UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NO MILHO CULTIVADO EM BAIXA ALTITUDE NO INVERNO EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS

Junior Inacio de Sousa

Engenheiro Agrônomo

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NO MILHO CULTIVADO EM BAIXA ALTITUDE NO INVERNO EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS

Discente: Junior Inacio de Sousa

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

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

2020

Ficha

S725a

Sousa, Junior Inacio de

Adubação nitrogenada de cobertura no milho cultivado em baixa altitude no inverno em linhas simples e duplas / Junior Inacio de Sousa. -- Jaboticabal, 2020

55 p. + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leandro Borges Lemos

1. Arranjo espacial. 2. Milho terceira safra. 3. Cultivo irrigado. 4. Fertilizantes nitrogenados. 5. Eficiência agronômica. 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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NO MILHO CULTIVADO EM BAIXA ALTITUDE NO INVERNO EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS

AUTOR: JUNIOR INACIO DE SOUSA
ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

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

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

P/ Leandro Borges Lemos
Prof. Dr. ORIVALDO ARF (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

P/ Leandro Borges Lemos
Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JUNIOR INACIO DE SOUSA – Filho de Maria Madalena de Sousa e Mario Inacio de Sousa, nasceu na cidade de Guaíra, Estado de São Paulo, no dia 06 de abril de 1982. Em fevereiro de 2002 entrou no curso de graduação de Engenharia Agronômica na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, com conclusão do curso realizada em novembro de 2006. Fez estágio curricular de julho a dezembro de 2006 na empresa Produquímica, atual Compass Minerals, em julho de 2007 foi contratado pela Fertilizantes Heringer S/A como trainee, passando pelos cargos de supervisor técnico de 2008 a 2009, supervisor comercial 2009 a 2010, gerente de unidade em Camaçari, BA de 2011 a 2014, em agosto de 2014 foi contratado pela Bayer Sementes Agroceres para função de Representante Técnico de Vendas responsável pela área comercial no noroeste do Estado de São Paulo e Pontal do Triangulo Mineiro. Em março de 2018 ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Em março de 2019 iniciou o curso de MBA na Fundace USP de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo.

Epígrafe

‘’A melhor maneira de prever o futuro é cria-lo’’ (Peter Drucker)

DEDICO

A Deus pela vida. Aos meus pais, Madalena e Mario, ao meu Irmão Fernando, minha esposa Paula e meus filhos Artur, Lucas e Ana Beatriz, pelo grande carinho, compreensão, incentivo e apoio durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e à Nossa Senhora da Conceição Aparecida, pelo dom da vida, por iluminar meu caminho nos momentos mais difíceis e por ter colocado pessoas tão especiais ao meu redor.

Aos meus pais, Madalena e Mário, ao meu irmão Fernando, meu reconhecimento por me apoiarem nessa jornada.

A minha esposa Paula, meus filhos Arthur, Lucas e Ana Beatriz pelo amor, companheirismos amizade e apoio.

Ao meu sogro Aparecido e minha sogra Claudinha pelo apoio, amizade e consideração.

Aos meus afilhados Joaquin, João Manuel e Rafaela pela amizade, carinho e amor.

Aos meus amigos Cassius, Diego, Didi, Leandro Moda, Marcio Lago, Mário Hirano, Jandir, Jorge Rego, Pastana, Kolachinsk, Vinícius, aos meus amigos da Republica Kambuká, aos meus colegas de trabalho na Sementes Agroceres, e em especial ao Willian Fuzaro, Murilo Ogata e Maurilio, por ajudar na condução do experimento.

Ao meu orientador e amigo Leandro Borges Lemos, agradeço pela amizade e aprendizado.

Aos amigos Rafael Toledo e Murilo Toledo e José Totelo (in memoriam), por ceder um espaço em sua propriedade em Guaíra, SP, para conduzir o experimento.

Aos meus amigos Paulo Eduardo Giacheti e João Paulo Masculi de Luchio pelo apoio durante o curso e realização do projeto de pesquisa.

As empresas Com e Rep Ouro Banco Guaíra, Bayer, Fertilizantes Heringer pelo fornecimento dos insumos para realização do projeto.

Ao time de alunos orientados pelo professor Leandro, que me ajudaram muito durante a interpretação dos dados experimentais e durante a escrita da dissertação, agradeço em especial ao Anderson, Fábio e Flávia.

Aos funcionários da faculdade em especial aos da secção de pós-graduação.

E por fim, agradeço profundamente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, ´´UNESP de Jaboticabal´´ instituição composta por grandes mestres e pessoas, que me ajudaram na formação acadêmica e pessoal.

SUMÁRIO

Página

SUMÁRIO.....i
RESUMO.....ii
ABSTRACT iii
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 15
5. CONCLUSÕES.....29
6. REFERÊNCIAS 30
7. APÊNDICE 34

ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA NO MILHO CULTIVADO EM BAIXA ALTITUDE NO INVERNO EM LINHAS SIMPLES E DUPLAS

RESUMO – Poucos são os estudos que indicam manejos agrícolas para a obtenção de elevadas produtividades do milho semeado no inverno, ou terceira safra irrigada. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta do milho irrigado a doses de nitrogênio em cobertura em função de cultivo em linhas simples e duplas, em experimento conduzido em Guaíra, SP, no inverno. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho eutroférrico textura argilosa, o híbrido de milho utilizado foi o AG9000PRO3 e o fertilizante nitrogenado utilizado foi a ureia FH Nitro Mais. A semeadura do cereal foi realizada em 26 de julho de 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram formadas por dois sistemas de semeadura (linhas simples e linhas duplas) e as subparcelas formadas por quatro dose de nitrogênio (aplicada em filete contínuo) em cobertura no milho: 0 kg ha^{-1} de N (ausência de N); 80 kg ha^{-1} de N com aplicação única no estádio fenológico V_3; 160 kg ha^{-1} de N com aplicação de 80 kg ha^{-1} de N em V_3 e V_6 e 240 kg ha^{-1} de N com aplicação de 80 kg ha^{-1} nos estádios V_3, V_6 e V_8. Após 65 dias da semeadura foi avaliado o índice de clorofila, nesse mesmo dia foi coletado amostras de folhas para análise do teor do nitrogênio na folha. Com 131 dias após a semeadura o experimento foi colhido e no mesmo dia avaliou-se: altura de planta, altura de espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, plantas acamadas, mancha de *Phaeosphaeria*, plantas daninhas, número de fileira por espiga, número de grãos por fileira, população de plantas, plantas quebradas, plantas dominadas, enfezamento e plantas mortas. Na colheita foi coletado amostras para análise em laboratório para as variáveis: massa de 1000 grãos, eficiência agronômica, eficiência fisiológica, eficiência agrofisiológica, eficiência de recuperação do nitrogênio, teor de nitrogênio no grão e produtividade. A maior produtividade de grãos (11.089 kg ha^{-1}) foi obtida com a semeadura em linhas simples com a dose de 240 kg ha^{-1} de N parcelados em 3 vezes ao longo do ciclo do milho. O manejo de doses de nitrogênio ao longo do ciclo do milho proporcionou aumento linear da produtividade de grãos da cultura, independentemente do sistema de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*, arranjo espacial, fertilizante nitrogenado, cultivo irrigado, produtividade de grãos, eficiência agronômica.

NITROGENATED COVERAGE FERTILIZING IN CORN CULTIVATED AT LOW ALTITUDE IN WINTER IN SIMPLE AND DOUBLE ROWS

ABSTRACT – Few studies indicate agricultural management to obtain high yields of corn sown in winter, or third irrigated crop. The objective of this work was to evaluate the response of irrigated corn to nitrogen cover levels as a function of cultivation in single and double lines, in an experiment conducted in Guaíra, SP, in winter. The soil in the experimental area is clay-texture Oxisol, the corn hybrid used was AG9000PRO3 and the nitrogen fertilizer used was UH FH Nitro Mais. The sowing of the cereal was carried out on July 26, 2018. The experimental design used was in randomized blocks in a split plot scheme, with four replications. The plots were formed by two sowing systems (single lines and double lines) and the subplots formed by four nitrogen doses (applied in continuous fillet) in corn cover: 0 kg ha^{-1} of N (absence of N); 80 kg ha^{-1} of N with single application at the phenological stage V_3; 160 kg ha^{-1} of N with application of 80 kg ha^{-1} of N in V_3 and V_6 and 240 kg ha^{-1} of N with application of 80 kg ha^{-1} in stages V_3, V_6 and V_8. After 65 days of sowing the chlorophyll index was evaluated, on that same day leaf samples were collected for analysis of the nitrogen content in the leaf. 131 days after sowing the experiment was harvested and on the same day it was evaluated: plant height, ear height, stem diameter, ear diameter, cob diameter, bedridden plants, *Phaeosphaeria* spot, plants weeds, number of rows per ear, number of grains per row, plant population, broken plants, dominated plants, stalking and dead plants. At harvest, samples were collected for laboratory analysis for the variables: 1000 grain mass, agronomic efficiency, physiological efficiency, agrophysiological efficiency, nitrogen recovery efficiency, nitrogen content in the grain and productivity. The highest grain yield (11,089 kg ha^{-1}) was obtained by sowing in simple rows with the dose of 240 kg ha^{-1} of N divided in 3 times over the corn cycle. The management of nitrogen doses throughout the corn cycle provided a linear increase in the grain yield of the crop, regardless of the sowing system.

Keywords: *Zea mays*, spatial arrangement, nitrogen fertilizer, irrigated cultivation, grain yield, agronomic efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de altas qualidades nutritivas, cultivado em grande parte do mundo, é extensivamente utilizado como alimento humano ou ração animal, devido às suas características. O milho é cultivado em mais de 150 países, em área total maior do que 230 milhões de hectares (FAO, 2020). A produtividade média da cultura no mundo é de 5,0 t ha^{-1}, e no Brasil é de 5,7 t ha^{-1} (CONAB, 2020), valor considerado baixo, visto que a produtividade em países como os Estados Unidos é próxima de 12 t ha^{-1}. Sendo assim, manejos agrícolas específicos devem ser adotados para o aumento da produtividade desse cereal no País.

A produção de milho no Brasil está praticamente dividida em 25% milho semeado no verão ou primeira safra, que compreende a semeadura de outubro a dezembro, e 75% na segunda safra ou safrinha, que compreende a semeadura que varia de janeiro a março. Nas últimas safras nota-se uma forte tendência de aumento na proporção da safrinha, em função do cultivo da soja no verão. Segundo dados da CONAB (2020), a estimativa de produção de milho para o ano agricola 2019/2020 (primeira mais segunda safras) é de aproximadamente 100 milhões de toneladas do cereal, sendo que a área semeada com milho no Brasil neste ano agricola pode chegar a 17,5 milhões de hectares.

Mais recentemente a semeadura do milho começou a ser feita em uma terceira safra, em áreas irrigadas com elevada tecnologia e intensificação de uso da terra. A semeadura do milho de terceira safra é realizada no inverno, entre os meses de junho e agosto (CONAB, 2020).

Na safra 2018/2019 o Brasil se tornou o maior exportador de milho do mundo, com um total de 44,9 milhões de toneladas exportadas. Isso ajudou os produtores com expressivos aumentos de rentabilidade com a cultura. Porém, isso vem contribuindo para gerar aumentos no custo de produção da pecuária nacional, que utiliza o milho como matéria prima para rações. Portanto, fica o desafio de aumentar a produtividade do milho em todas as regiões do Brasil, com o intuito de equilibrar economicamente toda cadeia produtiva.

O aumento no consumo de grãos de milho é um fenômeno mundial, sendo que a maior parte do cereal é utilizado para rações animais, para abastecer um mercado crescente de consumo de proteínas animais e com isso a pressão por ganhos em produtividade deste cereal é cada vez maior. Contudo, o rendimento de grãos de milho é uma variável complexa e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo.

As diferenças de produtividade comparadas entre regiões mais altas e regiões mais baixas são muito expressivas. Essas diferenças estão relacionadas principalmente a enorme variação de temperatura, sendo que nas regiões mais baixas a temperatura média é muito mais alta, e, com isso, grande parte da energia acumulada na parte da manhã, por meio dos processos de fotossíntese, é gasta durante a noite nos processos metabólicos de respiração da planta, que é maior e mais constante em regiões mais quentes. Portanto é um enorme desafio aumentar a produtividade de grão de milho em regiões de baixa altitude.

