

LUIS PAULO LELIS PEREIRA

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS DE PLANTAS DE
MILHO EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E
DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de Magister
Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

P436a
2014

Pereira, Luís Paulo Lelis, 1988-

Aspectos morfofisiológicos e agronômicos de plantas de
milho em diferentes populações de plantas e direcionamentos de
plantio / Luís Paulo Lelis Pereira. – Viçosa, MG, 2014.
vi, 66f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: João Carlos Cardoso Galvão.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Milho - Cultivo. 2. Milho - Semeadura. 3. Plantas -
Morfologia. 4. Plantas - Efeito da luz. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.15

LUIS PAULO LELIS PEREIRA

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS DE PLANTAS DE MILHO EM
DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de setembro de 2014.



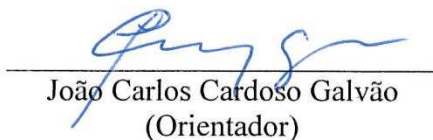
Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Wagner Luiz Araújo
(Coorientador)



Tatiana Pires Barrella



João Carlos Cardoso Galvão
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde, familiares, pessoas e oportunidades que tem colocado em meu caminho;

Aos meus pais, Paulo e Rita, pelo amor, apoio, educação, confiança e oportunidades que me disponibilizaram;

Aos meus irmãos, João Paulo e Paula, por todo auxílio, força e carinho;

À minha namorada, Elizabete, por todo amor, compreensão, cumplicidade, companheirismo e força, principalmente nos momentos mais difíceis;

Ao meu orientador, Prof. João Carlos Cardoso Galvão, pela oportunidade de trabalharmos juntos, pelos ensinamentos, orientação, confiança e momentos de descontração;

Aos meus coorientadores, Wagner e Cecon, pela contribuição no trabalho;

Aos bons amigos e companheiros de trabalho, Steliane, Emerson e Silvane, por todos os momentos que passamos juntos;

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra que contribuíram grandiosamente para execução desse trabalho;

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realizar o mestrado e por todos os conhecimentos e amigos formados ao longo do curso;

À CAPES, pela concessão da bolsa;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	RESUMO	v
	ABSTRACT	vi
1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
	CAPÍTULO I: ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS DE PLANTAS DE MILHO CULTIVADAS NA SAFRA NORMAL EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO.	7
	RESUMO	8
	ABSTRACT	9
3	INTRODUÇÃO	10
4	MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1	Local.....	12
4.2	Clima e solo	12
4.3	Manejo da área e da cultura de cobertura.....	12
4.4	Instalação e manejo da cultura do milho.....	13
4.5	Controle de plantas daninhas e pragas na cultura	14
4.6	Delineamento experimental	14
4.7	Avaliações.....	14
4.8	Análise dos dados.....	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1	Condições meteorológicas durante o período experimental	16
5.2	Características morfológicas	17
5.3	Características agronômicas.....	22
5.4	Características fisiológicas.....	27
6	CONCLUSÃO	31
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
	CAPÍTULO II: COMPORTAMENTO DE PLANTAS DE MILHO SEGUNDA SAFRA CULTIVADAS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO.....	38
	RESUMO	39

	ABSTRACT.....	40
8	INTRODUÇÃO	41
9	MATERIAL E MÉTODOS	43
9.1	Local.....	43
9.2	Clima e solo	43
9.3	Manejo do solo.....	43
9.4	Semeadura e manejo da cultura do milho	44
9.5	Controle de pragas e plantas daninhas	44
9.6	Delineamento experimental	45
9.7	Avaliações.....	45
9.7.1	Altura de planta	45
9.7.2	Altura de inserção da espiga principal	45
9.7.3	Diâmetro de colmo	46
9.7.4	Peso de 100 grãos	46
9.7.5	Número de fileiras por espiga	46
9.7.6	Número de grãos por fileira.....	46
9.7.7	Índice espiga.....	46
9.7.8	Produtividade.....	46
9.7.9	Índice de área foliar	46
9.7.10	Área foliar específica.....	47
9.7.11	Teor de clorofila (Spad)	47
9.8	Análise dos dados.....	47
10	Resultados e discussão	48
10.1	Características climáticas	48
10.2	Características morfológicas	49
10.3	Características agronômicas.....	53
10.4	Características Fisiológicas.....	57
11	Conclusão.....	60
12	conclusão geral.....	61
13	Referências bibliográficas.....	62
14	ANEXO I: CROQUI DOS EXPERIMENTOS	66

RESUMO

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2014. **Aspectos morfofisiológicos e agronômicos de plantas de milho em diferentes populações de plantas e direcionamentos de plantio.** Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Co-orientadores: Paulo Roberto Cecon e Wagner Luiz Araújo.

O sucesso da produtividade de uma cultura no campo depende, além de fatores genéticos, das condições ambientais. Em se tratando da cultura do milho essas condições, principalmente a luminosidade, interferem no desenvolvimento das plantas podendo alterar significativamente suas características. Logo, se torna importante à realização de pesquisas buscando alternativas para melhorar o aproveitamento da luminosidade incidente, pelas plantas de milho. Baseado nesse aspecto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do direcionamento de plantio e da população de plantas sobre características morfofisiológicas e agronômicas de plantas de milho cultivadas em período de safra normal e safrinha. O experimento foi conduzido no esquema fatorial 4x2 em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro populações de plantas (40, 50, 60 e 70 mil pl ha⁻¹) e dois direcionamentos de plantio (sentido Leste-Oeste e sentido Norte-sul). Foram avaliadas as características: altura de plantas e de inserção da espiga principal, diâmetro de colmo, índice de espiga, peso de espigas, peso de 100 grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, índice de área foliar, área foliar específica, teor de clorofila e produtividade. No período de safra normal, o aumento na população de plantas ocasionou o aumento na altura de plantas e de inserção de espiga, no índice de área foliar e na área foliar específica e reduziu o diâmetro de colmo, o peso de espiga e de 100 grãos e o número de grãos por fileiras sendo a produtividade máxima alcançada pela população de 58.333 pl ha⁻¹. Na safrinha, o aumento da população reduziu apenas o número de grãos por fileira e o diâmetro sendo a intensidade de redução do diâmetro maior nas plantas orientadas sentido Leste-Oeste. A altura de inserção de espiga, o índice de área foliar e a produtividade aumentaram, sendo os maiores valores encontrados na população de 70.000 pl ha⁻¹.

ABSTRACT

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, september, 2014. **Aspects morphophysiological and agronomic of corn plants at different plant populations and planting directions.** Advisor: João Carlos Cardoso Galvão. Co-advisors: Paulo Roberto Cecon and Wagner Luiz Araújo.

The success of the productivity of a crop field depends, besides genetic factors, environmental conditions. In the case of maize these conditions, mainly light, interfere with plant development may significantly alter their characteristics. Therefore, it becomes important to conduct research-seeking alternatives to improve the utilization of the incident light, the corn plants. Based on this aspect, the aim of this study was to evaluate the influence of the direction of planting and plant population on morpho-physiological and agronomic characteristics of corn plants grown in normal period of cultivation and off-season cultivation. The experiment was conducted in factorial 4x2 in a completely randomized block design with four replications. The treatments consisted of four plant populations (40, 50, 60 and 70 thousand plants / ha) and two planting directions (East-West and North-South direction). Were evaluated the characteristics in plant height and height insertion of the main spike, stem diameter, number of ears per plant, ear weight, 100 grain weight, number of rows per ear, number of kernels per row, the leaf area index, area leaf specific, content chlorophyll and productivity. During the regular crop, the increase in plant population led to an increase in the plant height and insertion of ear, leaf area index and specific leaf area and reduced the stem diameter, the ear weight and 100 grains and the number of grain rows with maximum productivity achieved by the population of 58,333 plants/ha. In the second crop, the increase in population reduced the number of kernels per row and the diameter, being the reduction intensity in the diameter larger in plants oriented east-west directed. The height insertion in the ear, the leaf area index and productivity increased, being the highest values found in the population of 70.000 plants/ha.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O sucesso da produtividade de uma cultura no campo depende, além de fatores genéticos, das condições ambientais. Em se tratando da cultura do milho, atualmente o que se vê é um grande avanço tecnológico empregado na condução das lavouras. A fertilidade do solo é facilmente corrigida a partir do uso de fertilizantes químicos aplicados com ajuda da agricultura de precisão e os materiais genéticos disponibilizados no mercado de sementes apresentam altíssimo potencial produtivo e muitas vezes estão aliadas a eventos de transgenia que conferem resistência às principais pragas e doenças que afetam a cultura. Assim, as condições climáticas passaram a ser o principal fator limitante na produção dessa cultura.

As características ambientais se dividem entre componentes climáticos e edáficos, cujos efeitos podem influenciar direta ou indiretamente o potencial produtivo das plantas. Destes efeitos, os fatores climáticos são os que mais influenciam na produção de milho, mesmo se empregando alto nível tecnológico na lavoura (ARGENTA et al., 2003).

A planta de milho responde à interação entre todos os elementos climáticos, sendo que precipitação, radiação solar e temperatura são os que mais influenciam, pois atuam diretamente nas atividades fisiológicas interferindo na produção de matéria seca e de grãos (BRACHTVOGEL et al., 2009; GALON et al., 2010).

Dentre os elementos climáticos citados anteriormente a radiação solar exerce influência direta na taxa fotossintética e conseqüentemente no desenvolvimento e crescimento das plantas. A quantidade de energia convertida e, portanto, a quantidade de massa seca produzida, depende da percentagem de absorção da radiação e da eficiência de utilização da energia absorvida. Segundo Gallo et al. (1985) e Ottman & Welch (1989) pode-se potencializar o rendimento de grãos do milho por meio do aumento da quantidade de energia absorvida pelo dossel da comunidade, através do incremento da superfície foliar em uma determinada área de solo.

O milho se caracteriza como uma planta de metabolismo C₄, e como tal melhor se adapta a ambientes com alta irradiância (WOLFE et al., 1997). Conforme Didonet et al. (2002), o número de grãos e a produtividade da cultura do milho são definidos pela temperatura e pela radiação solar global incidentes até o espigamento, sendo as maiores produtividades obtidas em condições que propiciem maior relação entre radiação solar e temperatura.

Uma das formas de aumentar a interceptação da radiação solar incidente e, consequentemente, o rendimento de grãos é a partir do arranjo espacial das plantas. Alterações no espaçamento entre linhas e na densidade de plantas constituem as diferentes formas de distribuição de plantas em determinada área. Teoricamente, o melhor arranjo é aquele que permite uma distribuição equidistante de plantas tanto na linha como nas entre linhas de plantio possibilitando melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes (ARGENTA et al. 2001).

Atualmente, o que se tem observado nas lavouras é a redução do espaçamento entre linhas para 0,45-0,50 m. Segundo Argenta et al (2001), a redução do espaçamento entre linhas resulta em incrementos no rendimento de grãos devido a melhor distribuição de plantas na lavoura evitando excessiva concorrência por luz dentro da fila. Tal afirmação colabora com trabalho realizado por Demétrio et al (2008), em que a redução do espaçamento entre linhas correspondeu positivamente com aumento da produtividade de grãos em ambos os híbridos avaliados.

Outra vantagem da redução do espaçamento entre linhas está relacionada ao controle de plantas daninhas, reduzindo a incidência luminosa nos extratos inferiores do dossel limitando o desenvolvimento dessas plantas (BALBINOT E FLECK, 2005).

Ainda de acordo com Balbinot e Fleck (2005), tal prática permite maior agilidade nas operações para produtores que trabalham com soja e milho, não havendo necessidade de alterar a conformação das semeadoras durante a mudança de um cultivo para o outro, outra vantagem é a melhor distribuição das plântulas na linha de semeadura, devido a menor velocidade do sistema de distribuição de sementes e por fim, a distribuição de fertilizantes em uma quantidade maior de sulcos por unidade de área possibilita melhor aproveitamento de nutrientes e reduz o risco de efeitos salinos fitotóxicos à semente.

Outra forma de distribuição das plantas de milho no campo é através da densidade de plantas na linha, esta é a que mais influencia a cultura, uma vez que pequenas alterações na população influenciam diretamente no rendimento de grãos (SILVA et al., 2006; BRACHVOGEL, 2009). A importância da população final de plantas é explicada pelo fato de que a planta de milho não apresenta poder de compensação, ou seja, a falta de plantas acarreta em falta de grãos o que irá repercutir negativamente na produtividade final.

O incremento da densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação e o aproveitamento da radiação solar incidente pelas plantas. No entanto, o uso de elevadas densidades pode comprometer a eficiência da conversão de

fotoassimilados em produção de grãos (DEMÉTRIO, 2008). Logo, a densidade adequada a ser utilizada depende da disponibilidade de fatores como água, luz, nutrientes, cultivar, época de cultivo e finalidade da lavoura.

A partir da associação entre espaçamento entre linhas e densidade de plantio temos a população de plantas a qual define a área de superfície vegetal existente em determinado local. Essa superfície vegetal pode ser quantificada através do índice de área foliar sendo que quanto maior este índice, maior é a eficiência do aproveitamento da radiação solar no processo fotossintético.

A população de plantas influencia diretamente no índice de área foliar. Populações elevadas resultam em plantas com menor área foliar (Sangoi et al. 2005), contudo, com maior número de plantas por unidade de área o índice de área foliar será elevado aumentando a quantidade de radiação solar interceptada pelo dossel vegetal.

O uso de populações elevadas foi possível graças à presença das cultivares modernas as quais toleram o adensamento e produzem bem quando em competição. A maior adaptação dos híbridos modernos ao adensamento está relacionada às modificações morfológicas, fisiológicas e genéticas impostas por programas de melhoramento ao longo dos anos. Desse modo, características como diminuição do tamanho do pendão, menor número de plantas estéreis, taxa de senescência foliar durante enchimento dos grãos, arquitetura e maior número de folhas, ângulo de inserção entre folhas e colmo, intervalo entre pendramento e espigamento e resistência ao acamamento foram fundamentais para alterações na população de plantas (ARGENTA et al. 2001).

Atualmente as sementes de híbridos dominam o mercado e os campos de produção brasileiro. Estes cultivares começaram a ser disponibilizados no mercado a partir da década de 1970, quando os melhoristas passaram a se preocupar com plantas de arquitetura diferente, baseados na hipótese de que plantas com porte mais baixo e folhas mais eretas permitiriam um plantio mais denso, com maior capacidade fotossintética e assim maior rendimento (SANGOI, 2000).

Desta forma, os híbridos requerem maiores populações de plantas para maximização do rendimento de grãos, pois necessitam de mais indivíduos por área para compor um índice de área foliar adequado que possibilite potencializar a interceptação da radiação solar pelas plantas.

Outra maneira de potencializar a interceptação da radiação solar pelas plantas de milho seria através do direcionamento de plantio. As diferentes disposições das linhas de cultivo em relação ao

movimento relativo do sol resultam em maior ou menor interceptação da radiação solar pelas plantas (Denmead et al. 1962), o que pode influenciar na produtividade final da cultura.

