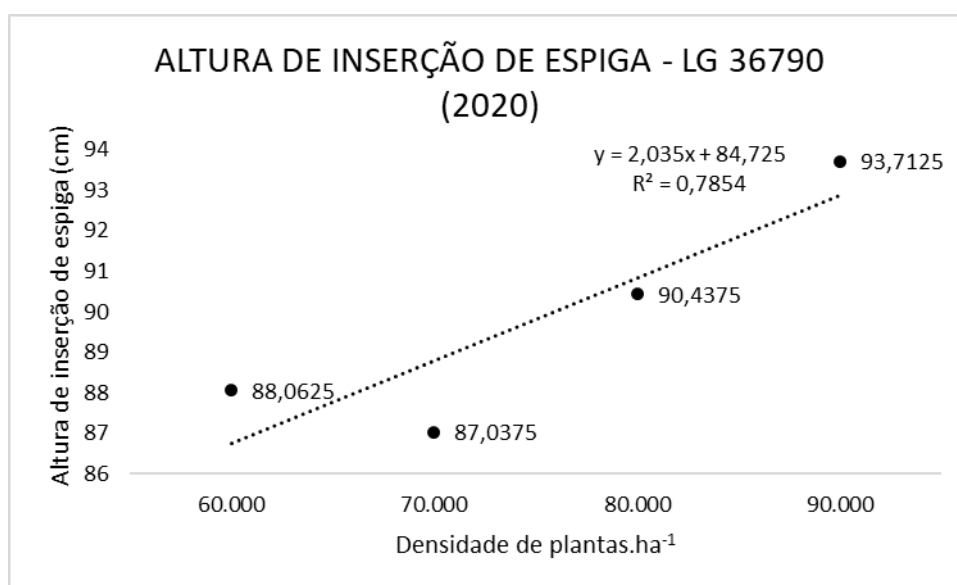
Legenda: * significativo à 5% de probabilidade; ** significativo à 1% de probabilidade; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Altura de plantas (ALT.P.); Altura de inserção de espiga (ALT. INS.); Diâmetro de colmo (DC); Índice de área foliar (IAF); Comprimento de espiga (CP. ESP.); Diâmetro de espiga (D. ESP.); Número de fileiras por espiga (N. FIL.); Número de grãos por fileira (N. G. F.); Diâmetro de sabugo (D. S.); Massa de 100 grãos (M.100); Peso total da área útil da parcela (P. TOTAL); Produtividade (PROD.); Repetições (REP); Espaçamento (ESP.); Erro da parcela (ERRO 1); Populações (POP.); Interação Espaçamento x População (ESP.*POP.); Erro da subparcelas (ERRO 2).

Fonte: o próprio autor.

O híbrido LG 36790, na segunda safra de 2020 apresentou efeito significativo para a variável espaçamento, para as avaliações de número de grãos por fileira, com médias de 24,2937 com a utilização do espaçamento duplo e 24,625 para o espaçamento reduzido. O efeito encontrado na variável N.G.F. pode ser proveniente da interação do genótipo com o ambiente e das alterações no espaçamento entre as linhas, que por um aumento da competição entre elas pode alterar o metabolismo. A variável apresentou resultado superior nas médias com a utilização do espaçamento reduzido em relação ao espaçamento duplo, mas não fora constatado efeito significativo na produtividade entre os tratamentos.

Ao avaliar a altura de inserção de espiga, obteve-se efeito significativo para a variável densidade de plantas (Figura 2). Tal resultado corrobora com os obtidos por Penariol et, al. (2003), que também observaram um aumento da altura de inserção de espigas, proporcionado pelo aumento da altura de plantas. Os autores concluíram que esse maior crescimento em altura é proveniente do aumento da competição por luz que ocorre com o aumento da densidade de plantas.

Figura 2 - Altura de inserção de espiga em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2020.