Para que a cultura do milho possa expressar todo seu potencial produtivo, é necessário que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, em virtude da grande extração de nutrientes do solo. Nesse sentido, o nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura, variando as recomendações da adubação nitrogenada em função do modo de cultivo, que pode ser semeado em condição de sequeiro, irrigado, primeira safra, segunda safra ou até mesmo uma terceira safra irrigada durante as estações outono e inverno. Em relação ao manjo da adubação nitrogenada de cobertura, quanto maior a possibilidade de o agricultor fazer o parcelamento da fertilização nitrogenada, maiores serão os incrementos de produtividade da cultura.

Estudos com a manipulação do arranjo espacial de plantas pela alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha de semeadura têm sido apontados como uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar o rendimento de grãos do milho, pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes.

As hipóteses para esse trabalho foram que, o milho cultivado no inverno sob irrigação pode ter um incremento de produtividade quando semeado em sistemas de linhas duplas em relação a linhas simples, e de que a dose padrão de nitrogênio em cobertura, recomendada à cultura deve ser aumentada. Diante dessa nova perspectiva de arranjo de plantas, objetivou-se avaliar a resposta do milho irrigado a doses de nitrogênio em cobertura em função de cultivo em linhas simples e duplas, em experimento conduzido em Guaíra, SP, no inverno, como alternativas de manejo para incremento de produtividade de grãos de milho em regiões de baixa altitude.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Com base no conhecimento dos sistemas produtivos da cultura do milho, e na mensuração dos fatores que interferem no rendimento de grãos, é possível estruturar estratégias de manejo, adotando indicações viáveis, para minimizar ou superar as deficiências verificadas em cada nível de manejo utilizado. Com isso, a identificação de sistemas de manejo adequados para cada região permitirá ao produtor rural otimizar os recursos existentes na propriedade e maximizar sua rentabilidade, preservando os recursos do ambiente (Forsthofer et al., 2006).

O manejo cultural deve ser adequado para explorar ao máximo o potencial genético de um hibrido de milho em uma determinada condição edafoclimática, levando em consideração aspectos econômicos e a sustentabilidade do sistema de produção. Dessa forma, o manejo correto do solo, fertilidade do solo, nutrição, fertilização, época de semeadura, espaçamento, densidade de plantas, controle de plantas daninhas, pragas e doenças são essenciais para o sucesso de uma lavoura (Coelho et al., 2004).

O milho é uma planta de origem tropical, necessitando de calor e umidade para se desenvolver. Em regiões de clima subtropical, os fatores ambientais, como as variações na disponibilidade térmica (calor) e de radiação solar (luz), exercem grande influência no desenvolvimento fenológico. A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento desta cultura, havendo relação linear entre a duração destes períodos e o desenvolvimento da planta. O milho é uma planta de ciclo vegetativo (período compreendido entre a semeadura e a colheita) variado, entre 100 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (hiperprecoce, superprecoce, precoce e normal), (Demétrio et al., 2008).

O milho é cultivado em vários ambientes, com uma enorme amplitude de temperaturas, porém temperaturas noturnas maiores que 24°C promovem consumo energético elevado, em função do aumento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com consequente queda na produtividade, em função da redução da taxa fotossintética líquida (Fancelli e Dourado Neto 2000).

A planta de milho absorve água do solo para atender às suas necessidades fisiológicas e, com isso, suprir a sua necessidade em nutrientes, que são transportados junto com a água, sob difusão, interceptação radicular e fluxo de massa, sendo que, esse último mecanismo é o maior responsável pelo transporte de água. Do total de água absorvido pela planta, uma

quantidade bem reduzida (cerca de 1%) é retida pela mesma. Embora possa-se pensar que há desperdício, na verdade isso não ocorre, pois é pelo processo da transpiração (perda de calor latente) que os vegetais controlam a sua temperatura (Magalhães e Durães 2006).

A temperatura mínima para o crescimento satisfatório do milho é de 10°C, sendo que a ótima varia de 28°C a 35°C. O conceito de temperatura ótima deve ser revisto com cautela, pois esta temperatura ‘’ótima’’ varia com o estádio de desenvolvimento da planta. Por exemplo, a temperatura ótima para a germinação não é a mesma para a floração ou frutificação. Segundo Shaw (1977), as maiores produções de milho ocorrem onde as temperaturas dos meses mais quentes oscilam entre 21°C e 27°C, e embora não haja limite máximo, as produções tendem a diminuir com o aumento da temperatura.

A quantidade de energia exigida pela planta de milho é expressa em graus-dia, ou unidades térmicas de desenvolvimento, ou exigência térmica, ou calórica, ou unidade de calor. Cabe enfatizar que a resposta das plantas a essa temperatura obedece a limites inferior e superior e é extensiva ao desenvolvimento total da cultura (Silva et al., 2006).

Dados de ensaios nacionais de milho mostram que nos experimentos instalados em locais com altitudes acima de 700 m, a produtividade foi cerca de 18% maior do que as obtidas em locais com altitudes abaixo desse valor. Acredita-se que a temperatura noturna menor, associada ao aumento no ciclo das culturas, são fatores preponderantes para explicar essas diferenças no rendimento (Coelho et al., 2004).

Durães et al. (2002) já haviam constatado resultado semelhante ao de Coelho, et al., (2004). Entretanto, com dados mais amplos e conclusivos, uma vez que, foram observados três grupos de híbridos de milho, definidos por meio da maturidade fisiológica (superprecoce, precoce e normal) e de modo geral nas regiões de baixa altitude as produtividades de grão de milho foram menores para todos os grupos de maturidade.

O território brasileiro cultivado com milho é composto por uma ampla região denominada tropical baixa. São áreas genericamente descritas como de baixa altitude, oscilando de 0 até 700 m acima do nível do mar. Nestas regiões, radiação solar, temperatura e umidade constituem-se os fatores de maior limitação ao desenvolvimento e respostas de milho. Segundo Durães (2006), temperaturas diurnas relativamente elevadas (28-32°C) possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que temperaturas noturnas amenas (18-20°C) contribuem para o prolongamento do período de crescimento, assegurando à cultura maior número de dias para o aproveitamento efetivo da radiação incidente.

Deve-se também ressaltar que as empresas que comercializam sementes de milho, separam estas duas situações de altitudes (acima e abaixo de 700 m) nas suas recomendações técnicas. Paralelamente a isso também são avaliados os componentes de fertilidade do solo e com isso é definido o ambiente de produtividade, para ajudar o agricultor com os posicionamentos dos híbridos mais adequados para cada micro - região. Segundo Argenta et al. (2003), é possível obter elevados rendimentos de grãos de milho mesmo em regiões de baixa altitude, desde que a cultura seja manejada adequadamente.

Quando analisa-se os últimos 20 anos, ficam bem nítidos os esforços desprendidos pelas empresas que trabalham com melhoramento genético de híbridos de milho, no sentido de desenvolvimento de novos materiais, cada vez mais produtivos, para os diversos ambientes de um pais continental como o Brasil, Uma grande diferença que observa-se no manejo dessa cultura está no aumento significativo na recomendação da população de plantas por hectare, muitos híbridos são posicionados com mais de 90.000 plantas ha^{-1}.

A escolha adequada do arranjo de plantas pode aumentar a interceptação da radiação, a eficiência de seu uso e o rendimento de grãos das culturas, por influenciar o índice de área foliar o ângulo da folha e a distribuição de folhas no dossel. A escolha do arranjo de plantas é influenciada pela escolha do híbrido, qual a finalidade do uso do milho pelo produtor, nível tecnológico, época de semeadura e comprimento da estação de crescimento (Argenta et al., 2001).

O espaçamento entre linhas de semeadura é um assunto muito discutido por pesquisadores e produtores de milho. Atualmente, tem ganhado maior importância em função dos incrementos do potencial produtivo da cultura, e, também, em função da otimização dos maquinários na propriedade. Em algumas regiões, o mesmo maquinário é utilizado na semeadura do feijão, girassol, milheto, milho, soja e trigo. Com isso, o uso do mesmo espaçamento pode otimizar o trabalho e minimizar o tempo com montagem e configuração das linhas na semeadora. Tem-se observado que a utilização de espaçamentos reduzidos se intensificou nos últimos anos como forma de melhorar a distribuição de plantas. Além disso, novas tecnologias de semeadura foram desenvolvidas na busca de obter incrementos de produtividade, dentre estas, observa-se a semeadura em linhas pareadas ou gêmeas.

O sistema de semeadura em fileiras duplas é uma forma de arranjo das plantas com a qual se busca aumentar a distância entre as plantas afim de proporcionar menor competição na linha, resultando em ganho de produtividade.

Miotto Junior (2014), observou que o espaçamento de plantas de milho em linhas duplas proporcionou maior diâmetro de colmo em relação ao espaçamento em linhas simples. Esse fato pode ser explicado pela melhor distribuição das plantas na área e na linha de semeadura, diminuindo a competição por luz, água, nutrientes e espaço para crescimento da planta.

Não há registros no Brasil de lavouras comerciais de milho em sistema de semeadura em linhas duplas, porém nos Estados Unidos, existem muitos trabalhos confirmando incrementos de produtividade de grão de milho quando semeados em linhas duplas. De acordo com Green e Harns, citados por Magnavaca et al. (1971), o sistema de semeadura em linhas duplas superou, em média, sistema de semeadura em linhas convencionais em 23,5%. Em um trabalho mais recente, Brian (2010), verificou na Virginia e Virginia Ocidental aumento de 12,5% no rendimento de grãos quando utilizado o arranjo de linhas de semeadura de milho duplas em relação ao arranjo de linhas convencionais ou simples.

Alvarez et, al. (2006), avaliam de modo positivo os experimentos com novos híbridos de milho em diferentes densidades e espaçamentos, pois os novos genótipos que são lançados comercialmente estão cada vez mais produtivos, e possuem estrutura vegetal modificada, arquitetura foliar mais ereta e isso favorece a ação de um sistema de plantas mais equidistante que os genótipos antigos, e essa possibilidade de manejar adequadamente o arranjo espacial de plantas, pode acarretar em maior produtividade para a cultura do milho em diversos ambientes.

Bettio et al. (2017), ao comparar a semeadura de milho em espaçamentos em linhas simples e duplas, concluíram que o espaçamento em linhas duplas 20x70 cm com densidade de 110.000 sementes ha^{-1}, resultou na maior produtividade.

A utilização de espaçamento em linhas duplas aumenta a área de ocupação pela planta de milho, o que resulta em maior crescimento do sistema radicular. Com isso, o aproveitamento do solo para captação de água, nutrientes e sustentação mecânica da planta é maior. O fator limitante nos sistemas de linha simples, para o crescimento das raízes de milho é a raiz de outra planta de milho, pois quando elas se encontram o crescimento cessa. Ao reduzir o espaçamento entre linhas, a distância entre plantas na linha se torna maior, proporcionando maior desenvolvimento das raízes, (Great Plains 2013, citado por Miotto Júnior 2014).

O sistema de cultivo em linhas duplas baseia-se no conceito de um melhor aproveitamento dos espaços pelas plantas, tanto de superfície foliar, no intuito de captar melhor os raios luminosos quanto do sistema radicular, diminuindo a competição entre plantas por água e nutrientes. Entretanto, o aumento da produtividade do milho em função da utilização da

semeadura em linhas duplas é contraditório (Robles et al., 2012; Novacek et al., 2013), necessitando de mais trabalhos nesse sentido.

Ao analisar nutrientes e nesse caso pensando-se na planta de milho, logo pensamos em nitrogênio (N) e na forma de maximizar o aproveitamento desse nutriente quando aplicado em cobertura no estádio fenológico compreendido entre a segunda e sexta folha da planta.

O nitrogênio, sem dúvida alguma, é o nutriente mais limitante na cultura do milho, principalmente em sistema de plantio direto (Yamada e Abdalla 2000). Essa limitação ocorre porque as plantas requerem quantidades relativamente grandes de N (de 1,5 a 3,5% da massa seca da planta). Segundo Coelho e França (1995), para uma produtividade média de 5.800 kg ha^{-1} de grãos, são extraídos pela planta cerca de 100 kg ha^{-1} de N, sendo que, dessa quantidade, cerca de 75% são exportados pelos grãos.