A semeadura realizada no sentido Leste-Oeste (LO) aperfeiçoaria a interceptação da radiação solar pelas plantas uma vez que o sol passaria paralelamente sobre as linhas de plantio reduzindo o sombreamento entre plantas ao passo que nas linhas de plantio orientadas na direção Norte-Sul (NS) o sol correria perpendicularmente às linhas de plantio proporcionando maior sombreamento entre as plantas reduzindo a capacidade de interceptar a radiação solar incidente. Oliveira et al. (2005), trabalhando com diferentes angulações de plantio em relação ao sentido LO, obteve maiores índices de sombreamento quando as fileiras de plantio se encontravam perpendiculares ao sentido de caminhar do sol.

Outro aspecto importante é que quando as plantas estão orientadas no sentido LO espera-se que haja uma menor variação térmica ao longo do dia no dossel das plantas, certo que o sol incide diretamente sobre as plantas durante todo o dia. Quando a orientação de plantio é sentido NS a temperatura do dossel atinge seu máximo ao meio-dia, quando o sol se encontra posicionado sobre a área de plantio. Assim, ocorre a formação de dois microclimas distintos que podem influenciar diretamente no desenvolvimento das plantas de milho bem como no surgimento de pragas e doenças.

Assim sendo, se torna importante a utilização de algumas medidas que permitam melhor aproveitamento da radiação solar pelas plantas de milho. Dentre essas, podemos destacar a população de plantas e a direção de plantio que se planejados adequadamente podem otimizar a utilização da radiação solar incidente resultando em ganhos de produtividade.

Tendo como base os aspectos mencionados acima, o experimento foi realizado tendo como hipótese o fato de que o plantio no sentido LO aliado a uma população de plantas adequada pode alterar as características das plantas refletindo em ganhos de produtividade. Logo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do direcionamento de plantio (LO e NS) e da população de plantas (40.000, 50.000, 60.000 e 70.000 plantas ha⁻¹) nas características morfológicas, agrônômicas e fisiológicas de plantas de milho.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTA, G.; SANGOI, G.; SILVA, P.R.F. da.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M. FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.4, p. 27-34, 2003.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075 a 1084, 2001.
- BALBINOT, A.A.; FLECK, N.G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entrelinhas. **Revista Plantio Direto**, v.5, p.37-41, 2005.
- BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, nov., 2009.
- DEMÉTRIO, C.S; FILHO, D.F.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n 12, p. 1691-1697, 2008.
- DENMEAD, L.; FRITSCHEN, L.H.; SHANW, R.H. Spatial distribution of net radiation in a corn field. **Agronomy Horticultural**, v.54, p.505-510, 1962.
- DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O; MARIO. J.L; IDE. F. Efeito da radiação solar e da temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n 7, p. 933-938, 2002.
- GALLO, K. P.; DAUGHTRY, C. S. T.; BAUER, M. E. Spectral estimates of absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. **Remote Sensing Environment**, New York, v. 17, p. 221-232, 1985.
- GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C.M.
Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.4, n.3, p. 18-38, 2010.
- OLIVEIRA, M.L.; RUIZ, H.A.; COSTA, M.L.; SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p. 535-539, 2005.
- OTTMAN, M.J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. et al. 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**, Pelotas, v.11, n. 1, p.25-31, 2005.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; BOGO, A.; KOTHE, D.M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v.30, p.17-21, 2000.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63p.

WOLFE, D.W.; AZANZA, F.; JUVIK, J.A. Sweet corn. In: WIEN. H.C. ed. The physiology of vegetable crops. New York: CAB International, p. 461 – 478, 1997.

CAPÍTULO I

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS DE PLANTAS DE MILHO CULTIVADAS NA SAFRA NORMAL EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO.

RESUMO

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2014. **Aspectos morfofisiológicos e agronômicos de plantas de milho cultivadas na safra normal em diferentes populações de plantas e direcionamentos de plantio.** Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Co-orientadores: Paulo Roberto Cecon e Wagner Luiz Araújo.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do direcionamento de plantio e da população de plantas nas características morfofisiológicas e agronômicas das plantas de milho. O experimento foi conduzido na Estação experimental de Coimbra pertencente ao departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no esquema fatorial 4x2 com quatro repetições utilizando o delineamento de blocos ao acaso. Os tratamentos foram compostos por quatro populações de plantas (40, 50, 60 e 70 mil pl ha⁻¹) e dois direcionamentos de plantio (Leste-Oeste e Norte-Sul). Para as condições de realização do experimento o direcionamento de plantio não afetou as características das plantas, no entanto, por ter sido um período atípico em relação às condições climáticas é interessante a realização de outros experimentos na mesma e em outras épocas e regiões. O Aumento na população de plantas promove alterações nas características morfofisiológicas e agronômicas das plantas sendo que em maiores populações ocorre elevação na altura de plantas e da altura de inserção da espiga principal, do índice de área foliar e da área foliar específica ocasionando redução no diâmetro de colmo e no número de espigas por planta. O peso de espiga também é reduzido devido a diminuição do número de grãos por fileira e do peso de grãos sendo que em condições de stress o maior número de plantas por área não é capaz de compensar essas reduções havendo queda de produtividade.

ABSTRACT

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc., Federal University of Viçosa, september 2014. **Aspects Morphophysiological and agronomic plant corn crop cultivated in normal in different populations of plants and planting directions.** Advisor: João Carlos Cardoso Galvão. Co-advisors: Paulo Roberto Cecon and Wagner Luiz Araújo.

The objective of this study was to investigate the influence of the direction of planting and plant population on the morpho-physiological and agronomic characteristics of corn plants. The experiment was conducted at the experimental station Coimbra belonging to the Department of Plant Science the Federal University of Viçosa, using a randomized block design in a 4x2 factorial arrangement with four replications. The treatments consisted of four plant populations (40, 50, 60 and 70 thousand plants / ha) and two planting directions (east-west and north-south). The characteristics of plant height, height of insertion of the main ear height, stem diameter, ear weight, 100-grain weight, number of kernels per row and rows per ear, yield, chlorophyll content, leaf area index and specific leaf area were evaluated. For the conditions of the experiment the direction of planting did not affect plant characteristics, however, for being an atypical period in relation to climatic conditions is interesting to conduct further experiments in the same and in other times and places. The use of large populations is a risky alternative to increase productivity certain that under these conditions the plants stop investing its photoassimilates in structures such as stems and spikes and come to depend more leaf development which is easily affected by conditions of environmental or nutritional stress and interfere directly in grain yield.

3 INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil tem grande importância na economia do país e juntamente com a soja formam as duas principais commodities agrícolas da economia brasileira. É produzido basicamente em todo território nacional e basicamente é o “esteio” de sustentação de muitas famílias brasileiras.

Sua produção vem crescendo consideravelmente em território nacional. Na safra 2012/2013 o milho cultivado em duas safras, normal e safrinha, ocupou uma área de 15.829,3 mil hectares e alcançou uma produção recorde de 81.505,7 mil toneladas com produtividade média de 5.149 Kg/ha (CONAB, 2014). De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011) a projeção de crescimento para produção de milho é de 2.67% ao ano, enquanto que a área plantada deverá aumentar 0,73%.

Essa tendência de crescimento na produção de milho sem grandes avanços na área plantada se deve, sobretudo, à presença de cultivares de maior potencial produtivo (híbridos) que aliados a um ou mais eventos de transgenia garantem altos índices de produtividade. Na safra de 2012/2013 (verão + inverno) o país plantou uma área equivalente a 12,1 milhões de hectares de milho transgênico o que corresponde a 33,1% da área total com lavouras transgênicas (GALVÃO et al., 2012).

É de se esperar que sementes híbridas aliadas a processos de transgenia, submetidas aos tratamentos culturais necessários e às condições ambientais adequadas, garantem altos índices de produtividade. Além disso, a adoção da biotecnologia reduz despesas com a lavoura culminando em maior margem de lucratividade para o produtor. Entretanto, é importante ressaltar que apenas a adoção dessas práticas não é garantia de altas produtividades, características ambientais também são fundamentais para que a planta de milho possa expressar seu potencial fisiológico resultando em altas produtividades.

Assim, se torna fundamental o desenvolvimento de algumas práticas culturais visando uma melhor interação entre as plantas de milho e o ambiente em que elas se encontram possibilitando ao máximo o aproveitamento dos recursos ambientais. Tal procedimento poderia contribuir para elevação da produtividade sem influenciar nos custos de produção.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento morfofisiológico e agrônômico de plantas de milho quando semeadas em diferentes populações de plantas e em diferentes direcionamentos de plantio na safra normal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2013/14, na Estação Experimental de Coimbra pertencente ao Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A estação localiza-se no município de Coimbra – MG, na latitude 20°51'24" sul e na longitude 42°48'10" oeste, com altitude média de 720 m.

4.2 Clima e solo

Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger o município se encontra em uma região de clima tropical de altitude com temperaturas médias mensais entre 18°C e 26°C, com oscilação de até 9°C. Os verões são chuvosos e os invernos frios e secos tendo uma precipitação pluvial anual média de 1.200 mm. A radiação solar global é mais elevada entre os meses de dezembro e janeiro e apresenta menores médias entre junho e julho.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase terraço (EMBRAPA, 2006). O solo apresenta textura argilosa e suas características químicas referentes à camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 1) são apresentadas a seguir.

Tabela 1: Análise química da camada de 0 a 20 cm de solo referente à área de implantação do experimento. Coimbra-MG, 2013/14.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-rem.
H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³							%		mg/l
5,8	18,3	110	2,00	0,65	0,10	5,5	2,93	3,03	8,43	34,8	3,3	39,1

4.3 Manejo da área e da cultura de cobertura

Anteriormente a semeadura da aveia preta (*Avena strigosa* L.) o solo foi preparado com arado de discos e logo em seguida foi aplicado calcário dolomítico na dose de 2,18 t ha⁻¹ a fim de anular o alumínio trocável do solo e elevar a saturação por base (V) para 60%. O calcário foi

aplicado em superfície e posteriormente foi incorporado a uma profundidade de 20 cm com auxílio de uma grade niveladora.

A semeadura da aveia foi feita manualmente a lanço no dia 04 de julho de 2013 utilizando 80 kg ha⁻¹ de sementes. A adubação de cobertura com nitrogênio (N) foi feita aos 40 dias após o plantio utilizando 50 kg ha⁻¹ de N disponibilizados na forma de uréia.

A dessecação foi realizada quando as plantas de aveia estavam em pleno florescimento. Para tal procedimento utilizou-se 3 l ha⁻¹ de herbicida a base de glyphosate. Após a morte das plantas, essas foram manejadas com auxílio de um rolo faca de maneira a acamar as plantas sobre o solo para realização do plantio direto sobre a palhada.

4.4 Instalação e manejo da cultura do milho

Foi utilizado o milho DKB 390 VT PRO 2, um híbrido simples de ciclo precoce contendo dois eventos de transgenia conferindo resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e a herbicidas à base de glyphosate.

Para implantação do experimento a área foi sulcada e adubada com auxílio de uma semeadora/adubadora contendo cinco linhas para milho espaçadas em 0,5 m, com discos para corte da palha e haste sulcadora (facão), tracionada por trator. A semeadura foi realizada em 18/11/2013, manualmente com auxílio de matracas sendo depositadas duas sementes por cova a uma profundidade aproximada de 5 cm.

Para distanciamento adequado entre covas de plantio foram utilizadas varas de bambu contendo marcações de acordo com o espaçamento requerido para cada população empregada.

A emergência das plantas ocorreu no dia 25 de novembro e, aos 21 dias após a emergência foi feito o desbaste deixando somente uma planta por cova a fim de se alcançar a população desejada em cada parcela experimental.

A adubação de base foi de acordo com a análise de solo totalizando 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16, correspondendo a 32 kg de N, 112 kg de P₂O₅ e 64 kg de K₂O.

Foi realizada uma adubação de nitrogênio em cobertura quando as plantas se encontravam no estágio V4 (quatro folhas completamente expandidas) com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, sem incorporação ao solo, visando a obtenção de produtividade superior a 8 ton. ha⁻¹ de grãos.

4.5 Controle de plantas daninhas e pragas na cultura

Para controle de plantas daninhas foi feita uma única aplicação de herbicida a base de glyphosate (3 l ha^{-1}) em pós-emergência quando as plantas de milho se encontravam no estágio V3, para controle, principalmente, de *Cyperus rotundus* (tiririca).

Observou-se que a utilização do espaçamento reduzido aliado à boa cobertura do solo propiciado pela dessecação das plantas de aveia preta contribuiu para um bom controle das plantas daninhas reduzindo a necessidade de aplicação de herbicidas.

Quanto às pragas, não foi detectado ataque que viesse a atingir o nível de dano econômico para cultura, não sendo necessário o uso de métodos para controle.

4.6 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (4×2) no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram empregados quatro populações de plantas (40, 50, 60 e 70 mil plantas ha^{-1}) e dois direcionamentos de semeadura: sentido Leste-Oeste (LO) e sentido Norte - Sul (NS), compondo 32 unidades experimentais. Cada parcela teve dimensões de 36 m^2 (6×6) onde foram distribuídas dez linhas de plantio conforme croqui em anexo (Anexo I).

4.7 Avaliações

Foram avaliadas as características de altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, peso de 100 grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, índice espiga, teor de clorofila (spad), índice de área foliar, área foliar específica e produtividade. As avaliações foram realizadas nas seis fileiras centrais de cada parcela descartando-se um metro em cada uma das extremidades das linhas de plantio resultando em uma área útil de 12 m^2 .

Para determinações de variáveis morfofisiológicas de altura de planta, diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga e teor de clorofila foi escolhido ao acaso, oito plantas dentro da área útil de cada parcela. Para as variáveis índice de área foliar e área foliar específica foram retiradas quatro plantas dentro da área útil. Todas essas avaliações foram realizadas na fase de florescimento tendo em vista que esta é a fase em que a planta apresenta seu máximo vigor.

Para características referentes aos componentes de produção como rendimento de grãos, peso de espiga e de 100 grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e índice de espiga, as avaliações foram feitas nas três fileiras centrais dentro da área útil após os grãos atingirem a maturidade fisiológica.

Dados climáticos referentes a temperatura e precipitação média durante o período de condução do experimento foram obtidos na estação meteorológica pertencente ao departamento de meteorologia agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa- MG (DEA/UFV).