A análise de variância para o cultivo do híbrido SUPREMO VIPTERA 3 na segunda safra de 2020 (Tabela 5), aponta efeito significativo para a interação entre os espaçamentos utilizados e as diferentes densidades populacionais, todavia não foi possível ajustar um modelo de regressão adequado para os valores obtidos.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância referente às avaliações realizadas na cultura do milho, em híbrido com arquitetura de plantas ereta, sob espaçamento reduzido e em linhas duplas com diferentes densidades populacionais. Londrina-PR, 2020.

SUPREMO VIPTERA 3 - 2020													
FV	GL	ALT.P	ALT. INS.	DIAM	IAF	CP. ESP.	D. ESP.	N. FIL.	N. G. F.	D. S	M. 100 (G)	P. TOTAL kg	PROD
REP.	3	556,06	587,83	1,51	186776,44	0,32	4,50	0,42	4,05	3,92	5,31	0,20	0,176
ESP.	1	14,85	0,14	8,70	97,44	1,67	0,94	0,08	1,49	1,53	0,01	0,03	0,010
ERRO 1	3	217,98	48,53	2,17	231618,46	0,47	14,60	0,22	3,38	7,70	2,17	0,04	0,092
POP.	3	2,59	5,23	0,30	776143,9**	0,57	0,30	0,28	3,84	0,89	11,53	0,04	0,033
ESP.*POP.	3	52,02	46,96	2,08	16029,83	0,35	1,15	0.7966*	0,15	0,66	7,74	0,12	0,086
ERRO 2	18	73,65	19,02	2,21	59895,11	0,34	3,38	0,21	1,87	0,93	8,40	0,05	0,039
CV 1		8,21	8,16	7,11	22,62	5,42	8,67	3,00	7,76	10,55	4,98	9,46	7,790
CV 2		4,77	5,11	7,18	11,50	4,62	4,17	2,95	5,77	3,67	9,80	11,54	11,090

Legenda: * significativo à 5% de probabilidade; ** significativo à 1% de probabilidade; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV); Altura de plantas (ALT.P.); Altura de inserção de espiga (ALT. INS.); Diâmetro de colmo (DIÂMETRO); Índice de área foliar (IAF); Comprimento de espiga (CP. ESP.); Diâmetro de espiga (D. ESP.); Número de fileiras por espiga (N. FIL.); Número de grãos por fileira (N. G. F.); Diâmetro de sabugo (D. S.); Massa de 100 grãos (M.100); Peso total da área útil da parcela (P. TOTAL); Produtividade (PROD.); Repetições (REP); Espaçamento (ESP.); Erro da parcela (ERRO 1); Populações (POP.); Interação Espaçamento x População (ESP.*POP.); Erro da subparcelas (ERRO 2).

Fonte: o próprio autor.

Pode-se observar também um efeito significativo para a variável IAF na utilização das diferentes densidades populacionais no cultivo do híbrido SUPREMO VIPTERA 3 na segunda safra do ano de 2020 (Tabela 5).

Conforme análise de variância (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5) foi constatado efeito significativo para índice de área foliar quando analisada a variável população em ambos os híbridos nos 2 anos de experimentação. O fator densidade de plantas influenciou significativamente o índice de área foliar de ambos os híbridos, em ambos os espaçamentos, em ambos os anos de experimentação, não apresentando interação específica entre o aumento de populações e a utilização do espaçamento em linhas duplas, ou reduzido.

O aumento da densidade de plantas elevou o índice de área foliar. Segundo Piana et al., (2008), um dos problemas mais relevantes provenientes da utilização de baixas populações na cultura do milho é a redução da interceptação da radiação solar, por ser uma cultura de baixo perfilhamento e baixo incremento no número e no tamanho das folhas dos indivíduos (Madonni et al., 2001)

Ao analisar as Figuras referentes ao índice de área foliar (Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6) constata-se interação com o incremento da densidade populacional, dessa forma, ao adicionar mais indivíduos por área, maior foi o número de folhas constatado, mas tal efeito não apresentou diferença significativa em relação à produtividade de cada híbrido em ambos os anos de cultivo.

