

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E DA DENSIDADE DE PLANTIO NO DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MILHO

SÉRGIO GERALDO DE RESENDE¹, RENZO GARCIA VON PINHO², RAMON CORREA DE VASCONCELOS³

¹Eng. Agrônomo, mestrando em Fitotecnia da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG. E.mail: sgresende@bol.com.br (autor para correspondência).

²Eng. Agrônomo, DSc., Professor do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG. E.mail: renzo@ufla.br

³Eng. Agrônomo, doutorando em Fitotecnia da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP.37200-000 Lavras, MG. E.mail: ramonagm@ufla.br.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.3, p.34-42, 2003

RESUMO - Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produção de milho, a escolha da densidade ideal de sementeira e do melhor arranjo de plantas na área estão entre as mais importantes. Este trabalho teve por objetivo verificar o comportamento de cultivares de milho submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de sementeira em relação à produção de grãos. Os experimentos foram conduzidos nas safras agrícolas de 2000/01 e 2001/02, em área experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Em cada ano, foram instalados três experimentos, adotando-se os espaçamentos entre linhas de 45 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento conduzido, foram avaliadas três densidades de sementeira, 55 mil, 70 mil e 90 mil plantas ha⁻¹ e dez cultivares de milho. Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 10 x 3, com três repetições, sendo as dez cultivares e as três densidades de sementeira. Os dados obtidos foram submetidos inicialmente à análise de variância individual. Posteriormente, foi realizada análise de variância conjunta, envolvendo os três experimentos em cada ano e outra considerando simultaneamente todos os experimentos. O comportamento médio das cultivares nas diferentes densidades e espaçamentos não é coincidente ao longo dos anos, dependendo das condições climáticas prevalentes no ano agrícola. Todas as cultivares, com exceção da UFLA-2, que possui comportamento inferior às demais, apresentam produtividade de grãos semelhantes, independentemente do espaçamento, densidade e ano agrícola. O espaçamento entre plantas que proporciona maior produtividade de grãos depende do ano agrícola. A melhor densidade de plantas para obtenção de maiores produtividades de grãos depende das condições climáticas do ano agrícola, podendo, em alguns anos, não serem detectadas diferenças na produtividade de grãos em função da variação da densidade de 55 a 90 mil plantas ha⁻¹ e em outros anos, constatar incremento na produção com o aumento na densidade de plantas.

Palavras-chaves: *Zea mays* L, densidade de sementeira, cultivares, milho híbrido.

INFLUENCE OF INTERROW SPACING AND PLANT DENSITIES ON THE PERFORMANCE OF CORN CULTIVARS

ABSTRACT - Among the practices and techniques employed for obtaining greater corn yield, the choice of the ideal sowing density and the best arrangement of plants in the area are

among the most important. This work was designed to verify the behavior of corn cultivars submitted to different interrow spacing and sowing density relative to grain yield. The experiments were conducted in the agricultural crops of 2000/2001 and 2001/2002 in an experimental area of the Department of Agriculture (DAG) of the Universidade Federal de Lavras. Each year, three experiments were established, adopting, respectively, the interrow spacing of 45, 70 and 90 cm. To each experiment conducted, three sowing densities were evaluated: 55 thousand, 70 thousand and 90 thousand plants ha⁻¹ and 10 corn cultivars. Each experiment was conducted under the experimental randomized block design in a 10 x 3 factorial scheme with three replicates, ten being cultivars and three sowing densities. The data obtained were submitted to a single variance analysis per experiment initially. Afterwards, joint variance analyses were performed, one involving the three experiments from each year and the other taking into account all the experiments at once. The performance of the cultivars at the different densities and spacing is not coincident along the years, depending on the climatic conditions prevailing in the agricultural years concerned. With the exception of the cultivar UFLA-2, all the cultivars presented similar performance for grain yield regardless of spacing, density or agricultural year. The 70 cm spacing provided a greater yield in 2000/01 regardless of densities or corn cultivars utilized. But in 2001/02, there were no differences in spacing. The influence of densities at grain yield depends on agricultural years.