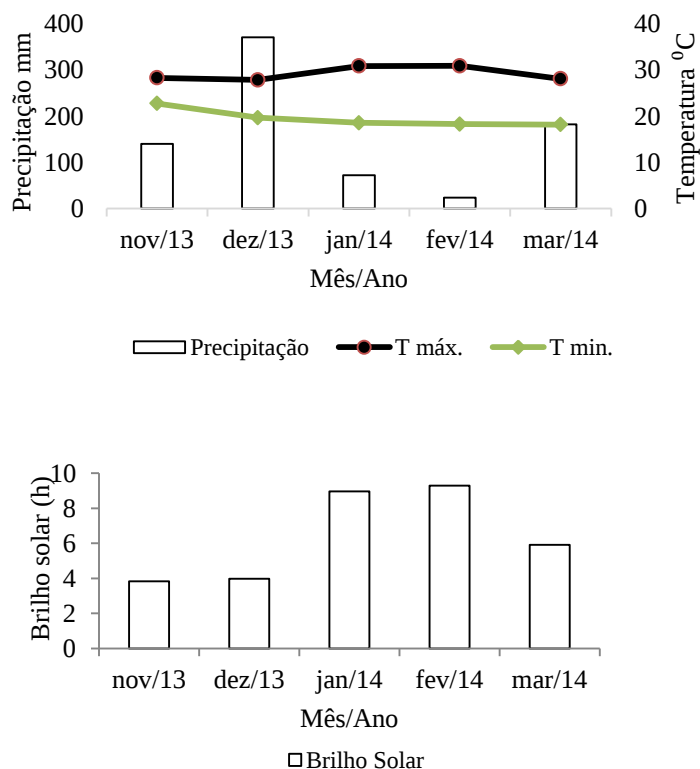
4.8 Análise dos dados

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e de regressão. Para comparação das médias do fator qualitativo utilizou-se o teste de Tukey adotando-se o nível de significância de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” com nível de significância de 5%, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQreg}/\text{SQtrat}$) e no comportamento do fenômeno em estudo. Utilizou-se o programa SAEG (SAEG, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições meteorológicas durante o período experimental

Condições meteorológicas referentes à temperatura do ar, precipitação e insolação durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1.



Fonte: Adaptado Meteorologia Agrícola, DEA/UFV.

Figura 1: Características climáticas de temperatura do ar, precipitação e brilho solar referentes ao período entre novembro de 2013 e março de 2014, Coimbra/MG.

Observa-se maior concentração da precipitação nos dois primeiros meses, principalmente no mês de dezembro. Já nos meses de janeiro e fevereiro, período crítico para cultura do milho nesse experimento em razão do florescimento, o volume de precipitação ficou abaixo da média climatológica normal, proporcionando déficit hídrico para as plantas. De acordo com Fancelli (2000), o mínimo de 350-500 mm de precipitação são suficientes para obtenção de boas

produções de grãos desde que esse volume seja bem distribuído, o que não ocorreu durante o experimento. Juntamente ao déficit hídrico, maiores valores de temperatura média aconteceram nos meses de janeiro e fevereiro atingindo valores de até 34 °C.

O nível de insolação foi maior nos meses de janeiro e fevereiro apresentando uma média de 9,13 horas de incidência diária de luz solar. Os meses de novembro e dezembro apresentaram baixa insolação (3,93 horas) o que prejudicou o bom desenvolvimento das plantas nesse período.

5.2 Características morfológicas

O direcionamento de plantio não afetou as características avaliadas, possivelmente, devido ao excesso de luminosidade nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 1) o que fez com que as plantas não necessitassem alterar seu comportamento na tentativa de captar mais luz. Vale ressaltar que foi um ano agrícola atípico para região que normalmente apresenta históricos de alta incidência de dias nublados nesses meses devido ao alto volume de precipitações o que não foi observado.

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância para as características altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo e índice de espiga. Apenas a população de plantas influenciou significativamente as características avaliadas.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC) e índice de espiga (IE). Coimbra-MG, 2013/14.

FV	GL	Quadrados Médios			
		AP	AIE	DC	IE
Bloco	3	0,0086	0,0020	3,3736	0,0046
População	3	0,0340*	0,0338*	13,339**	0,0251*
Direcionamento	1	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,3178 ^{ns}	0,0046 ^{ns}
Pop x Direcion.	3	0,0098 ^{ns}	0,0065 ^{ns}	2,0749 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Resíduo	21	0,0099	0,0086	1,3038	0,0063
CV (%)		5,01	9,27	5,20	7,84

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

Entre as diferentes populações de plantas adotadas houve aumento na altura das plantas à medida em que se aumentou a população sendo a altura máxima atingida na população estimada de 63.668,8 plantas ha⁻¹. A partir dessa população, o maior número de plantas por unidade de

área fez com que a água se tornasse fator limitante tornando a competição entre plantas por água mais importante do que a competição por luz ocasionando em redução no crescimento das plantas. Tal comportamento foi melhor explicado por modelo de raiz quadrada o qual apresentou coeficiente de determinação de 99% (Figura 2).

Alvarez et al. (2006) trabalhando com populações de 55 e 75 mil plantas ha^{-1} e Demétrio et al. (2008) com populações de 30, 50, 70 e 90 mil plantas ha^{-1} observaram comportamento linear crescente da altura de plantas com aumento da população o que era esperado no presente experimento caso as plantas não tivessem passado por um período de limitação hídrica. Takasu et al. (2014), trabalhando com dois espaçamentos e populações crescentes do híbrido simples DKB 390 YG[®], observou ajuste linear decrescente da altura de plantas com aumento da população. O mesmo autor atribui esse fato a maior competição intraespecífica do híbrido por água, nutrientes e radiação solar na linha para as maiores populações.

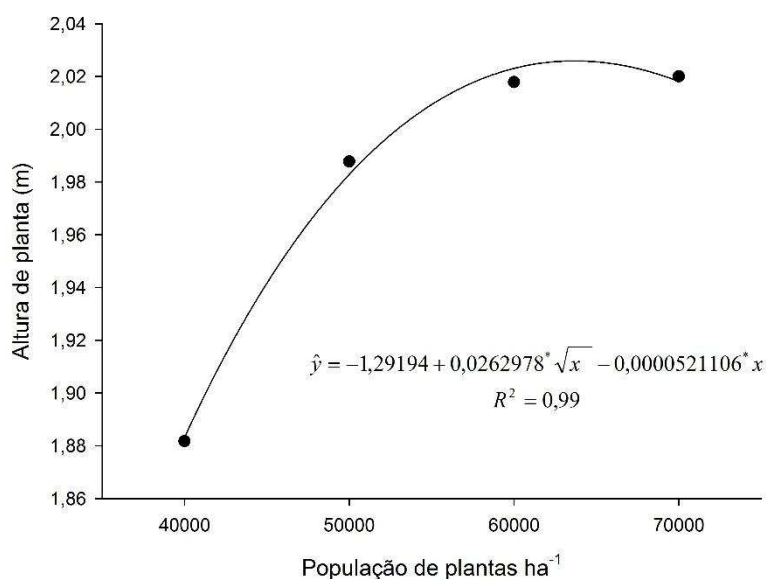


Figura 2: Altura média de plantas do híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x) no florescimento. Coimbra-MG, 2013/14.

A elevação na altura das plantas é considerada aspecto negativo, pois proporciona maior altura de inserção da espiga principal o que faz com que o centro de gravidade das plantas seja deslocado proporcionando maiores índices de acamamento e quebraimento de plantas

(BRACHTVOGEL et al., 2012). Segundo Li et al. (2007) a alta relação inserção/estatura pode levar a diminuição do centro de gravidade da planta provocando o acamamento.

Comportamento semelhante ao da altura de plantas era esperado para a altura de inserção da espiga principal, no entanto, o déficit hídrico ocorrido próximo ao florescimento das plantas não afetou a altura de inserção da espiga principal por que, nesse período, o ponto de inserção da espiga já havia atingido sua altura máxima. Dessa forma, ajuste linear crescente significativo foi observado para essa característica (Figura 3).

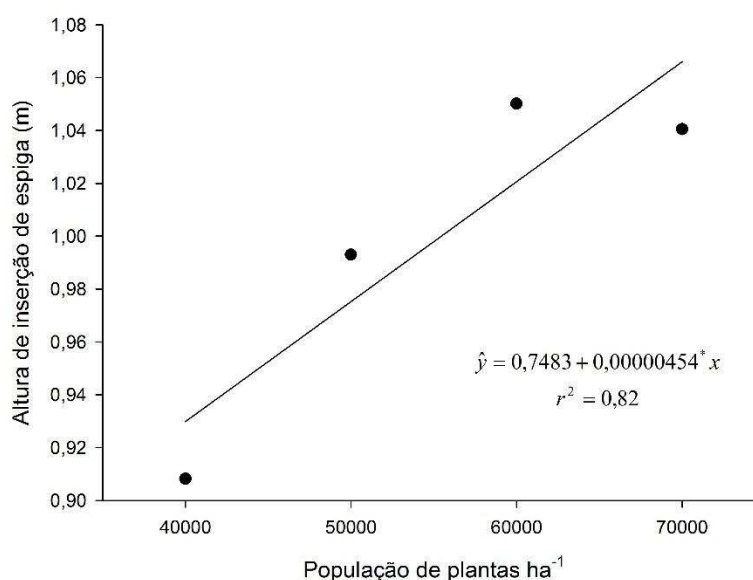


Figura 3: Altura média de inserção da primeira espiga do híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Segundo Siqueira et al. (2009) um dos principais fatores responsáveis pelo acamamento de plantas é a elevada altura de inserção de espiga. Entretanto, Campos et al. (2010) e Repecke et al. (2012) trabalhando com diferentes cultivares não observaram relações entre altura de inserção de espiga e de planta com acamamento de plantas. Para Possamai et al. (2001), maiores valores de estatura de planta e principalmente de altura de inserção da espiga favorecem a colheita.

Como esperado, a elevação da altura de plantas até um ponto máximo e de inserção de espiga propiciado pelo aumento da população de plantas, refletiram em um comportamento linear decrescente significativo para característica de diâmetro de colmo (Figura 4). Barbosa et al. (2010), avaliando efeito de populações crescentes (25,45,65 e 85 mil plantas ha⁻¹) sobre três

cultivares de milho obtiveram relação linear negativa em relação ao diâmetro do colmo, ou seja, houve diminuição do mesmo com o aumento da população de plantas.

Calonego et al (2011), trabalhando com o híbrido duplo AG 1051 em diferentes populações e dois espaçamentos diferentes obteve redução do diâmetro do colmo a medida que aumentou a população de plantas sem haver influência do fator espaçamento. Isso leva a conclusão de que a redução do diâmetro do colmo está mais ligada à disputa pelas plantas por luz o que as leva a investir seus fotoassimilados em estruturas de crescimento sacrificando outras estruturas como o caule.

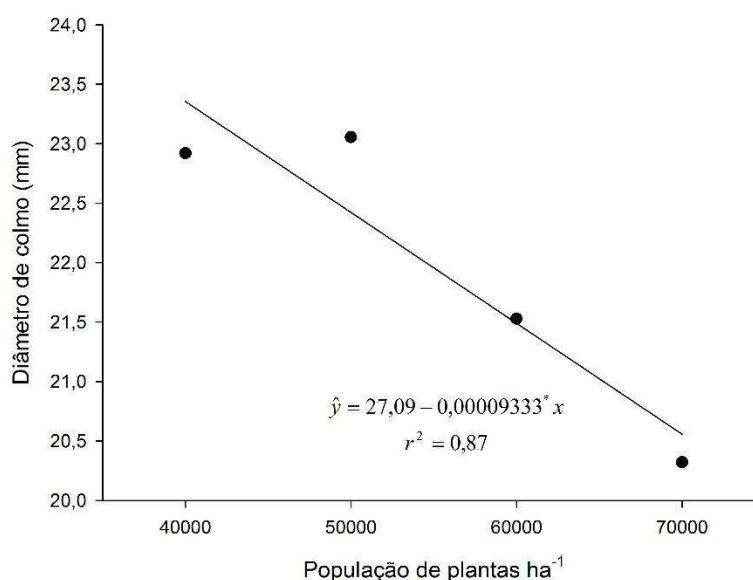


Figura 4: Diâmetro médio de colmo do híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14

As perspectivas de aumento na altura de plantas (Figura 2) e da inserção da espiga principal (Figura 3), e a redução do diâmetro do colmo (Figura 4), proporcionadas pela população de plantas podem ser explicadas pelas imposições fisiológicas pela qual as plantas são submetidas (SOUSA et al., 2012). Em altas densidades, menores quantidades de radiação solar atingem o ponto de crescimento das plantas levando a uma menor inativação e por conseguinte maior atividade do hormônio auxina promovendo o estiolamento das plantas (SANGOI et al., 2002). O acúmulo de auxina no ponto de crescimento da planta faz com que haja maior taxa de transporte de fotoassimilados, fitormônios, água e nutrientes para esta região, promovendo a alongação

celular e fazendo com que a planta se sobressaia em altura a fim de evitar o sombreamento (Taiz e Zeiger, 2004).

Assim como no diâmetro do colmo, o aumento da população de plantas promove redução linear significativa do número de espigas por planta (Figura 5) confirmando a baixa capacidade de prolificidade do milho. O uso de populações elevadas faz com que haja maior número de plantas sem espiga devido à competição, o que não é desejável. De acordo com Silva et al (2008), o adensamento excessivo estimula a dominância apical aumentando a esterilidade feminina das plantas de milho.

Por outro lado, a utilização de baixas populações faz com que algumas plantas desenvolvam mais de uma espiga na tentativa de compensar a falta de plantas na área, o que também não é desejável devido à competição gerada entre espigas que pode comprometer o desenvolvimento de ambas, reduzindo a produtividade final. Para Sangoi et al. (2010), em condições edafoclimáticas ideais para o milho, a prolificidade não é uma característica capaz de minimizar perdas no rendimento de grãos devido utilização de estandes de plantas abaixo do ideal.

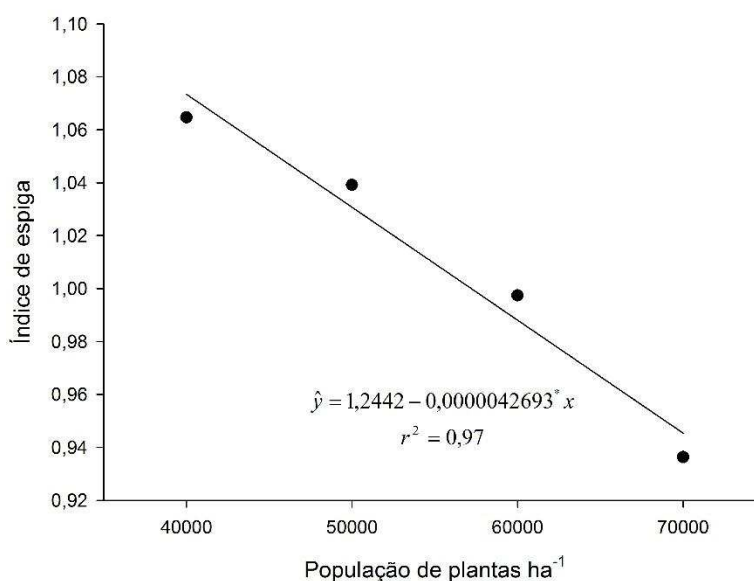


Figura 5: Índice espiga do híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Penariol et al. (2003) e Cruz et al. (2007), também observaram redução do índice de espiga com aumento da densidade populacional. O aumento na densidade de plantas tende a

reduzir o número de espigas por planta o que é compensado pelo aumento do número de plantas e consequentemente pelo maior número de espigas por unidade de área (MARCHÃO et al., 2005).

