

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMA DE SEMEADURA EM LINHAS GÊMEAS NA
CULTURA DO MILHO**

Ronaldo Luiz Gonzaga Freitas

Msc. Engenheiro Agrônomo

T
E
S
E

/

F
R
E
I
T
A
S

R.
L.
G.

2
0
2
0

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMA DE SEMEADURA EM LINHAS GÊMEAS NA
CULTURA DO MILHO**

Ronaldo Luiz Gonzaga Freitas

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

2020

F866s

Freitas, Ronaldo Luiz Gonzaga

Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho / Ronaldo Luiz Gonzaga Freitas. -- Jaboticabal, 2021
83 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

1. Zea mays L. 2. Espaçamento. 3. População de plantas. 4.
Twin row. 5. Yield corn. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

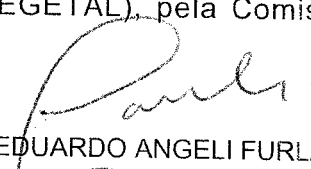
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: SISTEMA DE SEMEADURA EM LINHAS GÊMEAS NA CULTURA DO MILHO

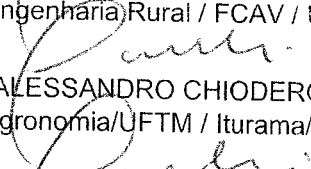
AUTOR: RONALDO LUIZ GONZAGA FREITAS

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

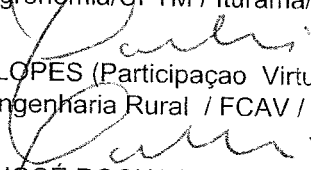
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



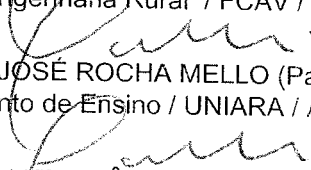
Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



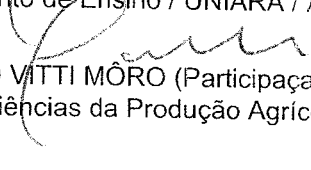
Prof. Dr. CARLOS ALESSANDRO CHIORDEROLI (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia/UFTM / Iturama/MG



Prof. Dr. AFONSO LOPES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. ADILSON JOSÉ ROCHA MELLO (Participação Virtual)
Associação São Bento de Ensino / UNIARA / Araraquara/SP



Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÕRO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 20 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RONALDO LUIZ GONZAGA FREITAS – nascido em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, no dia 03 de agosto de 1983. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul em janeiro de 2002, durante a graduação foi bolsista de iniciação científica do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e bolsista em projetos de extensão rural. Recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em dezembro de 2006. Iniciou o mestrado em Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, em janeiro de 2007 sendo bolsista da CAPES (Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e obtendo o título de Mestre em Agronomia em julho de 2009. Em janeiro de 2017 iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal. Atualmente trabalha no departamento agrônômico da Corteva Agriscience focado no desenvolvimento e manejo de culturas como soja, milho e sorgo.

A minha esposa Janete e meus filhos Arthur e Daniel

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e disposição para finalizar esta etapa.

A minha esposa que me deu todo apoio e incentivo para o cumprimento desta jornada.

Aos meus filhos Arthur e Daniel, que são a motivação para o trabalho de cada dia.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, pela confiança de ter aceitado me orientar e me ajudar na conclusão desta etapa e pelos ensinamentos que muito somaram na minha vida profissional.

Aos membros da banca examinadora pela prestatividade em participar desse importante momento e pelas contribuições deixadas para a melhoria deste trabalho.

Ao produtor rural e parceiro Getúlio Yokotobi, por ter acreditado na importância da realização do trabalho, por toda ajuda com áreas para os experimentos e cessão de máquinas e funcionários, por toda paciência que sempre teve conosco na fazenda e principalmente por ter fomentado a ideia de linhas gêmeas e adotado na sua propriedade.

Ao amigo Edson Amadeu que sempre acreditou, incentivou e fomentou a ideia do plantio em linhas gêmeas, gostaria de batizar aqui como sistema “**Amadeu de semeadura**”.

Aos produtores rurais e parceiros Frederik Wolters, Celso Lourenco Lopes e Ítalo Salgadinho todos de Itararé-SP pela parceria na cessão de áreas para os experimentos e compreensão da importância de realizar pesquisas.

Aos amigos e colegas de trabalho, José Eduardo Amadeu, Luis Wanderley Lopes, Marcos Zani Dias e Marcelo Pitondo por toda ajuda na implantação, avaliação e colheita dos experimentos deixo aqui minha gratidão.

A Pioneer Sementes agradeço imensamente a oportunidade que me proporcionou de retomar e concluir a pós-graduação.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCAV) por ofertar e possibilitar a realização do curso.

Sumário

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Arranjo espacial na cultura do milho	3
Sistema de semeadura em linhas gêmeas	8
Variabilidade do arranjo de plantas na linha de semeadura	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 2 - Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho ..	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CAPITULO 3 – Corn sowing in twin rows and variation in seed distribution¹ ...	54
Abstract.....	54
Introduction	55
Material and methods	57
Results and discussion	59
Conclusions.....	63
Bibliographic references	63
List of tables end figures.....	67
CAPÍTULO 4 – CONSIDERACOES FINAIS.....	72

RESUMO

Semeadura em linhas gêmeas se constitui numa técnica já utilizada em outros países e ainda pouco explorada no Brasil. Em algumas regiões do Brasil se utiliza uma combinação de 45x90 cm para produção de milho para consumo in natura, com relatos de agricultores de que a técnica proporcionava vantagens na produtividade final. Com objetivo de testar a hipótese de que a semeadura nesse formato poderia proporcionar ganhos em produtividade, foram implantados experimentos com dois híbridos 30F53VYH e P3456H, com diferentes espaçamentos entrelinhas (45, 45x90 e 20x80 cm) e densidades de plantas (60, 75, 90 e 105 mil plantas ha⁻¹) nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Os arranjos de linhas influenciaram número de grãos por espiga, massa de mil grãos e a produtividade do milho. A semeadura no formato 20x80 cm foi superior em produtividade nas duas safras independente do híbrido. O espaçamento 45x90 cm não demonstrou respostas consistentes de aumento de produtividade. Observamos que altas produtividades podem ser alcançadas com o híbrido 30F53VYH com 19.607 kg ha⁻¹ e 105.000 plantas ha⁻¹ e o híbrido P3456H com 18.294 kg ha⁻¹ e 90.000 plantas ha⁻¹. Avaliamos em duas safras os efeitos da variabilidade na distribuição de plantas na linha de semeadura, sob a hipótese de que as linhas gêmeas poderiam mitigar os efeitos negativos do CV sobre a produtividade. Não se confirmou essa hipótese, pois a redução na produtividade de grãos foi da ordem de 1% a cada 10% de CV que era adicionado na linha de semeadura, valores bem condizentes com a literatura para este parâmetro. Diante deste trabalho foi possível verificar que a técnica proposta pode vir a ser implementada com 20x80 cm podendo trazer ganhos a cultura do milho no Brasil.

Palavras chave: Linha gêmea, milho, plantabilidade.

ABSTRACT

Sowing in twin rows is a technique already used in other countries and still little explored in Brazil. In some regions of Brazil, a combination of 45x90 cm is used to produce corn for fresh consumption, with reports from farmers that the technique provided advantages in final productivity. In order to test the hypothesis that sowing in this format could provide gains in productivity, experiments were implemented with two hybrids 30F53VYH and P3456H, with different spacing between lines (45, 45x90 and 20x80 cm) and plant densities (60, 75, 90 and 105 thousand plants ha⁻¹) in the 2017/2018 and 2018/2019 seasons. It was possible to observe that changes in the spacing between rows influence productivity components such as number of grains per ear, weight of a thousand grains and the productivity of the corn crop. Sowing in the 20x80 cm format was superior in productivity in the two harvests regardless of the hybrid. The 45x90 cm spacing did not demonstrate consistent responses to increase productivity. We observed that high yields can be achieved as the hybrid 30F53VYH with 19.607 kg ha⁻¹ and 105.000 plants ha⁻¹ and the hybrid P3456H with 18.294 kg ha⁻¹ and 90.000 plants ha⁻¹. We evaluated in two harvests the effects of variability in the distribution of plants in the sowing line, under the hypothesis that the twin lines could mitigate the already known negative effects of CV on productivity. This hypothesis was not confirmed, as the reduction in grain yield was of the order of 1% for every 10% of CV that was added in the sowing line, values that are well in line with the literature for this parameter. In view of this work, it was possible to verify that the proposed technique may be implemented with 20x80 cm, which may bring gains to the corn culture in Brazil.

Key words: Twin row, corn, plantability.

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido e consumido no mundo, tendo sido adaptado ao longo dos anos às diversas condições de clima e manejo. A produção mundial de milho é de 1,14 bilhão de toneladas, sendo os Estados Unidos o maior produtor, com 368 milhões de toneladas, seguido pela China, com 260 milhões de toneladas e em terceiro lugar o Brasil com 110 milhões de toneladas (Usda, 2020).

Na safra 2018/2019 as estimativas apontaram uma área cultivada de 4,97 milhões de hectares para o milho na safra de verão e 12,32 milhões de hectares para o cultivo de segunda safra (Conab, 2019). O Brasil apesar de possuir a terceira maior área de milho cultivada do mundo, com aproximadamente 19,5 milhões de hectares, ainda possui uma média de produtividade muito baixa (5,6 t/ha) se comparado a outros países com área cultivada menor como Argentina, Canadá, Turquia, Ucrânia e Egito (Usda, 2020). Com o crescente aumento do consumo mundial de milho, tanto para uso humano quanto animal e ainda para atender a demanda energética, existe uma pressão crescente para o aumento da produtividade desse cereal. Contudo, este aumento para a cultura é complexo e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo.

O milho devido suas características fisiológicas, possui potenciais estimados de produtividade bastante elevados quando comparados a outras culturas como soja por exemplo, o recorde mundial de produtividade de 38,5 t ha⁻¹ foi obtido no estado da Virginia no corn belt americano, em uma área de 10 hectares (Ncga, 2019). Na China Wei-li et al. (2011) relatou potencial estimado de 24.000 kg ha⁻¹. No Brasil há relatos de produtividades de até 24.6 t ha⁻¹, porém de forma pontual (Pioneer Sementes, 2014). No entanto, a produtividade média nacional ainda é inferior quando comparada a outros países como EUA (11,3 t ha⁻¹) por exemplo (Usda, 2020). A baixa produtividade média no Brasil é citada por Sangoi et al. (2010) que pode estar relacionado à fertilidade do solo, radiação solar, arranjo espacial de plantas, uso de genótipos inadequados e práticas de manejo deficientes, evidenciando que o sistema de produção de milho no Brasil ainda têm espaço para melhorias no manejo que podem trazer incrementos na produtividade.

O milho é uma gramínea sensível à variação no arranjo espacial de plantas e densidade populacional (Miotto Junior, 2014). Desta forma, o arranjo espacial é uma prática que influencia na produtividade. A manipulação do arranjo espacial de plantas, pela alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha de semeadura é apontada entre as práticas de manejo mais importantes para maximizar a produtividade de grãos do milho, pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes (Argenta et al., 2001, Demétrio et al., 2008, Sangoi et al; 2010).

Não existem recomendações unânimes quanto a densidade de semeadura e espaçamento ideal para todas as condições de cultivo de milho no Brasil. O arranjo de plantas varia em cada ambiente, devido as interações com a região, época de semeadura, sistema de cultivo, fertilidade do solo e ainda a escolha do genótipo, entre outros. Porém é de consenso a busca por um arranjo de plantas que proporcione uma distribuição uniforme de plantas na linha de semeadura (Miotto Junior, 2014).

A determinação dos arranjos espaciais de plantas tem voltado a ser alvo de discussão com maior frequência, em decorrência das variações morfológicas e genéticas apresentadas atualmente pelos híbridos modernos e de alto potencial produtivo. Alterações nessas variáveis podem maximizar o uso de fatores de produção trazendo algum incremento na produtividade. Porém, essas práticas devem ser estudadas localmente por pelo menos duas safras antes de serem adotadas (Balem et al., 2014).

Alterações morfológicas vêm sendo introduzidas nos genótipos de milho atuais, como menor altura de planta e de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, precocidade no florescimento, folhas de angulação mais ereta e genótipos de alto rendimento. Essa atualização da base genética traz a necessidade de novos estudos a respeito de arranjo espacial, pois os híbridos usados em estudos décadas atrás, são geneticamente diferentes e com menor potencial produtivo do que a base genética atual disponível no mercado. Diante desse cenário, temos possibilidade de avaliar arranjos em linhas gêmeas, com poucos trabalhos desenvolvidos no Brasil (Balem et al. 2014), (Miotto Junior, 2014), (Brame, 2016). Em outros países como EUA, existem inclusive fabricantes de semeadoras que já oferecem equipamentos com essa possibilidade. No Brasil existem agricultores já semeando na configuração

de linhas gêmeas de 45x90 cm com adaptação das semeadoras tradicionais, porém com poucas pesquisas para respaldo técnico.

Diante disso, foi proposto o presente estudo para validar as alternativas de linhas gêmeas versus testemunha (reduzido de 45 cm), dois híbridos e densidades de semeadura para o milho (*Z. mays* L.).

Avaliamos os arranjos de 20x80 cm e 45x90 cm versus a testemunha (45 cm), com cultivo na safra de verão por duas safras em três locais, que serão discutidos no Capítulo 2.

Em duas safras avaliamos também a influência do coeficiente de variação da distribuição de sementes na linha de semeadura nos mesmos arranjos citados acima, que serão discutidos no Capítulo 3.

REVISÃO DE LITERATURA

Arranjo espacial na cultura do milho

O milho tem grande importância do ponto de vista econômico e alimentar, é o cereal mais produzido ao redor do mundo, diante disso vários são os trabalhos com objetivo de incrementar a produtividade da cultura. A produtividade média nacional é de 5.610 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

Mundstock et al. (2005) enfatizaram que aumentos de produtividade no Rio Grande do Sul ocorreram com a utilização de híbridos simples de alto potencial, adoção de fertilizantes e defensivos e adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) na palha com rotação de culturas.

Existe um abismo entre a média nacional de produtividade e o rendimento obtido em lavouras com manejo para altas produtividades, o que ocorre por vários motivos, como genótipos de baixo potencial, falta de adaptação à região de cultivo, sub-doses de fertilizantes, época de semeadura inadequada e arranjo de plantas inadequado (Sangoi et al., 2010).

O arranjo espacial de plantas é fator de grande importância e pode aumentar ou diminuir a produtividade do milho. Dentre as opções de alteração do arranjo de plantas, a densidade é a que tem maior peso sobre a produtividade, pois pequenas

alterações na densidade podem influenciar de forma significativa o rendimento de grãos (Sangoi et al., 2010).

O processo de semeadura se reveste de grande importância pelo momento da colocação da semente no solo e a precisão requerida nesta operação. Normalmente, realiza-se a adubação de plantio como operação conjugada. Desta forma, a quantidade de sementes colocadas, definem a população inicial e também o arranjo entre plantas na linha de semeadura (Mello, 2011).

O uso de espaçamento reduzido entrelinhas no milho proporciona uma distribuição mais equidistante de plantas, principalmente em densidades maiores. Autores afirmam a redução do espaçamento entre linhas como fator de grande contribuição no aumento das produtividades nos últimos anos (Balbinot Junior & Fleck (2005), Strieder (2006) e Modolo et al. (2010).

A redução do espaçamento entre linhas de 0,90 m para 0,45 m teve feito no incremento do número de espigas viáveis e aumento no rendimento de grãos do milho (Modolo et al. 2010). Schimitt (2014) relata que a redução do espaçamento entre linhas pode aumentar a produtividade de grãos na cultura do milho nas áreas com manejo visando altas produtividades, combinado com maiores densidades de plantas.

As duas formas básicas de modificar o arranjo de plantas são por meio de alterações na densidade de semeadura e no espaçamento entre linhas. Para a cultura do milho, o interesse em reduzir o espaçamento entre linhas iniciou pelo interesse dos próprios agricultores em otimizar semeadoras com mesmo espaçamento para outras culturas como soja e feijão, além de vantagens potenciais, tais como a maior eficiência de uso da radiação solar, relatadas em pesquisas posteriores (Sangoi et al., 2002).

O arranjo de plantas na área é um fator relevante na produtividade em função do tipo e fertilidade do solo, disponibilidade hídrica local, híbridos utilizados, adubação e manejos empregados. A possível elevação da produtividade do milho devido à redução de espaçamentos entrelinhas e preservação da população de plantas estão associadas principalmente ao aumento da interceptação da radiação solar, melhor aproveitamento de água e nutrientes, em decorrência das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais com elevado potencial produtivo (Kappes et al., 2011). Pereira et al. (2008) relataram que isoladamente, as práticas de

redução do espaçamento e alteração da densidade de plantas não influenciaram a produtividade do milho.

A associação entre redução no espaçamento e aumento na população de plantas, com outras práticas de manejo, resultou em significativo incremento na produtividade de grãos de um dos híbridos estudados. A afirmação anterior corrobora a de outros autores, que afirmam que a potencialização no rendimento pelo arranjo de plantas é variável de acordo com a base genética do híbrido (Argenta et al., 2001, Marchao et al., 2005).

As recomendações de arranjo de plantas de milho feitas pelas empresas detentoras vem sendo alteradas ao longo do tempo, à medida que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram incorporadas nas plantas pelos programas de melhoramento, juntamente com as mudanças de manejo da cultura (Sangoi et al., 2000).

Em trabalho conduzido na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, Cox & Cherney (2001) verificaram que o rendimento do milho foi 7,5% superior quando utilizado a prática de redução do espaçamento em comparação ao espaçamento convencional de 76 cm. Neste estudo, os autores observaram que os produtores podem obter todos os benefícios da maior produção de matéria seca associado ao espaçamento reduzido.

O incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a produtividade final de grãos (Sangoi et al., 2002), pois pequenas alterações na densidade podem resultar em aumentos significativos na produtividade. Ainda segundo os mesmos autores, esta resposta está associada ao fato de que o milho não possui mecanismo de compensação eficiente, pois diferentemente de outras espécies da família das Poáceas, a planta de milho apresenta pequena capacidade de emissão de aflhos férteis, também apresenta limitada capacidade de expansão foliar e prolificidade limitada nas condições de cultivo em campo.

A distribuição entre plantas com maior distância entre elas, obtida com a redução do espaçamento entre as linhas, mantendo-se a densidade de plantas, apresenta vantagens, como por exemplo, o aumento da quantidade de luz interceptada pelo dossel do milho e redução da competitividade das plantas daninhas

nas entrelinhas. No entanto, segundo (Palhares, 2003), a migração para espaçamento entre as linhas menores também apresentou limitações, havendo necessidade de avaliação tanto dos aspectos agronômicos, como os econômicos. Houve dificuldades no que se referia aos ajustes necessários na aplicação de tratamentos culturais durante o ciclo da cultura e, principalmente, na operação de colheita, houve necessidade de investimento em novas plataformas, pois elas eram ajustadas ao recolhimento de espigas entre 70 e 90 cm entre as linhas.

Segundo Balbinot & Fleck (2005), diversos trabalhos têm demonstrado uma tendência de maiores rendimentos de grãos em espaçamentos menores, principalmente com milho de arquitetura de folha ereta, ciclo super precoce e porte baixo. No entanto a existência de alguns resultados contraditórios na literatura pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais o nível de rendimento desejado, o tipo de híbrido, a densidade de plantas, as características climáticas da região e o nível de fertilidade do solo.

O incremento na densidade de plantas, aliado a redução de espaçamento é uma forma eficiente de se aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho. No entanto, o uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética da comunidade de plantas e a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos. Segundo (Pereira, 2006), em consequência disso, há um aumento de esterilidade feminina e redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos.

A densidade populacional ótima para um determinado híbrido corresponde ao menor número de plantas por unidade de área que induz à maior produtividade. Para cada genótipo, região, época de semeadura e fertilidade do solo, tem-se uma população ótima, portanto, esses fatores devem ser trabalhados em conjunto (NOVAIS, 1970). Assim, a produtividade tende a aumentar com a elevação da densidade populacional, até atingir a considerada ótima, a partir da qual decresce. Em populações menores ocorre certa compensação através do aumento no número de espigas devido à prolificidade do híbrido e/ou variação no tamanho da espiga, o que pode minimizar a diferença da produtividade.

Segundo (Palhares, 2003), a adaptabilidade variável observada entre diferentes genótipos de milho sob diversos arranjos espaciais de plantas, certamente

está associada à sua arquitetura foliar. O conceito atual de um genótipo moderno prevê a existência de muitas folhas com lâminas eretas e estreitas acima da espiga, pois estas são responsáveis por cerca de 50 a 80% da matéria seca acumulada nos grãos (Fornasier Filho, 2007).

Genótipos que apresentam ciclo super precoce e baixa estatura, tendem a responder melhor na produtividade à redução do espaçamento, por outro lado genótipos de ciclo normal e elevada estatura, apresentam menor resposta possivelmente porque mesmo em espaçamentos maiores, esse tipo de planta já ocupa ligeiramente as entrelinhas e causa sombreamento de folhas (Balbinot & Fleck, 2005). Trabalhos mais recentes, testando diferentes espaçamentos e densidades, mostraram um incremento de 17% na produtividade, somente com a redução de espaçamento de 90 cm para 45 cm entre linhas. E ainda um incremento de 12,5 % e 13,6% com o aumento da densidade de 40.000 plantas ha^{-1} para 60.000 e 80.000 plantas ha^{-1} , respectivamente, utilizaram o AS32 (híbrido duplo de ciclo precoce e AS1540 (híbrido simples) de ciclo precoce (Ferreira et al., 2014).

Calonego et al. (2011) comparando dois espaçamentos (45 cm e 90 cm) entre linhas e três densidades de plantas, utilizando o genótipo AG1051 (híbrido duplo) relataram que somente a alteração do arranjo de linhas de 45 cm para 90 cm, trouxe incremento de 1700 kg ha^{-1} . Quando se aumentou a densidade de 45.000 para 75.000 plantas ha^{-1} , ocorreu incremento de 2580 kg ha^{-1} de grãos, não havendo interação de densidade e espaçamento nesse caso, porém Argenta et al. (2001) relata que o aumento do rendimento de grãos de milho decorrente da distribuição mais uniforme das plantas com redução do espaçamento entre linhas verifica-se principalmente em híbridos de ciclo super precoce e de baixa estatura, que não é o caso do híbrido utilizado no presente experimento, pois apresenta porte alto e ciclo semi-precoce, o que podemos entender esse resultado como uma exceção.