Figura 3 - Índice de área foliar em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2019.

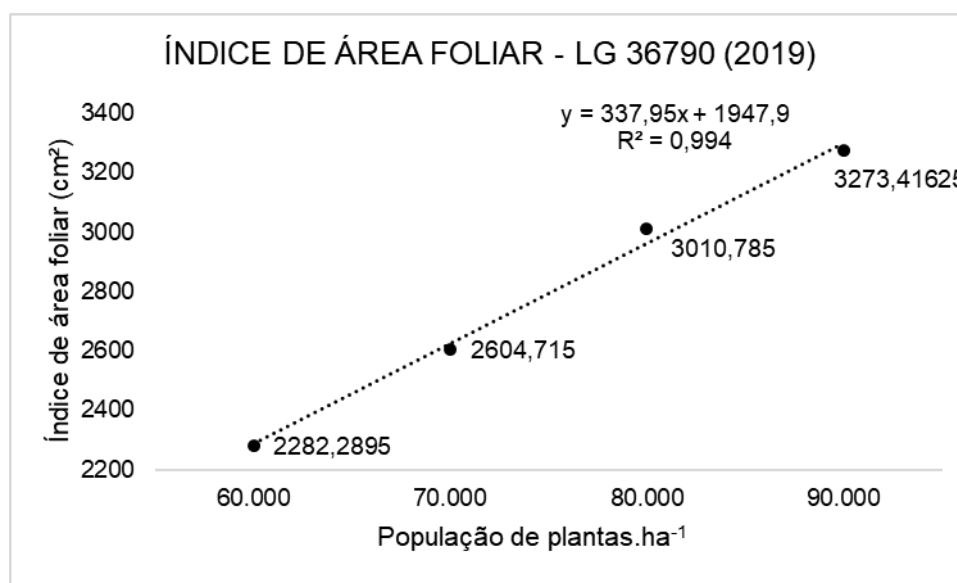


Figura 4 - Índice de área foliar em híbrido com arquitetura ereta (SUPREMO VIPTERA 3) cultivado em segunda safra no ano de 2019.

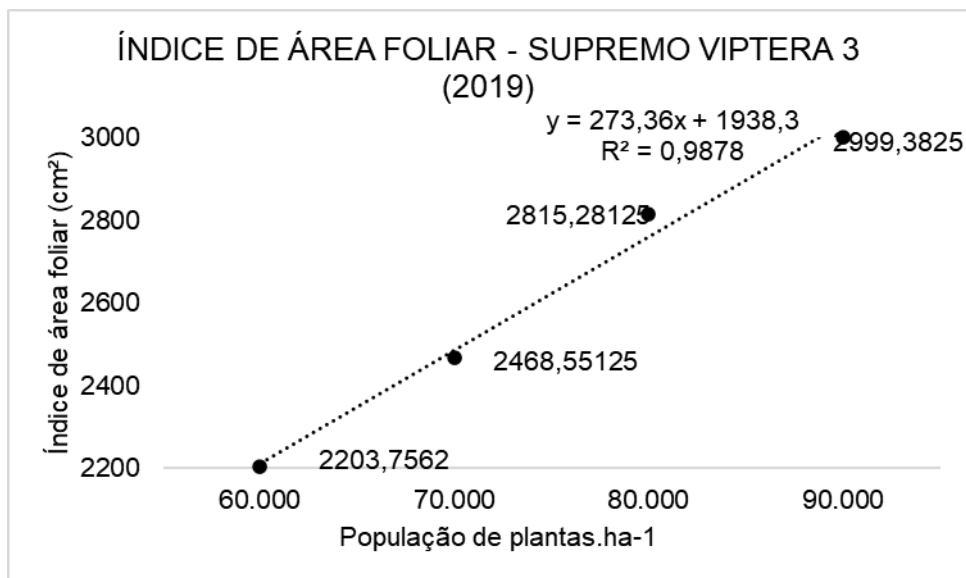


Figura 5 - Índice de área foliar em híbrido de arquitetura aberta (LG 36790) cultivado em segunda safra no ano de 2020.