Key words: *Zea mays* L, sowing density, cultivars, hybrid corn

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produção de milho, a escolha da densidade ideal de semeadura é uma das mais importantes (Almeida *et al.*, 2000). Em função disso é que se procura estudar o comportamento da cultura do milho em diferentes densidades e diferentes espaçamentos, a fim de determinar o arranjo de plantas que proporciona melhor produtividade de grãos. De modo geral, a baixa produtividade das lavouras de milho, no Brasil, é devido a uma densidade não adequada de plantas por unidade de área, fatores ligados à fertilidade dos solos e ao arranjo de plantas na área (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

O contínuo progresso no melhoramento genético da cultura do milho tem permitido o desenvolvimento e a comercialização de cultivares com maior potencial de produção, de ciclo variado, arquitetura mais ereta e porte baixo. Essas cultivares com maior resistência ao acamamento e quebraimento de plantas facilitam a sucessão com outras culturas e a mecanização, permanecem menor tempo sujeitos às condições adversas no campo e

permitem a obtenção de melhores preços, pela colheita antecipada (Argenta *et al.*, 2001).

Dentre os diversos fatores que influenciam na produtividade da cultura, a busca pelo melhor arranjo na distribuição das plantas de milho é de grande importância. Segundo Sangoi (2000), plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores. A variação do espaçamento entre linhas e entre plantas na linha proporciona diferentes arranjos de plantas.

Ao definir o melhor arranjo das plantas na área, a escolha da cultivar também deve ser considerada. As cultivares tardias, de porte alto, que produzem muita massa, geralmente não se beneficiam de menores espaçamentos. Pelo grande desenvolvimento vegetativo, logo no início do ciclo, podem sombrear o espaço entre fileiras. Já os híbridos de ciclo menor, com pouco desenvolvimento de massa, tardam a fechar os espaços entre as linhas e, muitas vezes, nem conseguem sombrear toda a área. Plantas de milho com estas características são as que mais se beneficiam do uso de menores espaçamentos (Mundstock, 1978).

A população ideal de plantas está relacionada com a finalidade da cultura (grãos ou forragem) e com as características da cultivar (Oliveira, 1984). A definição da população ótima para determinada cultivar seria aquela com menor número de plantas por área, capaz de proporcionar maior produção, em um solo com determinado nível de fertilidade (Viana *et al.*, 1983). Para a produção de forragem, o estabelecimento da população ideal de plantas deve proporcionar alta produção de matéria seca por hectare (Fonseca, 2000).

O aumento do número de plantas por unidade de área pode ser obtido pela redução do espaçamento entre linhas. Essa redução pode ser adequada, devido à arquitetura das plantas dos híbridos modernos, que permitem o plantio mais adensado, em virtude de os mesmos produzirem menor quantidade de massa, permitindo melhor aproveitamento de luz e água (Argenta *et al.*, 2001).

Além dos efeitos observados na cultura do milho, a redução do espaçamento entre linhas pode aumentar sua competitividade com as plantas daninhas, a partir da maior quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura (Teasdale, 1995).

Mundstock (1978) verificou que os efeitos benéficos dos menores espaçamentos foram ocasionados, possivelmente, pelo melhor aproveitamento de luz no período de enchimento de grãos, o que concorreu para o maior peso individual de espigas.

O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento de cultivares de milho submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura.

Material e Métodos

Foram utilizadas dez cultivares de milho de diferentes tipos, ciclo, tipo de grãos e provenientes de diferentes instituições (Tabela 1). A escolha das cultivares foi em função de as mesmas serem adaptadas à região para o cultivo de milho no período da primavera/verão.

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2000/01 e 2001/02, em área experimental do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em solo classificado como latossolo vermelho escuro (LE), textura argilosa e de declividade de 9%. O município de Lavras está situado a 920 m de altitude, a 21°14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste (FAO, 1985). O clima da região é do tipo mesotérmico de inverno seco (Cwb). Apresenta temperatura média anual de 19,3°C e precipitação média anual de 1.411 mm.

Em cada ano, foram instalados três experimentos em áreas contíguas, adotando-se os espaçamentos entre linhas de 45 cm, 70 cm e 90 cm. Para cada experimento, foram avaliadas três densidades de semeadura, 55 mil, 70 mil e 90 mil plantas ha⁻¹ e dez cultivares de milho.

Para todos os experimentos foram utilizados 450 kg ha⁻¹ da fórmula 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O) mais 0,5% de Zn. Na adubação de cobertura foram utilizados 160 kg de N ha⁻¹, divididos em duas adubações iguais, sendo a primeira quando as plantas estavam com 4-6 folhas e a segunda, quando as plantas estavam com 8-9 folhas completamente desenvolvidas.

