

AUMENTO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO ATRAVÉS DO AUMENTO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS¹

INCREASING CORN YIELD THROUGH CHANGES IN PLANT POPULATION

Aldo Merotto Junior² Milton Luiz de Almeida² Orlando Fuchs³

RESUMO

O aumento da população de plantas pode proporcionar uma melhor exploração do ambiente e do genótipo e se refletir em incremento no rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi determinar a resposta do aumento da população de plantas e diminuição do espaçamento entre linhas no rendimento de grãos de milho. O ensaio foi conduzido em Lages, Santa Catarina, num Cambissolo húmico álico. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, alocando-se os espaçamentos entre linhas (0,75 e 1,0m) na parcela principal e as populações (37000, 54000, 64000 e 81000 plantas.ha⁻¹) nas sub parcelas. O solo foi preparado pelo método convencional e a semeadura foi realizada com o híbrido simples Cargill 901. O espaçamento entre linhas não afetou o rendimento de grãos e os componentes do rendimento. A variação da população de plantas de 37000 para 81000 plantas.ha⁻¹ aumentou linearmente o rendimento de grãos de 7500 para 10200kg/ha⁻¹. Este aumento aconteceu em resposta ao maior número de espigas por área, que compensou a redução do peso do grão e do número de espigas por planta. A altura das plantas aumentou devido ao aumento da população de plantas, mas não provocou acamamento. O uso de altas populações de plantas demonstrou-se viável para aumentar o rendimento de grãos de milho.

Palavras-chave: espaçamento entre linhas, rendimento de grãos, altura de planta.

SUMMARY

Increasing plant population can be used to better explore the environment and genotype potencial and increase corn yield. The objective of this experiment was to evaluate the effect of increasing plant population and decreasing row width on corn

yield. A split plot desing with the main plots arregend in a randomized complete blocks was used. Two row widths (0.75 and 1.0m) and four plant population (37,000, 54,000, 64,000 and 81.000 plants.ha⁻¹) were placed in the main plot and split plot, respectively. The single hibrid Cargill 901 was sown in November 14, 1994. Row width did not affect the yield and yield components. Increasing plant population increased grain yield from 7.500 to 10.200kg.ha⁻¹. This occurred due to the increase in the number of ears per area, which over came the reduction in grain weight and number of ears per plant. Plant height was superior in the higher densities but did not caused plant lodging. The use of high plant populations can be a viable alternative to increase corn yield.

Key words: row width, grain yield, plant height.

INTRODUÇÃO

A exploração da elevada capacidade de rendimento de grãos de milho está relacionada ao desenvolvimento contínuo de técnicas que propiciem a exploração deste potencial. Diversos fatores tem contribuído para o desenvolvimento de trabalhos relacionados com o aumento da população de plantas e diminuição do espaçamento entre linhas (COX, 1996; DUNCAN, 1984; LIANG *et al.*, 1992; MACHADO *et al.*, 1992; MUNDSTOCK, 1978; PISSAIA *et al.*, 1992). Dentre estes fatores, destaca-se o surgimento de cultivares modernas que apresentam ciclo mais curto, porte baixo, menor número de folhas e principalmente folhas mais eretas (DWYER *et al.*,

¹Trabalho apresentado no XXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Londrina, PR, 1996.

²Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Departamento de Fitotecnia, Caixa Postal 281, 88502-970, Lages, SC. Autor para correspondência.

³Acadêmico do Curso de Agronomia, UDESC/CAV.

1991; RUSSEL, 1991). Estas cultivares possuem uma arquitetura de planta mais favorável ao aproveitamento de luz pelo menor autosombreamento e assim suportam maiores populações de plantas com reflexos positivos no aumento do rendimento de grãos (RUSSEL, 1991).

Os efeitos do aumento da população de plantas sobre o rendimento de grãos estão condicionados ao suprimento de outros fatores de produção (SILVA, 1992; LIANG *et al.*, 1992). Os resultados pouco promissores com relação ao aumento da população de plantas (ESECHIE, 1992) caracterizam-se por terem sido obtidos sob baixos níveis de rendimento de grãos, onde outros fatores de produção foram limitantes ao aumento do rendimento de grãos. Dentre os fatores apontados como causa destes baixos rendimentos e limitantes ao uso de altas populações de plantas, destaca-se o suprimento de nutrientes (LIANG *et al.*, 1992; RUSSEL, 1991; SANGOI, 1990), temperatura (ESECHIE, 1992) e principalmente água (COX, 1996; MUNDSTOCK, 1978; SILVA, 1992).

As vantagens do uso de menores espaçamentos entre linhas estão relacionados com a maior cobertura do solo e com isso a uma diminuição das perdas de água por evaporação (MUNDSTOCK, 1978), com a maior competição com plantas daninhas (TEASDALE, 1994) e principalmente, com o melhor aproveitamento do ambiente pelas plantas (PENDLETON *et al.*, 1968). Este melhor aproveitamento é potencializado com o uso de um arranjo equidistante de plantas (DUNCAN, 1984 e PENDLETON *et al.*, 1968), onde a diminuição da competição intraespecífica favorece individualmente a absorção de nutrientes, água, luz e CO₂ pelas plantas de uma comunidade.