De acordo com Kappes et al. (2011) maiores produtividades são alcançadas em populações de plantas que possibilitem um bom desenvolvimento de espiga e que apresentem índice de espiga próximo a um.

5.3 Características agronômicas

Além da prolificidade do milho, características como peso médio de grãos, peso médio de espiga, número médio de fileiras de grãos por espiga e número médio de grãos por fileira são determinantes da produtividade e são influenciados diretamente pela densidade de plantas, época de cultivo, nível de manejo adotado e cultivar. No presente trabalho, apesar do plantio ter sido realizado em época considerada adequada para o milho, houve déficit hídrico acentuado no período de florescimento das plantas comprometendo alguns desses componentes.

O resumo da análise de variância para os componentes de rendimento de grãos são apresentados na Tabela 3. Novamente, nota-se efeito significativo apenas para fonte de variação população tendo ela afetado significativamente de forma linear decrescente o peso médio de espigas, peso médio de 100 grãos e o número médio de grãos por fileira. A produtividade foi afetada quadraticamente.

Tabela 3: Resumo da análise de variância para as características de peso médio de espiga (PE), peso médio de 100 grãos (P100), Número médio de grãos por fileira (NGF), número médio de fileiras por espiga e produtividade de grãos (PROD.). Coimbra-MG, 2013/2014.

FV	GL	Quadrados Médios				
		PE	P100	NGF	NFE	PROD.
Bloco	3	0,000023	0,333460	1,091763	0,243580	1.497.464
População	3	0,008275**	15,52825*	62,72250**	0,765432 ^{ns}	6.687.736*
Direcionamento	1	0,000001 ^{ns}	4,139280 ^{ns}	1,196948 ^{ns}	0,006173 ^{ns}	1.511.555 ^{ns}
Pop. x Direcion.	3	0,001423 ^{ns}	9,825120 ^{ns}	10,27686 ^{ns}	0,381728 ^{ns}	1.723.274 ^{ns}
Resíduo	21	0,000645	5,399620	5,474938	0,279559	2.121.972
CV (%)		12,57	6,97	7,01	3,06	18,48

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

Apesar de não ter influenciado significativamente as características avaliadas, o plantio no sentido LO proporcionou maior peso médio de 100 grãos (33,70 g) do que o sentido NS (32,98

g), provavelmente, devido ao melhor aproveitamento da energia solar pelas plantas. Esse fato foi confirmado pela maior produtividade de grãos alcançada pelas plantas orientadas nesse sentido, 8.095 kg ha⁻¹ contra 7.661 kg ha⁻¹ do sentido NS.

O peso médio de espiga decresceu à medida que houve aumento da densidade de plantas (Figura 6). As maiores populações forneceram espigas mais leves devido a maior competição intraespecífica, principalmente por água que foi um fator limitante para a cultura no período do florescimento.

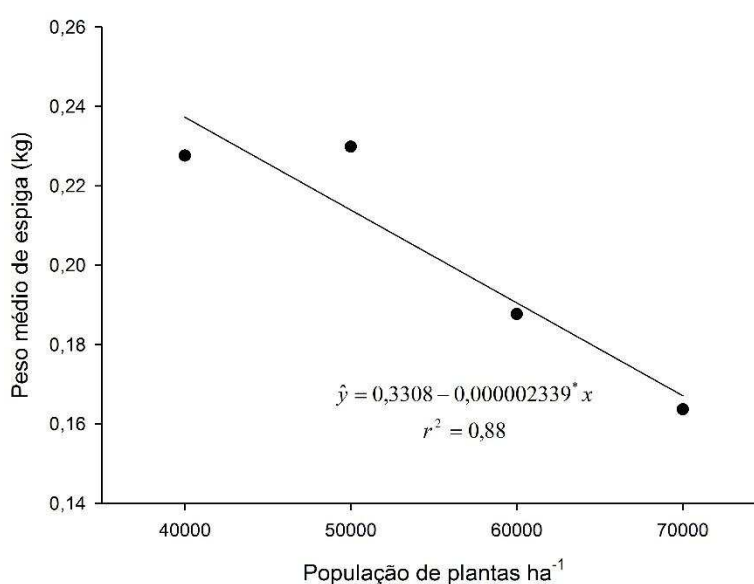


Figura 6: Peso médio de espiga do híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

A deficiência hídrica afeta drasticamente o milho no período da floração devido à sua natureza protândrica que em situações de estresse como déficit hídrico e elevadas densidades de plantas deixa de investir em espigas para favorecer o pendão, a fim de garantir a dispersão dos grãos de pólen (SANGOI & SALVADOR, 1998b). Por se tratar de uma espécie com metabolismo C₄, o milho tende a atingir o seu máximo potencial produtivo quando a máxima área foliar das plantas coincidir com a máxima radiação solar incidente, desde que não haja déficit hídrico. Tal condição permite o máximo funcionamento do aparato fotossintético das plantas o que aumenta a necessidade de água da cultura já que o elevado fluxo energético gera altas taxas transpiratórias (BERGAMASCHI et al., 2004).

Trabalhando com duas cultivares de milho, Sangoi et al. (2005), observaram para ambos, que durante a fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área o aumento na densidade de plantas promoveu diminuição linear da massa seca acumulada pelas espigas.

A redução do peso da espiga com aumento na densidade de plantas é confirmada pelo comportamento linear decrescente significativo do número médio de grãos por fileira (Figura 7) e do peso médio de 100 grãos (Figura 8). O aumento da densidade de plantas eleva o intervalo entre a liberação dos grãos de pólen e abertura dos estigmas prejudicando a formação dos grãos e, por conseguinte, diminuindo o número de grãos por espiga (SANGOI et al, 2005).

No presente trabalho, a redução do número de grãos por espiga é explicada pela redução do número médio de grãos por fileira nas maiores densidades de plantas (Figura 7), visto que o número médio de fileiras por espigas não foi influenciado pela população de plantas (Tabela 3). Esse resultado está de acordo com os encontrados por Marchão et al. (2005), que não observaram influência da densidade de plantas sobre o número de fileiras de grãos em diferentes híbridos de milho. Os referidos autores atribuíram esse fato a ausência de influência da competição entre plantas no primeiro estágio de desenvolvimento das mesmas, quando ocorre o início da diferenciação floral e a formação dos primórdios da panícula e da espiga.

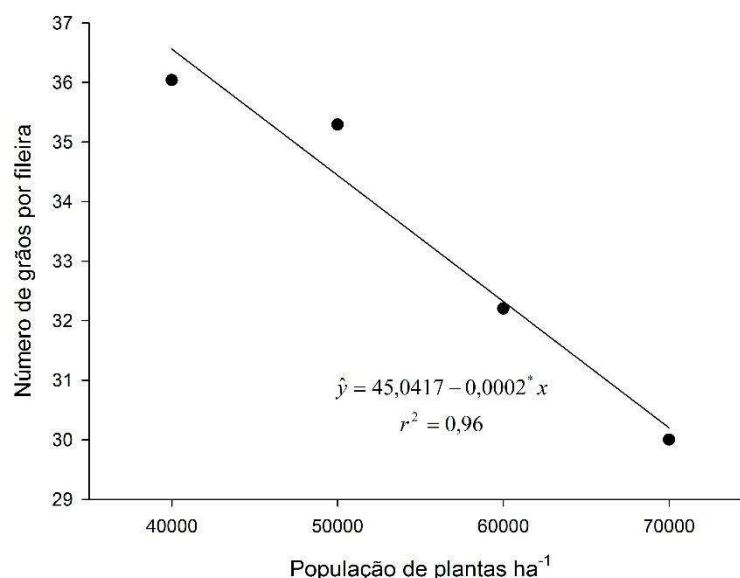


Figura 7: Número médio de grãos por fileira para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Aliado ao adensamento de plantas, o déficit hídrico ocorrido comprometeu ainda mais o enchimento de grãos das espigas onde, pela equação de regressão, estima-se uma diferença de 2,7 gramas para o peso de 100 grãos entre a menor e a maior população. O baixo coeficiente de determinação (Figura 8) demonstra que apenas 75% da variação do peso médio de 100 grãos está sendo explicado pela regressão, indicando que outros fatores, provavelmente o déficit hídrico, estão atuando sobre essa variável.

Segundo Mohammadi et al. (2003) e Carvalho et al. (2001), em híbridos de milho a massa de grãos é um dos componentes mais importantes para predição de rendimento de grãos pois contribui fortemente para produção por planta.

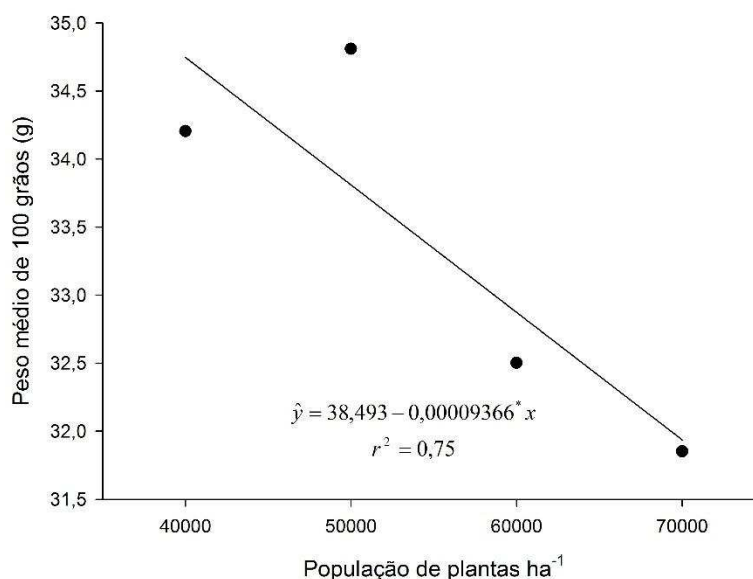


Figura 8: Peso médio de 100 grãos para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Diversos trabalhos têm demonstrado que a redução do peso médio de 100 grãos e o peso médio de espigas proporcionado pelo aumento na densidade de plantas é compensado pelo aumento do número de grãos e de espigas por unidade de área com produtividades máximas sendo atingidas com 70 e 80 mil plantas ha⁻¹ (GROSS et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008; KVITSCHAL et al., 2010).

O mesmo comportamento é observado na Figura 9, porém, com produtividade máxima sendo alcançada em uma população estimada de 58.333 plantas ha⁻¹, a qual está bem abaixo do esperado para o híbrido utilizado. A partir dessa população a produtividade começa a decair

caracterizando o comportamento quadrático significativo da população de plantas sobre a produtividade de grãos (Figura 9).

O fato da população que propiciou o máximo de produtividade estar abaixo do ideal foi devido às características climáticas desfavoráveis ocorridas durante a condução do experimento, principalmente em razão do déficit hídrico que elevou o grau de competição por água entre as plantas, que se agravou ainda mais com a adoção do espaçamento de 50 cm entre linhas.

De acordo com Sangoi et al. (2001), quanto mais favoráveis forem as condições edafoclimáticas mais elevada será a densidade populacional de plantas associada à produtividade máxima de um determinado híbrido de milho em uma dada região. Logo, esperava-se comportamento linear com maior produtividade sendo alcançada na população de 70 mil plantas ha^{-1} .

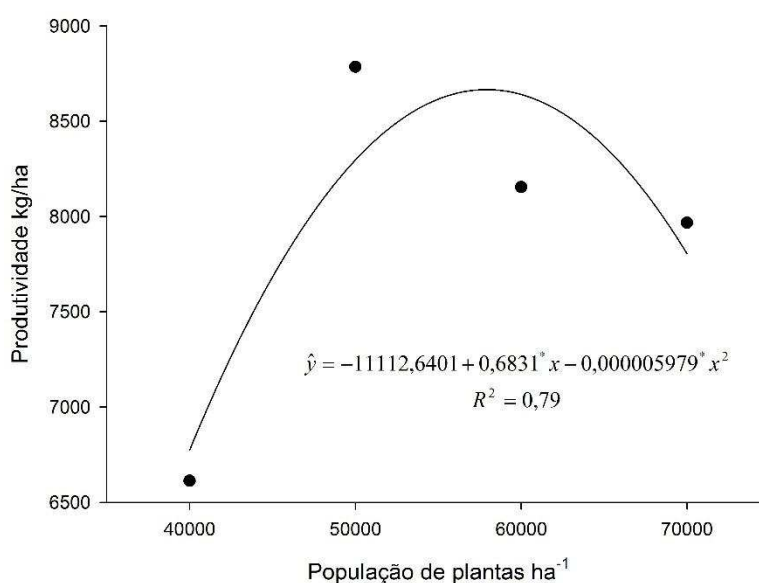


Figura 9: Produtividade de grãos para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Apesar das intempéries climáticas, a produtividade média alcançada, que foi de 7.878 kg ha^{-1} , pode ser considerada boa pois está acima da média nacional que de acordo com a CONAB (2014), na safra 2012/2013 foi de 5.097 kg ha^{-1} . Testando diferentes híbridos quanto ao déficit hídrico e a altas temperaturas durante o florescimento, Bastos et al. (2011), obtiveram para o híbrido DKB 390, mesmo híbrido utilizado nesse experimento, produtividade de 5.696 kg ha^{-1} e o classificaram como tolerante ao déficit hídrico e a altas temperaturas. Vale lembrar que durante a

condução do experimento houve apenas a condição de déficit hídrico, já no trabalho citado anteriormente além do déficit hídrico, as plantas passaram por um estresse adicional proporcionado pelas altas temperaturas.

A adoção de altas populações de plantas é alternativa arriscada, pois qualquer estresse sofrido pelas plantas, principalmente durante o período de florescimento, pode comprometer a formação e o enchimento de grãos havendo formação de espigas mais leves que resultarão em queda de produtividade. Assim, pode-se concluir que nem sempre o maior número de plantas por área implicará em maiores produtividades.

5.4 Características fisiológicas

A tabela 4 apresenta o resumo da análise de variância para as características de índice de área foliar, área foliar específica e teor de clorofila. Tanto o direcionamento de plantio como a interação entre população e direcionamento não apresentaram efeito significativo sobre as características fisiológicas avaliadas. A população de plantas influenciou significativamente o IAF e a AFE e não interferiu no teor de clorofila.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para as características de índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e teor de clorofila (spad). Coimbra-MG, 2013/14.