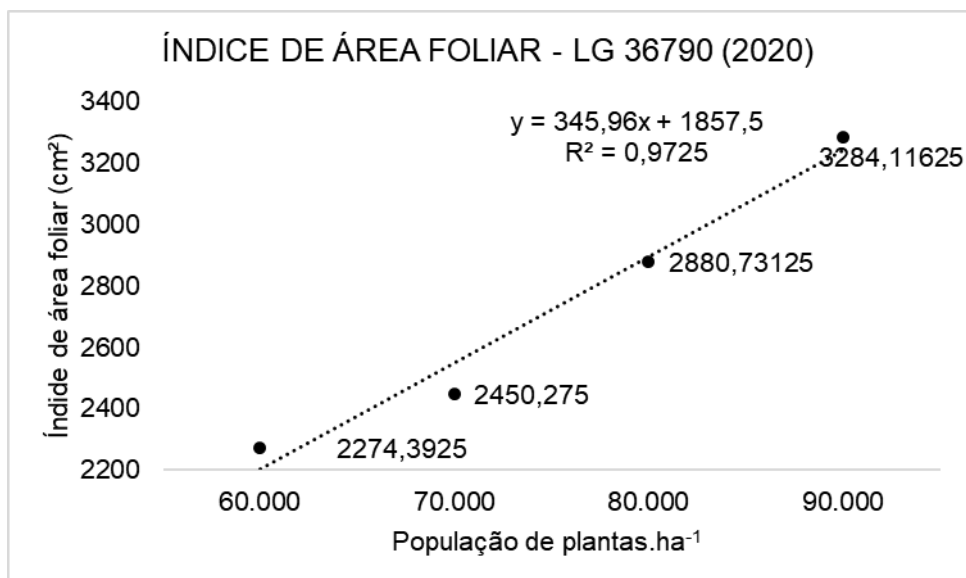
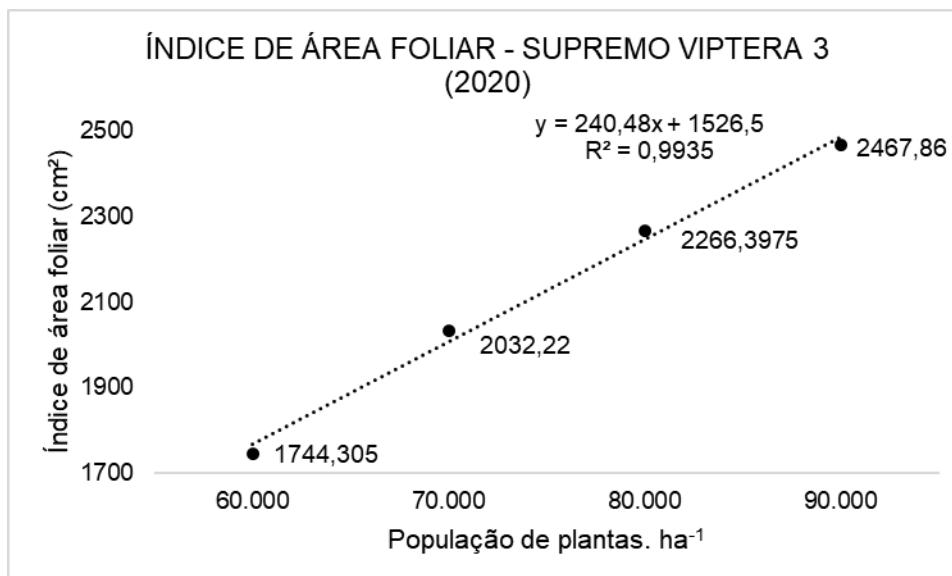


Figura 6 - Índice de área foliar em híbrido de arquitetura ereta (SUPREMO VIPTERA 3) cultivado em segunda safra no ano de 2020.