Cada experimento foi conduzido sob o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 10 x 3, com três repetições, sendo as dez cultivares e as três densidades de semeadura. A parcela experimental foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento e a área útil foi as duas linhas centrais, onde foram coletados todos os dados experimentais.

Os dados obtidos foram submetidos inicialmente à análise de variância individual por experimento. A princípio, foram realizados os testes de aditividade dos dados, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Não havendo nenhuma restrição às pressuposições da análise da

TABELA 1. Características das dez cultivares de milho utilizadas nos experimentos.

Cultivar	Tipo de cultivar	Ciclo	Tipo grão	Instituição
UFLA 1	Híbrido simples	Precoce	Semiduro	UFLA
UFLA 2	Híbrido triplo	Precoce	Semiduro	UFLA
AG 8080	Híbrido triplo	Precoce	Semiduro	Agrocerec
AG 1051	Híbrido duplo	Precoce	Dentado	Agrocerec
DKB 911	Híbrido simples	Superprecoce	Semiduro	Dekalb
DKB 929	Híbrido simples	Superprecoce	Duro	Dekalb
TORK	Híbrido simples	Precoce	Duro	Singenta
FORT	Híbrido simples	Precoce	Semiduro	Singenta
D 8420	Híbrido simples	Precoce	Duro	Dow
D 766	Híbrido simples	Superprecoce	Semiduro	Dow

variância, essas foram realizadas de acordo com os respectivos modelos estatísticos. Posteriormente, foi realizada análise da variância conjunta, envolvendo os três experimentos em cada ano e outra considerando simultaneamente todos os experimentos conduzidos.

Todas as análises, incluindo estudo de regressão para a produtividade de grãos em função dos diferentes espaçamentos e densidades, foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Pela análise de variância individual, constatou-se efeito significativo para cultivares nos espaçamentos de 70 cm e 90 cm, no ano de 2000/01 e também para o efeito de densidades, no ano de 2001/02. Para a interação cultivares x densidades, foi constatado efeito significativo ($P \leq 0,01$) para a produtividade de grãos no espaçamento de 90 cm, no ano de 2000/01. A precisão experimental

avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) foi considerada boa, uma vez que teve valores inferiores a 24 %.

Na análise conjunta envolvendo os três experimentos em cada ano, constatou-se efeito significativo ($P \leq 0,01$) para as fontes de variação espaçamentos, cultivares e interações espaçamentos x cultivares e espaçamentos x densidades x cultivares. No ano agrícola de 2001/02, a produtividade de grãos foi influenciada exclusivamente pelas densidades de semeadura. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (C.V.) variou entre os anos agrícolas, com valores de C.V. sempre inferiores a 19,5%.

Quanto à análise conjunta envolvendo todos os experimentos, a produtividade de grãos foi influenciada pelo efeito de ano, espaçamentos, densidades, cultivares e interações anos x espaçamentos e anos x densidades. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi considerada boa, com coeficiente de variação igual a 17,84%.

Independentemente das densidades de plantas por área, dos espaçamentos utilizados e das

cultivares, os experimentos conduzidos no ano de 2001/02 proporcionaram maior produção de grãos, com média de 10.127 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Esses resultados ocorreram devido principalmente à época de semeadura utilizada nos dois anos. A instalação dos experimentos no ano agrícola de 2000/01 foi em dezembro, enquanto que a dos experimentos de 2001/02 foi em outubro. Esses resultados concordam com a afirmação de Ribeiro (1998) de que atrasos na época de semeadura, a partir de 15 de novembro, promovem redução diária na produtividade de grãos, em média de 28 kg ha⁻¹. Souza (1989), também relatou redução na produção de grãos entre 16 e 38 kg ha⁻¹, por dia de atraso na época de semeadura, a partir de meados de novembro.

TABELA 2. Resultados médios da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das cultivares em função de dois anos de experimentação.