FV	GL	Quadrados Médios		
		IAF	AFE	Spad
Bloco	3	0,217954	317,9233	5,900226
População	3	1,976146**	508,0330 *	19,72904 ^{ns}
Direcionamento	1	0,001012 ^{ns}	14,79680 ^{ns}	12,67247 ^{ns}
Pop x Direcion.	3	0,012746 ^{ns}	30,54636 ^{ns}	1,223078 ^{ns}
Resíduo	21	0,081339	121,3960	12,01984
CV (%)		11,97	8,16	6,74

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

Esperava-se efeito significativo do direcionamento de plantio sobre o teor de clorofila, baseado no aspecto de que as plantas orientadas sentido LO teriam melhor proveito da radiação solar incidente o que ocasionaria maiores taxas fotossintéticas exigindo maiores quantidades desse pigmento nas folhas. Apesar de não ter constatado diferença estatística (Tabela 4), o direcionamento LO apresentou média de 52,09 unidades spad, enquanto que o direcionamento

NS apresentou média de 50,83 unidades spad confirmando o afirmado anteriormente. Provavelmente maior diferença seria observada caso não houvesse tanta incidência luminosa como ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 1).

A população de plantas não afetou significativamente o índice spad (Tabela 4), no entanto, observou-se redução do pigmento à medida que se aumentou a população de plantas sendo que a densidade de 40 mil plantas ha^{-1} apresentou 53,42 unidades spad contra 50,18 obtidas na população de 70.000 plantas ha^{-1} . Como o índice spad está relacionado ao teor de nitrogênio nas plantas (Hurtado et al., 2009), pode-se dizer que essa redução acontece devido à quantidade de adubo aplicado em cobertura que foi a mesma quantidade para todas as populações de plantas o que acarretou em maior competição por nitrogênio nas maiores populações.

Outro efeito causado pelo déficit hídrico que contribuiu para redução da produtividade foi a redução do índice de área foliar (IAF) das plantas. Essa redução afeta a capacidade de utilização da radiação solar pelas plantas resultando em menor acúmulo de matéria seca. Segundo Earl & Davis (2003), a diminuição da área foliar devido ao déficit hídrico reduz a absorção da radiação fotossinteticamente ativa afetando negativamente a produção de grãos.

Apesar de o IAF ter apresentado crescimento linear significativo em relação ao aumento da população de plantas (Figura 10), o mesmo apresentou valor médio de $2,38 \text{ cm}^2$ de folha cm^{-2} de solo sendo esse um valor muito abaixo do ideal que segundo Lauer et al. (2004), deve estar entre 4 e 5 cm^2 de folha cm^{-2} de solo no florescimento.

A população de 70 mil plantas ha^{-1} apresentou IAF médio de $2,82 \text{ cm}^2$ de folha cm^{-2} de solo enquanto a de 40 mil plantas ha^{-1} atingiu valor médio de $1,82 \text{ cm}^2$ de folha cm^{-2} de solo. Valores semelhantes foram encontrados por Kunz et al. (2007) para população de plantas de 70 mil plantas ha^{-1} submetidas a déficit hídrico. Isto demonstra a importância do aumento do número de plantas por área que no presente experimento elevou o IAF médio em 1,6 vezes com a adição de 3 plantas m^{-2} .

Este aumento no IAF resulta em aumento da interceptação da radiação solar incidente pelas plantas elevando a taxa fotossintética por unidade de área e consequentemente o rendimento de grãos. Logo, esperava-se maior produtividade nas populações com maiores índices de área foliar o que não ocorreu devido ao déficit hídrico que se acentuou com aumento da densidade de plantas reduzindo o acúmulo de matéria seca pelas plantas.

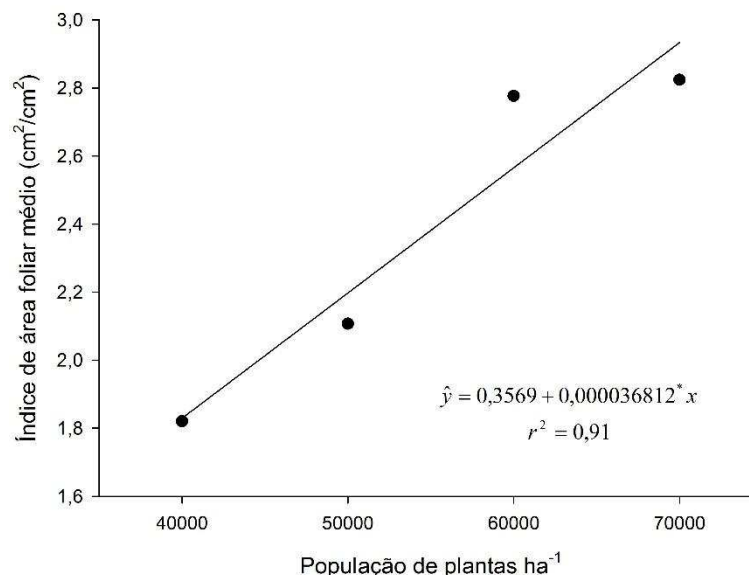


Figura 10: Índice de área foliar médio para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Kunz et al. (2007) avaliando a eficiência de interceptação e de uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pela cultura do milho sob diferentes sistemas de manejo do solo, arranjos de plantas e disponibilidade hídrica observaram que o déficit hídrico reduziu em 20% o IAF médio das plantas e concluíram que o déficit hídrico reduz a eficiência de interceptação da RFA devido a redução do IAF.

Da mesma forma a utilização de densidades de plantas abaixo do recomendado reduz a interceptação da RFA pelo fato de demandarem maior período de tempo para atingirem o IAF crítico ou às vezes nem atingirem esse ponto dependendo das condições de ambiente (ANDRADE, 1995).

A área foliar específica (AFE) relaciona a superfície com o peso da matéria seca da própria folha (cm² g⁻¹) e se caracteriza como um componente anatômico e morfológico das plantas (FONTES et al., 2005).

Plantas submetidas a sombreamento apresentam maior AFE (CARVALHO et al., 2006; LOPES et al., 2007) o que explica o comportamento linear significativo da AFE média em relação ao aumento da população de plantas (Figura 11). De acordo com Lacerda et al. (2010), essas alterações morfológicas acontecem com o objetivo de tornar a planta mais adaptada às condições adversas do ambiente.

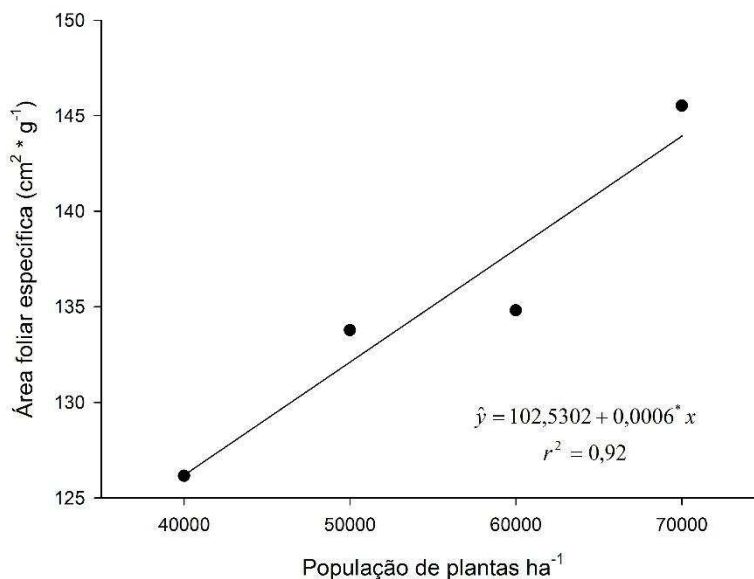


Figura 11: Área foliar específica média para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x). Coimbra-MG, 2013/14.

Na densidade de 7 plantas m⁻² (70.000 plantas há⁻¹), há maior taxa de sombreamento entre as plantas fazendo com que elas reduzam a quantidade de fotoassimilados exportados pelas folhas para que estes possam ser utilizados na ampliação da área foliar a fim de aumentar a captação de luz. Como resultado a massa seca acumulada nas folhas é maior nas maiores populações resultando em maior AFE. No presente experimento a população de 70 mil plantas ha⁻¹ apresentou AFE média de 145,52 cm² g⁻¹ de folha enquanto que a de 40 mil obteve 126,15 cm² g⁻¹ comprovando o efeito do sombreamento nas maiores populações.

Em relação ao direcionamento de plantio esperava-se maior AFE nas plantas orientadas no sentido NS devido à movimentação do sol em relação às linhas de plantio o que proporcionaria maior tempo de sombreamento dentro das parcelas. No entanto, os valores médios da AFE não diferiram entre os direcionamentos e foram bem semelhantes, sendo 135,74 cm² g⁻¹ para o sentido LO e 134,38 cm² g⁻¹ para o NS.

6 CONCLUSÃO

Em condições de safra normal o direcionamento de plantio parece não influenciar as características morfofisiológicas e agronômicas das plantas de milho.

O aumento na população de plantas provoca alterações nas características morfofisiológicas e agronômicas das plantas sendo que em maiores populações ocorre elevação da altura de plantas e da altura de inserção da espiga principal, do índice de área foliar e da área foliar específica ocasionando redução no diâmetro de colmo e no número de espigas por planta. O peso de espiga também é reduzido devido a diminuição no número de grãos por fileira e do peso de grãos sendo que em condições de limitação hídrica o maior número de plantas por área não é capaz de compensar essas reduções havendo queda de produtividade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de Características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.402-408, 2006.

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, n. 41, p.1-12, 1995.

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

BARBOSA, T.G.; PORTO, A.N.F.; VASCONCELOS, R.C de. Et al. Efeito da população de plantas sobre características agronômicas de milho em Vitória da Conquista-BA. In: **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.

BASTOS, E.A.; BRITO, R.R. de; CARDOSO, M.J.et al. Híbridos elite de milho tolerantes a deficiência hídrica e a altas temperaturas. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Guarapari – ES, Julho de 2011.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A; BERGONCI, J.I et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S; ABREU, M. L de; BICUDO, S.J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Tropica**, V. 6, N.1, pag. 75, 2012.

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

CAMPOS, M.C.C; SILVA, V.A; CAVLCANTE, I.H.L; BECKMANN, M.Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**. Curitiba, v.8, n.1, p.77-84, 2010.

CARVALHO, C.G.P.; BORSATO, R.; CRUZ, C.D.; et al. Path analysis under multicollinearity in S0 x S0 maize hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.3, p.263-270, 2001.

CARVALHO, N. O. S.; Pelacani, C. R.; Rodrigues, M. O. de S.; Crepaldi, I. C. Crescimento inicial de plantas de Lucuri (*Syagrus coronata* (Mart. Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.351-357, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Séries históricas. 2012/13. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 06/05/2014.

CRUZ, J.C.; PEREIRA, F.T.F.; FILHO, I.A.P; OLIVEIRA, A.C.de; MAGALHÃES, P.C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n.1, p. 60-73, 2007.

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

EARL, H.J.; DAVIS, R.F. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. **Agronomy Journal**, v.95, p.688-696, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

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

FONTES, P. C. R.; Dias, E. N.; Silva, D. J. H. da. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

GALVÃO, A.; ATTIE, J.; MENENZES, L.; CUNHA, J.; BISINOTTO, F. **Relatório de Biotecnologia**: Dezembro 2012. Uberlândia: Revista Céleres; 2012.

GROSS, M.R.; PINHO, R.G.; BRITO, A.H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.387-393, 2006.

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V. de; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.300-309, 2009.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.de; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.

KUNZ, J.H.; BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; HECKLER, B.M.M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1511-1520, 2007.

KVITSCHAL, M.V; MANTINE, E; PEDRO, S.V. F et al. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Rev. Ciências. Agrônômicas**, v. 41, n. 1 p. 122-131, jan-mar, 2010.

LACERDA, C.F; CARVALHO, C.M.; VIEIRA, M.R.; NOBRE, J.G.A et al. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.18-24, 2010.

LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; BERTRAM, M.G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, v.96, p.1459-1463, 2004.

LI, Y.; DONG, Y.; NIU, S.; CUI, D. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**; Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.

LOPES, C.M.; GALLÃO, M. I.; ARAÚJO, F. S. Crescimento inicial de *Licania rigida* Benth. (Chrysobalanaceae) sob diferentes níveis de irradiância, em viveiros. In: **Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007. Anais... Caxambú: SBE, 2007. CD Rom.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 24/09/13.

MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M.; SINGH, N.N.; Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science**, Madison, v.43, n.5, p.1690-1697, 2003.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p. 52-60, 2003.

POSSAMAI, J.M.; SOUZA, C.M. de; GALVÃO, J.C.C.. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v.60, n.2, p.79-82, 2001.

REPKE, R.A; CRUZ, S.J.S.; MARTINS, M.B; SENNA, M.S.; FELIPE, J.S.; DUARTE, A.P; BICUDO, S.J. Altura de planta, altura de inserção de espiga e número de plantas acamadas de cinco híbridos de milho. In: **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo** - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: **Fundação Arthur Bernardes** - UFV - Viçosa, 2007.

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. 02, p. 271-276, 2001.

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

SANGOI, L.; ALMEIDA, Milton L. de; GRACIETTI, Marcos A. et al. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, n. 1, p. 25-31, jan-mar, 2005.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Effect of maize plant detasseling on grain yield tolerance at high plant density an drought stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p. 677-684, 1998b.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; PICOLI JUNIOR, G.J.; VARGAS, V.P.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010.

SILVA, A.G da; CUNHA JÚNIOR, C.R; ASSIS,R.L de; IMOLES, A.S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Biociência Jornal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, Apr./June. 2008.

SIQUEIRA, B.C.; FERNANDES, L.G.; CAMPOS, V.A.; ESTANISLAU, A.C; PEDINI, S.; MORAES, A.R. Ação dos fertilizantes Bacsol e Orgasol na altura de inserção da espiga e coloração dos grãos na cultura do milho orgânico. In: **Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG**. 2 Jornada Científica. 19 a 23 de outubro de 2009.

SOUZA, R.S de.; FILHO, P.S.V; SCAPIMI, C.A. et al. População de plantas e características de crescimento de milho doce. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.5, n.3, p.142-153, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.185-187.

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

CAPÍTULO II

COMPORTAMENTO DE PLANTAS DE MILHO SEGUNDA SAFRA CULTIVADAS EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS E DIRECIONAMENTOS DE PLANTIO.