No Brasil existe o conceito generalizado entre técnicos e produtores de que, aumentando-se o número de parcelamento da adubação nitrogenada, aumenta-se também a eficiência do uso do nitrogênio e se reduzem as perdas, principalmente por lixiviação (Coelho 2007). Dessa forma, o manejo da adubação nitrogenada em cobertura no milho, em conjunto com uma distribuição espacial de plantas mais adequada, pode proporcionar aumento de produtividade em regiões de baixa altitude.

Na prática, é muito difícil determinar a quantidade exata de N que o milho necessita para atingir a produção máxima econômica, pois sua disponibilidade no solo é um processo dinâmico e varia com as mudanças no teor de água e temperatura do solo, tipo de fertilizante, ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas e práticas de manejo da cultura. Assim, as recomendações de adubação são sempre uma aproximação.

De acordo com Coelho et al. (2004), no Brasil a aplicação de N em milho tem sido, tradicionalmente, feita de forma parcelada, com uma pequena dose na semeadura, geralmente de 10 a 30 kg/ha, e o restante em cobertura entre os estádios de 3 a 8 folhas. Muitos autores concordam que o período mais adequado quando se pretende fazer apenas uma cobertura no milho é o estádio V_4 (quatro folhas totalmente expandidas). Entretanto quando se pretende fazer dois ou três parcelamentos da adubação nitrogenada de cobertura recomenda-se fazer a primeira cobertura entre V_2 (duas folhas totalmente expandidas) e V_3 (três folhas totalmente expandidas). É importante o fornecimento adequado de N para assegurar o potencial de rendimento da cultura e é nos estádios V_{10} a V_{12} (dez a doze folhas totalmente expandidas) que ocorre a diferenciação

dos primórdios da espiga, sendo esta uma fase crítica em relação a disponibilidade de N (Fornasieri Filho 2007).

Ao analisar-se as principais fontes de fertilizantes nitrogenados comercializados no Brasil pode-se observar que a ureia é considerada o fertilizante nitrogenado de maior importância na agricultura, apresenta elevada concentração de N e o menor preço por unidade de peso do nutriente (Raij 2011).

3. MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido no município de Guaíra, São Paulo, em área situada próxima às coordenadas de latitude 20º 22’ 20’’ S, longitude de 48º 22’ 10’’ W e altitude de 500 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando precipitação anual média de 1.400 mm (Alvares et al., 2013).

Vinte dias antes da semeadura do milho, foi coletada amostra de solo composta na camada 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m, para análise de fertilidade (Raij et al. 2001). Os resultados para camada 0,00-0.20 m foram: MO = 26 g dm^{-3}; pH ($CaCl_2$) 4,9; P (resina) = 31 mg dm^{-3}; K^+ = 3,2 $mmol_c$ dm^{-3}; Ca^{2+} = 34 $mmol_c$ dm^{-3}; Mg^{2+} = 12 $mmol_c$ dm^{-3}; H+Al = 29 $mmol_c$ dm^{-3}; CTC = 78 $mmol_c$ dm^{-3}; V = 63%; S = 12 mg dm^{-3}; B = 0,25 mg dm^{-3}; Cu = 1,9 mg dm^{-3}; Fe = 29 mg dm^{-3}; Mn = 14,3 mg dm^{-3} e Zn = 2,7 mg dm^{-3}. Para a camada 0,20-0,40 m os resultados foram: MO = 15 g dm^{-3}; pH ($CaCl_2$) 4,6; P (resina) = 21 mg dm^{-3}; K^+ = 1,9 $mmol_c$ dm^{-3}; Ca^{2+} = 14 $mmol_c$ dm^{-3}; Mg^{2+} = 8 $mmol_c$ dm^{-3}; H+Al = 33 $mmol_c$ dm^{-3}; CTC = 57 $mmol_c$ dm^{-3}; V = 42%; S = 18 mg dm^{-3}; B = 0,28 mg dm^{-3}; Cu = 2,4 mg dm^{-3}; Fe = 31 mg dm^{-3}; Mn = 9,1 mg dm^{-3} e Zn = 1,9 mg dm^{-3}. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico (Embrapa, 2013) de textura argilosa. O solo apresenta 120 g kg^{-1} de areia, 290 g kg^{-1} de silte e 590 g kg^{-1} de argila.

O experimento foi realizado em área irrigada por pivô central, sob manejo de plantio direto. A semeadura do experimento foi realizada em 26 de julho de 2018, sendo o cultivo denominado de milho de inverno, ou terceira safra. Anteriormente a semeadura do experimento, nos anos agrícolas 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 a área do pivô foi cultivada com soja, feijão e milho; soja e tomate; soja e feijão, respectivamente, e em seguida, foi conduzido o experimento. A irrigação foi realizada em função da demanda hídrica da cultura do milho, conforme Allen et al. (1998). A lâmina de irrigação acumulada durante o período experimental foi de 280 mm. As médias de temperaturas máxima e mínima durante o período experimental foram de 31,3 e 19,3°C, respectivamente, com precipitação acumulada de 534,5 mm (Figura 1).

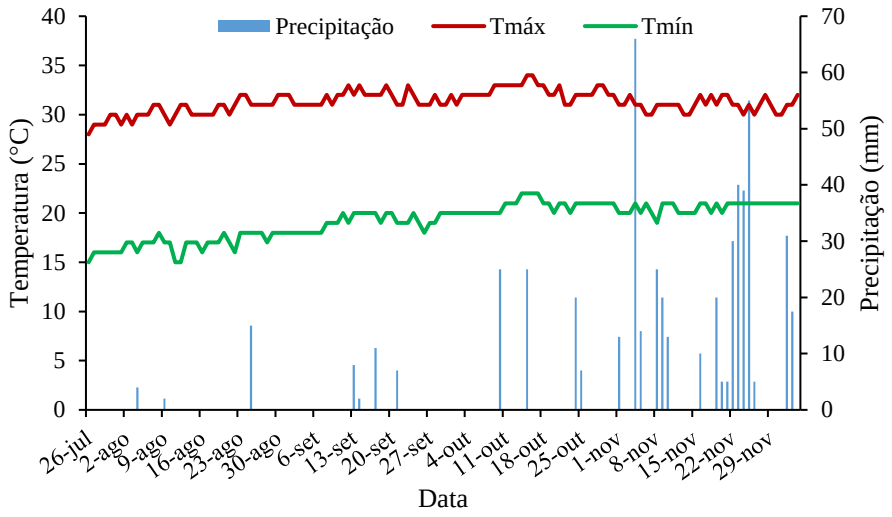


Figura 1. Dados meteorológicos fornecidos pelo aplicativo Zeus Agro na estação meteorologia da fazenda Bom Sucesso da Usina Tereos (600 m do experimento), em Guaíra/SP.

O feijão que estava sendo cultivado na área experimental foi colhido dia 26 de julho de 2018, com produtividade média de 2.727 kg ha^{-1} e, no mesmo dia, foi semeado o milho. Não foi feita correção da acidez solo para instalação do experimento.

O híbrido de milho utilizado foi o AG9000PRO3, com maturidade relativa de 130 dias, florescimento (médio) de 53 dias, definido como superprecoce, com altura de plantas de 229 cm, altura de inserção de espiga de 113 cm, arquitetura foliar ereta, cor de grão amarelo, semidendato, número de fileiras entre 16 e 18, peso de 1.000 grãos (médio) de 328 g. Além disso, o híbrido apresenta a tecnologia VT PRO3 que auxilia na proteção contra lagartas e tolerância ao glifosato e, segundo a Bayer Sementes Agroceres, esse híbrido apresenta alta resposta ao aumento de população de plantas ha^{-1} e ao aumento de doses de nitrogênio em cobertura.

Toda adubação nitrogenada de cobertura foi feita com o fertilizante FH Nitro Mais da Fertilizantes Heringer S/A, que é uma ureia revestida com boro e cobre. A formula desse fertilizante nitrogenado é 43-00-00 + 0,15% Cu + 0,4% B.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram formadas por dois sistemas de semeadura (linhas simples e linhas duplas) e as subparcelas constituídas por quatro manejos da adubação nitrogenada em cobertura (0, 80, 160 e 240 kg ha^{-1} de N). As subparcelas foram delimitadas com 12 m de comprimento e 8 m de largura. Para as avaliações foi descartado 1 m

de cada lado das subparcelas e as amostras foram coletadas sempre na área útil de cada parcela, como pode ser observado por meio da Figura 2.

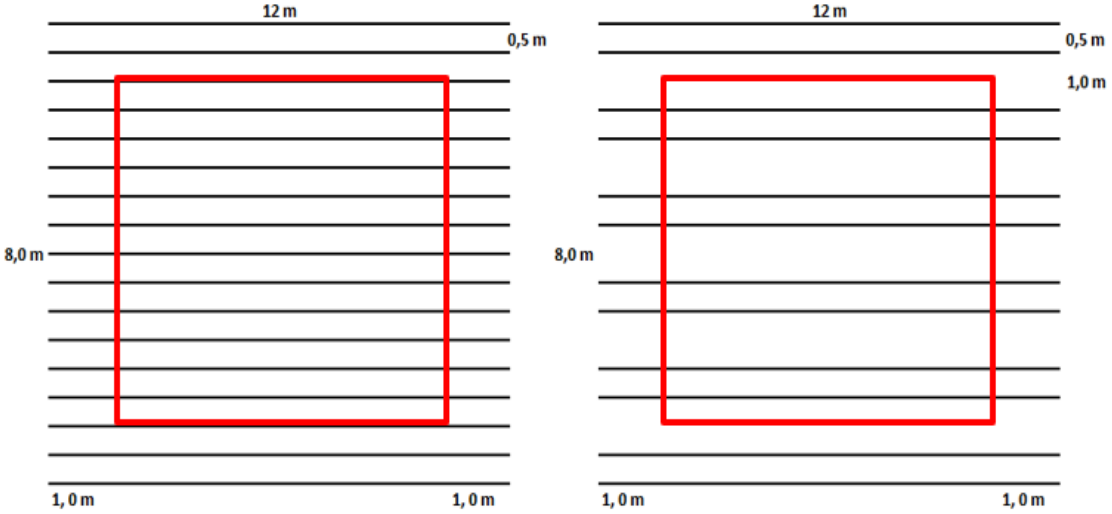


Figura 2. Ilustração das linhas de semeadura na subparcela: à esquerda o sistema de semeadura em linhas simples e a direita o sistema de semeadura em linhas duplas, e em vermelho a área útil de cada subparcela.

O milho foi semeado por meio de uma semeadora da marca New Holland modelo PL 5000, com GPS e sistema digital de regulagem para distribuição de sementes e fertilizantes. Toda área foi adubada conforme as características químicas do solo e nas recomendações propostas por Raij e Cantarella (1996), com rendimento esperado de 10 t ha^{-1}. Portanto, durante a semeadura foram distribuídos, 24 kg ha^{-1} de nitrogênio, 84 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 48 kg ha^{-1} de K_2O. Foram distribuídas 60.000 sementes ha^{-1}, tanto no sistema de cultivo de linhas simples quanto no de linhas duplas. As sementes foram tratadas industrialmente com o inseticida Clotianidina (2,1 g i.a. kg^{-1} de semente) e fungicida Fludioxonil (0,4 g i.a. kg^{-1} de semente).

Para os sistemas de cultivo em linhas simples, utilizou-se o espaçamento entrelinhas de 0,50 m. Para o sistema de cultivo de linhas duplas, foram semeadas duas linhas com espaçamento de 0,50 m, com intervalo de 1,00 m. Com isso, o espaçamento médio entre linhas ficou de 0,75 m.

O manejo da adubação nitrogenada de cobertura foi dividido em até três estádios fenológicos, sendo que a dose de 80 kg ha^{-1} de N foi aplicada de uma só vez, quando o milho estava em V_3, a dose de 160 kg ha^{-1} foi dividida em dois parcelamentos de 80 kg ha^{-1} cada, sendo o primeiro em V_3 e o segundo em V_6. A dose de 240 kg ha^{-1} foi dividida em três parcelamentos de 80 kg ha^{-1} cada, sendo o primeiro em V_3, o segundo em V_6 e o último em V_8. A dose de 80 kg ha^{-1} de N foi adotada seguindo as recomendações de Raij e Cantarella (1996).