Cultivares	2000/01	2001/02	Média
UFLA-2	6.572	9.596	8.084 b
DKB 929	8.274	9.874	9.074 a
UFLA-1	8.367	9.780	9.074 a
DKB 911	8.548	10.428	9.488 a
D-766	8.572	10.794	9.683 a
Fort	8.811	9.815	9.313 a
AG 1051	8.864	10.206	9.535 a
D 8420	8.923	10.090	9.507 a
Tork	9.162	10.336	9.749 a
AG 8080	9.237	10.355	9.796 a
Média	8.551 B	10.127 A	9.339

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott. Na horizontal, médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Tanto em 2000/01 quanto em 2001/02, as cultivares apresentaram comportamento semelhante em relação à produtividade de grãos. Na média dos dois anos, com exceção da cultivar UFLA-2, que apresentou comportamento inferior às demais, todas as cultivares foram semelhantes.

França *et al.* (1990), estudando o comportamento de três cultivares precoces em quatro populações (40, 60, 80 e 100 mil plantas ha⁻¹), em condições irrigadas, encontraram interação significativa entre cultivares x populações para o rendimento de grãos, verificando, assim, que a resposta ao aumento da população de plantas depende da cultivar utilizada.

No ano de 2000/01, o espaçamento de 70 cm proporcionou maior produção de grãos, sendo, em média, 17% superior ao espaçamento de 90 cm e 33% superior ao de 45 cm (Tabela 3). Não foram verificadas diferenças na produtividade de grãos entre os espaçamentos no ano agrícola de 2001/02.

No período de condução dos experimentos, a precipitação foi de 915 mm em 2000/01 e de 1.366 mm, em 2001/02. Esses valores satisfazem as necessidades do milho, pois, de acordo com Fancelli (2000), o mínimo de 350-500 mm de precipitação bem distribuído durante os estádios fenológicos, é suficiente para a obtenção de boas produções de grãos.

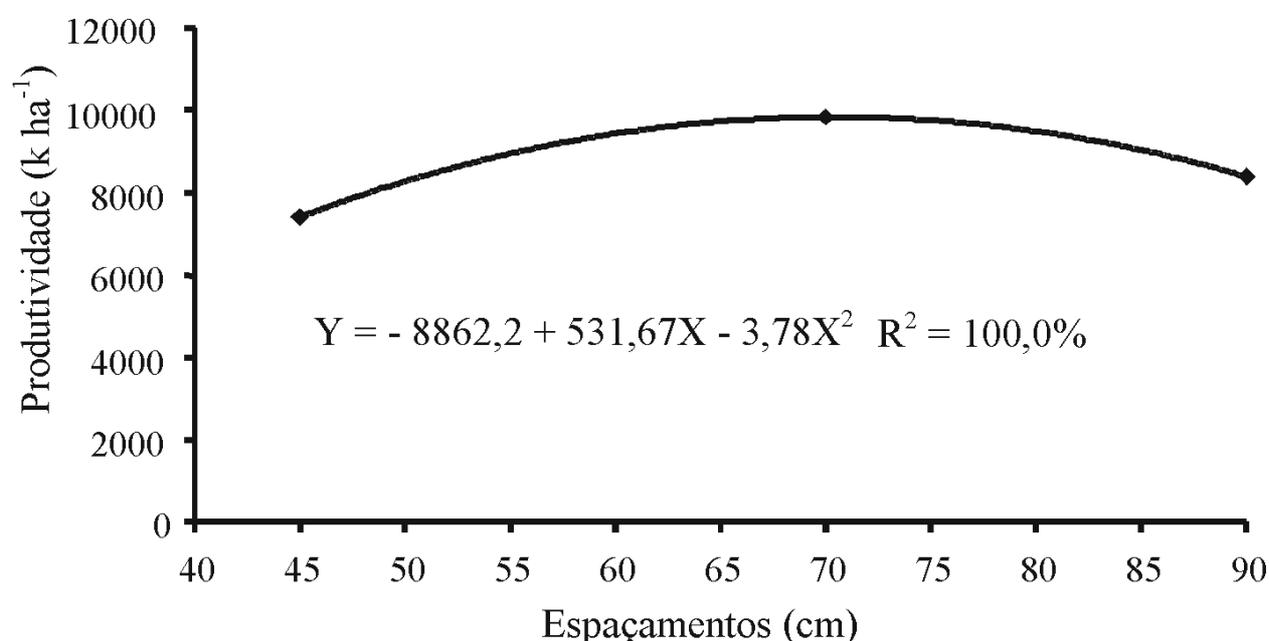
A representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos, em função dos espaçamentos entre fileiras, no ano de 2000/01, encontra-se na Figura 1. No ano de 2001/02, como as médias dos três espaçamentos não diferenciam entre si, não foi realizado o estudo de regressão. Foi encontrada relação quadrática altamente significativa entre a produtividade de grãos e os espaçamentos utilizados. O espaçamento de 70 cm entre fileiras foi o que proporcionou a maior produtividade de grãos.