Schimitt (2014) apresentou resultados com ausência de efeito significativo para espaçamento no índice de área foliar, aponta que mesmo não identificando significância com essa alteração, que o ajuste de densidade pode ser favorecido pela administração da escolha correta do espaçamento de semeadura, de forma que as plantas sejam distribuídas da forma mais equidistante possível, para caracterização de uma área mais uniforme e com menor índice de plantas dominadas e competição pelos nutrientes responsáveis pela produção.

Weinig (2000) e Liu et al. (2009), afirmaram que espécies vegetais apresentam a capacidade de sensibilidade à proximidade de plantas vizinhas, e alteraram seu crescimento e desenvolvimento, com os receptores fitocromo que são sensíveis aos comprimentos de ondas vermelho, como respostas às mudanças na qualidade da luz. Dessa forma, a proximidade das plantas quando dispostas em arranjos mais desuniformes, possibilitam a alteração na quantidade e na qualidade de luz interceptada por cada indivíduo.

Os resultados obtidos neste trabalho não apontam um padrão de interação entre a utilização dos espaçamentos reduzido ou em linhas duplas, com diferentes densidades populacionais, para os híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3.

Schimitt (2014) evidenciou que apenas a utilização de alterações no espaçamento entre linhas não influenciou resultados significativos no rendimento da

cultura do milho, e aponta que a utilização de alterações nas densidades populacionais proporcionou resultados mais satisfatórios, e que ao combinar as duas alterações pode ser constatado incremento de produtividade na cultura.

3.6 CONCLUSÕES

O índice de área foliar apresenta incremento com o aumento da densidade de plantas.

Algumas variáveis analisadas apresentam efeito significativo com a utilização dos diferentes espaçamentos nas diferentes populações utilizadas, mas não apresentam um padrão, o que pode estar relacionado à interação dos híbridos selecionados com as características microclimáticas às quais eles foram submetidos em cada safra.

Quando constatada diferença em relação aos espaçamentos, a utilização do espaçamento reduzido (0,45 m) apresenta médias superiores nas variáveis em relação à utilização do espaçamento duplo (0,30 m x 0,60 m).

A produtividade dos híbridos LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3 não foi afetada significativamente pela utilização dos espaçamentos reduzido ou duplo nas densidades populacionais de 60, 70, 80 e 90.000 plantas. ha⁻¹.

4 CONCLUSÕES GERAIS

A cultura do milho é conduzida em diversos arranjos de plantas, sendo submetida à muitas alterações nos espaçamentos entre as linhas de plantio e diversas densidades populacionais. As respostas das plantas de milho são dependentes de fatores como genótipo, ambiente e a interação entre genótipo e ambiente.

O arranjo entre estes fatores é um dos ajustes iniciais para o manejo da cultura. Posterior à escolha da cultivar, da área selecionada para o cultivo e do nível tecnológico dos implementos disponíveis, se faz o planejamento de plantas por área. Essa escolha influenciará os manejos restantes que estarão relacionados à todo o ciclo produtivo, ligados intimamente com o rendimento da cultura.

Não foi possível a verificação de um padrão nas respostas dos híbridos de milho com arquitetura de plantas contrastantes (LG 36790 e SUPREMO VIPTERA 3), às alterações nos espaçamentos utilizados e nas diferentes densidades populacionais.

Foi observada diferença significativa no índice de área foliar com o incremento da densidade populacional em ambos os híbridos e em ambos os anos de cultivo.