Para controle de plantas daninhas foram utilizados os herbicidas glifosato (1.780 g ha^{-1} do i.a.) e atrazina (1.000 g ha^{-1} do i.a.) que foi aplicado em V_5.

Para o controle de pragas foram utilizados os inseticidas com ingrediente ativo lambda-cialotrina (62,5 g ha^{-1} do i.a.), aplicado em V_3 e imidacloprid (168 g ha^{-1} do i.a.), aplicado em V_5 e beta-ciflutrina (12,5 g ha^{-1} do i.a.) mais espinetoram (12 g ha^{-1} do i.a) aplicados em V_5.

Para o controle de doenças fúngicas foram aplicados os fungicidas piraclostrobina (99,75 g ha^{-1} do i.a) e epoxiconazol (37,5 g ha^{-1} do i.a), aplicados em V_{12}.

O índice de clorofila foi medido após 64 dias da semeadura, fase do florescimento feminino (V_t). Foram coletadas folhas inferiores e opostas a inserção da espiga, sendo 4 folhas por subparcela. No terço médio de cada folha realizou-se a leitura do índice de clorofila com o equipamento CCM-200 "*Chlorophyll Content Meter - Opti-Sciences*®". As leituras foram realizadas entre 9h00 min e 10h00 min. Nessas mesmas folhas foi determinado o teor de N foliar, seguindo o método descrito por Malavolta et al. (1997).

Após 131 dias da semeadura, o experimento foi colhido e no mesmo dia avaliou-se: altura de planta, altura de espiga, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, plantas acamadas, plantas quebradas, plantas dominadas, plantas mortas, mancha de *Phaeosphaeria*, plantas daninhas, enfezamento, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e população de plantas.

Para altura de planta, mediu-se 4 plantas por subparcela, as plantas foram medidas do primeiro entrenó até o final do pendão. A altura da espiga foi medida do primeiro entrenó até a base da espiga.

O diâmetro do colmo (sempre no segundo entrenó), diâmetro da espiga (centro da espiga) e diâmetro do sabugo (centro do sabugo) foram medidos com o auxílio de paquímetro (para essas variáveis foram feitas 4 medições por subparcela).

Para mensurar plantas acamadas, plantas quebradas, plantas dominadas, plantas mortas e enfezamento foi analisado toda área útil da parcela, e os valores foram convertidos em porcentagens.

Para avaliar mancha de *Phaeosphaeria*, utilizou-se metodologia descrita por Pereira et al. (2005), e ao avaliar plantas daninhas, utilizou-se metodologia descrita por Cain e Castro (1959), para essas duas variáveis foi analisado toda área útil da parcela, e os valores foram convertidos em notas. As principais espécies de plantas daninhas presentes na área foram maria-

pretinha (*Solanum americanum*), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) e caruru (*Amaranthus viridis*).

As variáveis número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira foram quantificadas por meio de contagem de quatros espigas por subparcela, sempre coletadas no centro e em quatro plantas seguidas.

Para avaliar a população de plantas, utilizou-se trena de 6 metros, em 4 linhas centrais da subparcela, e a média do número de plantas por hectare foi calculada em função do espaçamento da cultura.

No dia da colheita coletou-se amostras para análise em laboratório para as variáveis: massa de 1000 grãos, eficiência agronômica, eficiência fisiológica, eficiência de recuperação do nitrogênio, eficiência agrofisiológica, eficiência de utilização, teor de nitrogênio no grão e produtividade de grãos.

A massa de 1000 grãos (g) foi obtida pela coleta ao acaso de quatro amostras de 1000 grãos, realizando-se a pesagem com correção dos valores para 0,13 kg kg^{-1} em base úmida.

A eficiência agronômica foi calculada utilizando-se a equação: EA = (PGcf – PGsf) / (QNa), expressa em kg kg^{-1}, em que PGcf = produção de grãos com fertilizante; PGsf = produção de grãos sem fertilizante; e QNa = quantidade de N aplicado em kg ha^{-1} (Fageria e Baligar, 2005).

Para cálculo da eficiência fisiológica e eficiência de recuperação, coletou-se amostras de 4 plantas inteiras (do primeiro entrenó até o pendão), sempre ao centro de cada subparcela, essas plantas foram picadas, acomodadas em sacos de papel e levadas ao laboratório para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60-65ºC até massa constante e posteriormente foram moídas em moinho tipo Wiley. A eficiência fisiológica foi calculada por meio da equação: EF = (PTBcf – PTBsf) / (ANcf - ANsf), expressa em g g^{-1}, em que PTBcf = produção total biológica com fertilizante; PTBsf = produção total biológica sem fertilizante; ANcf = acúmulo do nutriente com fertilizante e ANsf = acúmulo do nutriente sem fertilizante (Fageria et al., 2010). Para cálculo da eficiência de recuperação utilizou-se a equação: ER = (ANcf - ANsf / QNa) x 100, expressa em %, em que ANcf = acúmulo do nutriente com fertilizante e ANsf = acúmulo do nutriente sem fertilizante; QNa = quantidade de N aplicado (Fageria et al., 2010).

A eficiência agrofisiológica foi calculada por meio da equação: EAF = (PGcf – PGsf) / (ANcf - ANsf), expressa em g g^{-1}, em que PGcf = produção de grãos com fertilizante; PGsf =

produção de grãos sem fertilizante; ANcf = acúmulo do nutriente com fertilizante e ANsf = acúmulo do nutriente sem fertilizante (Fageria et al., 2010).

A eficiência de utilização foi calculada por meio da equação: EU = EF x ER, índice em que são consideras as eficiências fisiológica e de recuperação (Fageria et al., 2010).

Para avaliar o teor de nitrogênio no grão (g kg^{-1}), foram coletadas amostras de grãos, que foram utilizadas para obter os dados de produtividade. Em seguida, os grãos foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 60-65ºC até massa constante e posteriormente foram moídos em moinho tipo Wiley. O teor de nitrogênio no grão foi determinado seguindo o método descrito por Malavolta et al. (1997).

A produtividade de grãos (kg ha^{-1}) foi obtida por meio de colheita manual, utilizou-se trena de 6 metros para definir a distância a ser colhida na linha de semeadura. A colheita das espigas foi feita em 4 linhas centrais da subparcela, posteriormente trilhadas mecanicamente, determinando-se a produtividade de grãos e corrigindo-se o teor de água para 0,13 kg kg^{-1}.

Para o fator de estudo sistema de semeadura os dados obtidos foram submetidos a análise de variância utilizando-se o teste F ($p<0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Para o fator doses de N em cobertura e para a interação sistemas de semeadura x doses de N foi realizado o estudo de regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas no software Agroestat (Barbosa e Maldonado Júnior 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila apresentou diferença significativa em relação ao sistema de semeadura, com resultados melhores para o sistema de semeadura em linhas duplas (Tabela 1), e, também, apresentou significância em relação às doses de N aplicadas em cobertura, e, no caso, ocorreram incrementos lineares para o índice de clorofila em função de doses de N aplicadas em cobertura (Figura 3). Ceccon e Kurihara (2009) e Durães et al. (2005) relatam que o conteúdo de clorofila constitui medida importante para avaliar o estado nutricional de plantas de milho.

Na Tabela 1, observa-se que os dados de nitrogênio na folha foram muito parecidos com os dados de índice de clorofila, apresentando diferença significativa para o sistema de semeadura, com melhores resultados para o sistema de semeadura em linhas duplas, e, para o manejo de N aplicado em cobertura houve incrementos lineares em função da dose de N aplicada, (Figura 4). Não houve interação ente sistema de semeadura e manejo de aplicação de N. Isso pode ser justificado pela melhor distribuição das plantas e possível aumento na eficiência fotossintética da planta, conforme observado por Balem (2013).

TABELA 1. Diferença no IC = Índice de clorofila e N foliar = Nitrogênio na folha em função do sistema de semeadura, linhas simples e linhas duplas.

Tratamentos	IC	N foliar g kg^{-1}
Sistema de semeadura (1)		
Linhas simples	66,71 b	36,00 b
Linhas duplas	70,79 a	37,89 a
Teste F	17,72*	37,73**
CV %	3,99	2,15

(1) Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). * ($p<0,05$), ** ($p<0,01$) e ns (não significativo), respectivamente pelo teste F.

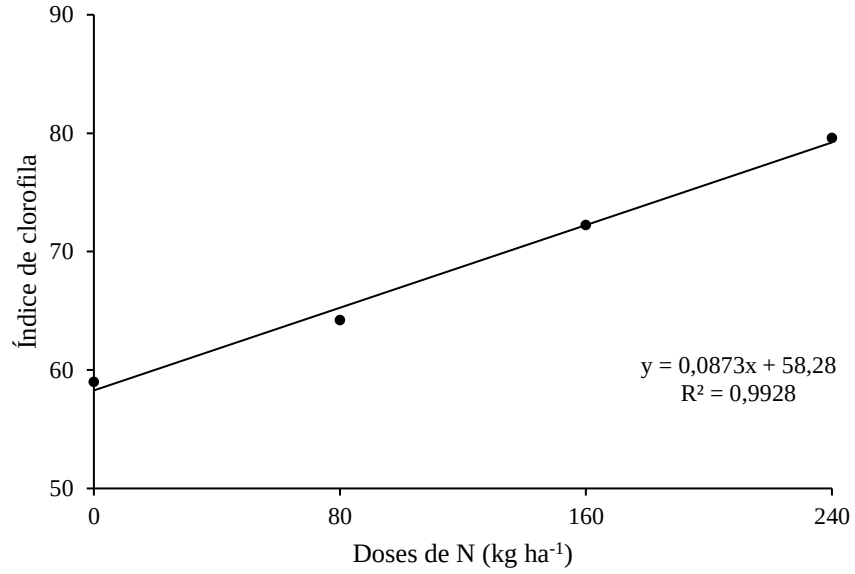


Figura 3. Análise de regressão do índice de clorofila em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

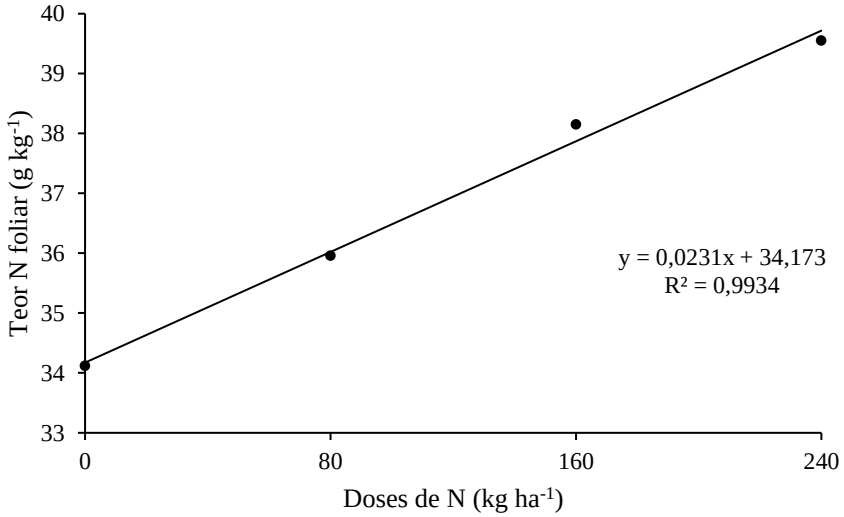


FIGURA 4. Análise de regressão do teor de N foliar em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

A altura de planta apresentou diferença significativa em relação ao sistema de semeadura, com maior crescimento no sistema de semeadura em linhas duplas (Tabela 2), e, para o manejo da adubação de cobertura com N, houve incrementos lineares em função de doses de N aplicadas em cobertura (Figura 5).

Na Tabela 2 pode-se observar que a altura de espiga apresentou dados semelhantes aos apontados em altura de planta, com diferença significativa em relação ao sistema de semeadura, com valores superiores para o sistema de semeadura em linhas duplas e aumento linear com a aplicação de N em cobertura (Figura 6).