Esses resultados são diferentes dos obtidos por Argenta (2001), que obteve redução linear na

TABELA 3. Resultados médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função dos três espaçamentos e dos dois anos de experimentação.

Espaçamentos	2000/01	2001/02	Média
45 cm	7.414 c	10.385 a	8.900
70 cm	9.846 a	10.093 a	9.970
90 cm	8.392 b	9.904 a	9.148

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

**FIGURA 1.** Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos, em função dos espaçamentos, no ano agrícola de 2000/01.

produção de grãos com o aumento do espaçamento de 40 cm entre linhas para 100 cm, com a cultivar C 901. Para a cultivar XL 212, o mesmo autor não encontrou resposta quanto à redução do espaçamento, indicando haver diferenças no comportamento das cultivares para esse fator.

A presença da interação anos x densidades indica que o efeito de densidades sobre a produção de grãos dependerá das condições climáticas

prevalecentes durante o desenvolvimento das plantas, que é influenciado diretamente pelo ano de cultivo. Em 2000/01, não foram constatadas diferenças para a produtividade de grãos entre as três densidades (Tabela 4). No ano de 2001/02, a densidade de 90 mil plantas ha^{-1} proporcionou a maior produção de grãos, 10.994 kg ha^{-1} , seguida pela de 70 e de 55 mil plantas ha^{-1} , que apresentaram diferenças entre si.

A representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos, em função das densidades de plantas, considerando o ano agrícola de 2001/02, encontra-se na Figura 2. Ocorreu aumento linear na produtividade de grãos com o aumento na densidade de semeadura. Para cada

aumento de mil plantas por hectare, ocorreu acréscimo de 50,7 kg ha⁻¹ na produção de grãos. O coeficiente de determinação (R²) foi de 98,03%, indicando que a maioria da variação observada foi explicada pela regressão linear.

TABELA 4. Resultados médios de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em função das três densidades de plantas e dos dois anos de experimentação.

Densidades	2000/01	2001/02	Média
55 mil	8.367 a	9.110 c	8.738
70 mil	8.782 a	10.188 b	9.485
90 mil	8.504 a	10.994 a	9.749

Médias com mesma letra minúscula, na vertical, pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