Algumas variáveis analisadas apresentaram efeito significativo com a utilização dos diferentes espaçamentos, mas não apresentaram um padrão, o que pode estar relacionado à interação dos genótipos selecionados com as características ambientais às quais eles foram submetidos em cada safra.

REFERÊNCIAS

- AGRAER. Agência de desenvolvimento Agrário e Extensão Rural. **Boletins Meteorológicos**. 2016. Disponível em:<<http://www.agraer.ms.gov.br>>. Acesso em: 10.jun.2019.
- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2.ed. Champaign: A& L Publication, 1982. 371 p.
- ALMEIDA, M. L. et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência rural**. Santa Maria. v.30, n. 1, p. 23-29, 2000. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cr/a/bbTDVCsMcVsqc64vhmchXnS/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 8.jun.2019.
- ALVAREZ, Cláudio G. D.; PINHO, Renzo G.; BORGES, Iran D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402- 408, 2006. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cagro/a/YMnnqDYtx5DqDRRcrYTJMrh/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 24.ago.2020.
- ANDRADE, F. et al. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.1, p.92-97, 2000. Disponível em:<<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2000.92192x>>. Acesso em:19.jun.2020.
- ARGENTA, Gilber et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pab/a/HQcwWxsKCKZvNhx5nRsYP7z/?lang=pt>>. Acesso em: 7.out.2019.
- BALBINOT JÚNIOR, Alvadi A.; FLECK, Nilson. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 245-252, 2004. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cr/a/5PMFw8SCsGnKybFLyDYSLFd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 6.mar.2020.
- BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A cultura do milho. **Repositório Universidade de Évora**, 2014. Disponível em:<<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em: 6.maio.2020.
- BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas.

In: REGO, C.M.; NEGRELLE, R.R.B.; MORELATTO, L.P.C. Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. **Colombo: Embrapa Florestas**, p. 291-310. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236144951_O_clima_como_fator_determinante_da_fenologia_das_plantas>. Acesso em:10.abr.2020.

BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. **O milho e o clima**. Emater/RS-Ascar, Porto Alegre, 2014.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H. Ecofisiologia do milho. In: **Congresso Nacional De Milho E Sorgo**. Florianópolis: Embrapa Milho e Sorgo. Epagri, 2002. Disponível em:<
http://www.abms.org.br/cnms2016/anais/PALESTRAS_Congresso_Nacional_de_Milho_e_Sorgo_2016.pdf>. Acesso em:4.ago.2019.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; FILHO, A. F. D. O.; BARROS, G. D. L. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 335–343, 2014. Disponível em:<
<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/2809>>. Acesso em:13.set.2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária - **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal, 2009.

BRIAN Jones. Effects of Twin-Row Spacing on Corn Silage Growth Development and Yield in the Shenandoah Valley. **Crop & Soil Environmental Science Extension Agent**, Augusta County, s/v, s/nº, p.1-9, 2010. Disponível em:<<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.361.4514&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em:10.abr.2020.

BRUNS, H. A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 3, p. 702-708, 2011. Disponível em:<
https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60663500/Publications/Bruns/Bruns%202011_AJ_103-702-708.pdf>. Acesso em: 10.mar.2020.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. **Piracicaba: Potafos**, 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de grãos**. Safras 2018/2019. Disponível em:<
<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em:7.jun.2020.

COX, William J.; CHERNEY Debbie J. R. Row Spacing, Plant Density, and Nitrogen Effects on Corn Silage. **Agronomy Journal**. Madson, v.93, s/nº, p.597–602, 2001. Disponível em:<
<https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2001.933597x>>. Acesso

em:4.jun.2020.

COX, William J.; HANCHAR, John J.; KNOBLAUCH, Wayne A.; CHERNEY, Jerome H. Growth, yield, quality, and economics of corn silage under different row spacings. **Agronomy journal**. Madison: Madison, v. 98, n. 1, p. 163-167, 2006. Disponível em:< <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2005.0133>>. Acesso em:9.mar.2020.