Modolo et al. (2010) testando três espaçamentos (45, 70 e 90 cm) e três híbridos (P30R50, DKB240 e SG 6010), obtiveram aumento de produtividade de 14% nos espaçamentos menores (45 cm e 70 cm) quando comparado ao arranjo de 90 cm, com a mesma densidade de plantas.

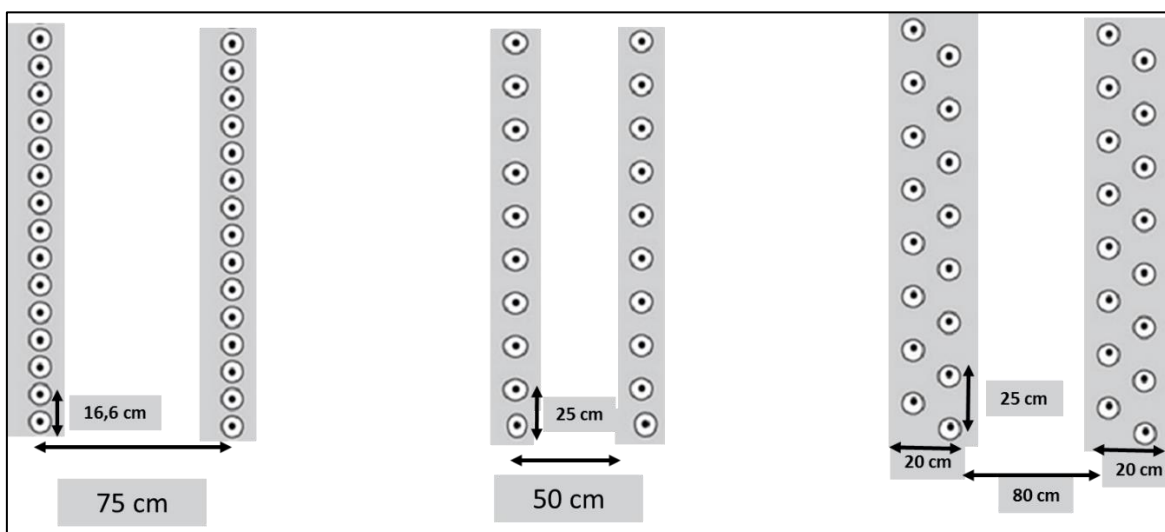
Conforme trabalho de (Kunz et al., 2007) a redução de espaçamento de 80 cm para 40 cm propicia melhor interceptação da radiação incidente, porém ao

contrário dos que muitos autores afirmam, não houve maior eficiência de uso da radiação solar em espaçamentos menores. Fato explicado pelo auto sombreamento das folhas no espaçamento de 40 cm, causando senescência das folhas e refletindo em menor IAF (índice de área foliar).

Sistema de semeadura em linhas gêmeas

O sistema de semeadura em linhas gêmeas “Twin-row” consiste em uma forma de distribuição das plantas na qual se busca aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas e buscando algum aumento de produtividade, por teoricamente proporcionar menor competição de plantas na linha de semeadura (Schimitt, 2014). A semeadura em linhas gêmeas visa promover uma distribuição de plantas mais equidistante do que o formato tradicional conforme podemos observar na Figura 01.

Figura 01: Exemplo de distribuição de sementes com 80.000 plantas ha⁻¹.



No Brasil os primeiros relatos de utilização da semeadura do milho em linhas gêmeas são de 2002, onde se incluía um kit de acessórios na semeadora para semear com linhas de 30x60 cm (Fuzaro, 2002). Nos Estados Unidos em 2009, 2% das lavouras comerciais já eram semeadas nesse sistema (Thomas & Mahanna, 2013).

Estudos conduzidos por (Cox et al., 2006) constataram que o arranjo de convencional (76 cm) ou linhas gêmeas (19x57 cm) não afetaram a altura média das plantas, tanto no estágio V8 como na maturação fisiológica. No entanto, observaram aumento de 600 kg ha⁻¹ na produção de matéria seca da silagem. Os autores atribuíram o resultado ao fechamento mais rápido do dossel, possibilitando melhor aproveitamento da radiação solar e consequentemente aumentando a quantidade de fotoassimilados acumulados no colmo.

Em trabalho conduzido na Universidade de Wisconsin, avaliando linhas gêmeas versus espaçamento normal para produção de silagem de milho, Jarek & Lauer (2011) observaram pouco efeito do espaçamento na qualidade final da silagem, porém ressaltam que a densidade de plantas teve maior interferência do que o espaçamento. Enfatizam ainda que há relatos de agricultores do Wisconsin com incrementos de até 28% na produtividade com semeadura em sistema de linhas gêmeas.

Trabalho conduzido no estado do Alabama, pela universidade de Auburn em quatro locais, mostrou que a semeadura em linhas gêmeas (19x57 cm) conseguiu incrementar até 16% na produtividade em relação ao tradicional 76 cm e consistentemente apresentaram maiores índices de área foliar. Eles enfatizam que não houve consistência de incremento em todos os locais, porém o agricultor pode considerar a implementação do sistema sem sofrer perdas no rendimento (Balkcom et al., 2011).

Em trabalho conduzido no Mississippi durante duas safras de milho, os índices de área foliar foram significativamente maiores em linhas gêmeas, fato que os autores atribuíram a safra com maior volume de chuvas. A produtividade apesar de só ter sido superior nas linhas gêmeas (20,6x 81 cm) em uma safra, também não mostrou indícios de que pode sofrer alguma redução com sua adoção (Bruns et al., 2012).

Mcfarland (2013) em trabalho conduzido no estado de Kentucky observou incremento no rendimento de grãos em linhas gêmeas na safra de 2011. O aumento da densidade de plantas foi acompanhado pelo aumento no rendimento de grãos, evidenciando que a semeadura em linhas gêmeas pode ser uma técnica que permite aumentar a densidade de semeadura com repostas positivas na produtividade do milho.

Brame (2016) em trabalho com milho safra na região de Jaboticabal-SP comparando o espaçamento tradicional de 45 cm versus 45x90 cm, utilizando o híbrido P2830H, relatou um incremento de produtividade de 868 kg ha⁻¹ com a implantação da lavoura em linhas gêmeas. Contrariando esse resultado, Oliveira (2017) com experimento na mesma região, com o híbrido P3456H, não encontrou diferenças significativas em relação a semeadura em linhas gêmeas (45x90 cm) comparado ao tradicional.

Bettio et al. (2017) testando arranjos de linhas com 45 cm, linhas gêmeas de 20x40 cm, 20x45 cm e 20x70 cm, encontrou significativamente maior produtividade nas linhas gêmeas de 20x70 cm. Dados que corroboram com o trabalho de (Balem et al., 2014) onde também relatou aumento de produtividade com este mesmo arranjo.

Variabilidade do arranjo de plantas na linha de semeadura

A qualidade da semeadura é medida na maioria das vezes pela distribuição longitudinal de sementes e pode sofrer influência de diversos fatores, como a regulagem assertiva da semeadora-adubadora, uso de discos alveolados adequados ao tamanho da semente, pressão do vácuo em dosadores pneumáticos, tipo de solo, umidade, sistema de cultivo, diâmetro e posição do tubo condutor, regulagem de raspadores e ainda a velocidade da semeadura. Vários autores relatam uma influência negativa do acréscimo na velocidade de semeadura e seu efeito na produtividade da cultura do milho. Aumento na velocidade de semeadura pode reduzir a percentagem de espaçamentos normais e aumento de duplos entre as sementes (Mello et al., 2007; Trogello et al., 2013).

Velocidade excessiva na operação de semeadura, falhas na regulagem da semeadora-adubadora, inadequada classificação das sementes, compatibilidade de disco e/ou anel e condições inadequadas de umidade de solo, estão entre os principais fatores que contribuem para a irregularidade de distribuição longitudinal (Sangoi et al., 2012). Desuniformidade na distribuição das plantas na linha de semeadura pode reduzir o aproveitamento de água, luz e nutrientes, aumentando o número de plantas com desenvolvimento fenológico retardado, que se tornarão plantas dominadas na lavoura, produzindo espigas pequenas, com pouca contribuição na produtividade.

A velocidade do conjunto trator-semeadora é colocada entre os principais fatores que interferem na qualidade final da semeadura e no rendimento operacional, diante disso os fabricantes de semeadoras-adubadoras têm buscado equipamentos para máxima qualidade na distribuição longitudinal das sementes e adubo, em velocidades de trabalho mais elevadas (Almeida et al., 2010).

Trogello et al. (2013), relataram que a uniformidade de distribuição de sementes variou de forma significativa à medida que se aumentou a velocidade de semeadura, de 4,7 para 7,0 km h⁻¹, com aumento de falhas e duplas e redução de espaçamentos aceitáveis.

A distribuição de forma equidistante de sementes na linha de semeadura tem sido descrita na literatura como técnica de incremento na produtividade de culturas como o milho (Pinheiro Neto et al., 2008), e que pode sofrer influência da velocidade de semeadura, sistema dosador de sementes e tubo condutor. Bottega et al. (2014) trabalharam com efeito de profundidade e velocidade de semeadura na cultura do milho em SPD e relataram que o aumento na velocidade, de 3 km para 9 km h⁻¹, proporcionou aumento nos espaçamentos duplos, falhos e diminuição nos aceitáveis.

Jasper et al. (2011) afirmaram que o aumento na velocidade de semeadura de soja, propiciou diferenças significativas na distribuição longitudinal para o sistema pneumático, principalmente em espaçamentos duplos e aceitáveis.

Vale et al. (2010) relataram que o dosador tipo disco horizontal perfurado tem grande potencial de causar danos mecânicos às sementes. Eles estudaram a influência da velocidade de semeadura e relataram que o mecanismo dosador de disco horizontal diminuiu, em média, 2,8% a germinação das sementes, quando comparado com as sementes que não passaram pelo mecanismo, provavelmente por danos ao embrião.

Estudos realizados por Mahl et al. (2004) relatam que a velocidade da semeadura do milho influenciou a distribuição longitudinal de plantas e a precisão da mesma, com os melhores resultados obtidos em velocidade de semeadura inferior a 8,1 km h⁻¹, dados estes que corroboram com Garcia et al. (2006) e Bottega et al. (2014). A maior incidência de espaçamentos falhos em função do aumento da velocidade de semeadura também foi relatada por Mello et al. (2003) e Liu et al. (2004). Eles descreveram efeito deletério do aumento da velocidade de semeadura

na distribuição de sementes de milho, que foi mensurado pela redução dos espaçamentos aceitáveis.

A qualidade da distribuição de plantas na lavoura pode ser mensurada por diversos métodos. Dentre eles, o desvio padrão se mostra com boa aplicabilidade para este fim, pela facilidade da execução do cálculo (Nielsen, 2001; Lauer & Rankin, 2004).

Madaloz (2014), utilizando semeadora com sistema dosador pneumático modelo eSet®, relatou irregularidade na distribuição longitudinal de plantas à medida que houve incremento na velocidade de semeadura de 4 para 12 km h⁻¹, mensurada através do uso do coeficiente de variação (CV) que foi de 25,8 para 35,6% respectivamente e as duplas de 1,6 para 5,8%, respectivamente. Ainda houve uma diminuição de 17,8% na produtividade e 7% na população idade de plantas final.

Trabalhos mais recentes utilizando CV como forma de avaliar a qualidade da distribuição de sementes têm mostrado perdas de rendimento expressivas relacionadas com aumento do CV. Silva et al. (2015) e Kolling et al. (2016) relataram reduções na produtividade de 386 kg ha⁻¹ e 187 kg ha⁻¹ respectivamente a cada 10% de incremento no CV. Concorda com os dados de duas safras distintas avaliando a influência do CV (2009/2010 e 2010/2011) com redução de 83 kg ha⁻¹ e 64 kg ha⁻¹ a cada 10% de CV (Sangoi et al., 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida RAS, Tavares-Silva CA, Silva SL (2010) Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian** 3:63-70.

Argenta G, Silva PRF, Sangoi L (2001) Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 36:71-78.

Balbinot Junior AA, Fleck NG, (2005) Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural** 34:245-252.

Balem Z, Modolo AJ, Trezzi MM, Vargas TO, Baesso UM, Brandelero EM, Trogello E (2014) Conventional and twin row spacing in different population densities for maize (*Zea mays* L.). **African Journal of Agricultural Research** 9:1787-1792.

Balkcom KS, Satterwhite JL, Arriaga FJ, Price AJ, Van Santen E (2011) Conventional and glyphosate-resistant maize yields across plant densities in single- and twin-row configurations. **Field Crops Research** 120:330-337.

Bettio CS, Ganascini D, Wunsh CA, Renosto L, Maggi MF, Gurgacz F (2017) Produtividade do milho com diferentes arranjos populacionais em linhas simples e duplas. **Acta Iguazu** 6:44-51.

Bottega EL, Braido R, Piazzetta HVL, Neto AMO, Guerra N (2014) Efeitos da profundidade e velocidade de semeadura na implantação da cultura do milho. **Pesq agropec pernambucana** 19:74-78.

Brame JL (2016) **Adubação nitrogenada em cobertura no milho no espaçamento reduzido e em fileira dupla**. 51f. Trabalho de conclusao de curso (Agronomia)-Unesp, Jaboticabal.

Bruns HA, Ebelhar MW, Abbas HK, Bruns (2012) Comparing single-row and twin-row corn production in the Mid South. **Crop Management** 11:1-8.

Calonego JC, Poletto LC, Domingues FN, Tiritan CS (2011) Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian** 4:84-90.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2019) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 60 p.

Cox WJ, Hanchar JJ, Knoblauch WA, Cherney JH (2006) Growth, yield, quality, and economics of corn silage under different row spacings. **Agronomy Journal** 98:163-167.

Cox WJ, Cherney JRD (2001) Row spacing, plant density and nitrogen effects on corn silage. **Agronomy Journal** 93:597-602.

Demétrio CS (2008) Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 43:1691-1697.

Ferreira A, Silva DA, Schoninger EL, Caione G, Kuffel C, De Carvalho MAC (2014) Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista brasileira de milho e sorgo** 13:162-173.

Fornasieri Filho D (Ed.) (2007) Manual da cultura do milho. Jaboticabal:Funep, 576 p.

FUZARO H (2002) Sistema de plantio linha dupla. Simposio sobre rotacao soja/milho no plantio direto. Piracicaba. Acesso em 25 novembro 2020. Disponível em: [https://npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/54f495ffab600eaa83257b0900456a4a/\\$FILE/Palestra%20do%20Homero.pdf](https://npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/54f495ffab600eaa83257b0900456a4a/$FILE/Palestra%20do%20Homero.pdf)

Garcia LC, Jasper R, Jasper M, Fornari AJ, Blum J (2006) Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola** 26:520-527.

Jarek K, Lauer, J (2011) Evaluating twin-row corn silage production. **Midwest forage association** University of Wisconsin.

Jasper R, Jasper M, Assumpcao PSM, Rocil J, Garcia LC (2011) Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola** 31:102-110.

Kappes C, Andrade JAC, Arf O, De Oliveira AC, Arf MV, Ferreira JP (2011) Arranjo de plantas para diferentes híbridos de Milho. **Pesquisa Agropecuaria Tropical** 41:348-359.

Kolling DF, Sangoi L, De Souza CA, Schenatto DE, Giordani W, Boniatti CM (2016) Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes variabilidades na distribuição espacial das plantas. **Ciência Rural** 46:248-253.

Kunz JH, Bergonci, JI, Bergamaschi H, Dalmago GA, Heckler BMM, Comiran F (2007) Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 42:1511-1520.

Lauer J, Rankin M (2004) Corn response to within row plant spacing. **Agronomy Journal** 96:1464-1468.

Liang WL, Peter C, Gui-yan W, Lu R, Lu HZ, Xia AP (2011) Quantifying the yield gap in wheat–maize cropping systems of the Hebei Plain, China. **Field Crops Research** 124:180-185.

Liu W, Tollenaar M, Stewart G, Deen W (2004) Within row plant spacing does not affect corn yield. **Agronomy Journal** 96:275-280.

Madaloz JCC (2018) **Distribuição de plantas de milho em sistema pneumático com diferentes regulagens de pressão de vácuo e peneiras de sementes**. 79f. Dissertação (Mestrado em agronomia)-UTFPR, Pato Branco.

Mahl D, Gamero CA, Benez SH, Furlani CEA, Silva ARB, (2004) Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho (*Zea mays L.*) sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola** 24:150-157.

Marchão RL, Brasil EM, Duarte JB, Guimarães CM, Gomes JA (2005) Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 35:93-101.

Mcfarland, C. C (2013) **Hybrid , Row Width , and Plant Population Effect on Corn Yield in Kentucky**. 72 f. Dissertation (Master Plant and Soil Science) University of Kentucky.

Mello LMM, Pinto ER, Yano EH (2003) Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola** 23:563-567.

Mello AJR, Furlani CEA, Silva RP, Lopes A, Borsatto EA (2007) Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Revista Engenharia Agrícola**, 27:479-486.

Mello, AJR (2011) **Distribuição longitudinal e produtividade do milho em função da velocidade de deslocamento e da profundidade de deposição da semente**. 102 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Miotto Junior E (2014) **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UTFPR, Pato Branco.

Modolo AJ, Carnieletto R, Kolling EM, Trogello E, Sgarbossa M (2010) Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciencia Agronomica** 41:435–441.

Mundstock CM, Da Silva PRF (Eds.) (2005) Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos. Porto Alegre:Evagraf, 51p.

National Corn Growers Association (NCGA) (2019) Records broken at NCGA 2019 Corn Yield Contest. Acesso em 26 outubro de 2020. Disponível em: <https://ncga.com/stay-informed/media/in-the-news/article/2019/12/records-broken-in-2019-ncga-corn-yield-contest>.

Nielsen RL (2001) Stand establishment variability in corn. Disponível em: https://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.pdf. Acesso em: 02 de abril 2020.

Novais RF (1970) **Comportamento de dois híbridos duplos (Zea mays L.) AG206 e H6000 em três populações de plantas e três níveis de nitrogênio**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFV, Viçosa.

Oliveira MF (2017) **Modelos de predição de produtividade da cultura do milho por meio de NDVI em arranjos espaciais**. 34 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Palhares M (2003) **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Esalq, Piracicaba.

Pereira FRS, Cruz SCS, De Albuquerque AW, Santos JR, Silva ET (2008) Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 12:69–74.

Pereira, RC (2006) **Relação entre características estruturais e bioquímicas e a textura do grão de milho**. 62 f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Ufla, Lavras.

Pioneer Sementes (2014) **Híbrido de milho marca Pioneer® atinge produção recorde de 411,6 sc/ha**. Acesso em 10 outubro de 2020. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/noticias/1222/hibrido-de-milho-marca-pioneer-atinge-producao-recorde-de-411-6-sc-ha>

Pinheiro Neto R, Braccini AL, Scapim CA, Bortolotto VC, Pinheiro AC (2008) Desempenho de mecanismos dosadores de semente em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy** 30:611-617.

Portella JA (1999) **Plantio de precisão: o desafio para o século XXI**. Passo Fundo: Embrapa Trigo (Comunicado Técnico 25).

Sangoi L, Ender M, Guidolin AF, Bogo A, Kothe DM (2000). Disease incidence and severity of four maize hybrids. **Ciência Rural** 30:17-21.

Sangoi L, Almeida ML, Da Silva PRF, Argenta G (2002) Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia** 61:101-110.

Sangoi L, Da Silva PRF, Argenta G, Rambo, L (2010) **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 87p.

Sangoi L, Schmitt A, Vieira J, Picoli Jr GJ, Souza CA, Casa RT, Schenatto DE, Giordani W, Boniatti CM, Machado GC, Horn D (2012) Variabilidade na Distribuição Espacial de Plantas na Linha e Rendimento de Grãos de Milho. **Revista Brasileira de milho e sorgo** 11:268-277.

Silva FH, Cunha PCR, Almeida ACS, Araújo LS, Jakelaitis A, Silveira PM (2015) Production components of corn as function of seed distribution along the planting row. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 19:1172-1177.

Strieder ML (2006) **Resposta do milho à redução do espaçamento entrelinhas em diferentes sistemas de manejo**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - UFRS, Porto Alegre.

Schmitt A (2014) **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônomo do milho em ambientes de alto manejo**. 216 f. Tese (Doutorado produção vegetal) - UDESC, Lages.

Thomas EV, Mahana B (2011) Corn populations and row width deserve review. **Hoarde's Dairyman – Crops & Forages**. Iowa: Disponível em: <https://hoards.com/article-2394-corn-populations-and-row-width-deserve-review.html> Acesso em: 01 abril 2020.

Trogello E, Modolo AJ, Scarsi M, Dallacort R (2013) Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia** 72:101–109.

USDA, World Agricultural Production - Circular Series (2020). **Foreign agricultural service office of global analysis**, 38 f. novembro.

Vale WG, Garcia RF, Júnior DC, Gravina GA, Klaver PPC, Vasconcelos Junior JFS (2010) Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora direta. **Global science and technology** 3:67-74.

CAPÍTULO 2 - Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho

RESUMO

O arranjo espacial de plantas é de grande importância, podendo interferir positiva ou negativamente na produtividade do milho (*Zea mays* L.). O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que os arranjos em linhas gêmeas poderiam trazer incremento de produtividade em relação ao arranjo tradicional. Assim avaliamos as linhas gêmeas (45x90 e 20x80 cm) versus a testemunha (45 cm) com densidades de plantas (60, 75, 90 e 105 mil plantas ha⁻¹). Foram implantados três experimentos, sendo dois em Itararé-SP na safra 2017/2018 e outro em Pilar do Sul-SP na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado foi do tipo em faixas “Split Block” com 4 repetições. Foram avaliados altura de planta (APL), altura inserção espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de grãos/espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG). A umidade dos grãos foram corrigidas para 13% de umidade. Os dados obtidos foram submetidos ao teste "F" da análise de variância. Para os arranjos de linhas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito de população de plantas foi submetido à análise de variância e regressão. Os arranjos de linhas influenciaram significativamente o DC e componentes de produtividade como NGE, MMG e ainda a PG do milho. As linhas gêmeas de 20x80 cm foram superiores em produtividade nas duas safras, independente do híbrido. O espaçamento 45x90 cm não proporcionou incremento de produtividade. A maior produtividade do híbrido 30F53VYH nos experimentos foi de 19.607 kg ha⁻¹ com 105.000 plantas ha⁻¹. A maior produtividade do híbrido P3456H nos experimentos foi de 18.294 kg ha⁻¹ com 90.000 plantas ha⁻¹. A resposta positiva de incremento de produtividade depende da interação Genótipo x Ambiente x Safra.