Ao analisar diâmetro de colmo, diâmetro de espiga e diâmetro de sabugo (Tabela 2), observa-se que não houve diferença significativa para sistema de semeadura, porém houve diferenças em relação à dose de N (Figuras 7, 8 e 9). Os resultados de diâmetro de colmo, diâmetro de espiga e diâmetro de sabugo contradizem com os dados apresentados por Miotto Júnior (2014) e Balem (2013), estes autores observaram maiores diâmetros no sistema de semeadura em linhas simples. Fornasieri Filho (2007) destaca a importância do colmo da planta de milho, que além de suportar as folhas e partes florais, é destinado a reserva de sacarose para translocação às espigas. Em situações em que há privação de elementos vitais às plantas, as reservas são translocadas aos drenos, minimizando a concentração das substâncias no colmo.

Para cada 10 kg ha^{-1} de N aplicados em cobertura, ocorreram incrementos de 0,0051 m, 0,0065 m e 0,010 cm para altura de planta, altura de espiga e diâmetro de colmo, respectivamente.

TABELA 2. Diferença na AP = Altura de planta, AE = Altura de espiga, DC = Diâmetro de colmo, DE = Diâmetro de espiga e DS = Diâmetro de sabugo em função do sistema de semeadura, linhas simples e linhas duplas.

Tratamentos	AP m	AE m	DC cm	DE cm	DS cm
Sistema de semeadura (1)					
Linhas simples	2,68 b	1,24 b	1,6	5,00	2,45
Linhas duplas	2,72 a	1,26 a	1,7	4,95	2,49
Teste F	44,75**	24,20*	3,82ns	1,39ns	7,94ns
CV %	0,65	1,29	6,46	2,03	1,90

(1) Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). * ($p<0,05$), ** ($p<0,01$) e ns (não significativo), respectivamente pelo teste F.

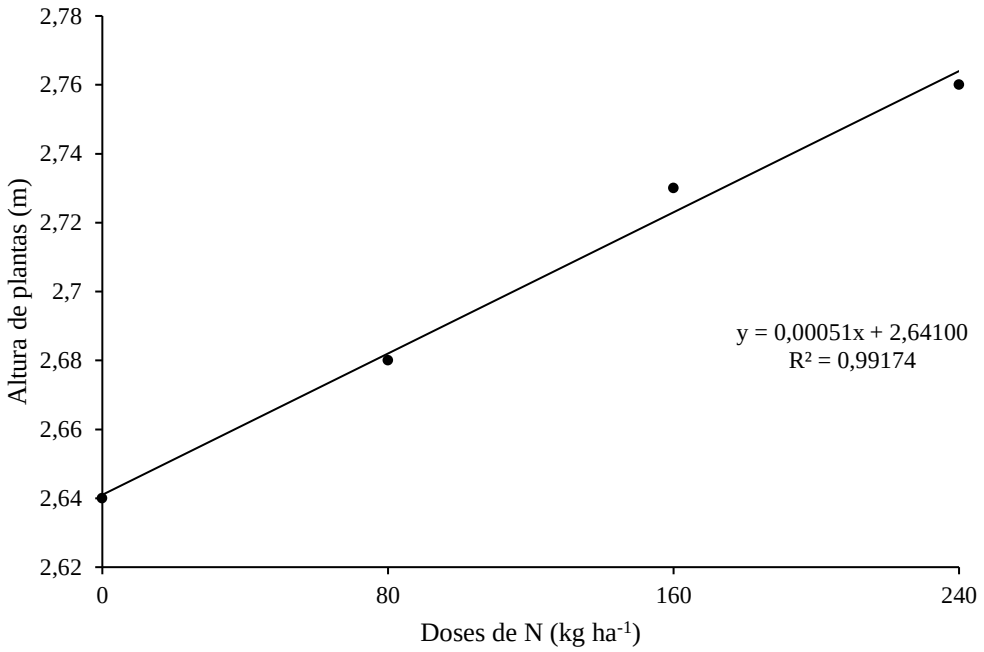


Figura 5. Análise de regressão da altura de planta em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

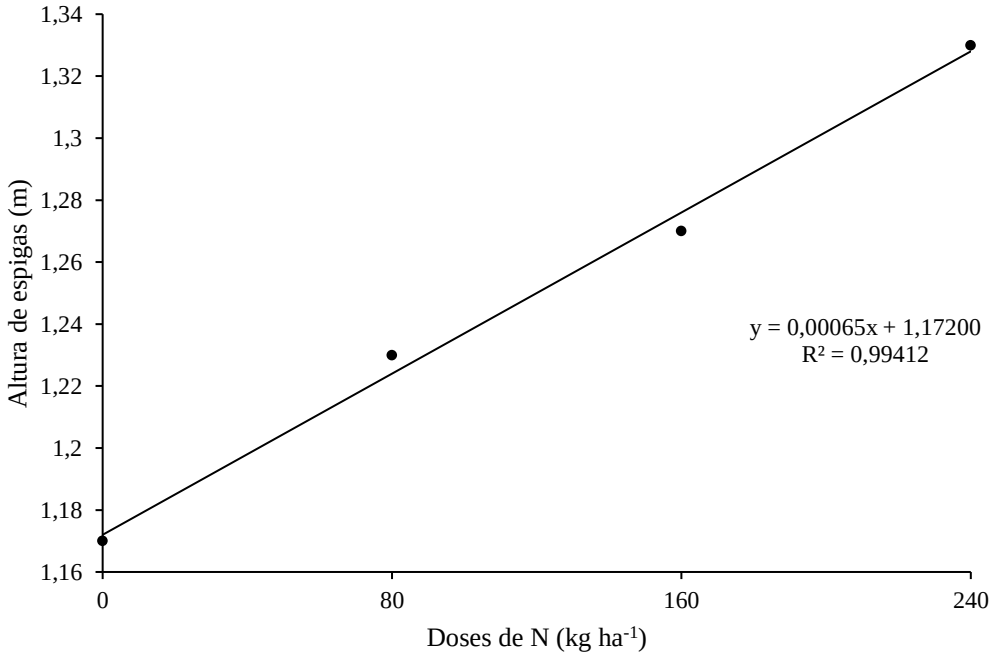


Figura 6. Análise de regressão da altura de espigas em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

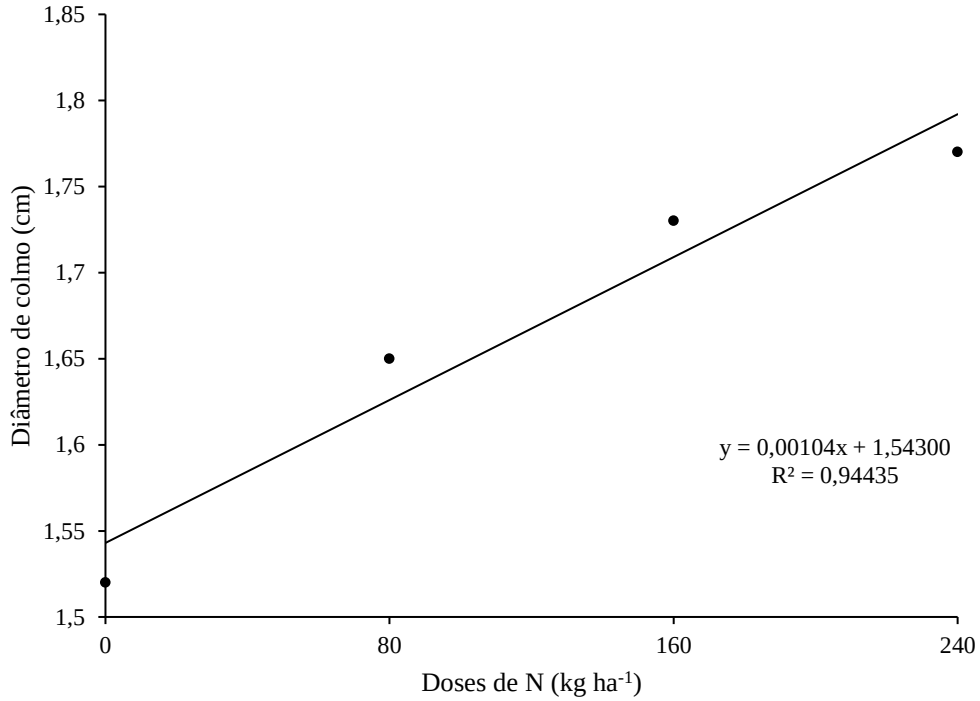


Figura 7. Análise de regressão do diâmetro de colmo em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

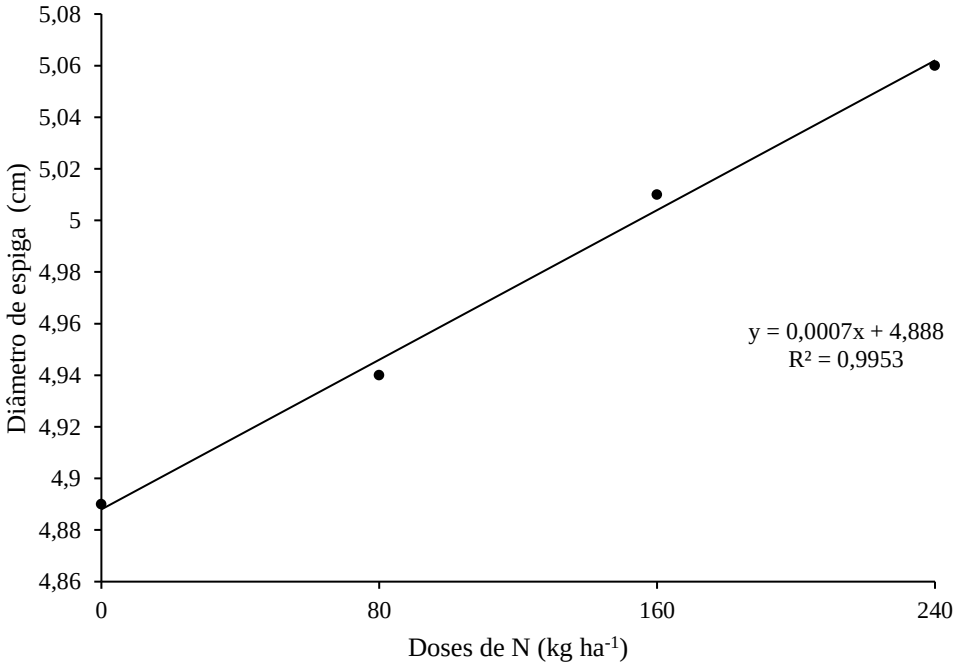


Figura 8. Análise de regressão do diâmetro de espiga em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

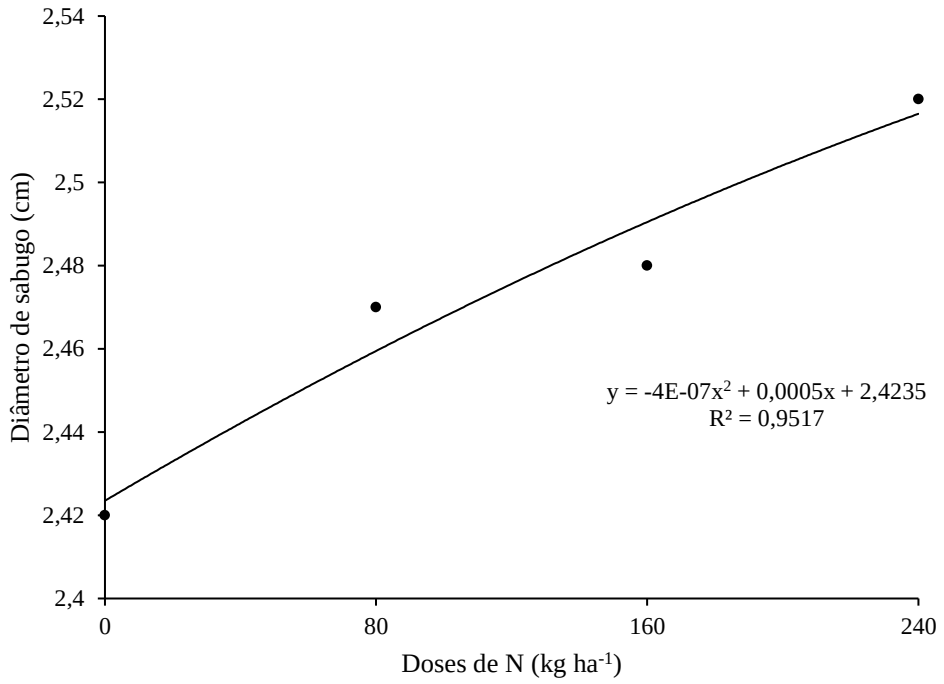


Figura 9. Análise de regressão do diâmetro de sabugo em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

Conforme Tabela 3, pode-se observar que plantas acamadas, plantas quebradas, plantas dominadas, enfezamentos, plantas mortas e *Phaeosphaeria* não apresentaram diferença significativa para sistema de semeadura, dose de N e para interação entre sistema de semeadura e manejo de N.