RESUMO

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2014. **Comportamento de plantas de milho segunda safra cultivadas em diferentes populações de plantas e direcionamentos de plantio.** Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Co-orientadores: Paulo Roberto Cecon e Wagner Luiz Araújo.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do direcionamento de plantio e da população de plantas nas características morfofisiológicas e agrônômicas de plantas de milho no período da safrinha. O experimento foi realizado na Estação experimental de Coimbra pertencente ao departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no esquema fatorial 4x2 com quatro repetições, utilizando o delineamento de blocos ao acaso. Os tratamentos foram compostos por quatro populações de plantas (40, 50, 60 e 70 mil pl ha⁻¹) e dois direcionamentos de plantio (Leste-Oeste e Norte-sul). Foram avaliadas as características de altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, diâmetro de colmo, peso de espiga, peso de 100 grãos, número de grãos por fileira e de fileiras por espiga, produtividade, teor de clorofila, índice de área foliar e área foliar específica. A utilização de populações elevadas na safrinha modifica o comportamento das plantas tornando-as mais susceptíveis ao acamamento e quebramento devido à maior altura de inserção da espiga principal e a redução do diâmetro de colmo, redução esta que se torna mais acentuada quando as plantas são dispostas no sentido Leste-Oeste de plantio. Por outro lado, esse risco pode ser compensado pelo maior número de plantas por unidade de área o que confere maior índice de área foliar e maior produtividade graças a maior captação e transformação de energia luminosa em energia química. Em condição de safrinha o direcionamento de plantio pode ser uma importante ferramenta para minimizar perdas por acamamento e quebramento de plantas já que a redução do diâmetro do colmo com o aumento da população é menos intensa nas plantas orientadas no sentido Norte-Sul.

ABSTRACT

PEREIRA, Luis Paulo Lelis, M.Sc., Federal University of Viçosa, September, 2014.. **Behavior of plants season maize when cultivated in different populations of plants and planting directions.** Advisor: João Carlos Cardoso Galvão. Co-advisor: Paulo Roberto Cecon and Wagner Luiz Araújo.

The objective of this study was to investigate the influence of the direction of planting and plant population on the morpho-physiological and agronomic characteristics of corn plants during the off-season. The experiment was conducted at the experimental station Coimbra belonging to the Department of Plant Science the Federal University of Viçosa, using a randomized block design in a 4x2 factorial arrangement with four replications. The treatments consisted of four plant populations (40, 50, 60 and 70 thousand plants / ha) and two planting directions (east-west and north-south). The characteristics of plant height, height of insertion of the main ear height, stem diameter, ear weight, 100-grain weight, number of kernels per row and rows per ear, yield, chlorophyll content, leaf area index were evaluated and specific leaf area. The use of high populations in off-season modifies the behavior of the plants making them more susceptible to lodging and breaking due to increased insertion height of the main ear and the reduction of stem diameter, such reduction becomes more pronounced when the plants are arranged in east-west direction of planting. Moreover, this risk may be offset by the greater number of plants per unit area which provides greater leaf area index and greater productivity through increased uptake and transformation of light energy into chemical energy. In condition the off-season targeting planting can be an important tool to minimize losses lodging and breaking plants since the reduction of the diameter of the stem with the population increase is less intense in the North-South oriented towards plants.

8 INTRODUÇÃO

A safrinha vem ganhando destaque na produção de grãos brasileira e atualmente sua produção já é maior do que a da safra normal. Em 2013 a safrinha foi responsável por produzir cerca de 46,928 milhões de toneladas contra 34,576 milhões da safra normal, em uma área cultivada de aproximadamente 9 milhões de hectares atingindo uma produtividade média de 5.188 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Apesar de ser considerado um cultivo de risco, o nível tecnológico empregado nas lavouras de safrinha evoluiu muito sendo adotadas práticas avançadas de correção e adubação de solo, manejo de pragas e doenças e principalmente adoção de cultivares modernas que permitem um melhor arranjo de plantas na área contribuindo para o aumento da produtividade.

Segundo Penariol et al., (2003), por ser uma semeadura realizada em um período que coincide com épocas de baixos índices pluviométricos, se torna fundamental a escolha adequada do cultivar, do espaçamento entre linhas de plantio e do número de plantas por área certo que esses fatores possibilitarão melhor aproveitamento de fatores abióticos como água, luminosidade e nutrientes dando condições para que as plantas possam expressar todo seu potencial.

Mesmo que em grande expansão no cenário agrícola brasileiro, ainda há muitas dúvidas quanto ao cultivo da safrinha, sobretudo, em relação a cultivares e populações de plantas mais adequados. Pereira et al. (2002), relatam que o cultivo de milho na safrinha dependente da combinação entre a época de semeadura, do híbrido utilizado e da dose de adubação empregada, evitando assim períodos de déficit hídrico e de baixas temperaturas. Já Pereira Filho & Cruz (2012), recomendam a utilização de densidade de plantas 20% menor do que a utilizada na safra normal devido condições ambientais desfavoráveis. No entanto Takasu et al., (2014), trabalhando na safrinha com o híbrido DKB 390 YG, obtiveram incrementos lineares crescentes de produtividade com aumento da população de 40.000 para 100.000 pl ha⁻¹.

A interação entre plantas de uma comunidade leva a alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas interferindo diretamente na capacidade produtiva. O grau de interação entre essas plantas está relacionado diretamente com a densidade de plantas na área, pois, interfere significativamente na quantidade e na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas plantas à produtividade de grãos (SANGOI, 2001).

Deste modo, a utilização de populações elevadas na safrinha seria uma proposta interessante, visto que o aumento na densidade de plantas provoca alterações fisiológicas e morfológicas nas plantas que podem contribuir para elevar o rendimento de grãos. No entanto deve-se atentar a época mais adequada de plantio para cada região do país a fim de evitar condições ambientais desfavoráveis.

Outra maneira de melhorar o desempenho das plantas na safrinha seria a escolha adequada do direcionamento de plantio em áreas com topografia e geometria que possibilitem o plantio em ambas as orientações solares. Em teoria, plantas orientadas sentido Leste-Oeste (LO) recebem radiação solar em maior quantidade e com menor variação de intensidade durante o dia em comparação à orientação Norte-Sul (NS), refletindo em maior conversão de energia luminosa em produtividade de grãos. No entanto, são escassas na literatura brasileira informações relacionadas a esta técnica de manejo havendo necessidade de maiores informações sobre o comportamento das plantas de milho quando submetidas a essa técnica.

Baseado nesses aspectos, esse trabalho teve como objetivo avaliar as alterações morfofisiológicas e agronômicas de plantas de milho proporcionadas pelo cultivo em diferentes populações de plantas e em diferentes orientações solares de semeadura (LO e NS) durante a segunda safra.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Local

O experimento foi conduzido em 2014 no município de Coimbra-MG, na Estação Experimental de Coimbra, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada na latitude 20°51'24" sul e na longitude 42°48'10" oeste, com altitude média de 720 m.

9.2 Clima e solo

O município se encontra em uma região de clima tropical de altitude tendo temperaturas médias mensais entre 18°C e 26°C oscilando em até 9°C e umidade relativa do ar média de 85%. Apresenta verões chuvosos e invernos frios e secos com precipitação pluvial média anual de 1.200 mm, concentrada, principalmente, no período de outubro a março. Os meses de dezembro e janeiro geralmente apresentam a maior intensidade de radiação solar sendo a menor apresentada nos meses de junho e julho.

De acordo com a Embrapa (2006), o solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase terraço e apresenta textura argilosa. Suas características químicas referentes à camada de 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 5) são apresentadas a seguir.

Tabela 5: Análise química referente a camada de 0 a 20 cm de solo pertencente ao local de condução do experimento. Coimbra-MG, 2014.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-rem.
H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³							%		Mg/l
5,6	56,3	187	3,3	1,3	0,0	2,15	5,08	5,08	7,23	70	0,0	26,3

9.3 Manejo do solo

O experimento foi implantado no sistema de plantio direto, sendo a semeadura realizada sobre palhada da vegetação espontânea presente no local. Para dessecação das plantas espontâneas presente na área utilizou-se mistura, no tanque de pulverização, dos herbicidas com princípio ativo 2,4-D e glyphosate.

9.4 Semeadura e manejo da cultura do milho

Foi utilizado o milho DKB 390 VT PRO 2 híbrido simples de ciclo precoce contendo dois eventos de transgenia conferindo resistência à lagarta do cartucho (*spodoptera frugiperda*) e a herbicidas à base de glyphosate.

Vinte dias após a dessecação da área foi feito o sulcamento e adubação das linhas de plantio com auxílio de uma semeadora-adubadora composta por cinco linhas de plantio espaçadas de 0,5m. O plantio foi realizado no dia 29/01/2014 manualmente com auxílio de matracas sendo depositadas duas sementes por cova a uma profundidade aproximada de 5 cm.

A adubação de base foi feita de acordo com a análise de solo totalizando 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16, correspondendo a 32 kg de N, 112 kg de P₂O₅ e 64 kg de K₂O.

A emergência das plantas ocorreu no dia 07 de fevereiro e aos vinte dias após a emergência foi feito o desbaste deixando somente uma planta por cova a fim de se alcançar a população desejada em cada parcela experimental.

Foi realizada uma única adubação de nitrogênio em cobertura quando as plantas se encontravam no estágio V4 (quatro folhas completamente expandidas) com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, sem incorporação ao solo, visando a obtenção de produtividade superior a 8 ton ha⁻¹ de grãos.

A irrigação, por aspersão, foi feita, quando necessário, de forma suplementar durante toda a fase vegetativa da cultura.

9.5 Controle de pragas e plantas daninhas

Para controle de plantas daninhas foi feita uma única aplicação de herbicida a base de glyphosate (3 L ha⁻¹) em pós-emergência quando as plantas de milho se encontravam no estágio V3. A utilização do espaçamento entre linhas reduzido (0,5m) contribuiu para o bom controle das plantas daninhas reduzindo a necessidade de aplicação de herbicidas.

Quanto a pragas, houve o surgimento de uma grande população de cigarrinhas (*Dalbulus maidis*) que além de sugar a seiva das plantas é vetor de vírus, fitoplasmas e espiroplasmas os quais são responsáveis por causar doenças nas plantas reduzindo a produtividade. O vetor foi controlado por meio da aplicação de inseticida de marca comercial Decis.

9.6 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (4x2) no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram empregados quatro populações de plantas (40, 50, 60 e 70 mil pl ha⁻¹) e dois direcionamentos de semeadura: sentido Leste-Oeste (LO) e sentido Norte - Sul (NS), compondo 32 unidades experimentais (4x2) x 4 blocos. Em cada bloco foram distribuídas oito parcelas de 36 m² (6x6) onde foram distribuídas dez linhas de plantio conforme croqui em anexo (Anexo I).

9.7 Avaliações

As avaliações foram realizadas nas seis fileiras centrais, descartando-se um metro em cada extremidade da parcela culminando em uma área útil de 12 m². Para as características de altura de planta e de inserção da espiga principal, diâmetro de colmo e teor de clorofila, foi tomado, ao acaso, oito plantas dentro da área útil. Para avaliação do índice de área foliar e área foliar específica foi feita análise destrutiva de quatro plantas retiradas dentro da área útil. Essas avaliações foram feitas no momento do florescimento pleno das plantas que ocorreu no dia 15/04/2014.

Características relacionadas ao rendimento de grãos foram avaliadas nas três fileiras centrais da área útil quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica. A colheita foi feita no dia 04/06/2014 e os resultados referentes à produtividade foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹.

9.7.1 Altura de planta

Medida com auxílio de uma régua graduada em centímetros tomando como referência a superfície do solo e a inserção da folha bandeira.

9.7.2 Altura de inserção da espiga principal

Distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga ou espiga principal em cm.

9.7.3 Diâmetro de colmo

A determinação desta variável foi realizada com auxílio de um paquímetro digital. A leitura foi feita posicionando o paquímetro na metade do segundo entrenó das plantas.

9.7.4 Peso de 100 grãos

A espigas coletadas em cada parcela foram debulhadas em debulhador estacionário e foi feita a média da pesagem de três sub amostras de cem grãos. Os resultados foram convertidos para 13% de umidade.

9.7.5 Número de fileiras por espiga

Foi feita de forma visual, a partir da contagem do número de fileiras de grãos existente em cada espiga após a despalha das mesmas.

9.7.6 Número de grãos por fileira

Foi feita através da contagem visual do número de grãos presente em uma fileira de grãos, escolhida ao acaso.

9.7.7 Índice espiga

Efetuuou-se a divisão entre o número de espigas presente na área útil colhida e o número de plantas presentes na mesma área.

9.7.8 Produtividade

O rendimento de grãos foi obtido a partir do peso total de grãos colhidos na área útil de 6 m² (três fileiras centrais descontando-se 1m de cada extremidade) e corrigidos para 13% de umidade. Através desse resultado foi feita a conversão para kg ha⁻¹.

9.7.9 Índice de área foliar

A área foliar foi medida utilizando o método destrutivo com auxílio de um planímetro eletrônico marca LICOR, modelo LI 3000. Considerando-se a área foliar de cada planta, foi calculado o índice de área foliar (IAF, $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$), pela equação: $\text{IAF} = \text{AF}/\text{S}$, em que AF é a área foliar verde da amostra (cm^2) e S a área do terreno ocupada pela amostra (cm^2). Considerou-se como área foliar verde, as folhas que apresentavam coloração verde em dois terços ou mais da lâmina foliar.

9.7.10 Área foliar específica

A partir da divisão entre a área foliar e a massa seca das folhas foi obtida a área foliar específica de cada planta em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$.

9.7.11 Teor de clorofila (Spad)

Foi medido com auxílio de um medidor portátil de clorofila, o clorofilômetro digital, modelo CFL 1030 (Falker, Porto Alegre, RS). A medição foi feita no terço médio da folha índice de oito plantas localizadas dentro da área útil de cada parcela (Malavolta et al., 1997).

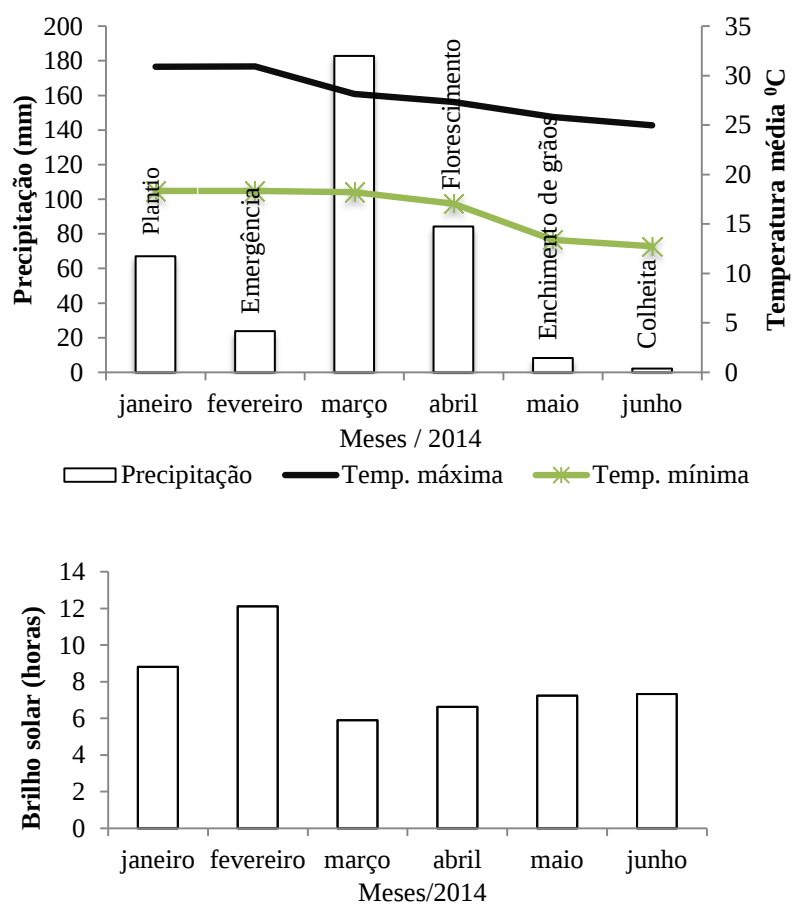
9.8 Análise dos dados

Por meio do auxílio do programa estatístico SAEG (SAEG, 2007), os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Os modelos para o fator quantitativo foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” ao nível de 5%, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQreg}/\text{SQtrat}$) e no comportamento do fenômeno em estudo.