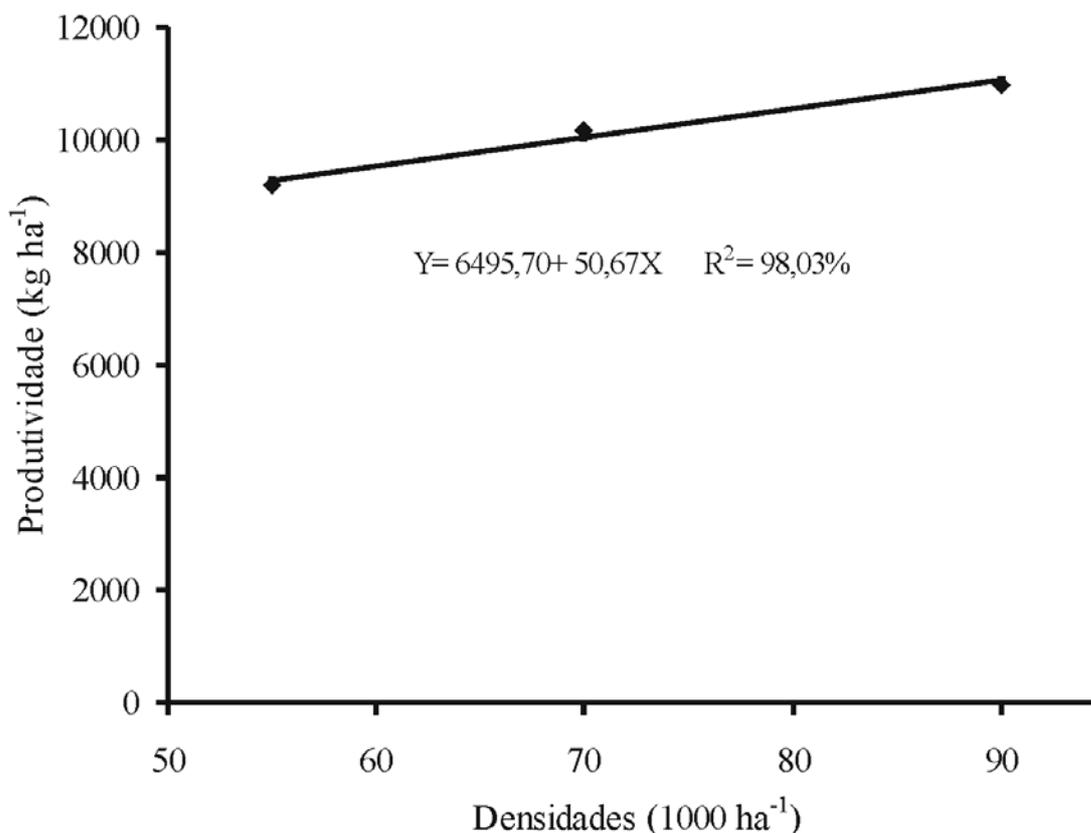


FIGURA 2. Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos, em função das densidades, no ano agrícola de 2001/02.

Almeida (2000) não obteve aumento na produção de grãos com o aumento da densidade de 57 mil plantas ha⁻¹ para 82 mil plantas ha⁻¹, sendo justificado pela ocorrência de déficit hídrico na época de condução dos experimentos. Por outro lado, Penariol *et al.* (2002), utilizando densidades de 40, 60 e 80 mil plantas ha⁻¹ também obtiveram aumentos lineares na produtividade de grãos com o aumento na densidade de semeadura.

Conclusões

O comportamento das cultivares nas diferentes densidades e espaçamentos não é coincidente ao longo dos anos, dependendo das condições climáticas prevaletentes no ano agrícola.

Todas as cultivares, com exceção da UFLA-2, que possui comportamento inferior às demais, apresentam produtividade de grãos semelhantes, independentemente do espaçamento, densidade e ano agrícola.

O espaçamento entre linhas que proporciona maior produtividade de grãos depende do ano agrícola.

A melhor densidade de plantas para a obtenção de maiores produtividades de grãos depende das condições climáticas do ano agrícola, podendo em alguns anos, não serem detectados diferenças na produtividade de grãos em função da variação da densidade de 55 a 90 mil plantas ha⁻¹ e em outros anos, constatar incremento na produção com o aumento na densidade de plantas.

Literatura Citada

ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIGDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1. p. 23 - 29, jan./mar. 2000.

ARGENTA, G. S.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; NETO, V. B. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 1 - 8, jan. 2001.

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

FAO. **Agroclimatological data for latin America and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO. Produção e proteção vegetal, v. 24).

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. versão 3. 04. Lavras: UFLA/DEX, 2000. (1 disquete).

FONSECA, A. H. **Características químicas e agronômicas associadas a degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FRANÇA, G. E.; REZENDE, M.; ALVES, V. M. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Comportamento de cultivares de milho sob irrigação com diferentes densidades de plantio e doses de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 1990, Vitória. **Resumos...** Vitória, EMCAPA, 1990. p. 106.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamento entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays* L.) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronômica**, Brasília, v. 13, n. 1, p.13 - 17, 1978.

OLIVEIRA, J. M. VAZ. **O milho**. Lisboa: Clássica, 1984. 218 p.

PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FARINELLI, R.; FORNASIERI FO, D. Comportamento de genótipos de milho em função do

espaçamento e da densidade de populacional nos períodos de safrinha e safra. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo** - resumos. Sete Lagoas: ABMS / Embrapa Milho e Sorgo / Epagri, 2002. p. 231.

RIBEIRO, P. H. E. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do Estado de Minas Gerais**. 1998. 126 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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, jan./fev. 2001.

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantas em Minas Gerais**. 1989. 80 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

TEASDLE, J. R. Influence of narrow row/high population corn on weed control and light transmittance. **Weed Technology**, Lawrence, v. 9, n. 1, p. 113 - 118, Jan./Mar 1995.

VIANA, A. C.; SILVA, A. F. da; MEDEIROS, J. B. de; CRUZ, J. C.; CORREA, L. A. Práticas culturais. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Cultura do milho**. Brasília: EMBRATER, 1983. P. 87 - 89.