Para plantas acamadas e plantas quebradas o resultado está de acordo com a tecnologia VTPRO3. Segundo a Sementes Agroceres essa tecnologia proporciona proteção da raiz (larva-alfinete), e ainda excelente *stay-green*, o que pode ter contribuído para que não houvesse nenhuma diferença significativa para essas variáveis. Para plantas dominadas, o que justifica essa ausência de diferença é o fato da semeadora utilizada no experimento ser de alta precisão, com GPS e sistema digital de regulagem para distribuição de sementes e fertilizantes, e a velocidade de semeadura, que foi controlada em 3,0 km h^{-1}. Furlani et al., (1999), concluíram que, ao aumentar a velocidade de semeadura de 3,0 para 5,0 km h^{-1}, o estande final e a produtividade de grãos foram reduzidos. Fey et al. (2000), afirmaram que o aumento da velocidade na operação de semeadura de milho influenciou na uniformidade de distribuição longitudinal de plantas. A pulverização com inseticidas para controle de *Dalbulus maidis* em

V_3 e V_5 associado ao fato do cultivo do milho ter sido no inverno, tempo considerado desfavorável à praga, foram suficientes para manejo e controle das doenças do complexo do enfezamento. As características sanitárias do hibrido, como nota de tolerância a enfezamento, também contribuíram para ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos para essa variável.

O tratamento com fungicida preventivamente em V_{12} fez com que não houvesse diferença estatística para plantas mortas e *Phaeosphaeria maydis*.

No ato da colheita foi avaliada diferença significativa para plantas daninhas entre os sistemas de semeadura (Tabela 3), porém não houve diferença para dose de N. Essa diferença era esperada uma vez que o hibrido estudado possui folhas eretas e, na medida que foi atinginda a maturidade fisiológica e, com isso, suas folhas foram secando, houve maior entrada de luz no sistema de semeadura em linhas duplas, proporcionando melhores condições para o desenvolvimento de plantas daninhas nesse sistema de semeadura.

TABELA 3. Diferença em PA = Plantas acamadas, PQ = Plantas quebradas, PD = Plantas dominadas, ENF = Enfezamentos, PM = Plantas mortas, PHAE = *Phaeosphaeria* e PDAN = Plantas daninhas em função do sistema de semeadura, linhas simples e linhas duplas e manejo de doses de N.

Tratamentos	PA %	PQ %	PD %	ENF %	PM %	PHAE nota	PDAN nota
Sistema de semeadura (1)							
Linhas simples	1,72	2,19	8,91	7,19	5,63	5,67	1,52 b
Linhas duplas	1,41	2,5	9,53	5,31	6,88	4,77	2,84 a
CV %	219,09	117,25	76,3	44,72	91,65	36,18	31,65
Doses de N							
0	1,88	1,88	10,63	7,81	8,44	6,06	2
80	2,19	3,13	9,69	5,94	5,63	5,72	2,15
80-80	1,25	2,19	8,75	5,63	5,63	4,41	2,16
80-80-80	0,94	2,19	7,81	5,63	5,31	4,69	2,4
CV %	164,92	101,35	30,07	42,16	55,78	31,72	20,11
Teste F							
Sistema de semeadura (S)	0,07ns	0,1ns	0,6ns	3,60ns	1,42ns	1,84ns	29,65*
Manejos de N (M)	0,39ns	0,42ns	1,53ns	1,27ns	1,41ns	1,85ns	1,18ns
S x M	0,67ns	0,6ns	0,2ns	0,83ns	0,81ns	0,42ns	0,34ns

(1) Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). * ($p<0,05$), ** ($p<0,01$) e ns (não significativo), respectivamente pelo teste F.

O número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e a população de plantas não apresentaram diferença significativa para sistema de semeadura (Tabela 4). O número de fileiras por espiga apresentou diferença para dose de N aplicada em cobertura assim como número de grãos por espiga (Figuras 10 e 11). O número de fileiras por espiga apresentou incremento quadrático em função das doses de N aplicadas em cobertura, com máximo valor (17,6) observado na dose de N de 202 kg ha^{-1} (Figura 10). O número de grãos por fileira apresentou incremento linear em função das doses de N, com aumento de 0,15 grãos por fileira para cada 10 kg ha^{-1} (Figura 11). O incremento dos valores dessas duas variáveis em função das doses de N foi independente do sistema de semeadura utilizado.

A população de plantas não apresentou diferença para dose de N aplicada. Para as três variáveis não houve diferença para interação entre sistema de semeadura e dose de N aplicada. Miotto Júnior (2014) também não observou diferença no número de fileiras por espiga ao comparar os sistemas de semeadura em linhas simples e duplas, mesmo resultado observado por Bettio et, al. (2017). O número de grãos por fileira contraria o resultado encontrado por Balem (2013), que observou no sistema de semeadura em linhas duplas valor maior quando comparado ao sistema de semeadura em linhas simples. O fato de não ter sido observada diferença na população de plantas se deve ao bom controle experimental para tal variável e a elevada precisão de semeadura.

Para a massa de 1000 grãos houve diferenças para os dois fatores estudados, bem como para a interação entre eles, ou seja, o incremento foi dependente do sistema de semeadura utilizado. Para o sistema de linhas simples, a massa de 1000 grãos aumentou de forma quadrática em função das doses de N, com máximo valor (351 g) obtido na dose de N de 193 kg ha^{-1}, enquanto no sistema de linhas duplas o incremento foi linear, com aumento de 2,20 g a cada 10 kg ha^{-1} de N aplicado (Figura 12).

Para a massa de 1000 grãos, o sistema em linhas simples apresentou valores, em média, 5,6% maiores em relação ao sistema de linhas duplas (Tabela 4). Esse resultado contraria os valores observados por Botelho (2006) e Balem (2017). Entretanto, Miotto Júnior (2014) não observou diferença significativa para essa variável em relação ao sistema de semeadura.

TABELA 4. NFE = Número fileira por espiga, NGF = Número de grão por fileira, POP = população de plantas, M1000 = Massa de 1000 grãos em função do sistema de semeadura, linhas simples e linhas duplas.

Tratamentos	NFE	NGF	POP pl ha^{-1}	M1000 g
Sistema de semeadura (1)				
Linhas simples	17,16	36,56	57625	337,17 a
Linhas duplas	17,03	35,25	57583	319,29 b
Teste F	0,86ns	6,47ns	0,02ns	58,38**
CV %	2,23	4,06	1,62	2,02

(1) Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). * ($p<0,05$), ** ($p<0,01$) e ns (não significativo), respectivamente pelo teste F.

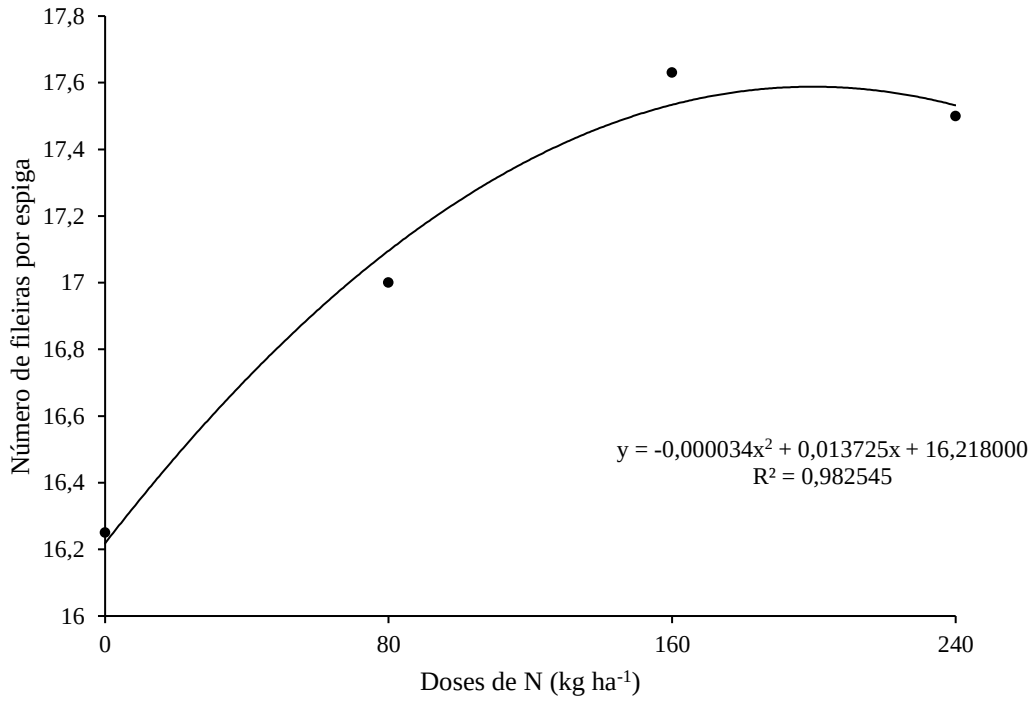


Figura 10. Análise de regressão do número de fileiras por espiga, em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

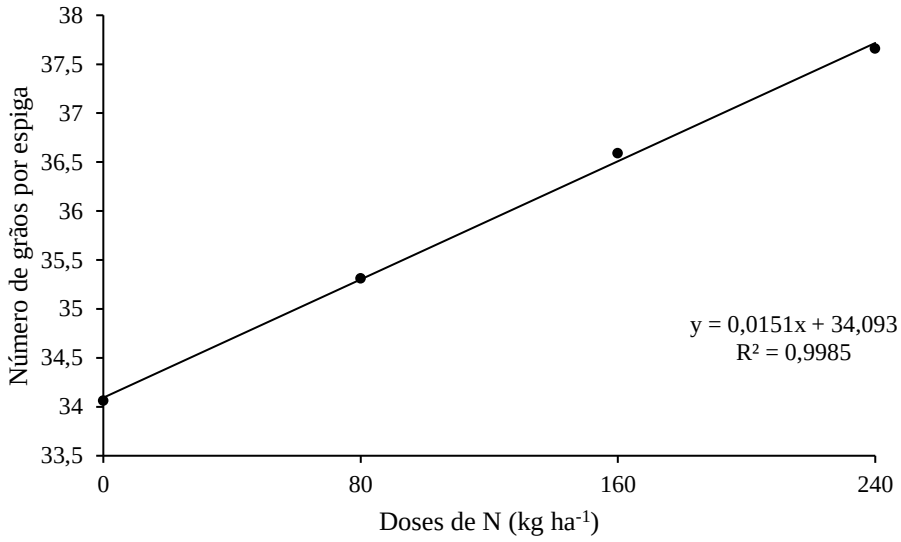


Figura 11. Análise de regressão do número de grão por fileira, em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

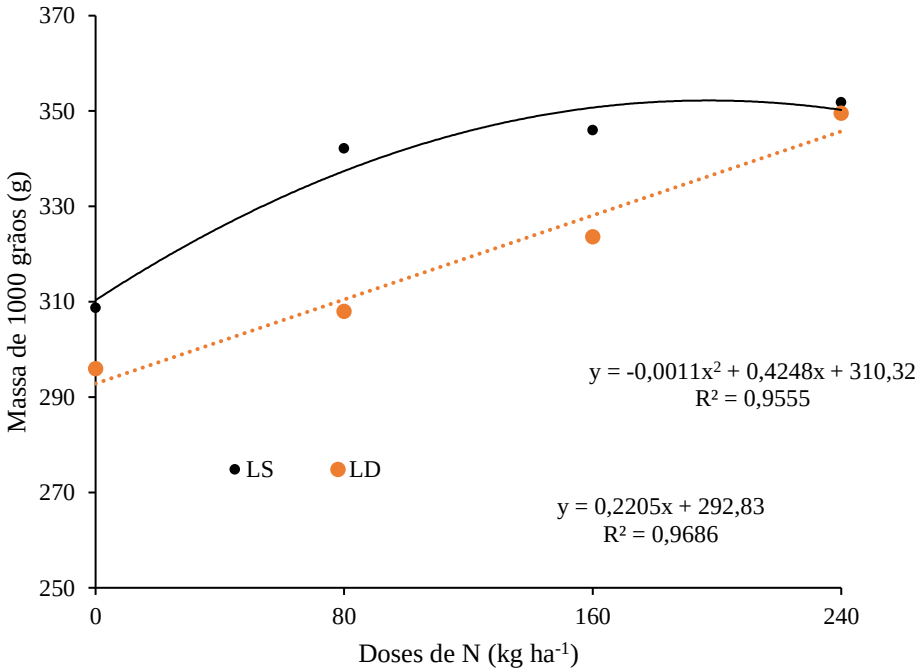


Figura 12. Análise de regressão da massa de 1000 grãos (g), correlacionando os sistemas de semeadura, linhas simples (LS) e linhas duplas (LD) em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

A produtividade de grãos apresentou diferença significativa para o sistema de semeadura e para a dose de N aplicada em cobertura, mas não apresentou diferença para interação entre sistema de semeadura e manejo de aplicação de N (Tabela 5).