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 Características climáticas

Na figura a seguir (Figura 12) é possível observar as características climáticas referentes às fases de desenvolvimento do milho. Apesar do baixo índice pluviométrico nos meses em que foi feito o plantio e em que ocorreu a emergência, a irrigação suplementar durante a fase vegetativa garantiu o bom desenvolvimento das plantas.



Fonte: Meteorologia Agrícola, DEA/UFV.

Figura 12: Informações meteorológicas referentes ao período de condução do experimento na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

No mês de março, onde as plantas estavam em franco desenvolvimento, foi registrado o maior índice de pluviométrico com boa distribuição das chuvas. O bom volume de chuvas

persistiu até as duas primeiras semanas de abril contribuindo para que as plantas chegassem ao florescimento com índice adequado de umidade no solo. Irrigações complementares garantiram o bom enchimento dos grãos no mês de maio.

As temperaturas máxima e mínima nos quatro primeiros meses (Figura 12) ficaram dentro do ideal para a cultura o que favoreceu o seu desenvolvimento. Nesses meses a temperatura máxima média ficou entre 31 e 25°C e a mínima média entre 17 e 18°C. De acordo com Miranda et al. (2013), quanto maior a diferença entre temperatura diurna e noturna melhor é o crescimento e desenvolvimento do milho sendo a faixa de temperatura diurna adequada para seu desenvolvimento de 25 a 30°C.

O brilho solar ou número de horas diárias sem nebulosidade foi maior nos dois primeiros meses com médias de 8,8 e 12 horas (Figura 12). Nos meses de março e abril a média ficou entre 6 e 6,6 horas diárias o que pode ser explicado pela alta incidência de chuvas que manteve o sol encoberto. Nos dois últimos meses houve uma tendência de estabilidade, provavelmente, devido à proximidade do período de inverno.

É importante ressaltar que por se tratar de uma espécie C_4 quanto maior a incidência de luz sobre as plantas maior é a capacidade de acumular matéria seca, ou seja, quanto maior a intensidade luminosa maior a produção de grãos desde que outros fatores como água e nutrientes não sejam limitados.

10.2 Características morfológicas

O direcionamento de plantio não afetou as características de altura de planta, altura de inserção da espiga principal, diâmetro de colmo e índice de espiga (Tabela 6). Entre as densidades populacionais apenas a altura de plantas e índice de espiga não apresentaram diferença significativa, as demais características foram influenciadas com índice de significância de 1% para altura de inserção de espiga e de 5% para diâmetro de colmo, pelo teste F. Observou-se efeito significativo para interação entre população de plantas e direcionamento de plantio sobre o diâmetro de colmo.

A diferença em altura de plantas foi pequena entre as diferentes densidades de plantas sendo a diferença entre a maior e a menor população de 6 cm com média geral de 2,24 m. Apesar de não ter sido estatisticamente significativa as maiores densidades apresentaram maior tendência

de crescimento. Esse comportamento ocorreu, provavelmente, devido a baixa intensidade de competição intra-específica por luz entre as plantas o que minimizou o efeito da dominância apical. Alvarez et al. (2006) e Demétrio et al. (2008), atribuíram à competição intra-específica por luz os incrementos significativos na altura de plantas com aumento da população e redução do espaçamento entre linhas.

Embora o direcionamento de plantio não tenha influenciado a altura de plantas (Tabela 6), o direcionamento NS apresentou uma média de altura de plantas 8 cm maior do que a orientação LO. Possivelmente essa diferença se deve a menor quantidade de luz que chega as plantas na orientação NS gerando maior grau de competição e, conseqüentemente, levando as plantas a prolongar sua estatura.

Diferentemente da altura de plantas, a altura de inserção de espiga foi afetada pela população de plantas e apresentou comportamento linear significativo crescente (Figura 13) com o aumento da população. Esse comportamento pode ser explicado pela associação entre o incremento populacional e o espaçamento reduzido entre linhas que faz com que a quantidade de luz que chega até as espigas seja menor nas maiores populações de plantas. Desta forma, quando em altas densidades populacionais, as plantas são obrigadas a elevar a altura de inserção da espiga principal à procura de maior luminosidade.

Tabela 6: Resumo da análise de variância para as características de altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga principal (AIE), diâmetro de colmo (DC) e índice de espiga (IE) na safrinha. Coimbra-MG, 2014

FV	GL	Quadrado médio			
		AP	AIE	DC	IE
Bloco	3	0,02694	0,00439	1,70901	0,00890
População	3	0,00601 ^{ns}	0,01505 [*]	21,2285 ^{**}	0,02620 ^{ns}
Direcionamento	1	0,03973 ^{ns}	0,00969 ^{ns}	2,04273 ^{ns}	0,00036 ^{ns}
Pop. X Direc.	3	0,00238 ^{ns}	0,00309 ^{ns}	2,43513 [*]	0,00701 ^{ns}
Resíduo	21	0,01680	0,00889	0,61980	0,00845
CV (%)		5,78	7,93	3,36	8,78

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

Esse resultado está de acordo com trabalho realizado por Neto et al. (2010), onde trabalhando com o híbrido AG-7088 em diferentes espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90) e diferentes populações de pl ha⁻¹ (30, 50 e 60 mil) na safrinha, observaram que independentemente

da densidade de plantas o menor espaçamento entre linhas foi o que apresentou a maior altura de inserção de espiga.

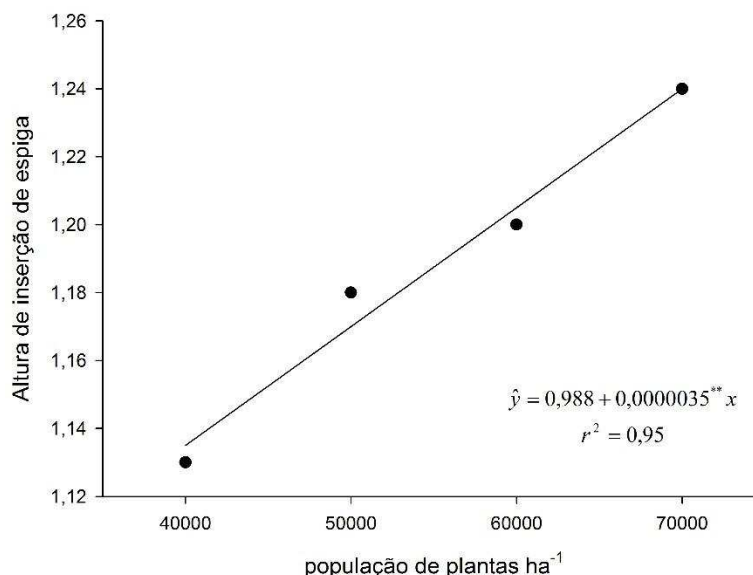


Figura 13: Altura média de inserção da espiga principal para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x) na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

Penariol et al. (2003), trabalhando com as cultivares AG-9010 e BR 473 em três densidades de semeadura 40, 60 e 80 mil pl ha⁻¹ e três espaçamentos entre linhas 40, 60 e 80 cm observaram crescimento na altura de inserção de espiga com o aumento do número de plantas por área.

Assim como na altura de plantas, a orientação NS proporcionou maior altura média de inserção da espiga principal. No entanto a diferença de 4 cm entre as duas orientações (1,17 m na orientação LO e 1,21m para orientação NS) não foi significativa (Tabela 6).

O desdobramento da interação entre população de plantas e direcionamento de plantio para diâmetro de colmo (Figura 14) evidenciou comportamento semelhante das plantas nos dois direcionamentos com redução significativa em ambos os direcionamentos à medida que se aumentou a densidade de plantas sendo a intensidade dessa redução maior nas plantas orientadas sentido LO as quais apresentaram um diâmetro médio de colmo de 21,21 mm na população de 70 mil plantas ha⁻¹.

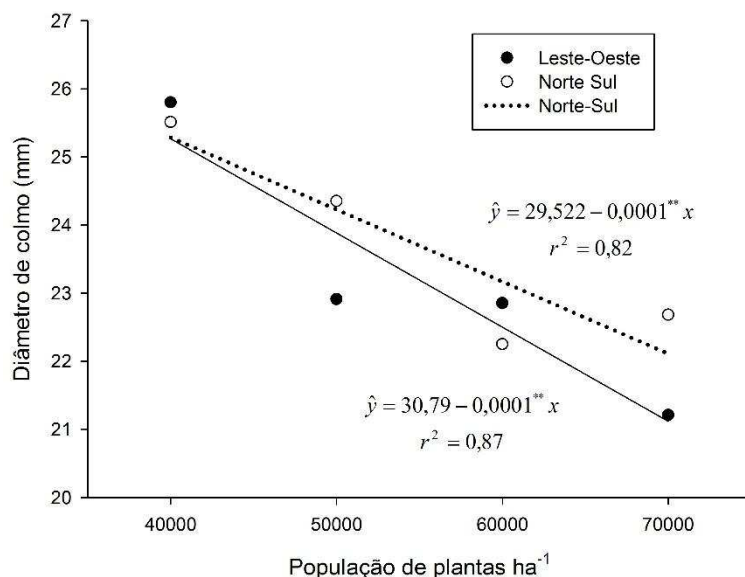


Figura 14: Diâmetro médio de colmo do híbrido DKB 390 VT PRO 2 para os respectivos direcionamentos de plantio em função da população de plantas (x) na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

Os maiores valores médios dos diâmetros nas menores populações pode ser atribuído ao menor número de plantas por metro linear o que diminui o grau de competição entre as plantas por luz, água e nutrientes. De acordo com Gross et al. (2006), o aumento na densidade de plantas interfere negativamente na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, principalmente no colmo, como consequência da competição pelos recursos do meio.

Os valores médios do desdobramento do direcionamento de plantio dentro da população de plantas são apresentados na tabela 7. Foi observado que os valores foram estatisticamente diferentes apenas nas populações de 50 e 70 mil pl ha⁻¹ com maiores diâmetros apresentados pelas plantas direcionadas no sentido NS.

Tabela 7: Valores médios de diâmetro de colmo para as respectivas combinações de população de plantas e direcionamentos de plantio do híbrido DKB VT PRO 2 na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

População/ha	Direcionamento	
	Leste-Oeste	Norte-Sul
40.000	25,80 A	25,51 A
50.000	22,91 B	24,35 A
60.000	22,85 A	22,25 A
70.000	21,21 B	22,68 A

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste tukey.

O número de espigas por plantas (IE) não foi afetado pelo aumento na população de plantas (Tabela 6) sendo a média geral de 1,05 espigas por plantas indicando que em todas as populações as plantas deram origem, a pelo menos, uma espiga.

De acordo com Ceccon et al. (2013), o número de espiga por plantas próximo a 1 demonstra bom ajuste da população de plantas e das condições ambientais, como a luz. No presente experimento não se obteve, na média, menos de uma espiga por planta sendo que a população de 70 mil pl ha⁻¹ apresentou índice de espiga exatamente igual a 1 evidenciando o perfeito ajuste de número de plantas por área ao ambiente de cultivo. Além disso, esses valores demonstram que a cultivar utilizada possui boa prolificidade e capacidade de suportar altas populações de plantas.

10.3 Características agronômicas

A Tabela 8 apresenta o resumo da análise variância para as características de peso médio de espiga, peso médio de 100 grãos, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e produtividade. Nota-se efeito significativo apenas do fator população de plantas para as características número médio de grãos por fileira e produtividade.

Tabela 8: Resumo da análise de variância para as características de peso médio de espiga (PE), peso médio de 100 grãos (P100), Número médio de grãos por fileira (NGF), número médio de fileiras por espiga (NFE) e produtividade de grãos (PROD.) na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

FV	GL	Quadrado médio				
		PE	P100	NGF	NFE	PROD.
Bloco	3	0,00081	1,14951	9,63069	0,34570	4.745.8990
População	3	0,00083 ^{ns}	2,82748 ^{ns}	19,4679 ^{**}	0,52279 ^{ns}	15.760.270 ^{**}
Direcionamento	3	0,00019 ^{ns}	6,31078 ^{ns}	4,78565 ^{ns}	0,86133 ^{ns}	4.542.958 ^{ns}
Pop. x Direcion.	1	0,00029 ^{ns}	5,37689 ^{ns}	1,07992 ^{ns}	0,10612 ^{ns}	774.086,8 ^{ns}
Resíduo	21	0,00048	7,02638	1,60279	0,33529	2.101.249
CV (%)	21	9,98	7,91	3,47	3,30	12,88

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}: não significativo.

O número médio de grãos por fileira apresentou redução significativa com aumento da densidade das plantas (Figura 15). A população de 70 mil pl ha⁻¹ apresentou número médio de grãos por fileira de 34,4, cerca de três grãos a menos que a população de 40 mil plantas que apresentou número médio de 37,9 grãos. Essa diferença pode ser atribuída a maior competição

entre as plantas nas maiores populações resultando em espigas menores e com menor número de grãos.

Contrariamente ao encontrado neste trabalho, Takasu et al. (2014), avaliando o efeito de quatro densidades de semeadura e dois espaçamentos entre linhas sobre características do híbrido DKB 390 YG[®] não observaram influência da densidade de plantas sobre o número de grãos por espiga e sobre o número de grãos por fileira. Por outro lado, Farinelli et al. (2012), verificaram que o aumento na população de plantas reduziu o número de grãos por espiga o que colabora com o resultado do presente trabalho certo que o número de fileiras por espiga não foi afetado pela população de plantas (Tabela 8) nos levando a concluir que a redução do número de grãos por fileira resultará em redução no número de grãos por espiga.