DEMÉTRIO, Cláudia de S. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal-SP**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, 2008.

DIAS, F.S. **Influência do espaçamento e da densidade de semeadura sobre o desempenho de híbridos de milho**.2017. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - UFV, Viçosa,2017.

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa Segunda safra. **Cultivar**, Pelotas, v.3, n.25, p.10-18, fev. 2001. Disponível em:< <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/como-fazer-uma-boa-segunda-safra>>. Acesso em:6.ago.2020.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. Economia da produção. In: CRUZ, J. C. Cultivo do milho. 4. ed. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2008. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/economia.htm>. Acesso em: 3. abr.2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Brasília: DF 3.ed ver. ampl, 2013. 353p.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A. e GALVÃO, J. C. C. (Ed.). **Milho do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015, p.50-76.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. ESALQ/USP, Departamento de agricultura, Piracicaba 174p., 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2000, 360p.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Maize in human nutrition**. 1992, 3p. Disponível em:<<http://www.fao.org/docrep/t0395e/T0395E01.htm>>. Acesso em: 1.maio.2019.

FLINT, Josh. Higher pops, twin rows gain edge in trial. **Prairie Farmer**, Illinois: v. 1, p. 2, 2010. Disponível em:< <https://www.farmprogress.com/prairie-farmer>>. Acesso em: 20.jun.2019.

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N. & PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, p.537-539,1969. Disponível

em:< <https://doi.org/10.2135/cropsci1969.0011183X000900050005x>>. Acesso em: 20. set.2020.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007, 574 p.

GERMANO, D. B. et al. Indicações técnicas para o cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul 2007/2008. Santo Angelo: EAMATER/ASCAR, 2007.

GRAFFITTI, Matheus Santos. **Desempenho da cultura de milho em função de arranjos espaciais**. 2020. 65f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2020.

GONÇALVES, Marcio Leandro. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNIOESTE. Marechal Candido Rondon, 2008.

GUEDES, M.H. As Grandes Safras. Joinville: Clube dos autores, 2016 72 p.
JASPER, S. P., PICOLI JR, G. J., VELINI, E. D., SOUSA, S. F. G., CARBONARI, C. A. Management of maize stover with underdoses rates of glyphosate applications in no-tillage. **Planta Daninha**, v. 33 n. 3, 543-550, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000300016>>. Acesso em: 20. set.2020.

JESCHKE, M. Production du maïs en rangs jumelés. **Vision Cultures**, v.20, n.15, p.1-7, 2010. Disponível em:<<https://www.frigoninc.com/assets/vision-cultures---production-dumais-en-rangs-jumeles-.pdf>>. Acesso em: 10. jan. 2021.

KAPPES, Claudinei. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2010.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Fertilizer use efficiency: nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.1409-1417, 1987. Disponível em:< <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904168709363673>>. Acesso em: 20. jan. 2021.

LANA, M. do C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Spacing and top-dressing with nitrogen in corn culture. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringa, v. 31, n 3, p. 433 - 438, 2009. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/asagr/a/4hFMGDjMFkyrkdTf6bmDLWy/abstract/?lang=pt>>. Acesso: 5.mar.2020.

LIU, W., et al. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 3, p. 847-857, 2004. Disponível em:< <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.8470>>. Acesso em: 20. ago. 2019.