Observou-se incremento de produtividade de 5,4 % maior para o sistema de semeadura em linhas simples. Houve incremento linear em função do aumento das doses de nitrogênio em cobertura no milho (Figura 13).

O fator área espacial por planta é um dos pontos de maior destaque no sistema de semeadura em linhas duplas, por proporcionar um arranjo mais equidistante entre as plantas na área de cultivo, o que reduz a competição por recursos hídricos e nutricionais, otimizando o rendimento de grãos (Demétrio al., 2008). No presente caso, este fator não teve expressão na forma de produtividade, o que pode ser compreendido pelo fato da área experimental ser irrigada e com histórico de manejo de culturas anteriores altamente exigentes em manejo nutricional. Miotto Júnior (2014) observou resultado muito parecido, com incremento de produtividade de 3,0 % para o sistema de semeadura em linhas simples. Roubles et al. (2012), citado por Miotto Júnior (2014), ao avaliarem três híbridos de milho por três anos consecutivos em espaçamento de linhas duplas (0,20 x 0,76 m) e convencional (0,76 m), em quatro densidades populacionais (69.000; 81.000; 93.000 e 105.000 plantas ha^{-1}), verificaram que o rendimento de grãos de milho com espaçamento linhas duplas não foi significativamente maior do que os rendimentos comparáveis em linhas convencionais em todo os híbridos e níveis de densidade de plantas.

Brian (2010) verificou aumento de 12,5% no rendimento de grãos quando utilizado o sistema de semeadura em linhas duplas. Balem (2013) e Bettio (2017), concluíram que o sistema de semeadura em linhas duplas proporcionou maior incremento de produtividade de grãos de milho, contrariando o resultado obtido no presente caso.

Conforme Tabela 5, pode-se observar que, para variável nitrogênio no grão não houve diferença significativa para o sistema de semeadura, mas houve diferença significativa para o manejo de N aplicado, com resultados de incrementos lineares (Figura 14).

TABELA 5. PG = Produtividade de grão e N grão = Nitrogênio do grão em função do sistema de semeadura, linhas simples e linhas duplas.

Tratamentos	PG kg ha^{-1}	N grão g kg^{-1}
Sistema de semeadura (1)		
Linhas simples	10.268 a	18,07
Linhas duplas	9.740 b	18,68
Teste F	24,48*	8,65ns
CV %	3,02	3,21

(1) Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). * ($p<0,05$), ** ($p<0,01$) e ns (não significativo), respectivamente pelo teste F.

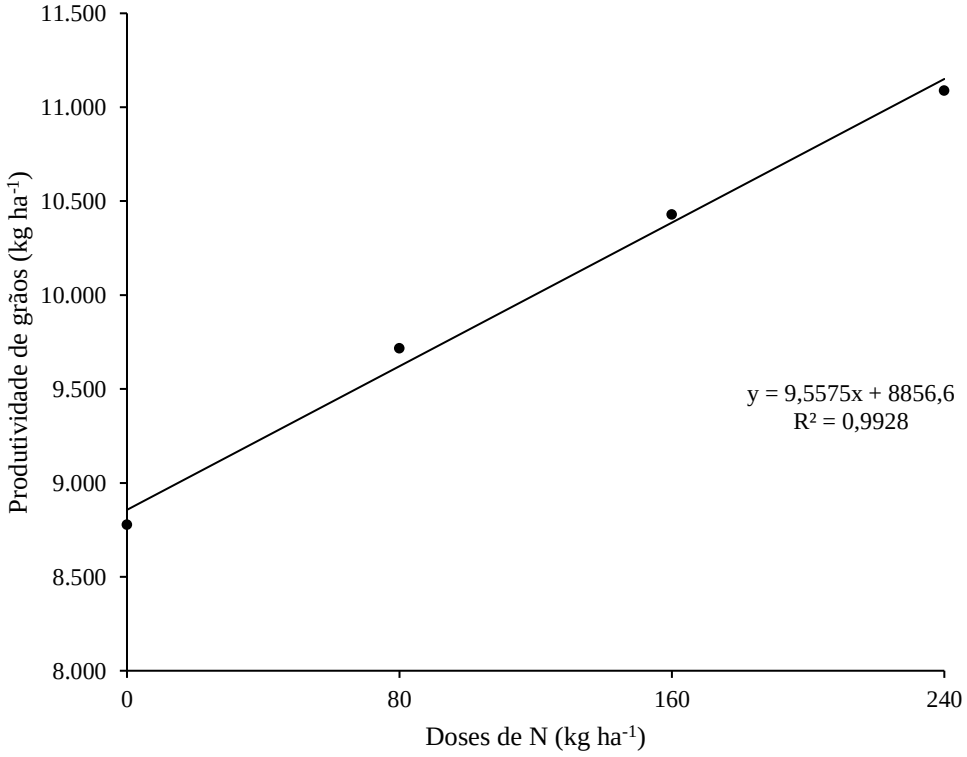


FIGURA 13. Análise de regressão da produtividade de grãos de milho, em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

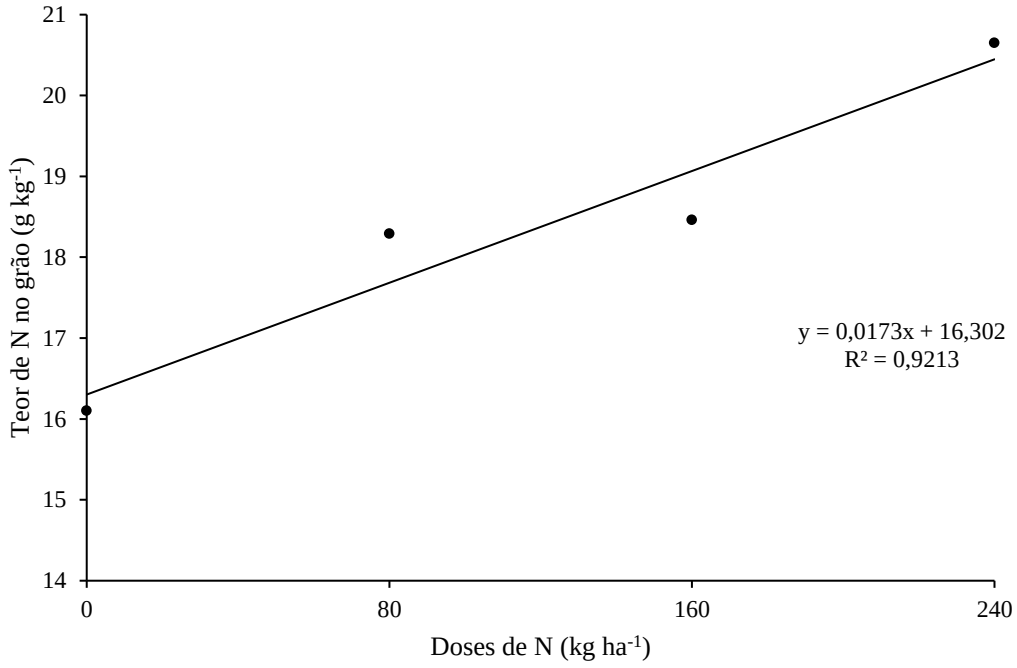


FIGURA 14. Análise de regressão do teor de N no grão, em função de doses de N aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

Conforme Figura 15, pode-se observar que não houve diferença significativa para o sistema de semeadura ao analisar as variáveis eficiência agronômica, eficiência fisiológica, eficiência agrofisiológica, eficiência de recuperação do nitrogênio, e eficiência de utilização do nitrogênio. Para eficiência agronômica, eficiência agrofisiológica, eficiência de recuperação do nitrogênio, também não houve diferença significativa para manejo da aplicação do N em cobertura e não houve interação entre sistema de semeadura e manejo da aplicação do N (Figura 16). Observou-se diferença significativa para manejo da aplicação do N em cobertura para eficiência fisiológica e eficiência de utilização do nitrogênio, não houve interação entre sistema de semeadura e manejo da aplicação do N (Figura 16). De modo geral a eficiência do uso do nitrogênio diminuiu com o aumento da dose aplicada em cobertura. Fernandes et al. (2005), ao compararem o uso do nitrogênio em 6 híbridos, concluíram que a eficiência do uso de nitrogênio para todos os híbridos avaliados diminuiu quando se aumentou a dose de N aplicada. Carvalho et al. (2011) obtiveram resultado semelhante ao comparar 10 variedades de milho, submetidas a adubação de cobertura com 40 e 160 kg ha^{-1}. Os autores observaram que não houve diferença

significativa entre as cultivares avaliadas para o teor de N na matéria seca da parte aérea da planta.

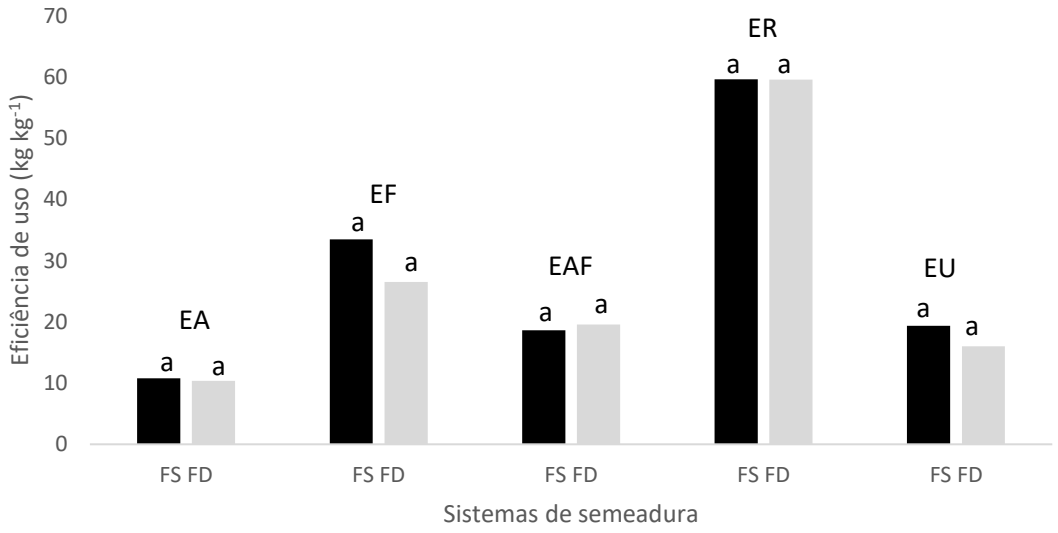


FIGURA 15. EA = Eficiência agronômica, EF = Eficiência fisiológica, EAF = Eficiência agrofisiológica, ER = Eficiência de recuperação do nitrogênio e EU = Eficiência de utilização do nitrogênio em função do sistema de semeadura FS = fileira simples e FD = fileira dupla.