Palavras chave: Linha dupla, espaçamento, arranjo plantas

ABSTRACT

The spatial arrangement of plants is of great importance, being able to interfere positively or negatively in the productivity of corn (*Zea mays* L.). The objective of this work was to test the hypothesis that the arrangements in twin lines could bring an increase in productivity in relation to the traditional arrangement. We evaluated the twin lines (45x90 and 20x80 cm) versus the control (45 cm) with plant densities (60, 75, 90 and 105 thousand plants ha⁻¹). Three experiments were implemented, two in Itararé-SP in the 2017/2018 harvest and another in Pilar do Sul-SP in the 2018/2019 harvest. The experimental design used was of the "Split Block" stripe type with 4 repetitions. Plant height (APL), ear insertion height (IEA), stem diameter (DC), number of grains / ear (NGE), thousand grain mass (MMG) and grain yield (PG) were evaluated. Grain moisture was corrected to 13% moisture. The data obtained were submitted to the "F" test of analysis of variance. For line arrangements, the averages were compared by Tukey's test at 5% probability. The plant population effect was subjected to analysis of variance and regression. The line arrangements significantly influenced the DC and productivity components such as NGE, MMG and the PG of the corn. The twin lines of 20x80 cm were superior in productivity in both harvests, regardless of the hybrid. The 45x90 cm spacing did not increase productivity. The highest productivity of the 30F53VYH hybrid in the experiments was 19.607 kg ha⁻¹ with 105.000 plants ha⁻¹. The highest productivity of the P3456H hybrid in the experiments was 18.294 kg ha⁻¹ with 90.000 plants ha⁻¹. The positive response to increased productivity depends on the Genotype x Environment x Crop interaction

Key words: Twin row, spacing, plant arrangement.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a cultura do milho (*Zea mays* L.) têm sofrido modificações importantes no sistema de produção no Brasil. Mudanças essas que incluem na maioria das vezes a utilização de híbridos simples e de alto potencial produtivo, arranjos de plantas mais adequados, redução do espaçamento entre linhas, aumento na densidade populacional e a migração de boa parte da área cultivada deste cereal para a segunda safra.

O arranjo espacial de plantas devido à alteração no espaçamento das entrelinhas e densidade de plantas, foi sido apontado como uma das práticas de manejo ao alcance do agricultor para aumentar a produtividade do milho, que traria uma otimização no uso de fatores importantes como água, luz solar e nutrientes (Demétrio et al., 2008).

Com o desenvolvimento cada vez mais rápido de novos genótipos, criando uma renovação da base genética, biotecnologia e práticas de manejo que propiciam altas produtividades, surge a hipótese de que os arranjos de plantas utilizados possam não ser os melhores e mais adequados e que propiciem a exploração de todo o potencial genético atual.

Uma opção de arranjo é a semeadura em linhas gêmeas “Twin-row”, que consiste em uma forma de distribuição das plantas onde é possível aumentar a distância entre as mesmas sem afetar o fenótipo e ter um incremento em produtividade, por teoricamente proporcionar menor competição de plantas na linha de semeadura e ainda aumentar o número de plantas por área sem afetar variáveis como altura de plantas e espigas por exemplo.

Em pesquisa conduzida na Virgínia Ocidental (EUA), foi relatado incremento de 12,5% na produtividade de grãos com semeadura em linhas gêmeas se comparado ao sistema tradicional de 76,5 cm. Aumento ocorrido em duas safras consecutivas de experimento. Relatou ainda por meio de observação visual, que as plantas nas linhas gêmeas expressaram em menor intensidade o efeito de estiagem com rápido fechamento do dossel da cultura (Jones, 2010).

Nos EUA vários trabalhos têm sido desenvolvidos com linhas gêmeas, porém os resultados divergem quanto a eficiência da técnica de semeadura. Estudos conduzidos em Ohio por três safras mostraram de 4 a 15% de incremento na

produtividade, já os conduzidos na Pensilvânia e Mississippi não obtiveram aumento de produtividade devido às mudanças de espaçamentos (Kratochvil & Taylor, 2005).

Essa técnica das linhas gêmeas já vinha sendo utilizada na produção de milho verde em alguns polos de produção do estado de São Paulo. Proem com objetivo de ganho operacional na colheita manual das espigas. Atualmente é comum encontrarmos agricultores realizando a semeadura em linhas gêmeas para produção de milho grão na região sudoeste de SP, triângulo mineiro e sul de MG.

Nos Estados Unidos desde 2009 já havia relatos do uso desta técnica em lavouras comerciais de milho e até soja (Thomas & Mahanna, 2011). A configuração de linhas gêmeas mais comum por lá, ocorre com 20x70 cm (Figura 02), e já existem fabricantes que oferecem opções de semeadoras para este fim.

Figura 02: Lavoura de soja, e milho em linhas gêmeas respectivamente (EUA).



No Brasil, até pouco tempo não existiam fabricantes de semeadoras para esse fim, assim os agricultores que resolveram adotar este sistema, utilizam as semeadoras tradicionais com uma readequação para semear com 45x90 cm, com vantagem notável para o trânsito de implementos nas entrelinhas, sem amassamento como ocorre nos espaçamentos tradicionalmente reduzidos (45-50 cm). Atualmente já temos pelo menos dois fabricantes nacionais oferecendo opções de semeadoras para que permitam outras combinações de arranjos como 25x75 cm e 22 x 45 a 110 cm.

Além de possível incremento na produtividade de grãos, dentre as vantagens dos sistema de semeadura em linhas gêmeas estão: utilização em outras culturas, possibilidade de maior densidade de semeadura, uso mais eficiente de nutrientes e água, aumento da produção de matéria verde para silagem, não necessita de novas

plataformas para colheita, melhor desenvolvimento do sistema radicular, maior diâmetro do colmo, aumento na taxa de fotossíntese e ainda redução da severidade de doenças.

Diante da evolução que a cultura do milho têm alcançado, principalmente em relação à introdução de novos híbridos mais produtivos e como relatado as pesquisas validando arranjo em linhas gêmeas são pontuais no Brasil, objetivou-se com este trabalho comparar o arranjo tradicional (45 cm) versus as linhas gêmeas (20x80 cm e 45x90 cm), utilizando dois híbridos em duas safras de verão e três locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos da safra 2017/2018

Experimento 01

Realizado em lavoura comercial de milho no município de Itararé, estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: latitude 24°03'59"S, longitude 49°17'58"W e altitude de 750 m. Clima do tipo Cfa (subtropical úmido, clima oceânico sem estação seca e com verão quente) de acordo com classificação de Köppen adaptado por (Alvares et al., 2013). O solo da área foi classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico (Embrapa, 2013).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em Sistema Plantio Direto sob palhada de aveia, neste experimento utilizou-se o híbrido simples 30F53VYH, lançado no mercado em 2002, alto potencial produtivo e arquitetura de folhas decumbentes, o segundo híbrido simples foi o P3456H, lançado em 2016, com alto potencial produtivo e arquitetura de folhas eretas, ambos adaptados e recomendados para a região e época de semeadura. A semeadura ocorreu em 05/10/2017 em condições de sequeiro.

A adubação mineral no sulco de semeadura consistiu de 250 kg ha⁻¹ da fórmula (11-52-00), colocado a 10 cm abaixo das sementes, o potássio foi todo aplicado em cobertura, sendo uma aplicação antes da semeadura com 130 kg ha⁻¹ de KCl e outra de 130 kg ha⁻¹ no estágio V3. O nitrogênio foi complementado em 3 aplicações de Ureia 180 kg ha⁻¹ (semeadura, V4 e V6) baseado na extração média e expectativa de produtividade (Lacerda et al., 2015).

O delineamento experimental utilizado foi do tipo em faixas “Split Block”, com dois fatores experimentais e 4 repetições: Fator 01 - espaçamento entrelinhas (45 cm e 20x80 cm), Fator 02 - densidades de semeadura de cada híbrido (60, 75, 90 e 105 mil plantas ha^{-1}). O objetivo desde o início foi analisar cada híbrido separadamente, assim os híbridos foram semeados em blocos distintos.

As sementes utilizadas, foram tratadas industrialmente com inseticida sistêmico clotianidina, na dose de 70 ml p.c /60.000 de sementes, com objetivo de manejar pragas de hábito sugador. Para manejo de insetos mastigadores a semente recebeu também clorantraniliprole, na dose de 48 ml pc /60.000 sementes, ambos registrados para a cultura do milho.

Para a semeadura, a área foi sulcada com a semeadora para plantio direto marca Semeato a 4 km h^{-1} , somente com o fertilizante e efetuou-se a semeadura de forma manual, sendo as plantas espaçadas de forma equidistante de acordo com a população de plantas desejada e o espaçamento utilizado. Foram utilizadas 2 sementes por posição, colocadas na profundidade de 5,0 cm, garantida por limitadores de profundidade na matraca. Quando as plântulas apresentaram duas folhas foi realizado o desbaste, permanecendo uma planta por posição, assim ajustando e assegurando as densidades desejadas em cada tratamento.

As parcelas foram constituídas por seis linhas no espaçamento tradicional (45 cm) e 3 pares de linhas gêmeas (20x 80 cm), com 6 m de comprimento. Para as avaliações e coleta de dados foram utilizadas como área útil as 4 linhas centrais de cada unidade experimental.

Durante a safra 2017/2018 ocorreu precipitação total de 1025 mm com os volumes bem distribuídos ao longo dos meses. A temperatura máxima média no período foi de 29°C, e a mínima média foi de 18°C. A umidade relativa média foi 80,2 (Dados do INMET) (Figura 1).

Durante a safra 2018/2019 ocorreu precipitação total de 725 mm com os volumes bem distribuídos ao longo dos meses. A temperatura máxima média no período foi de 28°C, e a mínima média foi de 18°C. A umidade relativa média foi 83 (Dados do INMET) (Figura 2).

As análises física e química dos solos das áreas experimentais podem ser observadas nos Quadros 1, 2 e 3.

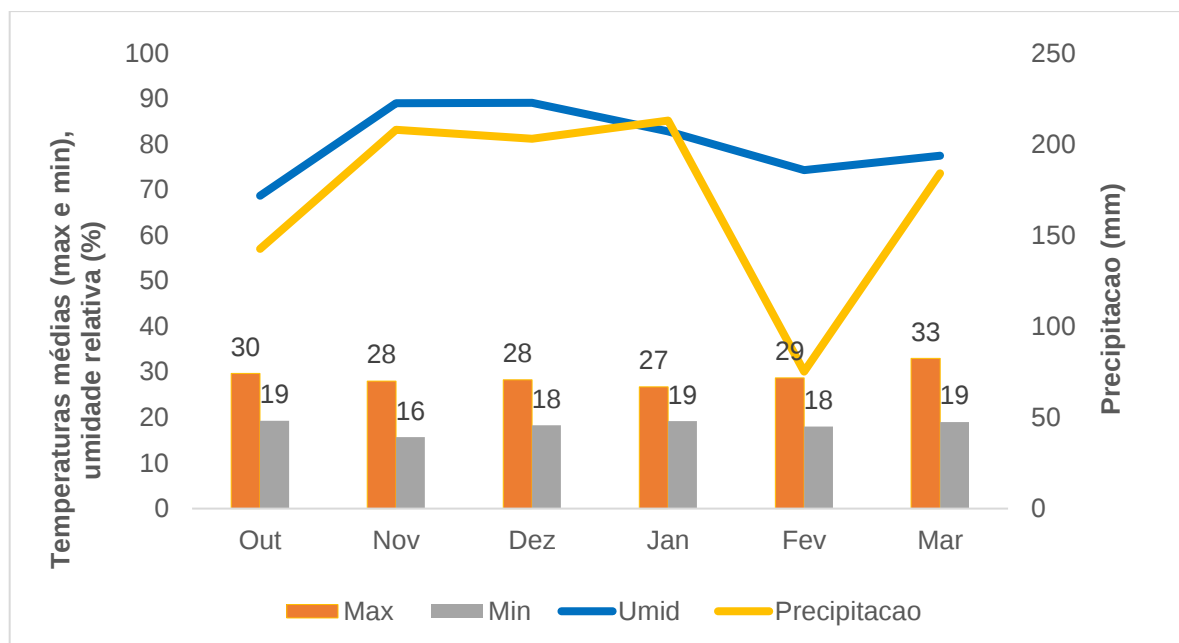


Figura 1: Temperaturas médias (máximas e mínimas), umidade relativa (%) e precipitação (mm) no período de outubro de 2017 a março de 2018.

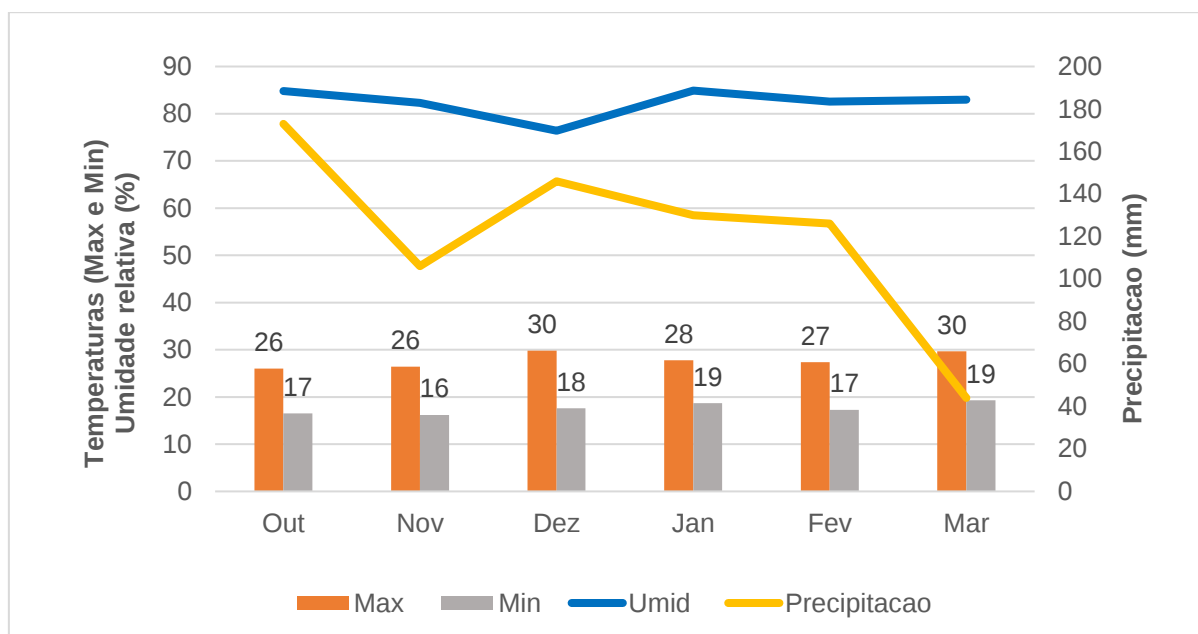


Figura 2: Temperaturas médias (máximas e mínimas), umidade relativa (%) e precipitação (mm) no período de outubro de 2018 a março de 2019.

Quadro 1: Análise do solo da área experimental 01, safra 2017/2018.

Prof (cm)	MO	pH	P resina	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
	g/dm ³	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	mmolc/dm ³			%	mmolc/dm ³	mg/dm ³							g/kg		
00-20	31	5,1	23	2,8	28	11	0	42	86	11	0,25	0,8	41	0,3	0,8	450	187	363
20-40	25	4,8	10	1,4	11	5	2	18	65	23	0	0	0	0	0	471	182	347

Quadro 2: Análise do solo da área experimental 02, safra 2017/2018.

Prof (cm)	MO	pH	P resina	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	S	Argila	Silte	Areia
	g/dm ³	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	mmolc/dm ³			%	mmolc/dm ³	mg/dm ³		g/kg		
00-20	27	5,3	50	3,3	29	14	0	46,3	76,3	0	369	114	517
20-40	21	4,6	40	1,6	10	6	13,7	17,6	58,6	8	-	-	-

Quadro 3: Análise do solo da área experimental da safra 2018/2019.

Prof (cm)	MO	pH	P resina	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
	g/dm ³	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	mmolc/dm ³			%	mmolc/dm ³	mg/dm ³							g/kg		
00-20	39	5,4	80	2,3	40	18	0	60,6	102,6	20	1,2	1,7	81	2,6	2,7	518	278	204
20-40	31	4,8	66	1,4	20	11	8,4	32,7	89,7	28	0,33	1,6	39	1,1	1,8	-	-	-

Experimento 02

Um segundo experimento foi realizado também no município de Itararé, estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: latitude 24°06'14"S, longitude 49°21'39"W e altitude de 778 m. Clima do tipo Cfa (subtropical úmido, clima oceânico sem estação seca e com verão quente) de acordo com classificação de Köppen adaptado por (Alvares et al., 2013). O solo da área foi classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico (Embrapa, 2013).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em Sistema Plantio Direto, tendo com cultura anterior o trigo, neste experimento utilizou-se os mesmos híbridos 30F53VYH e P3456H, ambos adaptados e recomendados para a região e época. A semeadura ocorreu em 12/10/2017 em sequeiro.

A adubação mineral no sulco de semeadura consistiu de 280 kg ha⁻¹ da formula (11-52-00), o potássio foi todo aplicado em cobertura, sendo uma aplicação antes da semeadura com 130 kg ha⁻¹ de KCl e outra de 100 kg ha⁻¹ no estágio V3. O nitrogênio foi complementado em 3 aplicações de 150 kg ha⁻¹ (semeadura, V2 e V4) de acordo com a extração média e expectativa de produtividade.

O delineamento experimental utilizado foi do tipo em faixas "Split Block", com dois fatores experimentais e 4 repetições: Fator 01 - espaçamento entrelinhas (45 cm e 45x90 cm), Fator 02 - densidades de semeadura de cada híbrido (60, 75, 90 e 105 mil plantas ha⁻¹).

As sementes utilizadas, foram tratadas industrialmente com inseticida sistêmico clotianidina, na dose de 70 ml pc /60.000 de sementes, para controle de sugadores e clorantraniliprole, na dose de 48 ml pc /60.000 sementes para insetos mastigadores.

Para a semeadura, a área foi sulcada com a semeadora para plantio direto, marca KUNH a 4 km h⁻¹, somente com o fertilizante e efetuou-se a semeadura de forma manual, sendo as plantas espaçadas de forma equidistante de acordo com a população de plantas desejada e o espaçamento utilizado. Foram utilizadas 2 sementes por posição, em profundidade de 5,0 cm, garantida pelo limitador na matraca. Desbaste realizado conforme experimento 01.

As parcelas foram constituídas por seis linhas no espaçamento tradicional (45 cm) e 3 pares de linhas gêmeas (45x90 cm), com 6 m de comprimento. Para as

avaliações e coleta de dados foram utilizadas como área útil as 4 linhas centrais de cada unidade experimental.

EXPERIMENTO DA SAFRA 2018/2019

O experimento foi conduzido no município de Pilar do Sul, estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: latitude 23°49'01"S, longitude 47°48'38"W e altitude de 902 m. Clima do tipo Cfa (subtropical úmido, clima oceânico sem estação seca e com verão quente) de acordo com classificação de Köppen adaptado por (ALVARES et al., 2013). O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (Embrapa, 2013).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em Sistema Plantio Direto, em sucessão ao trigo, neste experimento utilizou-se dois híbridos: 30F53VYH e P3456H, todos adaptados à região e época. A semeadura ocorreu em 01/10/2018 em sequeiro.

A adubação mineral no sulco de semeadura consistiu 250 kg ha⁻¹ da fórmula (13-33-08), o potássio foi complementado em 2 coberturas de 80 kg ha⁻¹ de KCl (V2 e V4). O nitrogênio foi complementado em 2 aplicações de 220 kg ha⁻¹ (V2 e V4).

O delineamento experimental utilizado foi do tipo em faixas "Split Block", com dois fatores experimentais e 4 repetições: Fator 01 - espaçamento entrelinhas (0,50 m, 20x80 cm e 45x90 cm), Fator 02 - densidades de semeadura (65, 75, 90 e 105 mil plantas ha⁻¹), conforme figura 03.

As sementes utilizadas, foram tratadas industrialmente com inseticida sistêmico clotianidina, na dose de 70 ml p.c /60.000 de sementes, para controle de sugadores e clorantraniliprole, na dose de 48 ml pc /60.000 sementes para insetos mastigadores.

Para a semeadura, a área foi sulcada com a semeadora para plantio direto, marca Jumil a 4 km h⁻¹, somente com o fertilizante e efetuou-se a semeadura de forma manual, equidistante, com duas sementes e desbaste como já descrito.

As parcelas foram constituídas por seis linhas no espaçamento tradicional (45 cm) e 3 pares nas linhas gêmeas (45x90 e 20x80 cm), com 6 m de comprimento.



Figura 03: Distribuição dos tratamentos em faixas, fator 01 (espaçamentos), fator 02 (densidades de semeadura).

Avaliações dos experimentos

Para as avaliações e coleta de dados foram utilizadas como área útil as 4 linhas centrais de cada unidade experimental. Para as variáveis altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo foram avaliadas 10 plantas na área útil de cada unidade experimental, para os caracteres relativos à espiga (número de grãos e fileiras) foram avaliadas seis espigas na área útil da parcela (Storck et al., 2011).

Altura de planta e de inserção da espiga

A altura média de plantas foi realizada após florescimento, medindo 10 plantas, da superfície do solo até a inserção do pendão com uma régua graduada em centímetros. A altura de espiga foi medida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal no colmo nas mesmas 10 plantas.

Diâmetro de colmo

O diâmetro de colmo foi medido no segundo internódio, a partir da base da planta, com paquímetro digital em 10 plantas por parcela.

Caracteres de espiga e componentes de produção

População final de plantas

A população final das plantas foi obtida por meio da contagem do número total de plantas. Foi considerado o total de plantas na área útil de cada unidade experimental e transformado para unidade por área (plantas ha⁻¹).

Número de fileiras e grãos por fileira

O número médio de fileiras e de grãos por fileira foi obtido por meio de contagem manual. Foram amostradas e descascadas seis espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos.

Produtividade e massa de mil grãos

A produtividade de grãos foi obtida com a debulha e pesagem dos grãos oriundos da área útil das parcelas, o qual foi convertido para kg ha⁻¹. Após a debulha das espigas colhidas na área útil das parcelas, determinou-se o peso médio de mil grãos, coletando aleatoriamente, cinco sub-amostras de cem grãos por parcela, que foram submetidas à pesagem em balança de precisão (0,01 g).

O teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil Multi-grain (Dickey-John®), o qual propicia leitura direta em *display* digital: $\text{Peso Líquido} = (100 - U\%)/87 * \text{Peso Bruto}$

Colheita

A colheita do milho em todos os experimentos foi realizada manualmente, após a maturidade fisiológica, com umidade entre 22 e 27%. As espigas foram submetidas à trilha em debulhadora estacionária e os pesos corrigidos para 13% de umidade.

Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância para o delineamento em faixas “Split Block”. Para o efeito dos espaçamentos entrelinhas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o efeito de densidade de plantas foi utilizada a análise de regressão. A análise estatística dos dados foi realizada por meio do software AGROESTAT (Barbosa & Maldonado, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimentos da safra 2017/2018

Experimento 01

Para o híbrido 30F53VYH, a altura de plantas (APL) e inserção de espigas (AIE) foi afetada significativamente pelo espaçamento entrelinhas e pelas densidades de plantas adotadas (Tabela 01), com maiores valores para o arranjo de 45 cm e populações de 90 e 105 mil. Molin et al. (2009) em estudos com 3 arranjos entrelinhas, 3 densidades de semeadura e 9 genótipos em 3 locais por 3 safras, relataram influência do espaçamento entrelinhas em APL e AIE somente para alguns híbridos e populações testadas, evidenciando que esta resposta está intimamente ligada ao genótipo e as interações com ambiente que podem ocorrer.

Desdobrando a interação obtém-se a Figura 04, onde observa-se aumento na APL em resposta à adição de população, com pouco incremento ocorrendo após 75.000 plantas ha⁻¹, independente do arranjo utilizado. Corroborando com este resultado, (Penariol et al., 2003) e (Alvarez et al., 2006) observaram alterações em APL com mudanças no espaçamento entrelinhas de 90 cm para 45 cm e de 90 para 70 cm, respectivamente. Resultado contrário foi relatado por Balem et al. (2014), trabalhando com semeadura em linhas gêmeas onde não houve influência dos espaçamentos nestas variáveis.

Para diâmetro de colmo (DC) houve efeito significativo do espaçamento de 20x80 cm apresentando maior valor. Houve decréscimo do DC à medida que se adicionou população de plantas, possivelmente explicado pela maior competição das plantas pelos recursos como água e nutrientes. Resultados estes concordantes com Balem et al. (2014), Molin et al. (2009), Dias (2017) e Brachtvogel et al. (2012).

Para a massa de mil grãos (MMG), um componente da produtividade, o maior valor ocorreu nas linhas gêmeas. Houve ainda um efeito linear decrescente para MMG com o aumento da população de plantas. Kappes et al. (2011) e Hashemi et al. 2005 também relataram redução na massa de grãos com aumento da densidade de semeadura. Adoção de elevadas densidades de plantas podem reduzir a atividade fotossintética do milho e a eficiência da conversão de fotoassimilados em grãos (MARCHÃO et al., 2006).

O número de grãos por espiga (NGE), também componente da produtividade, apresentou maior valor nas linhas gêmeas, assim a distribuição mais equidistante de plantas nas linhas gêmeas e o próprio genótipo (30F53VYH) que possui boa capacidade prolífica, podem ter contribuído para o resultado desta variável. Contrariando este resultado, Miotto Junior (2014) não encontrou diferenças em NGE estudando linhas gêmeas (20x40 cm, 20x45 cm, 20x60 cm e 20x70 cm). Em contraste a isso Palhares (2003) e Argenta et al. (2001) relataram que a redução de espaçamento e a distribuição equidistante das plantas na área interferem significativamente no número de fileiras e de grãos por espiga.

A maior produtividade de grãos (PG) ocorreu com as linhas gêmeas 20x80 cm (Tabela 01). Na Figura 05 observamos um comportamento linear em ambos espaçamentos, com aumento de produtividade em resposta à adição de plantas. Alguns trabalhos corroboram com este aumento de produtividade quando ocorre a semeadura em linhas gêmeas associado ao incremento de população (Balem et al., 2014), (Brame, 2016), (Bettio et al., 2017). Resultados contrários foram descritos por Jeschke (2010) analisando dados de produtividade de linhas gêmeas versus arranjo normal de 76 cm, em 179 experimentos em ambientes de alta produtividade nos EUA, não encontrou diferenças significativas.

TABELA 01: Anova e médias do fator espaçamento e densidade de plantas: Altura de plantas (cm), altura inserção espiga (cm), diâmetro de colmo (mm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

População	APL	AIE	DC	MMG	NGE	PG
Espaçamento (A)						
45 cm	293 a	170 a	23,4 b	354 b	621 b	16590 b
20x80 cm	286 b	167 b	24,3 a	379 a	666 a	18913 a
DMS (5%)	3,3	3,1	0,2	5,05	38,63	547,13
F (fator A)	49,0**	10,4*	182,5**	247,9**	13,6**	182,5**
CV resíduo A	1,0	2,0	0,8	1,2	5,3	2,6
População de plantas (B)						
60 mil	276	159	25,8	386	674	16652
75 mil	293	167	24,6	374	658	17381
90 mil	294	173	23,4	363	659	18071
105 mil	296	175	22,4	345	585	18454
DMS	2,05	5,94	0,46	23,23	45,88	460,47
F (fator B)	375,08**	28,68**	129,95**	10,70**	14,97**	55,46**
CV resíduo B	0,4	2,9	1,2	4,0	4,5	1,7
F (AxB)	4,83*	0,52 ^{ns}	2,75 ^{ns}	3,18 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV resíduo C	1,6	3,4	1,0	3,3	4,3	1,7
Modelos de Regressão						
Linear	830,97**	81,27**	377,64**	31,69**	33,28**	146,41**
Quadrática	239,49**	4,56 ^{ns}	9,37 ^{ns}	0,29 ^{ns}	7,61*	14,58**
Cúbica	54,79**	0,21 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,11 ^{ns}	4,00 ^{ns}	5,39*

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

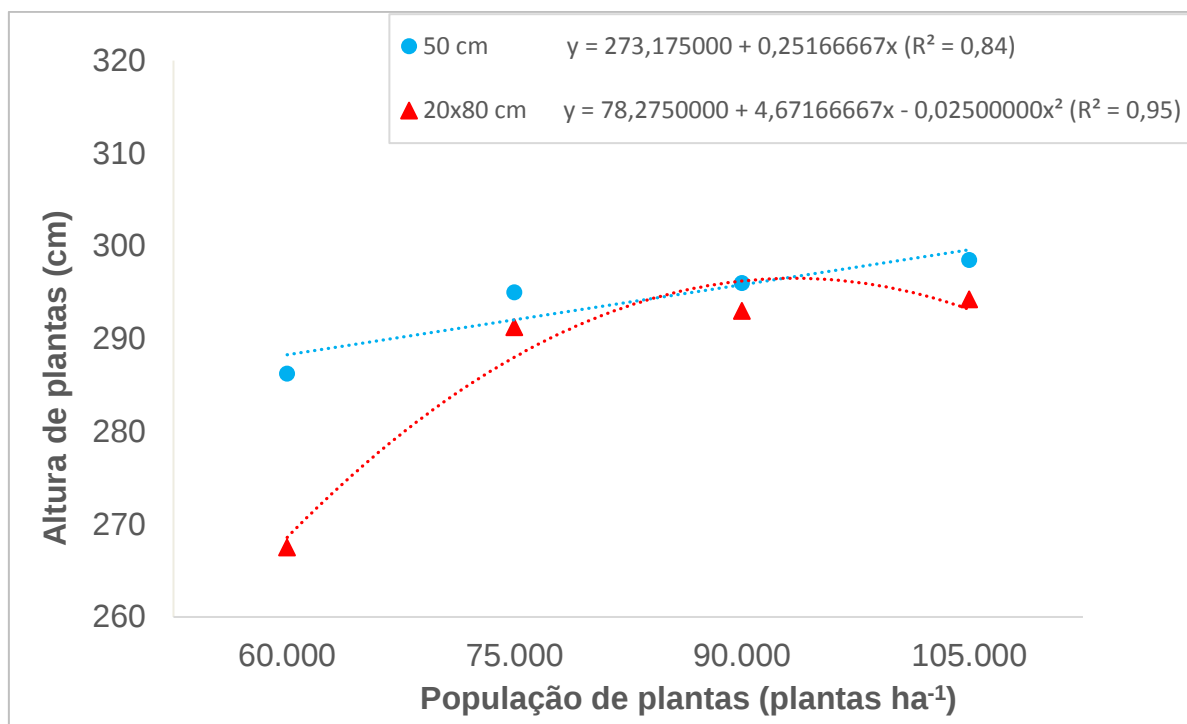


Figura 04: Desdobramento da interação: espaçamento e população, para altura de plantas no híbrido 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

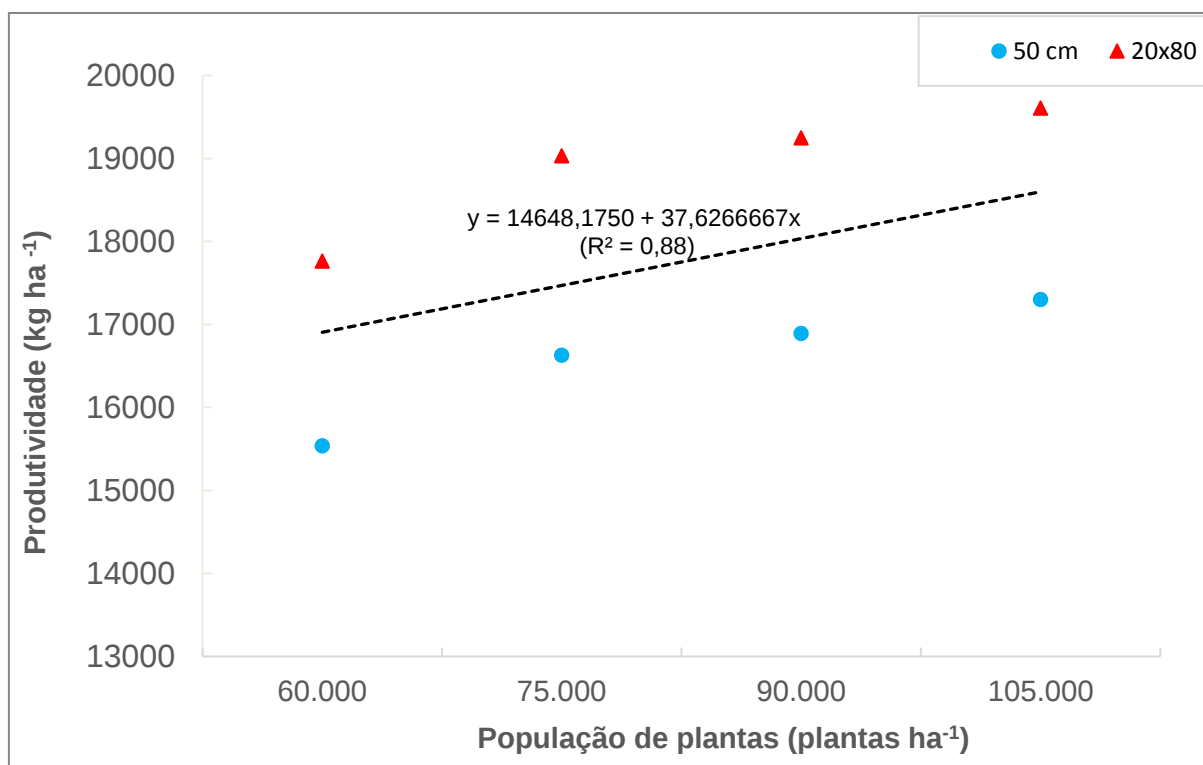


Figura 05: Produtividade média de grãos em função do aumento de população no híbrido 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

Para o híbrido P3456H considerado um genótipo mais moderno, ocorreu aumento de APL e AIE tanto em função dos espaçamentos como de densidade de plantas (Tabela 02). Conforme Molin et al. (2009) essas alterações de fenótipo ocorrem em algumas situações, pois são dependentes do híbrido utilizado e suas interações com o manejo e ambiente (Figura 06), assim a maioria dos trabalhos com arranjo espacial em milho mostram que são pontuais estes efeitos ocorridos. Corroborando com isso Alvarez et al. (2006) testando 3 híbridos com 2 densidades de plantas em 3 safras não encontraram modificações em caracteres agronômicos como APL e AIE.

O DC foi superior na linha gêmea e diminuiu proporcionalmente com o aumento de densidade de plantas. (Pereira et al., 2018) trabalhando com dois espaçamentos (45 e 90 cm) e duas densidades de plantas (45 e 65 mil), relatou diminuição do DC em função da maior densidade de semeadura. No presente trabalho utilizamos densidades de plantas muito superiores.

O MMG foi superior no arranjo com linhas gêmeas e respondeu negativamente com o aumento da densidade de semeadura. Houve ainda interação significativa entre espaçamento e densidade de plantas (Figura 07). Concordantemente Balem et al. (2014) encontrou resultados similares com maior MMG na linha gêmea e diminuição de peso com maiores densidades de plantas. Fumagalli et al. (2017) avaliando 3 espaçamentos e 4 densidades de plantas encontrou efeito semelhante com diminuição do MMG à medida que a densidade era aumentada. Contrariamente Makino (2018) relatou que esta variável não sofreu redução, utilizando 2 espaçamentos e 4 densidades diferentes.

A Produtividade de grãos, considerando o fator espaçamento foi significativamente maior para as linhas gêmeas adotadas. Para densidade de plantas do P3456H, a população ótima para produtividade ocorreu com 80.000 plantas ha⁻¹ com decréscimo em populações maiores, independentemente do espaçamento entrelinhas (Figura 08). Resultado este contrastante com o híbrido 30F53VYH que respondeu linearmente ao aumento de plantas. Mackey (2013) testando 3 híbridos, encontrou resultado similar, onde 2 híbridos responderam linearmente à população e somente o híbrido P1480HR decresceu a PG após 86.000 plantas ha⁻¹.

TABELA 02: Anova e médias do fator espaçamento e densidade: Altura de plantas (cm), altura de espiga (cm), diâmetro de colmo (mm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga, e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

Fatores	APL	AIE	DC	MMG	NGE	PG
Espaçamento (A)						
45 cm	282 a	147 b	22,5 b	332b	681 b	14893 b
20x80 cm	276 b	157 a	23,3 a	355 a	707 a	17516 a
DMS (5%)	4,3	4,5	0,1	18,8	22,6	394,1
F (fator A)	23,57**	51,54**	222,16**	15,38*	13,38*	448,51**
CV resíduo A	1,3	2,6	0,6	4,8	2,9	2,1
População de plantas (B)						
60 mil	267	140	24,5	369	741	15266
75 mil	280	148	23,6	345	703	16421
90 mil	278	154	22,5	334	684	16985
105 mil	291	165	21,1	326	649	16144
DMS	7,19	3,94	0,70	12,42	66,78	742,12
F (fator B)	37,42**	137,08**	87,67**	44,30**	6,43*	18,19**
CV resíduo B	1,6	1,6	1,9	2,3	6,1	2,9
F (AxB)	3,57 ^{ns}	8,35**	0,21 ^{ns}	10,26**	1,55 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CV resíduo C	2,3	2,9	1,5	2,6	3,0	3,0
Modelos de Regressão						
Linear	96,55**	407,36**	260,14**	124,43**	18,97**	18,11**
Quadrática	0,01 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,87 ^{ns}	7,96*	0,01 ^{ns}	35,28**
Cúbica	15,69**	2,64 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,17 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

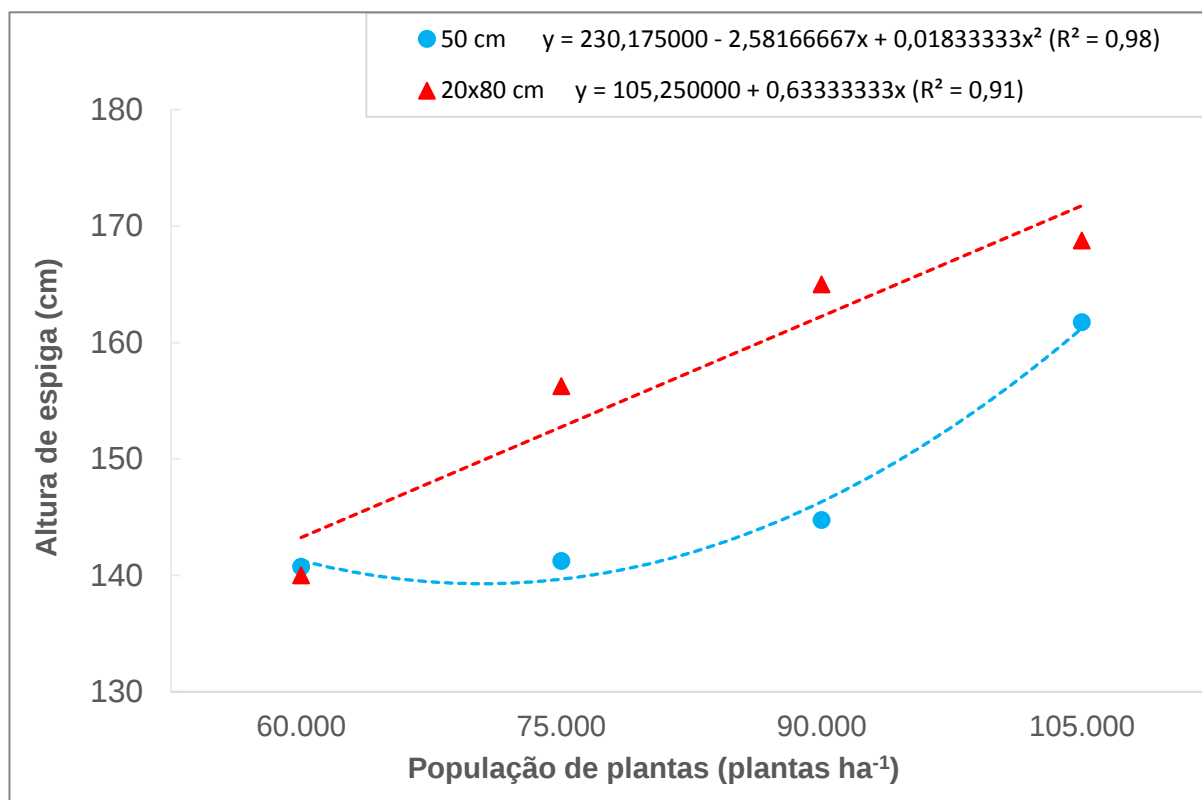


Figura 06: Desdobramento da interação: espaçamento x densidade para altura de inserção espiga no híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

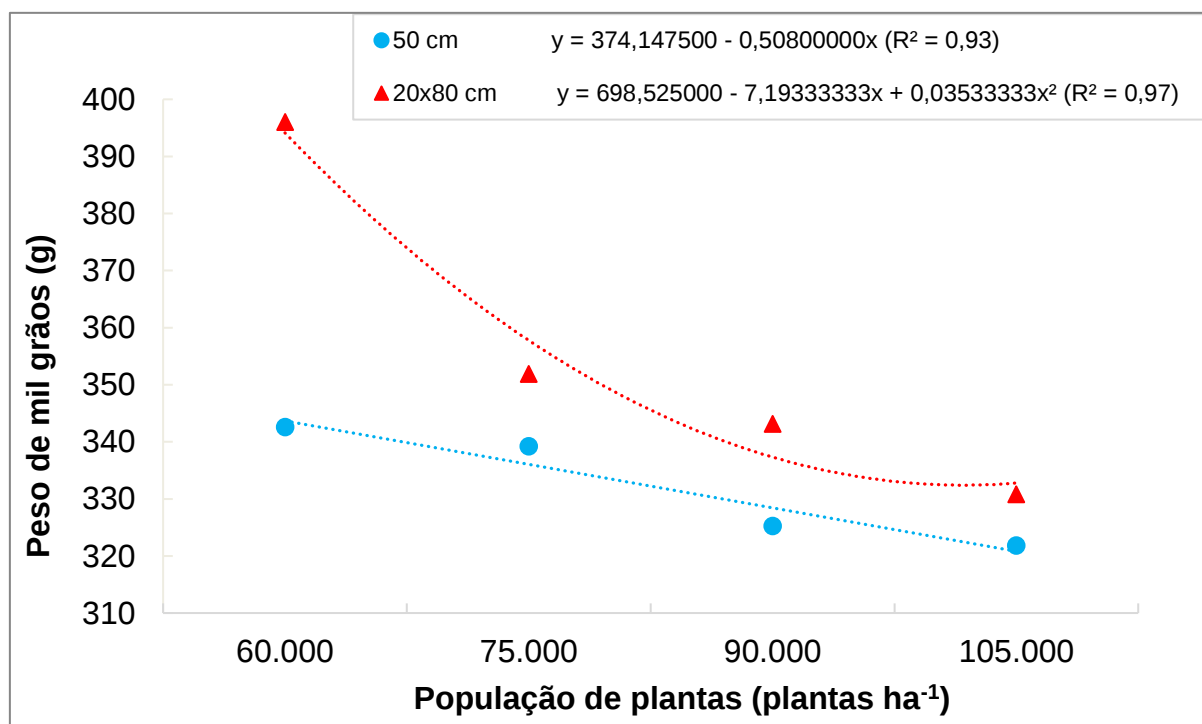


Figura 07: Desdobramento da interação: espaçamento x densidade para massa de mil grãos no híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

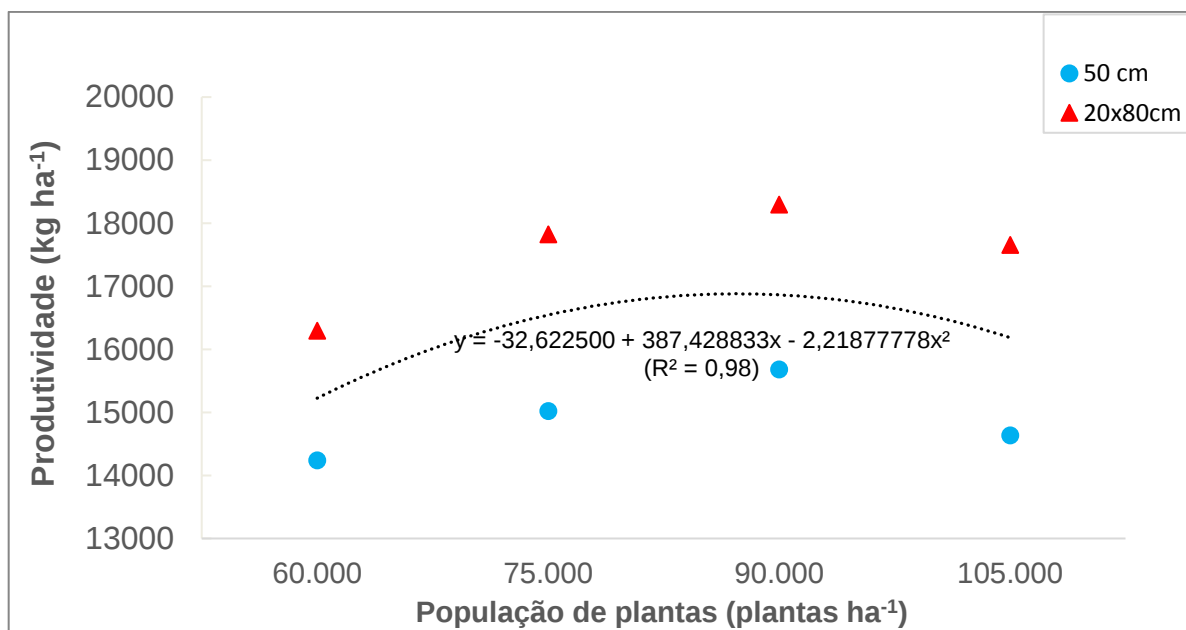


Figura 08: Produtividade média de grãos em função do aumento de população no híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

EXPERIMENTO 02

No experimento 02 comparamos as linhas gêmeas 45x90 cm versus o a testemunha (45 cm). Não houve efeito significativo dos fatores testados para AP, AIE e MMG (Tabela 03). Os resultados descritos por Brame (2016) comparando 45x90 cm versus reduzido (45 cm), mostram valores significativamente menores para AP, AIE e MMG nas linhas gêmeas, o que contraria estes resultados, explicável devido à utilização de híbrido diferente de milho. Para NGE o mesmo autor descreve aumento desta variável nas linhas gêmeas, corroborando com o resultado aqui encontrado.