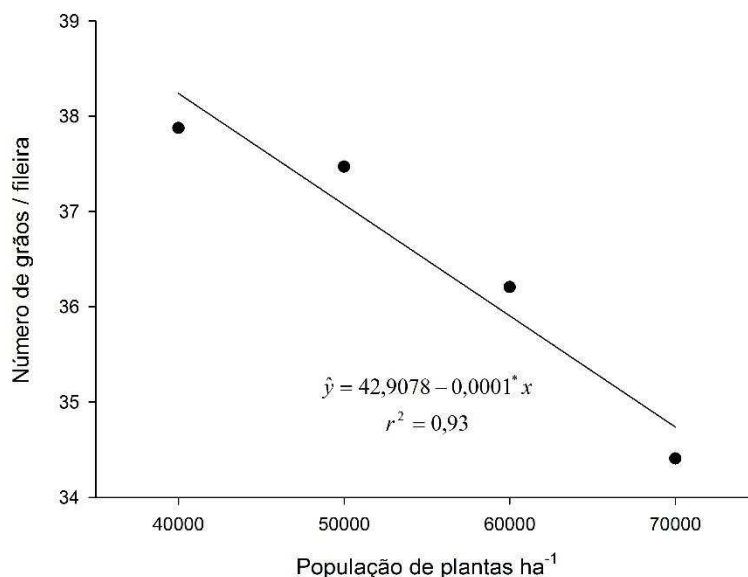


Figura 15: Número médio de grãos por fileira para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x) na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

A não resposta do número de fileiras por espiga ao aumento populacional de plantas está relacionada ao fato de que o potencial produtivo é definido ainda nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, quando ocorre a diferenciação floral e a formação dos primórdios da espiga, não havendo ainda competição significativa entre as plantas (MARCHÃO et al., 2005). Já o número de grãos por fileira é afetado, principalmente, na fase de enchimento de grãos onde fatores que propiciem estresse hídrico ou nutricional às plantas reduzem consideravelmente o número de grãos.

Apesar da diminuição do número de grãos por fileira com aumento da população de plantas, o peso médio de espiga não foi afetado (Tabela 8) e apresentou um valor médio de 220 gramas/espiga. Tal comportamento pode ser explicado pelo bom desenvolvimento e enchimento dos grãos que também não diferiram quanto ao peso de 100 grãos entre as diferentes densidades de plantas (Tabela 8).

O peso médio de 100 grãos apresentou valor médio de 33,5 gramas demonstrando que o bom nível de fertilidade do solo (Tabela 5) e a suplementação hídrica foram suficientes para garantir um bom desenvolvimento e enchimento dos grãos. Esse resultado está de acordo com Penariol et al. (2003) que não observaram influência da densidade de plantas sobre o peso de 100 grãos da variedade BR 473 e do híbrido AG – 9010. Mendes et al. (2011), relatam que variações na densidade de semeadura pode não alterar o peso de 1.000 grãos em híbridos de milho modernos. Esse fato pode ser atribuído às características dos genótipos modernos, os quais possuem melhor arquitetura de planta resultando em maior estabilidade de produção quando submetidos a maiores densidades de plantas (SANGOI et al., 2002).

A boa associação entre a parte nutricional, fatores ambientais e cultivar resultou em uma média de produtividade de 11.251 kg ha⁻¹ sendo que a população de 70 mil pl ha⁻¹ foi a que apresentou maior produtividade com 12.393 kg ha⁻¹. Esses valores podem ser considerados excelentes, pois estão bem acima do levantamento referente ao cultivo de milho safrinha de alta produtividade feito por Cruz et al. (2011), que ficou entre 5 e 7 mil kg ha⁻¹.

O efeito linear crescente significativo da produtividade em relação ao aumento populacional (Figura 16) pode ser atribuída às características do híbrido utilizado que otimizaram a interceptação da luz gerando efeito positivo na produção de grãos em altas densidades sem haver limitações de água e nutrientes (STACCIARINI et al., 2010). Quando em baixas densidades de plantas a eficiência na interceptação da radiação solar em determinada área é reduzida certo que a produção por planta é aumentada, mas a produção por área é reduzida (PEIXOTO, 2013).

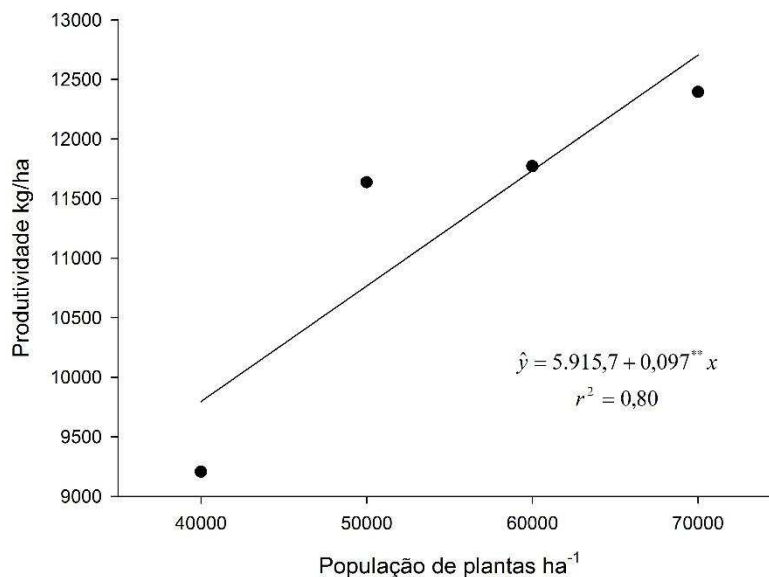


Figura 16: Produtividade de grãos para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x) na safrinha. Coimbra-MG, 2014.

Também é relevante mencionar que as altas doses de nitrogênio aplicadas em cobertura como a que foi aplicada nesse experimento (150 kg ha⁻¹), elevam o teor de N foliar o qual é precursor da molécula de clorofila, pigmento essencial para absorção de luz e atividade fotossintética (AMARAL FILHO et al., 2005).

Apesar de não ter apresentado diferença estatística entre os direcionamentos de plantio (Tabela 8), o direcionamento de plantio NS atingiu a produtividade média de 11.627 kg ha⁻¹ produzindo 754 kg a mais do que o direcionamento LO. Esperava-se maior produtividade no direcionamento LO, no entanto, na safrinha não há tantos problemas relacionados à nebulosidade devido ao baixo índice de pluviosidade, ao contrário do que ocorre com a safra normal. Logo, a radiação solar não foi um fator limitante para as plantas durante o experimento não sendo estranha a maior produtividade das plantas orientadas sentido NS.

Outra possibilidade seria a capacidade de adaptação das plantas ao ambiente de cultivo, como há ampla incidência solar nesse período, plantas orientadas sentido NS podem ter utilizado artifícios para modificar o ângulo foliar e melhor posicionar suas folhas para captação da radiação solar incidente.

10.4 Características Fisiológicas

Quanto às características fisiológicas nota-se comportamento diferenciado apenas para o índice de área foliar (IAF) frente à população de plantas, sendo que teor de clorofila (Spad) e área foliar específica (AFE) não foram influenciados por esse fator (Tabela 9). Novamente não houve influência do fator direcionamento de plantio e não houve interação significativa entre população e direcionamento sobre as características avaliadas.

Tabela 9: Resumo da análise de variância para as características de índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e teor de clorofila (Spad). Coimbra-MG, 2014.

FV	GL	Quadrados médios		
		IAF	AFE	Spad
Bloco	3	0,00869	21.593,45	18,69904
População	3	0,31721**	331.826,2 ^{ns}	4,55979 ^{ns}
Direcionamento	3	0,00824 ^{ns}	1.484,444 ^{ns}	0,01620 ^{ns}
Pop x Direcion.	1	0,06346 ^{ns}	173.376,6 ^{ns}	13,3915 ^{ns}
Resíduo	21	0,03240	118.724,3	7,80619
CV (%)	21	14,5	15,05	4,79

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

O IAF foi afetado significativamente de forma linear crescente pela população de plantas (Figura 18) sendo o IAF médio de 4,96 cm² cm⁻². Este valor está dentro do desejável para a cultura que de acordo com Lauer et al. (2004), deve estar entre 4 e 5 cm² de folha cm⁻² de solo no florescimento para otimizar o acúmulo de matéria seca pelas plantas.

Nota-se que o aumento do número de plantas por área traz como um dos principais benefícios à elevação do IAF, o qual influenciará no aproveitamento da luz pela cultura. Logo, a prática da escolha correta da população de plantas é uma das práticas de manejo mais importante para otimizar o rendimento de grãos de milho (ARGENTA et al., 2001).

No presente experimento o IAF observado na população de 70 mil pl ha⁻¹ foi cerca de 1,4 vezes maior do que o da população de 40 mil plantas sendo a eficiência desse aumento comprovada pelas 3 toneladas de grãos a mais produzidas pela população de 70 mil pl ha⁻¹.

Sangoi et al. (2010), também observaram incremento linear do IAF com aumento da densidade populacional. Esse comportamento pode ser considerado normal na cultura do milho

uma vez que a espécie possui baixa plasticidade vegetativa sendo sua área foliar pouco afetada pela densidade de plantas (STRIEDER et al., 2007; PIANA et al., 2008).

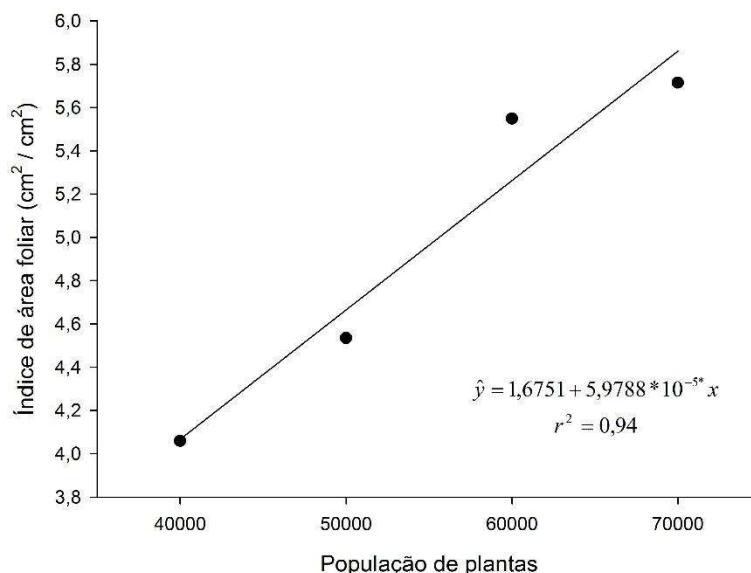


Figura 18: Índice de área foliar para o híbrido DKB 390 VT PRO 2 em função da população de plantas (x) na safrinha. Coimbra - MG, 2014.

A orientação NS apresentou maior IAF (5,03) do que a orientação LO (4,90), porém, não foi detectada diferença estatística. Certamente essa diferença pode ser utilizada como base para explicação da maior produtividade encontrada no direcionamento NS.

A área foliar específica (AFE) não foi afetada significativamente pela população de plantas (Figura 19) e alcançou o valor médio de 42,63 cm² g⁻¹. Entretanto, observou-se uma tendência de diminuição dessa variável com aumento da população de plantas.

Esse comportamento, provavelmente se deve às boas condições ambientais e nutricionais durante a condução do experimento, principalmente de radiação solar que foi em quantidade suficiente para não proporcionar competição entre as plantas fazendo com que os fotoassimilados gerados nas folhas não fossem redirecionados para estruturas de crescimento como o caule.

Isso fez com que o acúmulo de matéria seca nas folhas fosse semelhante entre as populações de plantas variando de 218,74 g na menor população para 221,03 g na população de 70 mil pl ha⁻¹. Logo, conclui-se que essa tendência de redução na AFE é devido à redução da área foliar com aumento na densidade de plantas.

Assim como a AFE o teor de clorofila não foi afetado pelas diferentes populações de plantas adotadas no experimento (Tabela 9). Novamente, os valores entre as diferentes populações ficaram bem próximos sendo a média geral de 58,35 unidades spad com pequena tendência de redução com a elevação da população.

Segundo Hurtado et al. (2009), o teor de clorofila na folha tem alta correlação com a concentração de nitrogênio na planta. Logo não é de se estranhar a tendência de redução do teor de clorofila com aumento da população de plantas certo que a adubação de cobertura foi a mesma para todas as parcelas experimentais acarretando em maior competição e menor acúmulo de N nas maiores populações.

Em relação aos direcionamentos de plantio, ambos apresentaram valores bem próximos 58,38 e 58,33 para a orientação LO e NS, respectivamente confirmando a boa incidência de radiação solar sobre a área experimental.

11 CONCLUSÃO

O aumento na população de plantas na segunda safra implica em aumento na altura de plantas e de inserção da espiga principal e na redução do diâmetro do colmo; redução esta que se torna mais acentuada quando o plantio é feito no sentido Leste-Oeste. O índice de área foliar e a produtividade também são aumentados sendo a maior produtividade alcançada na população de 70.000 pl ha⁻¹.

O direcionamento de plantio não influencia as características das plantas.

12 CONCLUSÃO GERAL

O aumento na população de plantas altera as características das plantas resultando em maiores produtividades. Em condições climáticas e/ou nutricionais inadequadas o aumento de plantas por área acarreta em queda de produtividade.

O direcionamento de plantio não afeta as características das plantas.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.402-408, 2006.

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**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

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

CECCON, G.; SANTOS, A dos.; MAKINO, P.A. et al. Épocas de semeadura de milho safrinha solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. In: **XII Seminário Nacional Milho Safrinha**, Dourados-MS, Novembro 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Séries históricas. 2012/13. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 06/07/2014.

CRUZ, J.C.; SILVA, G.H da; FILHO, I.A.P.; NETO, M.M.G.; MAGALHÃES, P.C.; Sistema de Produção de Milho Safrinha de Alta Produtividade: Safras 2008 e 2009, **Circular Técnica**, EMBRAPA, Sete Lagoas, 2011, 10p .

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

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

GROSS, M. R.; PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.387-393, 2006.

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V. de; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.300-309, 2009.

LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; BERTRAM, M.G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, v.96, p.1459-1463, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1997. 319p.

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

MENDES, M. C.; ROSSI, E. S.; FARIA, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; ROSÁRIO, J. G. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de semeadura na cultura do milho no Centro-sul do Paraná. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 176-184, 2011.

MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C.dos.; GALVÃO, J.C.C. et al. **Guia técnico para produção de milho**., 2^o edição, Viçosa-MG, 2013, 53p.

NETO, O.A; GUERREIRO, J. C.; TAMBARA, S.V.B. Influências de densidades populacionais e dos espaçamentos entre linhas nos componentes produtivos e de desenvolvimento de plantas de milho safrinha. **RETEC Revista de Tecnologias**, v.3, n.1, p. 27-31, 2010.

PEIXOTO, C. Espaçamento e população de plantas, 2013. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/>> Acesso em: 17 de julho de 2014.

PENARIOL, G.F.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Sistemas de produção da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm>. Acesso em: 09 out. 2013.

PEREIRA, J.L.A.R.; VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D.; PEREIRA, A.M.A.R.; LIMA, T.G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha, **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, maio/jun., 2009.

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

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

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; PICOLI JUNIOR, G.J.; VARGAS, V.P.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Perfilhamento e prolificidade como características

estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010.

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

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

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

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOESI, R.J; ARFI, O.; HAGAI, K.H. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Revista Agrarian**, Dourados, v.7, n.23, p.34-41, 2014.