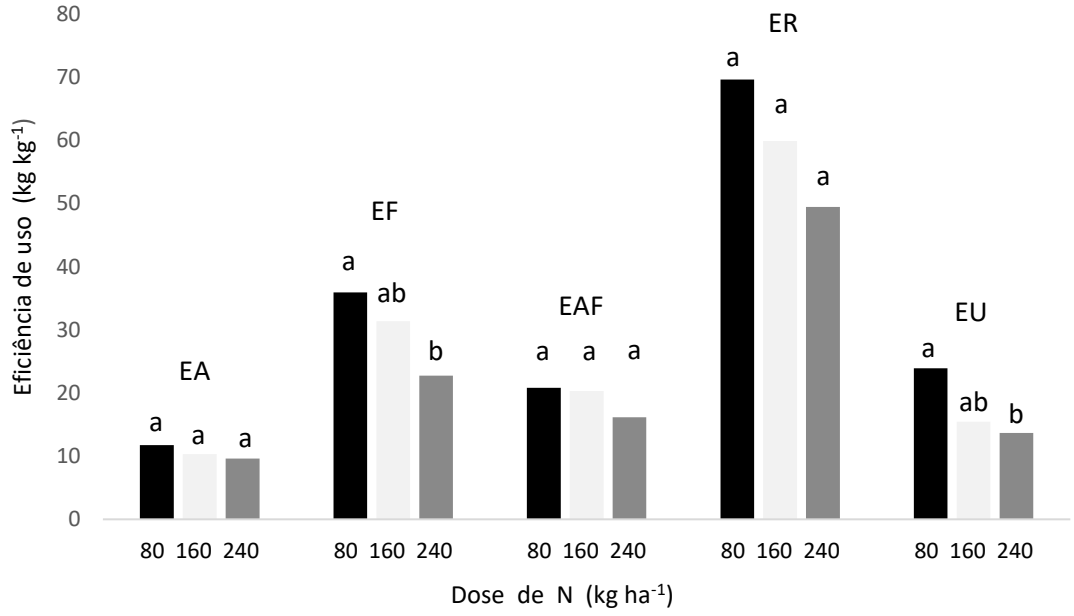


FIGURA 16. EA = Eficiência agronômica, EF = Eficiência fisiológica, EAF = Eficiência agrofisiológica, ER = Eficiência de recuperação do nitrogênio e EU = Eficiência de utilização do nitrogênio em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no milho de inverno em região de baixa altitude.

5. CONCLUSÕES

O sistema de semeadura em linhas simples apresentou produtividade de grãos maior do que o milho cultivado em linhas duplas.

Houve aumento da produtividade de grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura obtendo 11.089 kg ha^{-1} com 240 kg ha^{-1} de N.

O aumento das doses de nitrogênio em cobertura no milho irrigado cultivado no inverno em região de baixa altitude, incrementou linearmente a produtividade de grãos até a dose de 240 kg ha^{-1} de N, ou seja, a maior dose avaliada não foi suficiente para o milho atingir a máxima produtividade de grãos no ambiente estudado.

6. REFERÊNCIAS

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration - **Guidelines for computing crop water requirements** Rome: FAO. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).

Alvarez CGD, Pinho RG, Borges ID (2006) Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22 (6), 711-728.

Argenta G, Sangoi L, Silva PRF, Rampazzo CG, Strieder LC, Forthofer EL, Suhre, E (2003) Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, vol. 4, núm. 1-2, pp. 27-34. Universidade Federal do Paraná. Paraná, Brasil.

Argenta G, Silva PRF, Sangoi L (2001) Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol. 31, pp. 1075-1084, núm. 6.

Balem Z (2013) Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR.

Barbosa JC, Maldonado Junior W (2015). AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP.

Bettio CS, Ganascini D, Wunsh CA, Renosto L, Maggi MF, Gurgacz F (2017) Produtividade do milho (Zea mays L.) com diferentes arranjos populacionais em linhas simples e duplas. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.3, p. 44-51.

Botelho PH (2006) Efeito do despendoamento e da desfolha em plantas de milho híbrido na produção de sementes, sob diferentes espaçamentos na entrelinha. **FAPEMIG**: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Resumo expandido) MG.

Brian J (2010) Effects of twin-row spacing on corn silage growth development and yield in the shenandoah valley. **Crop & Soil Environmental Science Extension Agent**, Augusta County, s/v, s/n°, p.1-9.

Cain SA, Castro GM (1959) Manu al of Vegetation Analysis. New York, **Harper Brothers Publ**. 1959.420 p.

Carvalho RP, Von Pinho RG, Davide LMC (2011) Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p. 108-120.

Ceccon G, Kurihara CH (2009) Teor de nitrogênio e clorofila em milho safrinha solteiro e consorciado com espécies forrageiras. In: **Seminário nacional de milho safrinha**, Rio Verde. Anais... Rio Verde: p. 595-600.

Coelho AM (2007) Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**,11 p. Circular Técnica, 96.

Coelho AM, Cruz JC, Pereira Filho IA (2004) Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas. (Comunicado Técnico 99).

Coelho AM, França GE (1995) Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2020) Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Sétimo Levantamento, fevereiro/2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20 > Acesso em 12 fev.2020.

Demétrio CS, Fornasieri Filho D, Cazetta JO, Cazetta DA (2008) Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1691-1697.

Durães FOM (2006) Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 26. Belo Horizonte, MG, p 27-31.

Durães FOM, Corrêa LA, Cruz JC, Oliveira AC, Magalhães PC, Shanahan JF (2002) Estabilidade do rendimento e tolerância a estresses em genótipos de milho cultivados nas regiões Centro e Sul do Brasil. In: **Congresso nacional de milho e sorgo**. Resumo expandido. Florianópolis.

Durães FOM, Magalhães PC, Gama EEG, Oliveira C (2005) Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 355-361.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: p. 412.

Fageria N K, Baligar V C (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185.

Fageria NK, Morais OP, Santos AB (2010) Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.1696-1711.

Fancelli AL, Dourado Neto D (2000) Produção de Milho. Ed. **Agropecuária**, Guaíba. 360 p.

Faostat – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Crops data. Disponível em:< http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> Acesso em 24 abr. 2020.

Fernandes FCS, Buzetti S, ARF O, Andrade JAC (2005) Dose, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204.

Fey E, Santos SR (2000) A Influência da velocidade de semeadura sobre a produtividade de milho (Zea mays L.). In: **Congresso brasileiro de engenharia agrícola**, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola.

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

Forsthofer EL, Silva PRF, Strieder ML, Minetto T, Rambo L, Argenta, G, Sangoi L, Suhre E, Silva AA (2006) Desempenho agronômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.41, n.3, p.399-407.

Furlani CEA, Lopes A, Abrahão FZ, Leite MAS (1999) Características da cultura do milho (Zea mays L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p.177-86.

Magalhães PC, Durães FOM (2006) Fisiologia da produção de milho. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas, p 10. (Circular Técnica 76).

Magnavaca R, Lobato Neto J, Silva J (1971) Efeito de borda em um híbrido de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v6 n. 1, p. 273-278.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafós**, 2 ed., p. 148-241.

Miotto Junior, E (2014) Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidade de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas. Dissertação Mestrado, Produção Vegetal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato. Branco. Pato Branco.

Novacek MJ, Mason SC, Galusha TD, Yaseen M (2013) Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology, and Lodging. **Agronomy Journal**. Volume 105.

Pereira O AP, Carvalho RV, Camargo LEA (2005) Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA (Eds). Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, v.2, p.477-488.

Raij BV (2011) Fertilidade do solo e manejo de nutrientes – Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**, 420 p.

Raij BV, Cantarella H Milho para grãos e silagens. In: Raij BV, Cantarella H, Quagio JA, Furlani AMC (1996) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2 ed. Campinas: **Instituto Agronômico & Fundação IAC**, P.56-59 (Boletim Técnico, 100).

Robles M, Ciampitti IA, Vyn TJ (2012) Responses of Maize Hybrids to Twin-Row Spatial Arrangement at Multiple Plant Densities. **Agronomy Journal**. Volume 104.

Shaw RH (1977) Climatic requirements. In: Corn and corn improvement. Madison: **Wisconsin, American Society of Agronomy**, Publisher, p. 591-623 (Serie Agronomy, 18).

Silva WJ, Sans LMA, Magalhães PC, Durães FO (2006) Exigências climática do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.14-25, jul.lago.

Yamada T, Abdalla, SRS (2000) Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.91, p.1-5.

7. APÊNDICE



Semeadura do experimento em 26/07/2018.



Semeadura do experimento em 26/07/2018.



Semeadura do experimento em 26/07/2018.



Semeadura do experimento em 26/07/2018.



Marcação das parcelas.



Marcação das parcelas.



Calibração para primeira cobertura.



Primeira cobertura em V_3 parcial de 80 kg ha^{-1} (doses de 80 kg ha^{-1}, 160 kg ha^{-1} e 240 kg ha^{-1}).



Irrigação controlada após a cobertura.



Segunda cobertura em V_6 parcial de 80 kg ha^{-1} (doses de 160 kg ha^{-1} e 240 kg ha^{-1}).



Terceira cobertura em V_8 parcial de 80 kg ha^{-1} (dose de 240 kg ha^{-1}).



Desenvolvimento Vegetativo.



Foto aérea do pivô onde foi montado o experimento.



Final do desenvolvimento vegetativo, início do desenvolvimento reprodutivo.



Estádio VT.



Medição do índice de clorofila e coleta de folhas para análise de N.



Maturidade fisiológica.



Maturidade fisiológica.



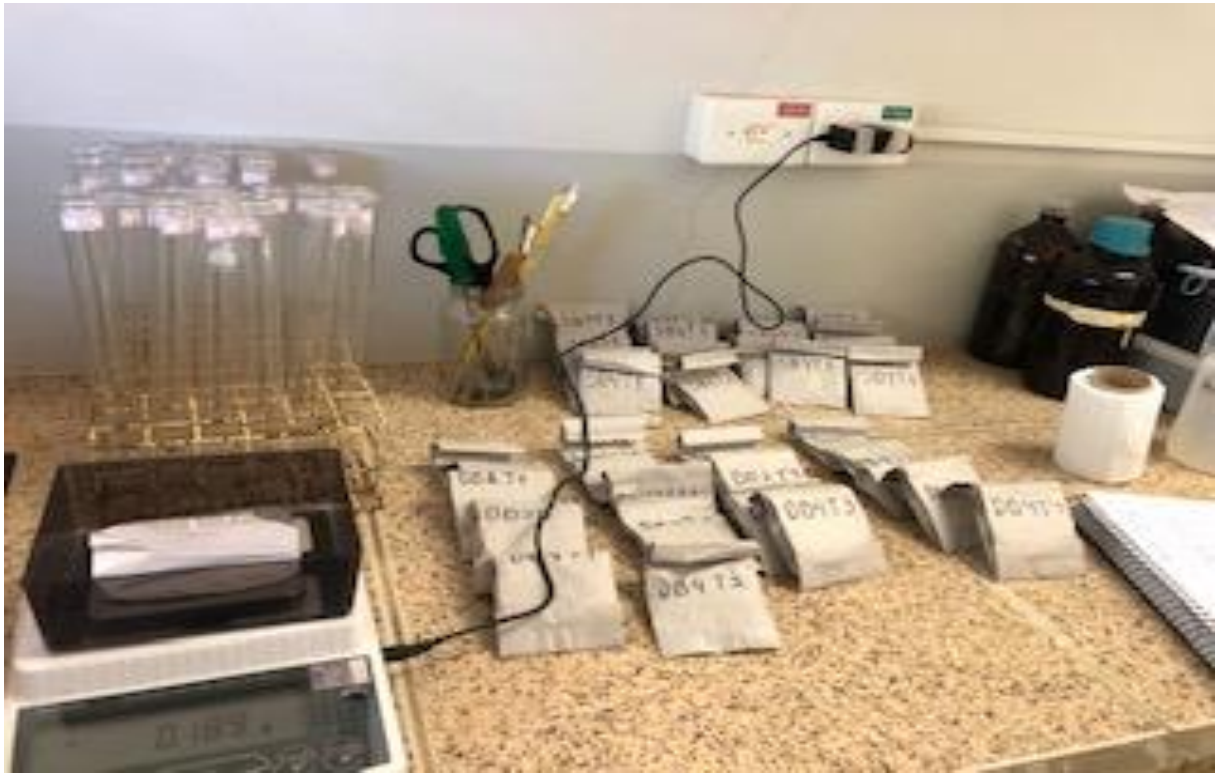
Colheita do experimento em 04/12/2018.



Colheita e anotações das variáveis estudadas em 04/12/2018.



Secagem das amostras no laboratório.



Análise das eficiências: agronômica, fisiológica, agrofisiológica, recuperação do nitrogênio e de utilização.