Para o DC não houve influência do fator espaçamento utilizado. Porém ocorreu redução do DC à medida em se aumentou a densidade de plantas. Resultados concordantes com Santos et al. (2018) e Demétrio et al. (2008) que também observaram redução do DC nas maiores densidades de plantas. Essa redução de DC pode ser resultado de uma maior competição entre plantas na linha de semeadura, onde os recursos ficam limitados (nutrientes, água, luz, radiação, etc).

A PG não foi afetada pelo espaçamento entrelinhas utilizada neste experimento 02 para o híbrido 30F53VYH. Também não houve efeito da densidade de plantas (Figura 09). Oliveira (2017) avaliou linhas gêmeas para o híbrido P2830H em Jaboticabal-SP e não encontrou diferenças significativas para PG em relação a

testemunha (45 cm). Schmitt (2014) semeando linhas gêmeas de 18x60 cm em comparação a outros arranjos de 40, 60, 80 e 100 cm também não relatou diferença significativa na PG.

TABELA 03: Análise de variância e médias do fator espaçamento e densidade: Altura de plantas (cm), altura inserção espiga (cm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga, diâmetro de colmo (mm) e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido 30F53VYH. Experimento 02, Itararé-SP, 2018.

Fatores	APL	AIE	MMG	NGE	DC	PG
Espaçamento (A)						
45 cm	258 a	150 a	366 a	609 a	23,2 a	13474 a
45x90 cm	256 a	149 a	367 a	623 a	22,7 a	13544 a
DMS	17,1	10,3	9,9	62,8	1,5	774
F (fator A)	0,06 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,08 ^{ns}
CV resíduo A	5,9	6,1	2,4	9,0	6,0	5,0
População de plantas (B)						
60.000	254	145	378	660	23,9	13450
75.000	256	146	364	614	23,0	13809
90.000	257	151	361	628	23,0	13444
105.000	262	156	363	562	21,6	13334
DMS (%)	12,2	14,0	23,3	89,4	1,9	928
F fator (B)	1,59 ^{ns}	2,66 ^{ns}	2,24 ^{ns}	4,06*	5,11*	0,97 ^{ns}
CV resíduo B	3,0	6,0	4,0	9,2	5,3	4,4
F (AxB)	0,68 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV resíduo C	2,8	5,7	4,8	8,3	8,4	3,7
Modelos de Regressão						
Linear	4,18 ^{ns}	7,58*	13,66**	4,45 ^{ns}	9,59*	0,08 ^{ns}
Quadrática	0,43 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,26 ^{ns}	3,09 ^{ns}
Cúbica	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o híbrido P3456H, AP e AIE foram significativamente maiores no espaçamento reduzido em comparação às linhas gêmeas (Figura 10). Sangoi et al. (2001) descrevem que modelos mais favoráveis de distribuição de plantas na linha de semeadura favorecem as taxas de crescimento inicial, o que evidência que pode ter ocorrido maior competição intraespecífica no reduzido, proporcionando este maior porte de planta.

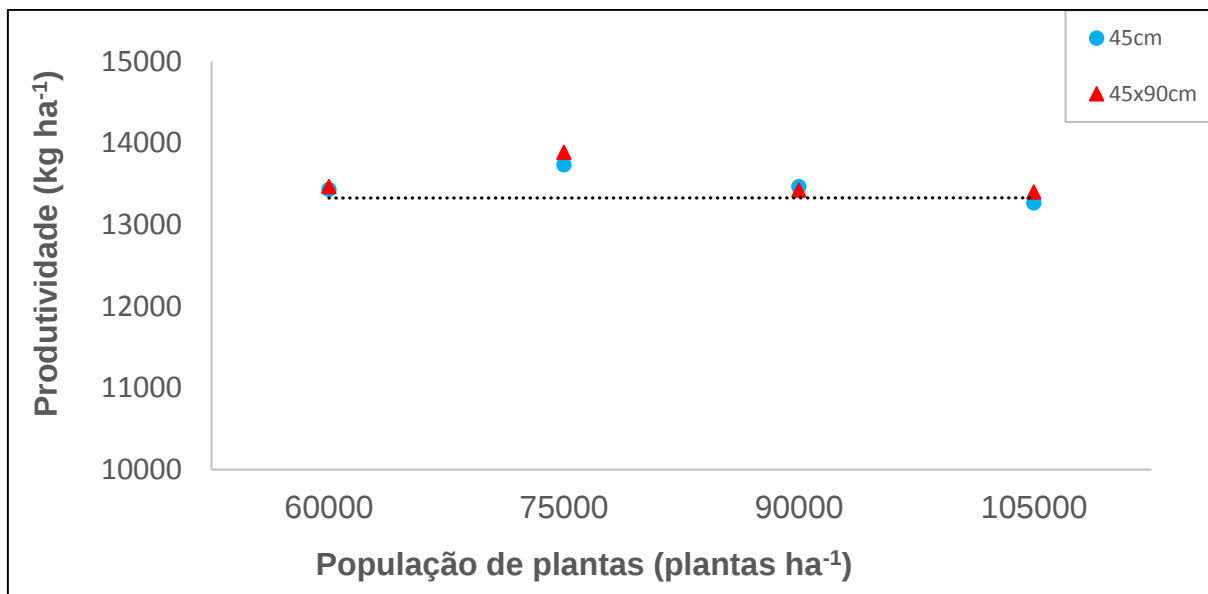


Figura 09: Produtividade média de grãos em função do aumento de população no híbrido 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

O MMG foi maior nas linhas gêmeas, porém não sofreu efeito da densidade de plantas. Já o NGE, outro componente da produtividade, foi significativamente maior para o espaçamento reduzido. Pereira (2014) relatou influência da população de plantas no MMG e NGE, com menores valores destas variáveis coincidindo com as maiores densidades de plantas. Vazquez et al. (2012) trabalhando com 3 arranjos e 5 híbridos, relataram influência sob estas variáveis, porém houve maior dependência em função do híbrido utilizado do que em função do espaçamento entrelinhas.

Para DC não houve interferência dos espaçamentos utilizados. Já as densidades de semeadura interferiram significativamente, quanto maior a densidade de plantas menor o DC. Torres et al., (2013) estudando 2 espaçamentos (90 e 45 cm) com 3 híbridos, não relatou diferenças para DC proporcionadas pelo arranjo espacial, porém ocorreram diferenças para esta variável em função do híbrido.

A PG foi maior para o espaçamento reduzido (Tabela 04) e houve influência da densidade de plantas, porém não houve interação entre os dois fatores. Assim na Figura 11 observa-se a produtividade média, com resposta linear da PG à medida que aumentava a densidade de plantas. Resultado contrário ao do experimento 01 com este mesmo genótipo que decresceu a PG após 90.000 plantas ha⁻¹. Jeschke (2010) avaliou arranjo de linhas gêmeas em 179 locais em safras distintas e observou que o comportamento do mesmo híbrido pode ser diferente a cada safra e local, pois há

interações com clima, solo e manejo empregado nas lavouras. Isso explica a resposta do mesmo genótipo em diferentes locais com resultados distintos. Por esse motivo as empresas detentoras de genótipos, procuram ter uma recomendação de densidade de plantas, época e manejo de forma mais regionalizada possível para mitigar essas interações. Miotto Junior (2014) e Oliveira (2017) trabalhando com linhas gêmeas não relataram incrementos de produtividade com uso da técnica.

TABELA 04: Análise de variância e médias do fator espaçamento e densidade: Altura de plantas (cm), altura de espiga (cm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga, diâmetro de colmo (mm) e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

Fatores	APL	AIE	MMG	NGE	DC	PG
Espaçamento (A)						
45 cm	253 a	138 a	322 b	693 a	22,7 a	14026 a
45x90 cm	247 b	134 a	340 a	660 b	22,2 a	13269 b
DMS (5%)	4,9	10,2	11,7	27,7	0,9	516,7
CV resíduo A	1,7	6,6	3,1	3,6	3,8	3,3
F (fator A)	19,69*	1,11 ^{ns}	23,21*	13,80*	3,41 ^{ns}	21,69*
População de plantas (B)						
60.000	242	127	333	690	23,7	12783
75.000	248	135	343	682	22,8	13653
90.000	253	139	327	672	21,8	13846
105.000	258	144	322	663	21,6	14308
DMS	11,2	6,4	21,7	53,2	1,4	808,5
F (fator B)	7,14**	22,81**	3,44 ^{ns}	0,94 ^{ns}	8,87**	12,16**
CV resíduo B	2,8	3,0	4,2	5,0	4,1	3,7
AxB	1,80 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV resíduo C	2,2	2,4	5,3	4,5	4,0	3,6
Modelos de Regressão						
Linear	21,31**	67,16**	4,64	2,82 ^{ns}	24,65**	33,91**
Quadrático	0,12 ^{ns}	0,90 ^{ns}	2,39	0,01 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Cúbico	0,01 ^{ns}	0,38 ^{ns}	3,29	0,01 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,33 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

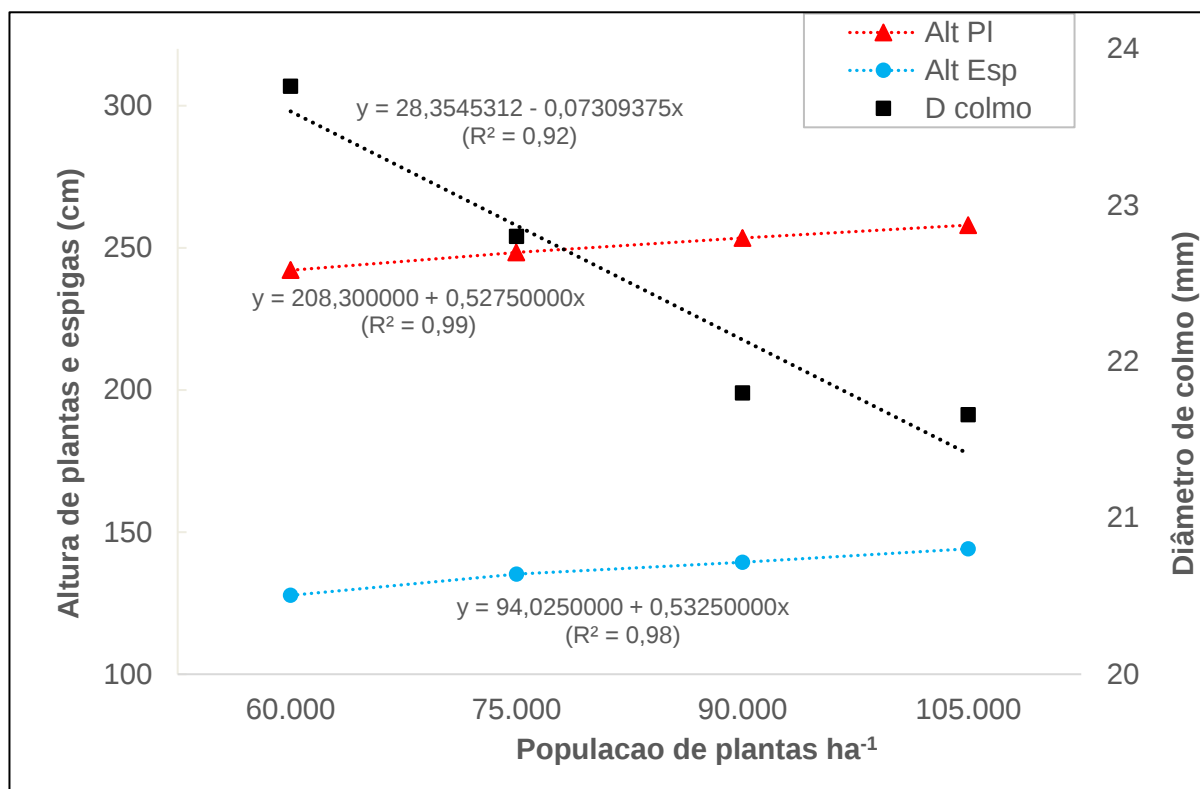


Figura 10: Altura de plantas, altura de espigas e diâmetro de colmo em função da população de plantas no híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

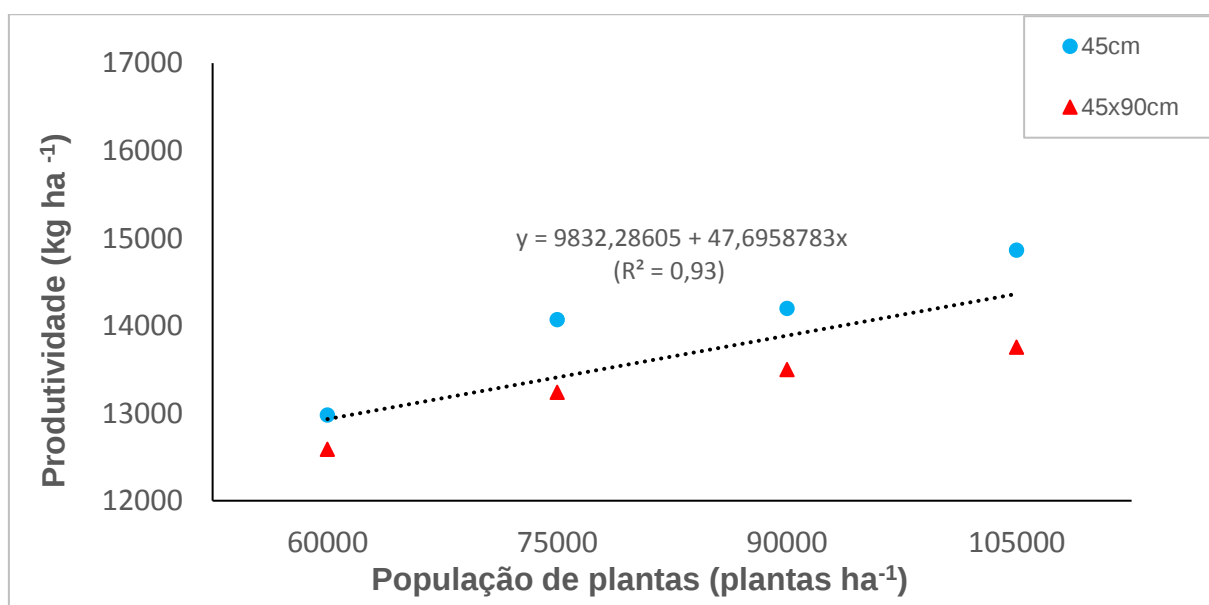


Figura 11: Produtividade média em função da população de plantas no híbrido P3456H. Itararé-SP, 2018.

Experimento da safra 2018/2019

No experimento conduzido em Pilar do Sul, não houve interferência do fator espaçamento para AP e AIE (Tabela 5). Corroborando com este resultado Lana et al. (2009) não encontraram diferenças nestas variáveis testando diferentes espaçamentos em milho. Já a população de plantas interferiu significativamente na AP e AIE, com maiores valores ocorrendo em maiores densidades de plantas ha^{-1} , resultados que são discordantes de Oliveira (2014) que relatou não ter encontrado diferenças nestas variáveis testando populações de 70 a 150 mil plantas ha^{-1} .

Para MMG não houve diferença dentre os espaçamentos. Na figura 12 temos o desdobramento da interação espaçamento x densidade de plantas, onde à medida que se aumenta a densidade de plantas ocorre uma redução linear do MMG independente do espaçamento utilizado. Podemos notar também que as linhas gêmeas (20x80 e 45x90 cm) apresentam maior MMG até a densidade de 90 mil plantas ha^{-1} . Segundo Mohammadi et al. (2003), o MMG é um dos componentes da produtividade de grande importância, pois contribui na produtividade individual da planta. Diversos trabalhos têm enfatizado que a redução do MMG ocasionado pelo aumento na densidade de plantas é de alguma forma compensada por aumento do número de grãos e de espigas por área (Gross et al., 2006; Demétrio et al., 2008; Kvitschal et al., 2010).

O NGE foi significativamente diferente entre os espaçamentos, apresentando seu maior valor no 45x90 cm (622 grãos/espiga) e menor no espaçamento reduzido (582 grãos/espiga). Quanto à densidade de plantas, a partir de 90 mil plantas ha^{-1} , ocorreu redução do NGE, um dos componentes de produtividade importantes na produtividade individual das plantas. Sangoi et al. (2005) relatam que incrementos na densidade de plantas aumenta o intervalo entre a liberação dos grãos de pólen e abertura dos estigmas, influenciando a formação dos grãos e podendo alterar o número de grãos por espiga. Contrariando os dados aqui encontrados, Marchão et al. (2005) relataram não ter observado diferenças para NGE sob as diferentes densidades de plantas de milho e atribuíram este resultado a pouca competição intraespecífica nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, fases em que ocorrem o início da diferenciação floral e a formação dos primórdios da espiga.

TABELA 5: Análise de variância e médias do fator espaçamento e população de plantas: Altura de plantas (cm), altura inserção espiga (cm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido P30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

Fatores	APL	AIE	MMG	NGE	PG
Espaçamento (A)					
45x90 cm	256 a	149 a	362 a	622 a	15254 a
45 cm	258 a	150 a	355 a	582 b	15474 a
20x80 cm	257 a	148 a	363 a	610 ab	15754 a
DMS (5%)	12,0	7,5	13,5	38,6	669,4
F (fator A)	0,06 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,17 ^{ns}	5,29*	2,63 ^{ns}
CV resíduo A	4,3	4,7	2,7	9,6	3,9
População de plantas (B)					
60.000	251	142	378	624	14665
75.000	255	145	372	632	15546
90.000	259	151	351	588	16026
105.000	263	158	338	574	15740
DMS (5%)	7,8	11,4	13,1	48,9	728,1
F (fator B)	8,19**	7,91**	37,36**	6,36*	12,67**
CV resíduo B	2,3	6,1	2,8	8,2	3,6
AXB	1,40 ^{ns}	1,21 ^{ns}	3,37**	0,98 ^{ns}	6,15**
CV resíduo C	2,8	5,1	2,9	7,6	2,4
Modelos de Regressão					
Linear	2,42**	23,20**	12,74**	15,24**	25,52**
Quadrática	0,04 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,89 ^{ns}	0,99 ^{ns}	12,52**
Cúbica	0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2,87 ^{ns}	0,24 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

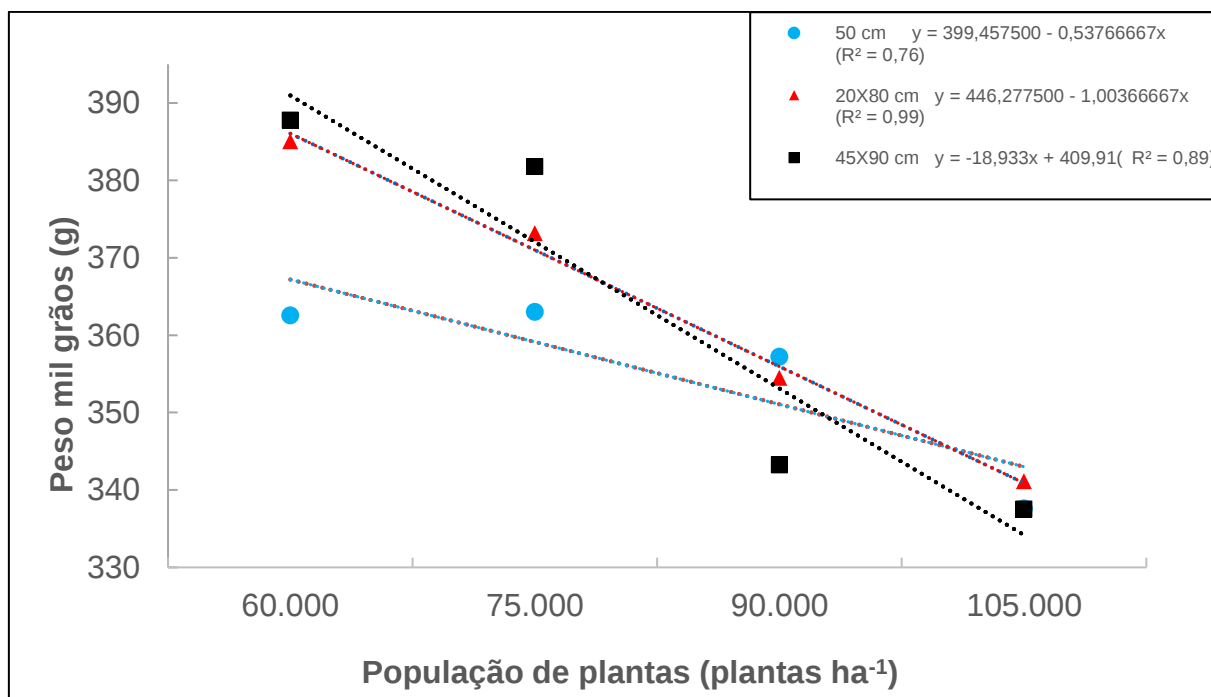


Figura 12: Desdobramento da interação espaçamento e população de plantas para massa de mil grãos do híbrido 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

Não houve diferença para PG quando se analisa o fator espaçamento isoladamente. No desdobramento da interação espaçamento e densidade de plantas para a variável PG (Figura 13), o espaçamento 45x90 cm teve comportamento linear, aumentando a PG à medida que se incrementava a população de plantas, concordando com Sangoi et al. (2001) onde relatam que se as condições edafoclimáticas forem favoráveis, há grande tendência de maiores produtividades ocorrerem associadas com maiores densidades de plantas. No espaçamento de 45 cm houve decréscimo da PG a partir de 85 mil plantas ha⁻¹. O espaçamento 20x80 cm apresentou a maior produtividade média do experimento exatamente na população de 96 mil plantas ha⁻¹ (16474 kg ha⁻¹) conforme modelo ajustado. Este resultado evidencia para o produtor que busca aumentos de densidade de plantas como uma das estratégias de aumento de produtividade, exemplo que vêm ocorrendo com os plantios de verão da região sul do Brasil e algumas regiões do sudoeste de SP e MG com cultivo irrigado, que o melhor arranjo seria linha gêmea de 20x80 cm com populações próximas as 96 mil plantas ha⁻¹. Resultado similar foi descrito por Balem et al. (2014) que encontrou a maior produtividade com linha gêmea de 20x70 cm e

91.700 plantas ha⁻¹. Contrariando estes resultados Barr et al. (2013) estudando linhas gêmeas não encontrou resultados consistentes nos 9 ensaios realizados no Nebraska. Robles et al. (2012) também testando linhas gêmeas por 3 anos no estado de Indiana (EUA), relatou não ter encontrado incrementos de produtividade e enfatiza que isto pode ter ocorrido pelo rápido crescimento das plantas nas fases anteriores e próximas ao florescimento.