- MADDONI, G.A. et al. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n.2, p.183-193, 2001. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/248423130_Plant_population_density_row_spacing_and_hybrid_effects_on_maize_canopy_architecture_and_light_attenuation>. Acesso em: 5. maio. 2020.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76).
- MAHANNA, B., B. SEGLAR, F. OWENS, S. DENNIS, NEWELL, R. **Silage Zone Manual**. DuPont Pioneer, Johnston, IA. 2014.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Brasília: MAPA, 2019. Disponível em:<<http://www.mapa.gov.br>>. Acesso em: 2.maio.2019.
- MCGRATH, C.; BUTLER, J.; HAVLOVIC, B. J. Twin-Row Corn Study. **Iowa State Research Farm Progress Reports**, v.1004, 2006. Disponível em:<http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/1004>. Acesso em: 20. ago. 2020.
- MIOTTO JÚNIOR, Edemir. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- MOLIN, R., CARVALHO, I.Q., BAVOSO, L.C., PAULETTI, V., SCHIPANSKI, C.A., GIMENEZ, L.M., TSUKAHARA, R.Y., LOMAN FILHO, E.J. **Arranjo de plantas de milho (Zea mays) para produção de grãos**. Castro: Fundação ABC, 281 p, 2009.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. 210 p. Disponível em:<http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf>. Acesso em: 25.set. 2020.
- NOVACEK, Mitchell J. Twin-Row Production and Optimal Plant Population for Modern Maize Hybrids. 2011. 129 f. Master of Science. University of Nebraska. 2011.
- NUMMER FILHO, I.; HENTSCHEKE, C. W. Redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho. **Revista Plantio Direto**, v. 92, p. 1-5, 2006. Disponível em:<<https://www.plantiodireto.com.br/noticias/ver/468/Novo-sistema-de-produ%C3%A7%C3%A3o-de-milho-%E2%80%93-Antecipe%3A-cultivo-intercalar-antecipado>>. Acesso em: 20. ago. 2020.
- PAES, Maria Cristina Dias. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linha e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 02, n. 02, p. 52-60, 2003. Disponível em:<

<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/59/0>>. Acesso em: 25.set. 2020.

PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M. da S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, p.2608-2612, 2008. Disponível em:<
<https://www.scielo.br/j/cr/a/HXpwhqb4VL7P7dNRqHtpGcN/?lang=pt>>. Acesso em: 5. maio. 2020.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUESCHEN, W.E.; FORD, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, n° 2, p. 209-210, 1997. Disponível em:<
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jpa1997.0293>>. Acesso em: 8.ago.2019.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafos**, Informações agronômicas, n.103, 2003. Disponível em:<
[https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/\\$File/Encarte103.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3137/$File/Encarte103.pdf)>. Acesso em: 19.set.2020.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p 101- 110, 2002. Disponível em:<
<https://www.scielo.br/j/brag/a/FyxSRf7KmCtkXf3zbM7PpbK/?lang=pt>>. Acesso em: 5.set. 2020.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. **Arranjo de plantas e desempenho agronômico do milho**. A Cultura do milho em Santa Catarina, Florianópolis. [S.l.: s.n.], 2010. p. 115-162.

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

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

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

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agronômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2014.

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

2006. 63p.

SKONIESKI, F.R./ NÖRNBERG, J.L.; KESSLER, J.D.; DAVID, D.B.D.; AZEVEDO, E.B.D.; BRÜNING, G.; PIMENTEL, C.M. M. Corn plant arrangement and its effect on silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v43, p114-119, 2014. Disponível em:<
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/nwJSLvs5ZFsGjhNWYQNGRgD/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 5.jul. 2020.

SYNGENTA, Brasil. **Portal Syngenta**. Disponível em:<<https://www.portalsyngenta.com.br>>. Acesso em:16.jun. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**.5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JUNIOR, D. J. e LOSS, A. Production, decomposition of residues and yield of maize and soybeans grown on cover crops. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, p. 451-459, 2015. Disponível em:< <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/2724>>. Acesso em:4.nov.2019.

USDA – United States Department of Agriculture. **World agricultural production**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov> >. Acesso em: 20.jul. 2019.

WEINIG, C. "Differing selection in alternative competitive environments: shade-avoidance responses and germination timing. **Evolution**, v.54, n.1, p.124-136, 2000. Disponível em:< <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0014-3820.2000.tb00013.x>>. Acesso em: 2. abr. 2020.