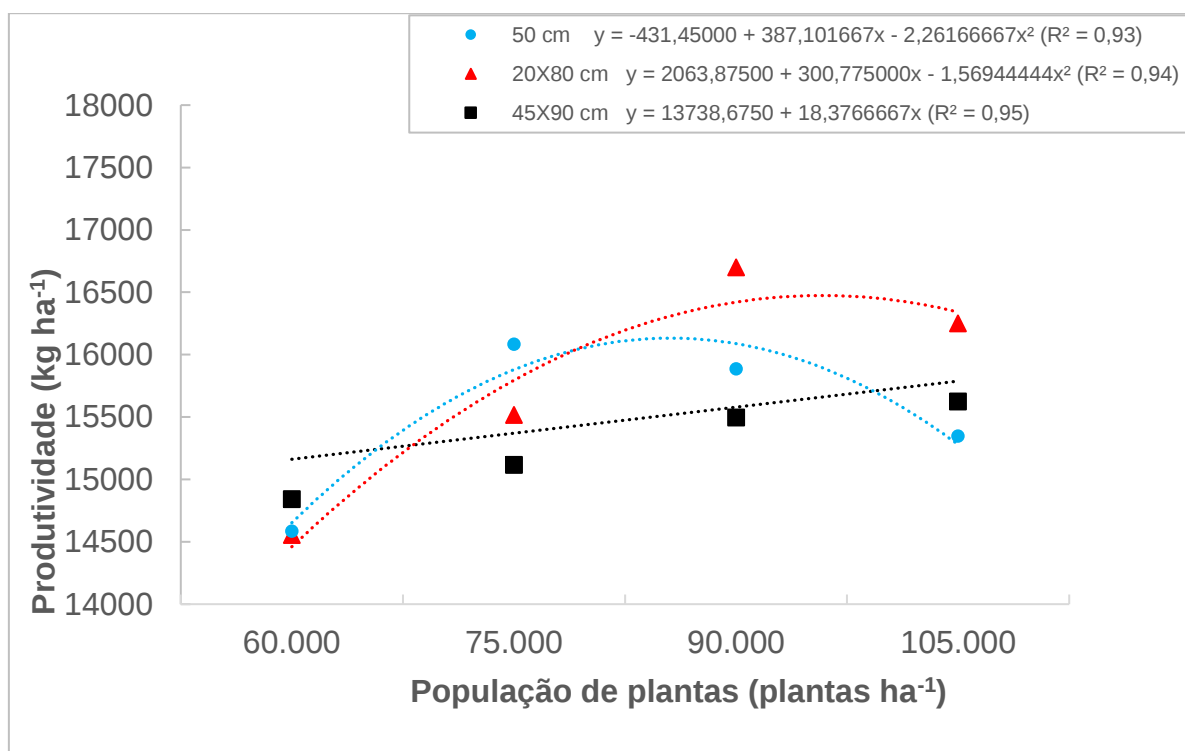


Figura 13: Desdobramento da interação: espaçamento e população de plantas para produtividade do híbrido 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

Para o híbrido P3456H (Tabela 6) a AP foi influenciada pelos espaçamentos e densidades de plantas, com maiores valores no espaçamento reduzido e populações de 105 mil plantas ha⁻¹. Contrariando estes resultados (Robles et al., 2012) não encontrou diferenças para AP durante 3 anos de experimentos com linhas gêmeas e espaçamento normal.

Para AIE, somente a fator densidade de plantas influenciou, obtendo menor valor com 60 mil plantas ha⁻¹. Balem (2014) não encontrou nenhuma diferença para esta variável, independente de espaçamentos entrelinhas e populações de plantas. (BRAME, 2016) encontrou maiores valores de AIE no espaçamento normal em relação à linha gêmea. (Miotto Junior, 2014) encontrou maior AIE no espaçamento

normal e incremento na variável à medida que se aumentava a população de plantas ha^{-1} .

Na Figura 14 é apresentado o desdobramento da interação espaçamento e densidade de plantas, onde as linhas gêmeas proporcionaram maior MMG em relação ao espaçamento reduzido independentemente da densidade. O efeito da densidade de plantas ha^{-1} nos três espaçamentos é linear decrescente para esta variável. Novacek (2011) testando linhas gêmeas no Nebraska relatou o mesmo comportamento linear decrescente à medida que se aumentava população de plantas até 110 mil plantas ha^{-1} .

O NGE foi afetado pelos espaçamentos entrelinhas, com maiores valores em 45 cm e 20x80 cm (652 e 648 respectivamente). Monteiro e Stöcker (2020) encontraram influência significativa dos espaçamentos entrelinhas somente em um dos quatro híbridos avaliados, evidenciando que estas repostas de cada híbrido podem estar ligadas a interações genótipo x ambiente. Com relação ao efeito das densidades de plantas no P3456H, há um decréscimo significativo do NGE acima de 75 mil plantas ha^{-1} . Foloni et al. (2015) destaca que a população de plantas é um dos principais fatores que influenciam na capacidade da lavoura em captar recursos do ambiente (água, luz e nutrientes) e isso proporciona maior ou menor competição entre as plantas de uma lavoura, por isso cada híbrido lançado atualmente tem uma população considerada próxima da ideal.

A PG foi afetada de forma isolada pelos fatores testados, assim os espaçamentos entrelinhas, apresentaram maiores valores de PG nas linhas gêmeas de 45x90 e 20x80 cm (16847 e 16631 kg ha^{-1} respectivamente). Na Figura 15, a maior PG do P3456H foi obtida com 91.200 plantas ha^{-1} . Resultado similar ao 30F53VYH também alcançando a maior PG próximo desta densidade de plantas. Corroborando com este resultado, Flint (2010), comparou linhas gêmeas 18x76 cm versus 76 cm em Minnesota e Kansas, e relatou aumento de PG de 791 kg ha^{-1} com adoção das linhas gêmeas. Relata ainda que os incrementos em PG tendem a ser mais consistentes com adoção de densidades acima de 85.000 plantas ha^{-1} , resultados segundo o autor consistentemente positivos durante 11 anos de pesquisa. Dados do P3456H também concordantes com Balem et al. (2014) que obtiveram sua maior PG (12.900 kg ha^{-1}) com 91.500 plantas ha^{-1} .

TABELA 6: Análise de variância e médias do fator espaçamento e população de plantas: Altura de plantas (cm), altura inserção espiga (cm), massa de mil grãos (g), número de grãos/espiga e produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido P3456H. Pilar do Sul-SP, 2019.

Fatores	APL	AIE	MMG	NGE	PG
Espaçamento (A)					
45x90 cm	247 b	132 a	344 a	599 b	16847 a
45 cm	253 a	137 a	333 b	652 a	15987 b
20x80 cm	251 ab	134 a	344 a	648 a	16631 a
DMS (5%)	5,6	7,6	10,3	44,6	597,3
F (fator A)	7,08*	1,37 ^{ns}	7,05*	8,14*	10,57*
CV resíduo A	2,0	5,3	2,7	6,4	3,3
População de plantas (B)					
60.000	243	128	356	690	15273
75.000	249	137	349	654	16810
90.000	253	134	330	619	17020
105.000	257	139	327	570	16851
DMS (5%)	11,9	6,1	8,4	55,3	486,1
F (fator B)	4,58*	12,48**	55,78**	16,58**	54,86**
CV resíduo B	3,7	3,6	1,9	6,8	2,3
F (AXB)	1,03 ^{ns}	0,64 ^{ns}	3,10*	2,06 ^{ns}	1,33 ^{ns}
CV resíduo C	2,5	4,7	2,0	7,6	2,2
Modelos de regressão					
Linear	13,65**	27,00**	19,87*	49,38**	100,86**
Quadrática	0,07 ^{ns}	2,12 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,27 ^{ns}	60,01**
Cúbica	0,01 ^{ns}	8,32*	5,45*	0,09 ^{ns}	3,70 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre-si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

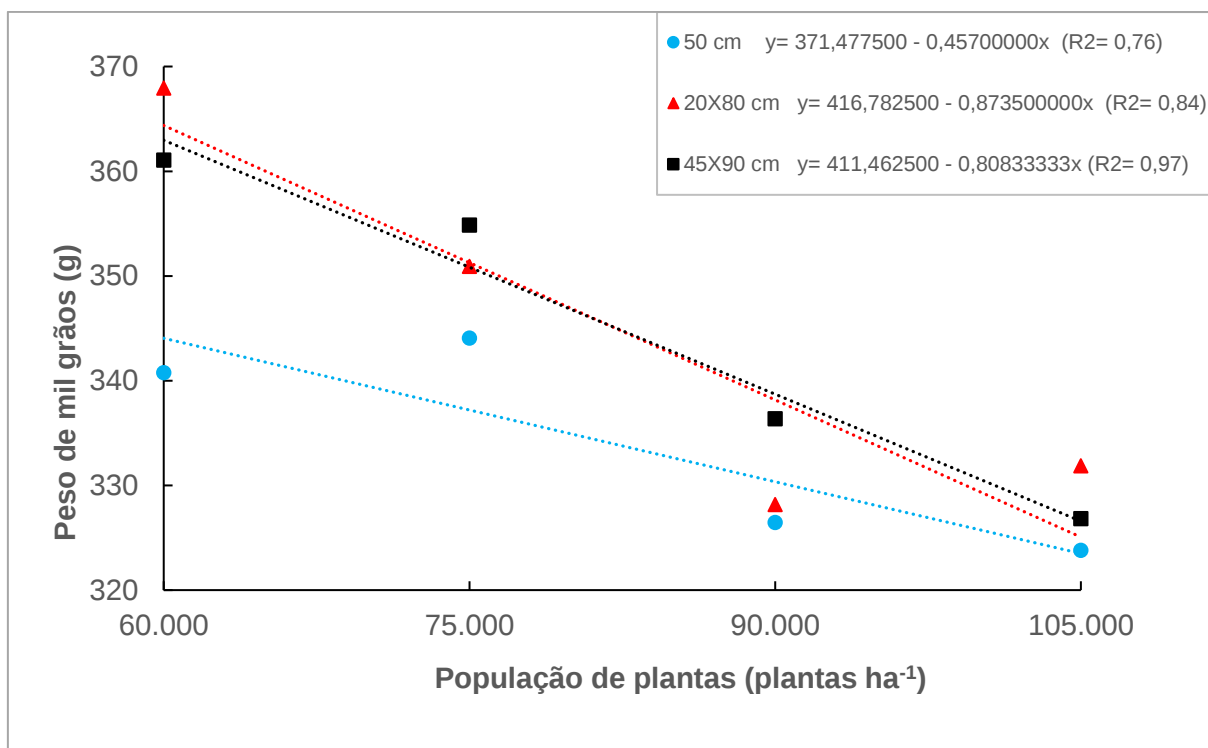


Figura 14: Desdobramento da interação: espaçamento e população de plantas para massa de mil grãos do híbrido P3456H. Pilar do Sul-SP, 2019.

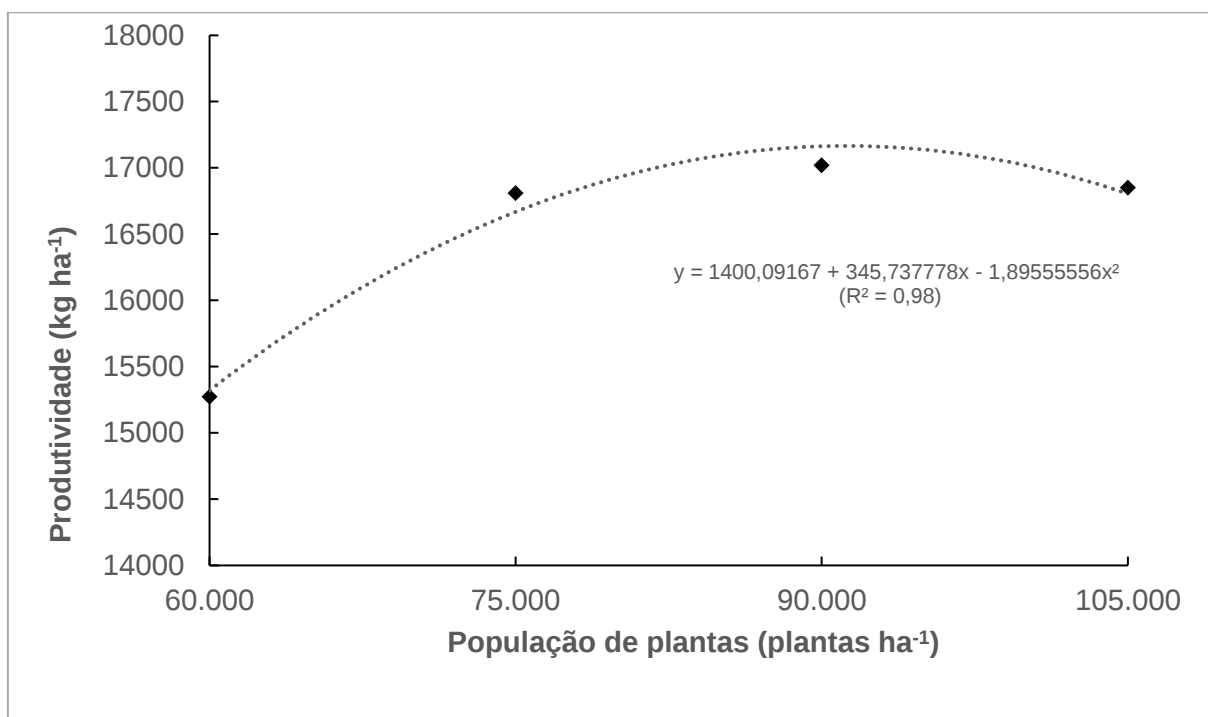


Figura 15: Produtividade média do híbrido P3456H em função das populações do P3456H. Pilar do Sul-SP, 2019.

CONCLUSÕES

- Os espaçamentos entrelinhas podem influenciar significativamente o diâmetro de colmo e componentes de produtividade como número de grãos por espiga e massa de mil grãos.
- O arranjo em linhas gêmeas de 20x80 cm tem potencial para adoção visando aumento de produtividade de grãos.
- O arranjo de 45x90 cm só não apresentou aumento de produtividade nas duas safras em que foi avaliado.
- O maior valor de produtividade do híbrido 30F53VYH foi de 19.607 kg ha⁻¹ e 105.000 plantas ha⁻¹ no espaçamento 20x80 cm.
- A maior valor de produtividade do híbrido P3456H foi de 18.294 kg ha⁻¹ com 90.000 plantas ha⁻¹ também com 20x80 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves GM, Sparovek JL (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22 (6):711-728.
- Alvarez CG, Von Pinho RG, Borges ID (2006) Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, 30: 402-408.
- Argenta G, Ferreira da Silva PR, Bortolini CG, Forsthofer EL, Manjabosco EA, Neto VB (2001) Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36(1):71-78.
- Balem Z, Modolo AJ, Trezzi MM, Vargas TO, Baesso UM, Brandelero EM, Trogello E (2014) Conventional and twin row spacing in different population densities for maize (*Zea mays* L.). **African Journal of Agricultural Research** 9:1787-1792.
- Barr RL, Stephen CM, Mitchell J N, Wortmann CS, Rees JM (2013) Row spacing and seeding rate recommendations for corn in Nebraska. **Magazine NebGuide** 2216:1-4.
- Barbosa, J.C., and W. Maldonado Jr (2014) AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.1.0.712.
- Bettio CS, Ganascini D, Wunsh CA, Renosto L, Maggi MF, Gurgacz F (2017) Produtividade do milho com diferentes arranjos populacionais em linhas simples e duplas. **Acta iguazu**, 6(3):44-51.

Brachtvogel EL, Pereira FRS, Cruz SCS, Abreu ML, Bicudo SJ (2012) População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica** 6: 75-83.

Brame JL (2016) **Adubação nitrogenada em cobertura no milho no espaçamento reduzido e em fileira dupla**. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia)-Unesp, Jaboticabal.

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

Demétrio CS (2008) Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43:1691-1697.

Embrapa (2013) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 353 p.

Foloni JSS, Calonego JC, Catuchi TA, Belleggia NA, Tiritan CS, Barbosa AM (2014) Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 13(3):312-325.

Fumagalli M, Machado RAF, Fiorini IVA, Pereira CS, Pires LPM, Pereira HD (2017) Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista brasileira de milho e sorgo** 16: 425-438.

Flint J (2010) Higher pops, twin rows gain edge in trial. **Prairie Farmer**. p. 2, Disponível em: <https://www.farmprogress.com/archive/higher-pops-twin-rows-gain-edge-trial>. Acesso em: 24/ago. 2019.

Gross MR, Von Pinho RG, Brito AH (2006) Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia** 30:387-393.

Hashemi AM, Herbert SJ, Putnam DH (2005) Yield response of corn to crowding stress. **Agronomy Journal** 97: 839-846.

Jeschke M (2010) Production du maïs en rangs jumelés. **Vision cultures** 20(15):1-7. Disponível em: <https://www.frigoninc.com/assets/vision-cultures---production-du-mais-en-rangs-jumeles-.pdf>

Jones B (2010) Effects of twin-row spacing on corn silage growth development and yield in the Shenandoah Valley. **Crop & Soil Environmental Science Extension Agent** s/v, s/nº:1-9.

Kapes C, Andrade JAC, Arf O, De Oliveira AC, Arf MV, Ferreira JP (2011) Arranjo de plantas para diferentes híbridos de Milho. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, 41:(30)348–359.

Kratochvil RJ, Taylor RW (2005) Twin-row corn production: An evaluation in the mid-atlantic delmarva region. **Crop Management** doi:10.1094/CM-2005-0906-01-RS.

Kvitschal MV, Mantine E, Vidigal Filho OS, Vidigal MCG, Scapim CA (2010) Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Revista Ciência Agronômica** 41:122-131.

Lacerda JJJ, Resende AV, Furtini Neto AE, Hickmann C, Conceicao OP (2015) Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**,50(9):769–7785.

Lana MC, Woytichoski Junior PP, Braccini AL, Scapim CA, Avila MR, Albrecht LP (2009) Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy** 31:433-438.

Maddonni GA, Otegui ME (2006) Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. **Field Crops Research** 97:155-166.

MAKINO, PA (2018) **Desempenho agrônômico e fisiológico de milho em arranjos de plantas, com e sem braquiária, no verão e outono-inverno**. 105f.Tese (Doutorado em agronomia) UFGD, Dourados.

Mackey, G (2013) **Twin and Narrow Row Width Effects on Corn (*Zea mays* L.) Yield and Weed Management**. (Dissertação mestrado - Ciência de solos e planta University of Kentucky, Lexington.

Marchão RL, Brasil EM, Duarte JB, Guimarães CM, Gomes JA (2005) Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 35: 93-101.

Marchão RL, Brasil EM, Alcanfor PX (2006) Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista brasileira de milho e sorgo** 5:170-181.

Miotto Junior, E (2014) **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UTFPR, Pato Branco.

Monteiro AB, Cristiane MS (2020) Espaçamento entrelinhas de semeadura e produtividade da cultura do milho irrigado por aspersão. **Revista Brasileira de Meio Ambiente** 8:111-121.

Mohammadi AS, Prasanna BM, Singh NN (2003) Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science** 43:1690-1697.

Molin R, Carvalho IQ, Bavoso LC, Pauletti V, Schipanski CA, Gimenez LM, Tsukahara RY, Loman Filho EJ (2009) Arranjo de plantas de milho (*Zea mays*) para producao de graos. Castro: Fundacao ABC, 281 p.

Novacek M (2011) **Twin-row production and optimal plant population for modern maize hybrids**. 118 f. Dissertacao (mestrado em ciência do solo) Universidade Nebraska, Lincoln.

Oliveira JPP (2014) **Influência da densidade populacional na fenologia e na produtividade da cultura do milho**. 76 f. Dissertacao (Mestrado em agricultura de precisão) UFSM. Santa Maria.

Oliveira MF (2017) **Modelos de predição de produtividade da cultura do milho por meio de NDVI em arranjos espaciais**. 34 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Palhares M (2003) **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 90 f. Dissertacao (Mestrado em Agronomia) - Esalq, Piracicaba.

Penariol FG, Fornasieri Filho D, Coicev L, Bordin L, Farinelli R (2003) Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linha e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, 02:52-60.

Pereira VRF, Chioderoli CA, Albiero D, Silva AO, Nascimento SEM, Nascimento PRAS (2018) Desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes arranjos espaciais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 12: 2976-2983.

Pereira LPL (2014) Aspectos morfofisiológicos e agrônômicos de plantas de milho em diferentes populações de plantas e direcionamentos de plantio 66f. Dissertacao (Mestrado em Fitotecnia) - UFV, Viçosa.

Robles M, Ciampitti IA, Vyn TJ (2012) Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. **Agronomy Journal** 104:1747-1756.

Sangoi L, Ender M, Guidolin AF, Almeida ML, Heberle PC (2001) Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 36: 861–869.

Sangoi L, Almeida ML, Gracietti MA, Horn D, Schweitzer C, Schmitt A, Bianchet P (2005) Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência** 11: 25-31.

Santos JV, Leao EV, Moraes ITC, Oliveira JC, Santos VC, Souza RM (2018) Altura, diâmetro do colmo, comprimento e diâmetro de espigas de milho submetidas a densidades de semeadura. II SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO DA UFRA, Anais... Tomé Açú: Ufra, p.1-3.

Schmitt A (2014) **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônomo do milho em ambientes de alto manejo** 226f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - UDESC, Lages.

Wu L, Lopes SJ, Dal'Col Lúcio A, Filho AC (2011) Optimum Plot Size and Number of Replications Related to Selective Precision . **Ciência Rural** 41: 390–396.

THOMAS EV, MAHANNA B. (2011) Corn populations and row width deserve review. **Hoard's Dairyman – Crops & Forages**, 344:4. Disponível em: <https://hoards.com/article-2394-corn-populations-and-row-width-deserve-review.html>. Acesso em 20 ago. 2020.

Torres FE, Langhi G, Teodoro PE, Ribeiro LP, Corrêa CCG, Oliveira EP (2013) Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias** 36: 411-416.

Vazquez GH, Garcia FP, Assis AV (2012) Influência do espaçamento na produtividade de híbridos de milho sob alta densidade populacional. **Revista Bioengenharia** 6:79-88.

CAPITULO 3 – Corn sowing in twin rows and variation in seed distribution¹

Abstract

The purpose of the experiments was to evaluate the effects of variability in the longitudinal distribution of corn seeds in the sowing twin row on yield. The tests were conducted in Itararé-SP and Pilar do Sul-SP, in 2017/2018 and 2018/2019 respectively, were used two spacing between rows (45 cm and 20x80 cm) and 3 spacings (50, 20x80 and 45x90 cm) respectively, combined with four levels of variability in distribution (0, 25, 50, 75% of CV), maintaining the final stand of 68.000 plants ha⁻¹. The 0% CV treatment provided an equidistant distribution of the seeds in the row and the others were simulated. There was no interaction spacing between rows versus CV in both experiments, so in 2017/2018 the average yield reduction was 155.5 kg ha⁻¹ for every 10% increment in CV. In 2018/2019 the average yield reduction was 164 kg ha⁻¹ for every 10% of increased CV. In both harvests the reduction in yield was caused by the linear decrease in the number of grains/ear and consequent reduction in the number of grains/area, an important component of yield. Sowing in twin rows does not reduce the negative effects of CV on corn yield.

Index terms: zea mays, sowing quality, plant arrangement

Semeadura do milho em linhas gêmeas e a variação na distribuição de sementes

Resumo

O objetivo dos experimentos foi avaliar os efeitos sobre a produtividade de grãos do coeficiente de variação (CV) na distribuição de sementes utilizando espaçamentos linhas gêmeas. Os ensaios foram conduzidos em Itararé-SP e Pilar do Sul-SP, em 2017/2018 e 2018/2019 respectivamente, utilizados dois arranjos (45 cm e 20x80 cm)

e 3 arranjos (45, 20x80 e 45x90 cm) respectivamente, combinados com quatro níveis de CV (0, 25, 50, 75%), mantendo-se estande final de 68.000 plantas ha⁻¹. O tratamento 0% de CV proporcionou a distribuição equidistante das sementes na linha e os demais foram simulados. Não houve interação de arranjo de linhas versus CV em ambos experimentos, assim em 2017/2018 a redução média de produtividade correspondeu a 1,0% (155,5 kg ha⁻¹) a cada 10% de incremento no CV. Em 2018/2019 a redução média também foi 1,0% (164 kg ha⁻¹) a cada 10% de CV incrementado. Em ambas as safras a redução de produtividade foi ocasionada pela diminuição linear do número de grãos por espiga e consequente redução do número de grãos por área, um importante componente da produtividade. A semeadura em linhas gêmeas não reduz os efeitos negativos do CV sobre a produtividade do milho.

Termos para indexação: *zea mays*, qualidade semeadura, arranjo plantas

Introduction

The arrangement of plants in a given crop can be modified by changes in sowing density, spacing between rows and in the spatial distribution of seeds at the time of sowing (Sangoi et al., 2010). We can assume that corn is a very sensitive and responsive crop, positively or negatively to variations in plant arrangement, because over the years it has been genetically improved to avoid emitting fertile tillers, thus it has limited prolificacy and small capacity to compensate the leaf area (Sangoi et al., 2019).

The implantation of crops with a uniform plant stand is considered an extremely important factor for the farmer who wants high yield in the corn crop. The concept of stand uniformity is usually measured considering the distance between plants and between rows (Argenta et al., 2001). In relation the distance between the

rows, there are no unanimous research recommendations in relation to an ideal spacing. The distance between plants, it is unanimous the recommendation that the distance between them be as equidistant as possible, in which you can measure the distance between them in the sowing line and calculate a coefficient of variation (CV). The depth of seed deposition must also be as uniform as possible along the sowing line, so that they emerge simultaneously, avoiding plants known as dominated.

There are several factors that can cause variability in seed distribution, such as irregular classification, use of inappropriate discs in mechanical seeders, inadequate adjustment of the pneumatic seeder, excessive speed of the seeder's displacement, inadequate conductor tube, inadequate regulation of the straw cutting system (enveloping), soil moisture (too humid or too dry) and lower temperatures soon after sowing.

More recent research has shown that the relationship between increased CV in seed distribution and reduced corn yield is direct and proportional. Experiments conducted in two harvests (2009/2010 and 2010/2011) showed a reduction of 83 kg ha⁻¹ and 64 kg ha⁻¹ in yield, respectively for every 10% increase in CV (Sangoi et al., 2012). Horn (2011) found a ratio of 128 kg ha⁻¹ for every 10% in the CV increment. Silva et al. (2015) reported a reduction in corn yield in Brazil with an increase in CV of 282 kg ha⁻¹ for every 10% increase. In another study carried out in Nebraska, simulating uneven spacing between corn plants, there was an average reduction of 5% to 10% in yield (Searle et al., 2008). Nadin et al. (2019) reported a decrease in acceptable spacing, an increase in failures, double seeds and CV as sowing speed increased.

It is important to remember that corn culture has undergone changes in relation to its management, such as reducing spacing, increasing sowing density, new genotypes with high yield potential and biotechnology. In this new crop scenario, with higher levels of yield, greater levels of reduction in grain yield should occur with uneven sowing.

With the hypothesis that sowing in twin rows could decrease the negative effect of increasing the CV through a compensating effect on the ears, two experiments were carried with simulation of increasing the CV in the seed distribution. Both experiments were carried out in corn crops in the summer harvest with high yield potential, in the different spacing between rows, associated with levels of variability in sowing.

Material and methods

The first experiment was sown in a corn field in the 2017/2018 crop, on October 5, 2017, in Itararé, state of São Paulo. The soil in the area was classified as a typic Dystrophic Planosol Haplic, at the geographic coordinates: latitude 24 ° 03'59 "S, longitude 49 ° 17'58 "W and altitude of 750 m. The Cfa type climate (humid subtropical, oceanic climate with no dry season and hot summer) according to the Köppen classification adapted by (Alvares et al., 2013). The second experiment was sown the 2018/2019 harvest on October 1, 2018, in Pilar do Sul-SP, the soil in the area is Distrisic Red-Yellow Argisol, at the geographic coordinates: latitude 23 ° 52'43 "S, longitude 47 ° 52'45" W and an altitude of 759 m. The Cfb type climate (humid in all seasons, moderately hot summer).

The experiments were implanted in corn fields under no-tillage for more than 15 years, in oat and wheat straw in the first and second experiments, respectively, using the hybrid 30F53VYH in both. The mineral fertilization in the first experiment with 250 kg ha⁻¹ of the MAP formulation 11-52-00, the potassium was all applied in cover, being an application before sowing with 130 kg ha⁻¹ of KCl and another of 130 kg ha⁻¹ at the V3 stadium. Nitrogen was supplemented with common urea in three applications of 180 kg ha⁻¹ (sowing, V4 and V6), a recommendation made according to the average extraction (Lacerda et al. 2015).

In the second experiment, for sowing fertilization, 326 kg ha⁻¹ of NPK formulation 13-33-08 was used. The complement occurred with coverage of urea at rate of 208 kg ha⁻¹ in V2 and V4. Potassium was supplemented with two applications (V2 and V4) of KCl with 70 kg ha⁻¹.

The experimental design used in both experiments was Split-plot type, with two experimental factors and four repetitions: Factor A: row spacing (45 cm and 20x80 cm), Factor B: levels of coefficient variation (CV of 0 %, 25%, 50% and 75%) in Itararé-SP. In the experiment of the Pilar do Sul-SP, Factor A was used: row spacing (45 cm, 20x80 cm and 45x90 cm), Factor B: levels of variation coefficient (CV 0%, 25%, 50% and 75%). To simulate the distance between plants at different levels of CV, Excel was used adopting the formula: = INV.NORMAL (RAND (); X; Y) where X = ideal distance between plants and Y = 1/3 of the intended CV.

The seeds used were treated industrially at a rate of 70 ml of commercial product (p.c) and 48 ml of p.c/60.000 seeds with the insecticides clotianidina and clorantiraniliprole, respectively. For sowing, the area was furrowed with the sowing machine for no-till, only with fertilizer and the sowing was carried out manually, with

the seeds spaced according to the intended CV, maintaining the final population of 68.0000 plants ha⁻¹ in both locations. Six-meter bamboo stems were used, previously marked with adhesive tape in the positions where each seed should be sown in order to obtain the desired CV in each treatment. Two seeds were used per position, at a depth of 5 cm, guaranteed by a limiter installed in the rattle. Thinning was realized immediately after emergence, to avoid competition between plants in the sowing line. The plots consisted of six rows in the traditional spacing (45 cm) and three pairs in the twin rows (20 x 80 m) and (45x90 cm), with 6 m in length. For the evaluations and data collection, the four central rows of each experimental unit were used as a useful area. Plant height was measured from the ground to the insertion of the tassel, ear height measured from the ground to the ear insertion point, both using a ruler graduated from six plants per plot. The number of grains/ear was obtained by counting the number of rows and grains per row of six ears/plot. The stalk diameter was measured using a digital caliper on six random plants within the useful area of the plots. Yield was calculated through manual harvesting and mechanical threshing, with weighing and moisture correction to 13%, a sample of 1 kg of grains was separated from each plot, where 500 grains were counted and separated, to determine the mass of a thousand grains , the moisture was also corrected to 13%.

Results and discussion

In the Itararé-SP experiment, the spacing factor only influenced the number of grains/ear and yield, with a significant increase in both variables by the 20x80 cm spacing (Table 1).

Balem et al. (2014) researching sowing in twin row (20x70 and 45 cm) obtained a similar result, with a significant increase in the number of grains/ear in the twin rows and an increase in yield with the adoption of twin row 20x70 cm. Amaral Filho et al. (2005) also found an increase in the number of grains/ear with alteration of the spacing between the rows. However, Gonçalves (2008) comparing three rows spacing (45, 68 and 90 cm) and four plant densities (50.000, 60.000, 70.000 and 80.000 pl ha⁻¹) report that the spacing between the rows does not affect the number of grains/ear.

The CV did not significantly interfere in the height of plants, height of ear and mass and thousand grains. However, there was an interaction effect between CV and spacing between rows for some variables (Table 2).

Unfolding these interactions, Figure 1 is obtained, it is observed that only the 45 cm spacing between rows decreased the variable number of grains/ear due to the increase in CV. Accordingly, Silva et al. (2015) and Kolling et al. (2016) also reported a decrease in yields components as number of grains/ear and rows/ear with increased CV. Contrary to these results Ludtke et al. (2018) did not observe the effect of the CV on these yield components

In the interaction for stalk diameter (Figure 2), at 45 cm spacing, as the CV was increased, the plants produced finer stalks. On the other hand, the 20x80 cm spacing provided thicker stalks with increased CV. Silva et al. (2015) reported a similar result for this variable, with a reduction of 0.6 mm in the stalk for every 10% of CV using the reduced spacing of 45 cm.

The average yield, regardless of the spacing between rows, reduced 155 kg ha⁻¹ for every 10% increment in the CV factor (Figure 3). The initial hypothesis that sowing in twin rows could mitigate the effects of the CV is not confirmed in view of this

result. More recent studies reported losses even greater than this experiment and the interaction with the climate and adequate crop management can interfere, as reported by Silva et al. (2015) in an experiment conducted in the Brazilian cerrado region, there was a reduction of 356 kg ha⁻¹ for every 10% increment in the CV. Kolling et al. (2016) also reported a reduction of 187 kg ha⁻¹ for every 10% increase in CV.

In the second experiment carried out in Pilar do Sul-SP in the 2018/2019 harvest, the traditional reduced spacing (45 cm) and two combinations of twin rows (20x80 cm and 45x90 cm) were used under the hypothesis that these combinations could mitigate the CV effects. The rows spacing interfered in yield components such as mass of a thousand grains and number of grains/ear (Table 3). Contrary to this result, Kvitschal et al. (2010) report that the sowing density is a more important factor for the definition of yield, than the arrangement of seeds. Pereira et al. (2008) report that the alteration of the rows spacing or the increase in the number of plants, alone, did not promote changes in the yield components. As for the arrangements of between rows, there was a significant and contrasting difference for the twin rows, with an emphasis on 20x80 cm with the highest yield and the lowest with 45x90 cm.

The CV did not significantly affect plant height and ear height (Table 4). However, there was an effect for the mass of a thousand grains, with a reduction of 1,9 g for every 10% increased in the CV (Figure 4). Silva et al. (2015) reported a reduction of 6,3 g for every 10% of CV, this same reduction behavior was reported by Ludtke et al. (2018) being proportional to the increase in CV.

The number of grains/ear significantly was reduced with increased CV, for every 10% increase in CV there is a reduction of 9,5 grains/ear (Figure 5). This is a very important component for crops to express their maximum yield potential. Sangoi

et al. (2012) found a similar result, with a reduction in the number of grains/area as the CV was increased.

There was no significant interaction for rows spacing and CV levels on yield, so Figure 6 shows the average CV factor on yield. In the second year of the experiment there was a linear reduction of 164 kg ha⁻¹ for every 10% increase in CV. Therefore, we discard in this experiment the hypothesis that sowing in twin rows would mitigate the negative effects of CV on yield.

In previous works, such as Sangoi et al. (2001) and Rizzardi et al. (1994), there was no negative effect of increasing the CV on yield. More recently, research has pointed to greater losses due to the irregularity of seed distribution. It is important to remember that hybrids and management used in the past provided lower yield in relation to the new genotypes that are on the market today. In recent years, the introduction of modern hybrids with high yield potential has resulted in the average yield of crops also increasing substantially and the proportion of losses may also be greater due to the high yield potential. Hörbe (2015) in two years of experiments found 1356 and 815 kg ha⁻¹ of reduction in yield for every 10% increase in CV, respectively in the first and second years. Ludtke et al. (2018) obtained 212 kg ha⁻¹ for every 10% of CV. Silva et al. (2015) obtained a linear reduction of 35,6 kg ha⁻¹ for every CV unit added at sowing.

There are still few studies on the arrangement of twin rows in Brazil, and the results are still quite contradictory, leading to a difficulty in using the technique as there is no unanimity in the research. Balem et al. (2014) for example in work with sowing in twin rows carried out in Brazil, obtained a significant increase in corn yield, while Miotto Junior (2014) working with various combinations of twin rows (20x40,

20x50, 20x60 and 20x70 cm) found productivity 3% lower compared to the arrangement in simple rows of 70 cm.

Conclusions

The increase in CV in the distribution of seeds, it directly interfered in production components such as number of grains per ear and mass of a thousand grains.

The interference of the CV in the yield was of the order of 1% (155,5 and 164 kg ha⁻¹) for every 10% that was added to the CV in the two seasons of experiments.

Sowing in twin rows does not minimize the negative effects of CV on corn crop yield.

Priority should be given to the minimum CV possible for maximum yields.

Bibliographic references

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711–728, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.1, p.467-473, 2005.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, p.1075–1084, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000600027>.

BALEM, Z.; MODOLO, A.J.; TREZZI, M.M.; VARGAS, T.O.; BAESSO, U.M.; BRANDELERO, E.M.; TROGELLO, E. Conventional and twin row spacing in different

population densities for maize (*Zea mays* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v.9, p.1787–1792, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2014.8714>. D

GONÇALVES, M.L. **Desempenho agronômico de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais**. 2008. Unioeste, 2008. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/1342>.

HÖRBE, T.A.N. **Distribuição espacial de plantas na fileira e sua relação com a produtividade da cultura do milho**. 2015. UFSM. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/1342>.

HORN, D. Qualidade de plantio: uma nova abordagem. **Boletim Informativo Pioneer**, v.31, p.17-18, 2011. <http://www.pioneersementes.com.br/DownloadCenter/Boletim-Informativo-N31.pdf>.

KOLLING, D.F.; SANGOI, L.; SOUZA, C.A.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.B.; BONIATTI, C.M. Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes variabilidades na distribuição espacial das plantas. **Ciência Rural**, v.46, n. 2, p. 248–253, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150504>.

KVITSCHAL, M.V.; MANTINE, E.; FILHO, P.S.; VIDIGAL, M.C.G.; SCAPIM, C.A. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.122-131, 2010. DOI:<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20100017>.

LACERDA JJJ, RESENDE AV, FURTINI NETO AE, HICKMANN C, CONCEIÇÃO, OP. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 50, n. 9, p. 769–778, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000900005.

LUDTKE, L.; FELDMANN, N.A.; MÜHL, F.R. Efeito da qualidade de semeadura e porcentagem de desfolha sobre os componentes de rendimento do milho. **Revista**

Ciências Agroveterinárias e Alimentos. 2018. Disponível: <http://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/cava/article/download/544/307>.

MIOTTO JUNIOR, E. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas.** 2014, UTFPR, Disponível: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/855/1/PB_PPGAG_M_Miotto%20J%C3%BAnior%2C%20Edemir_2014.pdf.

NADIN, W.; PEREIRA, P.S.X.; RONDON, O.H.S.; AFONSO, M.F.; PALLAORO, D.S.; CAMILI, E.C.; SILVA, A.R. Effect of the sowing speed on the distribution regularity of maize seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.37, p1–8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v37i230259>.

PEREIRA, F.R. S.; CRUZ, S.C.S.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; SILVA, E.T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p. 69-74, 2008.

RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.8, p.1231-1236, 1994.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; LECH, V.A.; GRACIETTI, L.C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.271-278, 2001.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JUNIOR, G.J.; SOUZA, C.A.; CASA, R.T.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; MACHADO, G.C.; HORN, D. Plant spacial variability in the sowing row and maize grain yield. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, p.268–277, 2012. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n3p268-277>.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do**

milho para altos rendimentos. Lages: Graphel, 2010. 87p.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P.R.F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V.P.; CASA, R.T.; SOUZA, C.A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.46, p.609–616, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600006>.

SANGOI, LUÍS.; SCHMITT, AMAURI.; DURLI, MURILO MIGUEL.; LEOLATO, LUCIELI SANTINI.; COELHO, ANTONIO EDUARDO.; KUNESKI, HUGO FRANCOIS.; OLIVEIRA, VANDER DE LIZ. Estratégias de manejo do arranjo de plantas visando otimizar a produtividade de grãos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, p. 47–60, 2019.

SEARLE, C.L.; KOCHER, M.; SMITH, J.; BLANKENSHIP, E. Field slope effects on uniformity of corn seed spacing for three precision planter metering systems. **Applied Engineering in Agriculture**, v.24, p.581–586, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.25270>.

SILVA, F.H.; CUNHA, P.C.R.; ALMEIDA, A.C.S.; ARAÚJO, L.S.; JAKELAITIS, A.; SILVEIRA, P.M. Production components of corn as function of seed distribution along the planting row. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.1172–1177, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1172-1177>.

List of tables end figures

Table 1. Analysis of variance and means of the spacing factor (A): height plant (cm) (HP), height ear (cm) (HE), thousand grain mass (g) (TGM), grain number/ear (GNE), stalk diameter (mm) (SD) e Yield (kg ha⁻¹) (YD) for the hybrid 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

Spacing (A)	HP	HE	TGM	GNE	SD	YD
45 cm	207 a	168 a	380 a	502 b	24 a	14702 b
20x80 cm	207 a	170 a	385 a	530 a	23 a	15730 a
MSD	7,30	6,03	19,57	27,39	1,40	772,5
F (factor A)	0,01 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,73 ^{ns}	10,20*	1,32 ^{ns}	46,67**
Cv resídue A	3,1	3,1	4,5	4,7	5,1	4,0

Means followed by the same letter in the column, do not differ by the Tukey test at 5% probability.

Table 2. Analyses of variance and average of the CV factor (B): height plant (cm) (HP), height ear (cm) (HE), thousand grain mass (g) (TGM), grain number/ear (GNE), stalk diameter (mm) (SD) e Yield (kg ha⁻¹) (YD) for the hybrid 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

Factor (B)	HP	HE	TGM	GNE	SD	YD
MSD (%)	8,99	5,15	23,60	67,25	1,60	629,57
F (factor B)	0,55 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,82 ^{ns}	5,19*	0,06 ^{ns}	13,26**
Cv residue B	2,7	1,9	3,9	8,3	4,2	2,7
F (AxB)	0,69 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,39 ^{ns}	6,17*	6,65*	1,42 ^{ns}
Cv resíduo C	3,6	3,1	2,6	6,9	3,4	3,7
Regression models						
Linear	0,80 ^{ns}	0,48 ^{ns}	5,10 ^{ns}	31,64**	9,57**	37,33**
Quadratic	0,27 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Cubic	0,57 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,67 ^{ns}

Means followed by the same letter in the column, do not differ by the Tukey test at 5% probability.

Table 3: Analyses of variance and average of the spacing factor (B): height plant (cm) (HP), height ear (cm) (HE), thousand grain mass (g) (TGM), grain number/ear (GNE), stalk diameter (mm) (SD) e Yield (kg ha⁻¹) (YD) for the hybrid 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

Spacing (A)	HP	HE	TGM	GNE	YD
45x90 cm	254 a	144 b	391 a	622 ab	14277 b
45 cm	259 a	150 a	374 ab	586 b	14552 ab
20x80 cm	254 a	146 b	351 b	637 a	14779 a
MSD (5%)	6,37	3,64	25,29	47,99	378,9
F (factor A)	3,66 ^{ns}	13,98*	11,80**	5,57*	8,28*
Cv residue A	2,29	2,30	6,26	5,89	2,4

Means followed by the same letter in the column, do not differ by the Tukey test at 5% probability. MSD= minimum significant difference.

Table 4: Analyses of variance and average of the spacing factor (B): height plant (cm) (HP), height ear (cm) (HE), thousand grain mass (g) (TGM), grain number/ear (GNE), stalk diameter (mm) (SD) e Yield (kg ha⁻¹) (YD) for the hybrid 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

Factor (B)	HP	HE	TGM	GNE	YD
MSD (5%)	6,16	4,15	11,99	61,59	627,76
F (factor B)	3,32 ^{ns}	1,10 ^{ns}	6,42*	5,90*	17,27**
Cv resíduo B	1,88	2,22	2,52	6,34	3,38
F (AxB)	1,08 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Cv resíduo C	3,01	4,49	4,07	6,91	3,55
Models of regression					
Linear	5,77 ^{ns}	2,44 ^{ns}	41,68*	16,10**	14,86**
Quadratic	2,41 ^{ns}	0,86 ^{ns}	9,74*	2,29 ^{ns}	2,69 ^{ns}
Cubic	1,78 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,16 ^{ns}

Means followed by the same letter in the column, do not differ by the Tukey test at 5% probability. MSD= minimum significant difference.

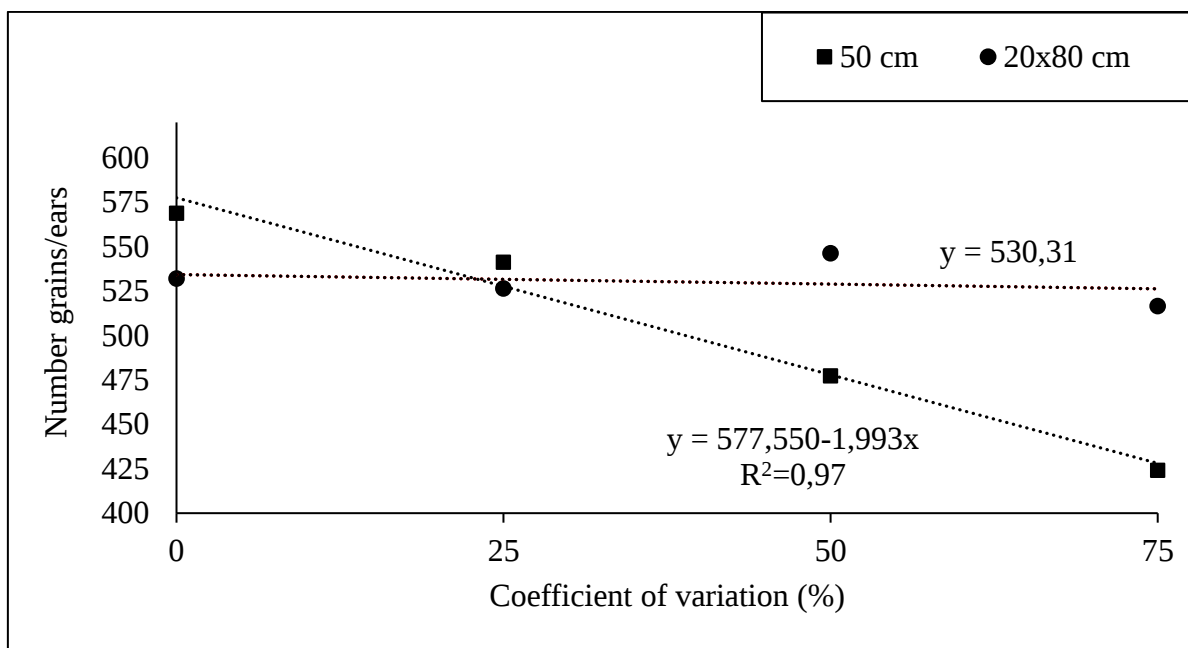


Figure 1. Unfolding of the interaction: spacing between rows and CV for number of grains per ear in hybrid 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

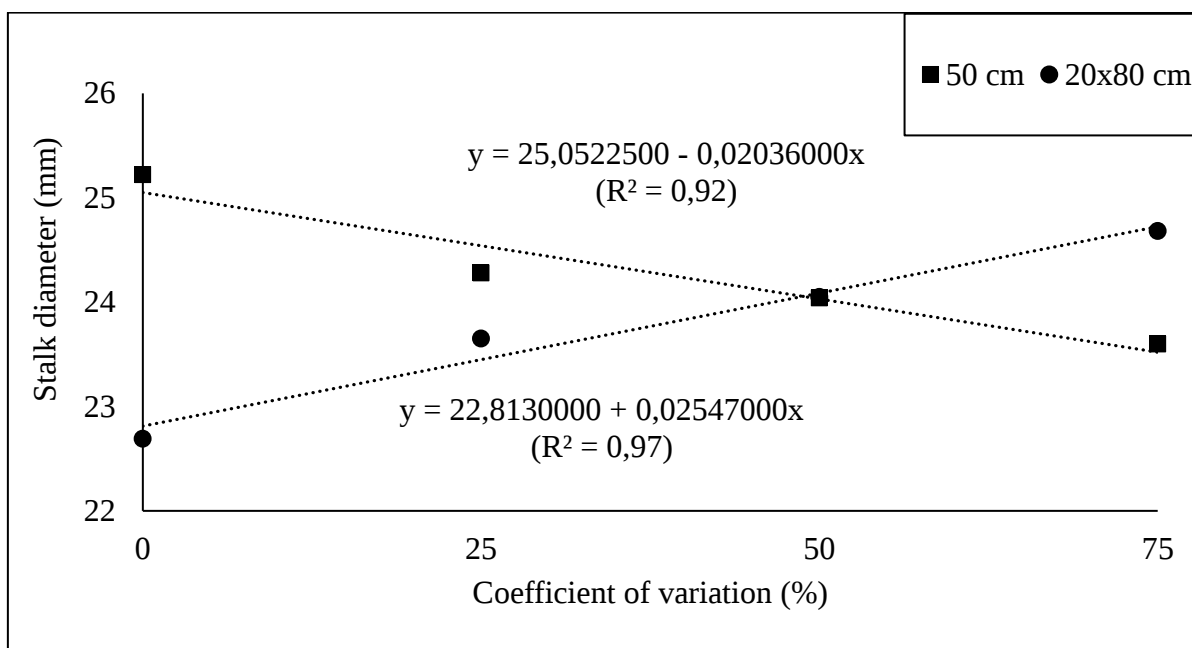


Figure 2. Unfolding of the interaction: spacing between rows and CV for stalk diameter in hybrid 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

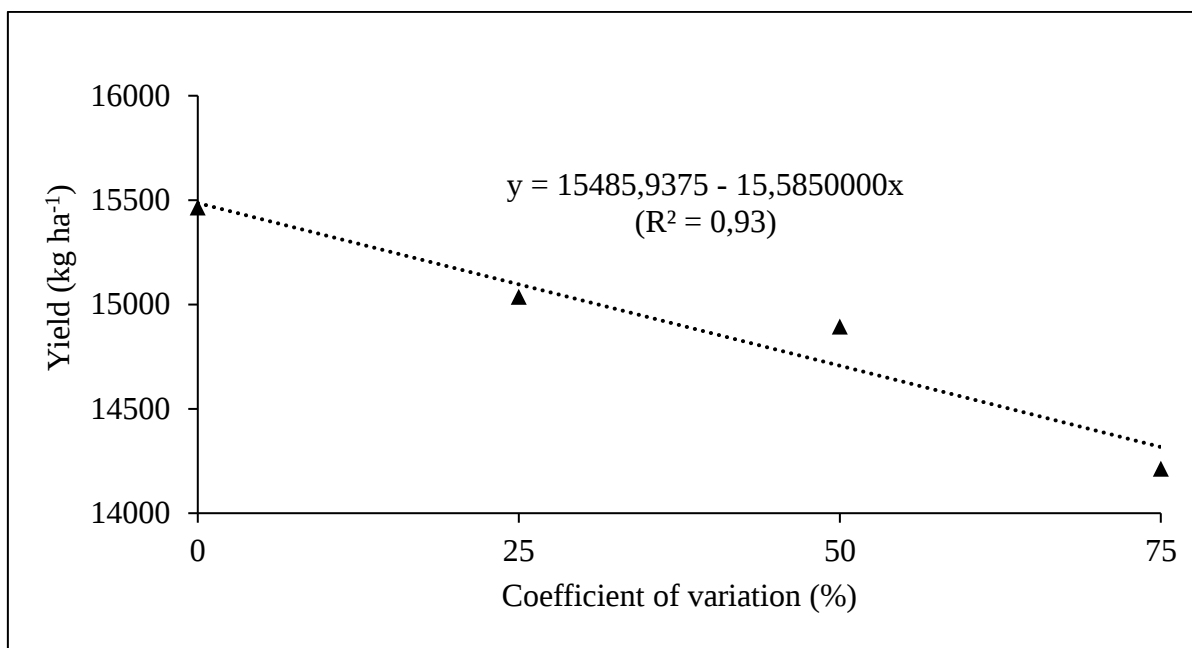


Figure 3: Average yield in both spacings as a function of the CV in the hybrid 30F53VYH. Itararé-SP, 2018.

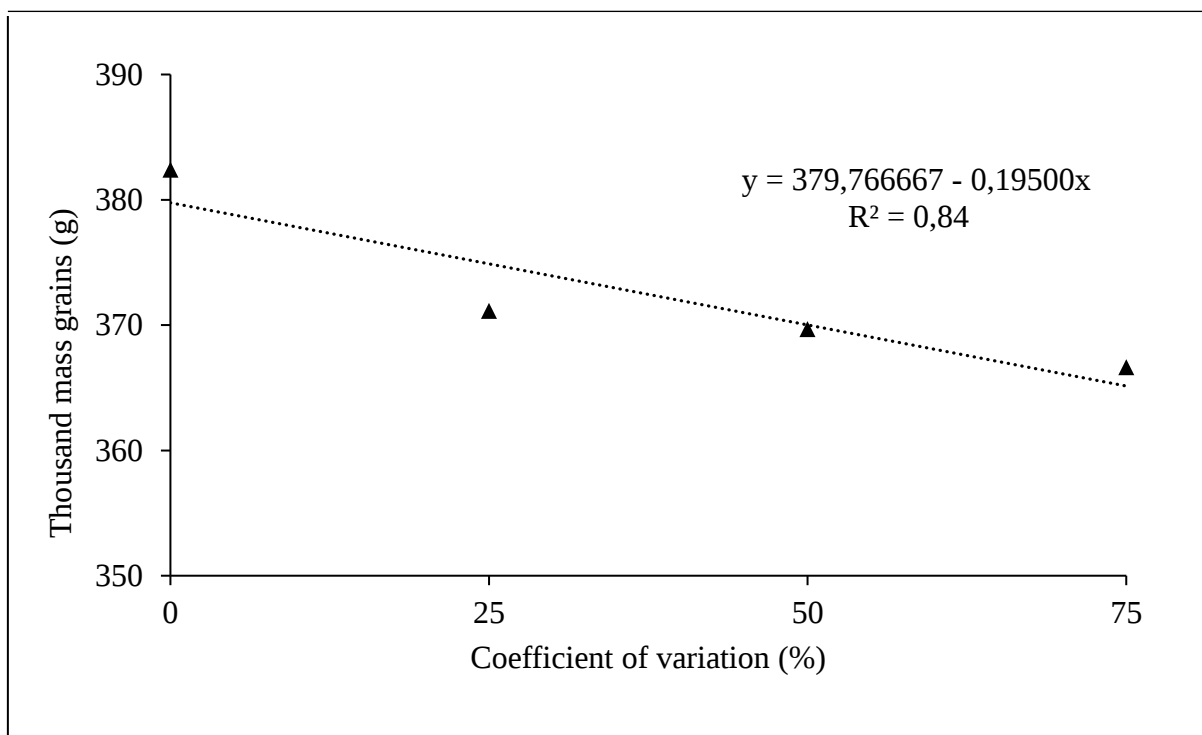


Figure 4: Average thousand grain mass in both spacings as a function of CV in the hybrid 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

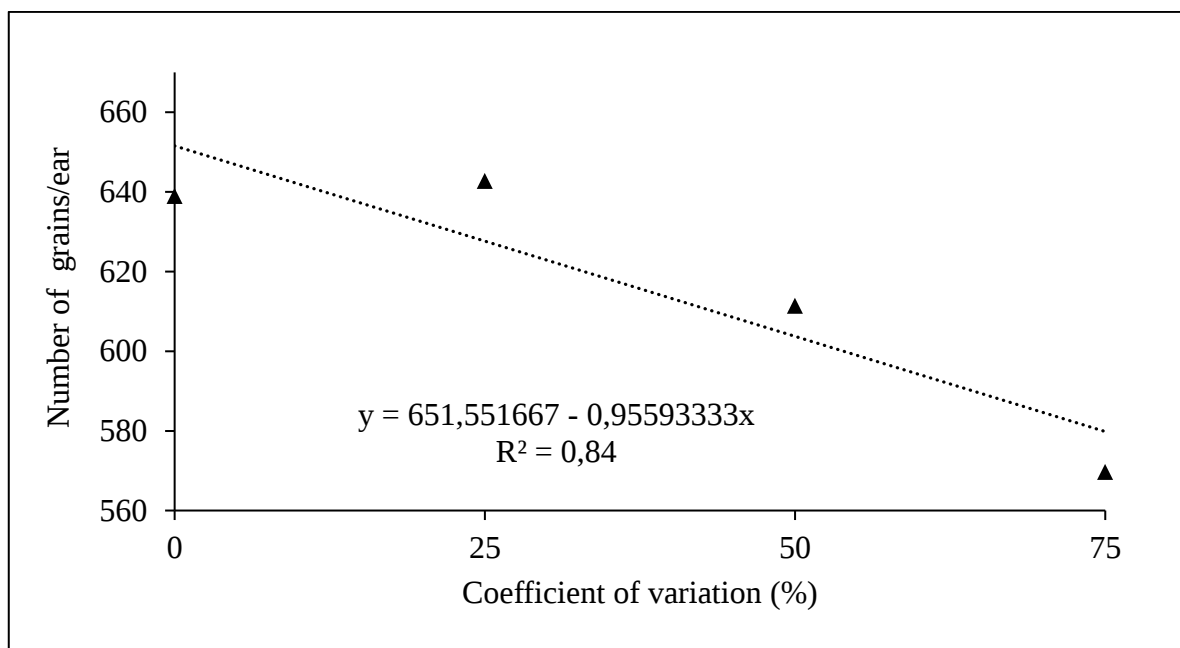


Figure 5: Average number grains/ear in both spacings as a function of CV in the hybrid 30F53VYH. Pilar do Sul-SP, 2019.

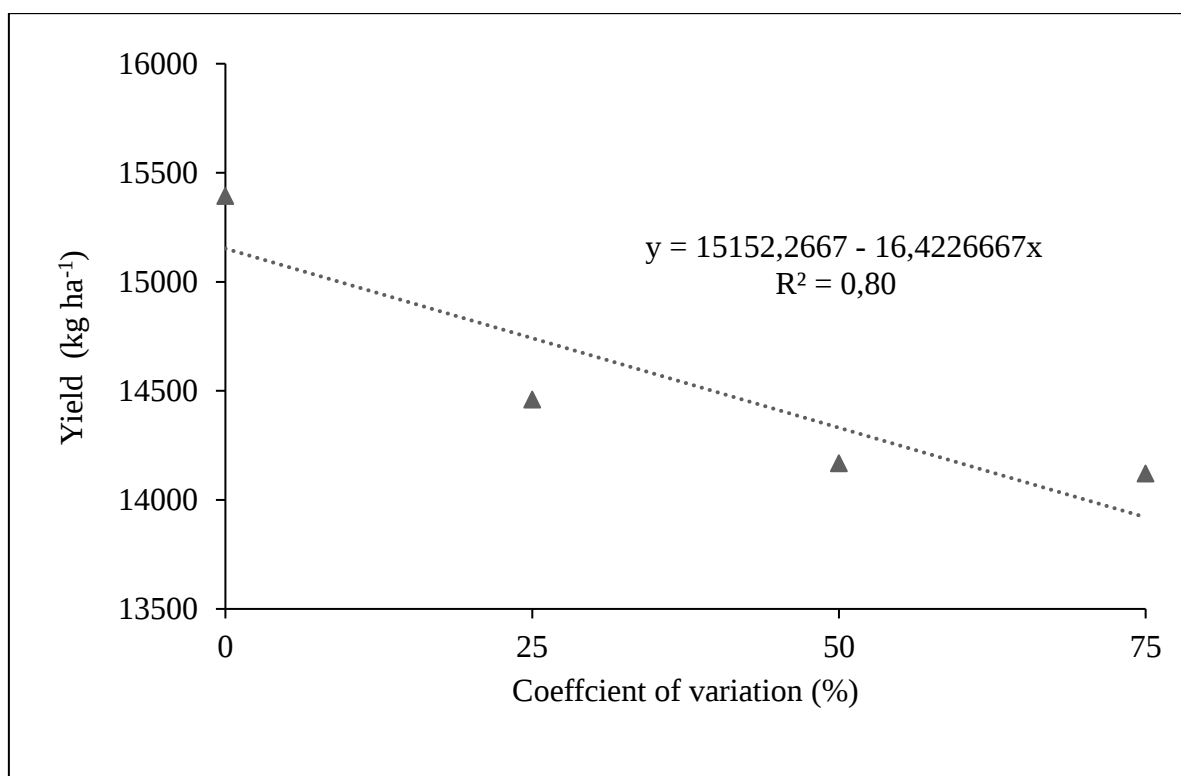


Figure 6: Average yield in both spacings as a function of CV in the hybrid 30F53VYH.

Pilar do Sul-SP, 2019.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil na última década, boa parte dos agricultores migraram dos tradicionais espaçamentos de 80 a 90 cm para configurações conhecidas como espaçamentos reduzidos em torno de 40 a 45 cm na maioria das vezes. Aliado a isso houve uma massiva adoção de híbridos simples, com características modernas e demonstrando respostas produtivas ao uso de densidades de plantas ha^{-1} cada vez maiores na safra de verão. Por outro lado, também tivemos uma forte migração de boa parte da área cultivada de milho para a época de safrinha e muito pouco se estudou para definir se esta configuração atual era a que propiciava maiores respostas à cultura.

Na literatura não há unanimidade para um espaçamento que seja o mais adequado em todos os sistemas produtivos que possuímos no Brasil, porém por questões de otimização de semeadoras para diversas culturas, houve o convencimento de utilizar o espaçamento reduzido nos últimos anos. Mas o critério do agricultor para escolha do espaçamento não deve levar em consideração apenas a facilidade operacional ou rendimento de grãos, é necessário entender todo o sistema de produção da fazenda, como volume de palhada, vazão de palha da semeadora, sistema de corte de palha, trânsito de implementos nas entrelinhas, aplicação do mesmo espaçamento em outras culturas da propriedade e ainda manejo de plantas daninhas. Outro ponto é analisar se haverá necessidade de aquisição de novas semeadoras e se a propriedade comporta o investimento.

O melhoramento genético do milho e a biotecnologia avançaram muito na última década, trazendo híbridos com potencial produtivo cada vez maiores, com ganhos de 2 a 3 % ao ano via melhoramento. Somando-se a isso a mudança para safrinha, diversidade de regiões produtoras e climas diferentes, nos faz questionar se o manejo que estamos adotando é o ideal para explorar ao máximo todo potencial produtivo que possuímos hoje disponível na cultura do milho.

Com base na experiência que tivemos com os experimentos conduzidos, podemos dizer que é possível utilizar a combinação de linhas gêmeas 20x80 cm, para obter ganhos de produtividade. Mas então por que não existe adoção deste arranjo no Brasil ainda? Esbarramos em inexistência de semeadoras

disponíveis que possibilitem esta configuração, alguns fabricantes nacionais até já possuem protótipos de semeadora para este fim, porém falta difusão de informação, pesquisas e geração de demanda. Outro desafio a ser vencido numa semeadura de lavoura com 20x80 cm seria a vazão de palhada, nas duplas de 20 cm o processo de corte e vazão de palha tenderá a ser mais desafiador, necessitando atenção na alternância de posição de cada linha no chassi da semeadora. Precisamos lembrar também dos paradigmas a serem quebrados, o agricultor de hoje é mais ávido e aberto as tecnologias, muitos não adotam por não conhecerem a técnica, outros por não terem máquinas e outros precisam ver mais pessoas validando a técnica antes de partir para uma implantação. Nessa configuração temos 20.000 mil metros de linhas de plantio para distribuir a densidade de sementes desejada, gerando menor competição na linha de semeadura, um dos motivos dos ganhos de produtividade obtidos. A princípio as colheitadeiras com plataforma reduzida conseguiriam colher o 20x80 cm sem necessidade de investimento em novos implementos, o que se traduz numa vantagem.

O espaçamento 45x90 cm que já vem sendo utilizado no Brasil, tem como grande vantagem não necessitar de investimentos em novas semeadoras. Nesta configuração reduzimos de 20.000 metros para 14.814 metros de linhas, o que gera maior competição de plantas na linha de semeadura. Nos plantios de verão principalmente onde ocorrem as maiores densidades de plantas, mostrou ser uma configuração que não proporciona ganhos diretos de produtividade em densidades acima de 65.000 plantas ha^{-1} , porém podemos citar outras vantagens vistas a campo como redução de amassamento por implementos, melhor controle de doenças foliares e aumento da troca gasosa (fotossíntese – dados em fase de publicação) e também outras citadas na literatura como aumento da produção de matéria seca e de raízes. Seu melhor desempenho tende a ser na safrinha, onde as condições climáticas são mais restritivas e por isso temos que semear com densidades menores, gerando menor competição de plantas na linha de semeadura. Temos agricultores utilizando 45x90 cm na safrinha em consórcio com brachiarias, relatando aumentos de produtividade de grãos e de matéria seca da forrageira no triângulo mineiro, devido a um mais rápido estabelecimento da brachiarias nas entrelinhas.

Outro ponto importante na obtenção dos máximos rendimentos que os híbridos atuais podem oferecer, está no que podemos chamar de qualidade de semeadura. É de praxe quem avalia semeadura, utilizar falhas, duplos e aceitáveis como o principal parâmetro. Outro parâmetro que pode ser utilizado e que possui boa correlação com a produtividade é o coeficiente de variação (CV), medido no momento da semeadura. Hoje existem aplicativos para tablets e celulares para ajudar o técnico a quantificar isso no campo. Podemos nos perguntar se com a evolução de semeadoras que aconteceu nos últimos anos, o CV ainda é um problema? as novas máquinas realmente possuem dosadores, tubos condutores e sensores para melhorar a qualidade de plantio. Porém o contingente de máquinas antigas ainda trabalhando no campo é bastante alto, da ordem de 40 a 50%. Um levantamento realizado a campo em 61 locais de safrinha, demonstrou que a média de CV das lavouras está entre 40 a 45%, mesmo onde havia máquinas de última geração. O grande vilão do CV não está na idade da semeadora, ainda está na velocidade de semeadura, mesmo utilizando dosadores e tubos condutores mais modernos, existe um limite operacional para avançar com a velocidade, muitas vezes não respeitado pela janela curta de semeadura, atrasos ou excesso de chuvas, capacidade operacional de plantio subdimensionada, erros na regulagem, falta de manutenção, etc. Trabalhamos com a hipótese de que a semeadura em linhas gêmeas poderia minimizar as já conhecidas perdas de rendimento causadas pelo CV, devido a menor competição na linha de semeadura. Os resultados mostraram que o CV não teve interação com os arranjos de linhas, ou seja, a qualidade da semeadura é fator importante de ser monitorado e corrigido no momento do início da semeadura, independente do espaçamento que agricultor utiliza. As reduções foram bem próximas do que é descrito na literatura, com 1% de redução para cada 10% de aumento de CV.

Onde têm sido difundida a técnica da linha gêmea, alguns agricultores já têm trabalhado a produção de silagem de milho de planta inteira e consórcio com brachiarias para integração lavoura-pecuária, assim são dois temas a serem estudados em próximas teses que poderiam gerar informação. Existe muita curiosidade do agricultor se em culturas como soja, a técnica poderia incrementar algo, outro tema a ser estudado.