A região dos Campos Gerais que abrange o nordeste do Rio Grande do Sul, o Planalto de Santa Catarina e o sudoeste do Paraná (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1986) encontra-se em uma altitude de aproximadamente 800 a 1000m, possui temperaturas amenas nos meses de verão e chuvas bem distribuídas. Estas condições caracterizam esta região como promissora ao uso de altas populações de plantas e também a elevados rendimentos de grãos de milho. A ocorrência de baixas temperaturas noturnas resulta em menor consumo de energia pela respiração e assim, pode proporcionar um maior acúmulo diário de fotoassimilados (MOSS *et al.*, 1961) e maior rendimento de grãos (PETR *et al.*, 1988). Esta resposta pode acontecer desde que o ambiente seja corretamente explorado e maximizado pelo uso de uma adequada população de plantas. Além disso, o cultivo do milho em locais ou épocas com baixas temperaturas no início do desen-

volvimento das plantas condiciona estas a um menor crescimento (SANGOI, 1993) e assim, pode necessitar de um maior número de plantas para o máximo aproveitamento do ambiente e do genótipo.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar a viabilidade do uso de altas populações de plantas e do menor espaçamento entre linhas como métodos de aumentar o rendimento de grão de milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lages (SC) localizado no Planalto Catarinense, que possui clima mesotérmico com verões brandos, temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e chuvas bem distribuídas. O solo da área experimental é do tipo Cambissolo úmico álico de textura argilosa. A análise do solo demonstrou pH = 5,6, P(Mehlich) = 6,2µg.g⁻¹, K (Mehlich) = 66µg.g⁻¹ e MO = 3,9 %. O solo foi preparado pelo método convencional e a adubação foi realizada nas linhas de semeadura com 20, 50 e 40kg.ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

Os tratamentos constaram de quatro populações de plantas (37000, 54000, 64000 e 81000 plantas.ha⁻¹) e dois espaçamentos entre linhas (0,75 e 1,0m). O experimento foi distribuído em blocos ao acaso com arranjo em parcelas subdivididas, onde os espaçamentos entre linhas foram alocados na parcela principal e as populações nas sub parcelas, com três repetições. A semeadura foi realizada em 14 de novembro de 1994 utilizando-se um híbrido simples de porte baixo e ciclo curto, Cargill 901, que necessita uma soma térmica para o florescimento de 790°C. Após a semeadura foi aplicado o herbicida Primestra (atrasine + metolachlor) na dose de 7,0l.ha⁻¹. O desbaste das plantas excedentes foi realizado quando estas estavam com três folhas desenvolvidas, ajustando-se desta forma o número de plantas desejáveis para cada tratamento. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas estavam com 4 e 10 folhas, usando-se 50kg.ha⁻¹ de N em cada aplicação.

Cada subparcela foi constituída de quatro linhas com seis metros de comprimento, sendo que as determinações foram realizadas nas duas linhas centrais, excluindo-se 0,5m de cada extremidade. Foram realizadas as determinações de altura de planta e de inserção de espiga, rendimento de grãos e dos componentes do rendimento. As alturas de planta e de inserção de espiga foram estimadas através da medição em 10 plantas por subparcela da distância entre o nível do solo e a extremidade do pendão e do nível do solo e a inserção da primeira espiga do colmo, respectivamente. O rendimento de grãos foi avaliado sobre

as espigas colhidas na área útil e corrigido para 13% de umidade. O peso do grão foi determinado por contagem e pesagem de 400 grãos e posterior correção para 13% de umidade. O número de espigas por planta foi obtido em função do número de espigas e do número de plantas existentes na área útil. O número de grãos por espiga foi quantificado conforme o peso do grão, o número de espigas e do peso de grãos de cada sub parcela.

Os dados foram submetidos a análise de variância. Para o tratamento de população de plantas foi realizado a análise de regressão e testados os modelos linear e quadrático. Os espaçamentos entre linhas foram analisados pela comparação dos coeficientes de declividade da reta "b" utilizando-se o teste "t" (STEEL & TORRIE, 1989).

O balanço hídrico decendial foi determinado segundo o método de Thornthwaite & Mather descrito em CUNHA (1992), para o período compreendido entre o segundo decêndio de novembro e primeiro decêndio de abril. Foi utilizada uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais transcorridas durante a condução do experimento (Figura 1) demonstram a existência de curtos períodos de déficit hídrico inferiores a 2mm dia^{-1} . A pequena magnitude e curta duração das estiagens ocorridas no início da fase de crescimento e no final do período de enchimento de grãos são apontados como pouco limitantes ao rendimento de grãos (PETR *et al.*, 1988). Já a estiagem ocorrida no período de florescimento, mesmo que em curta duração, apresenta-se como um fator de restrição ao rendimento de grãos (LIANG *et al.*, 1992; PETR *et al.*, 1988) especialmente sobre o componente do rendimento número de grãos por espiga. Entretanto, os níveis de rendimento de $10.000\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtidos com as maiores populações de plantas (Figura 2) demonstram a compensação ocorrida através do número de espigas $\cdot\text{m}^{-2}$ (Figura 2), e proporcionou a obtenção de elevados rendimentos de grãos. A temperatura média diária ocorrida durante a estação de crescimento 1994/95 oscilou próximo a temperatura média diária dos últimos 20 anos da região do Planalto Catarinense (Figura 1).

O aumento da população de plantas diminuiu o número de espigas por planta (Figura 3) evidenciando que a competição por luz e a compensação da planta já são presentes mesmo nas fases de diferenciação e emissão das espigas. Alguns trabalhos tem apontado para a capacidade das plantas de detectarem

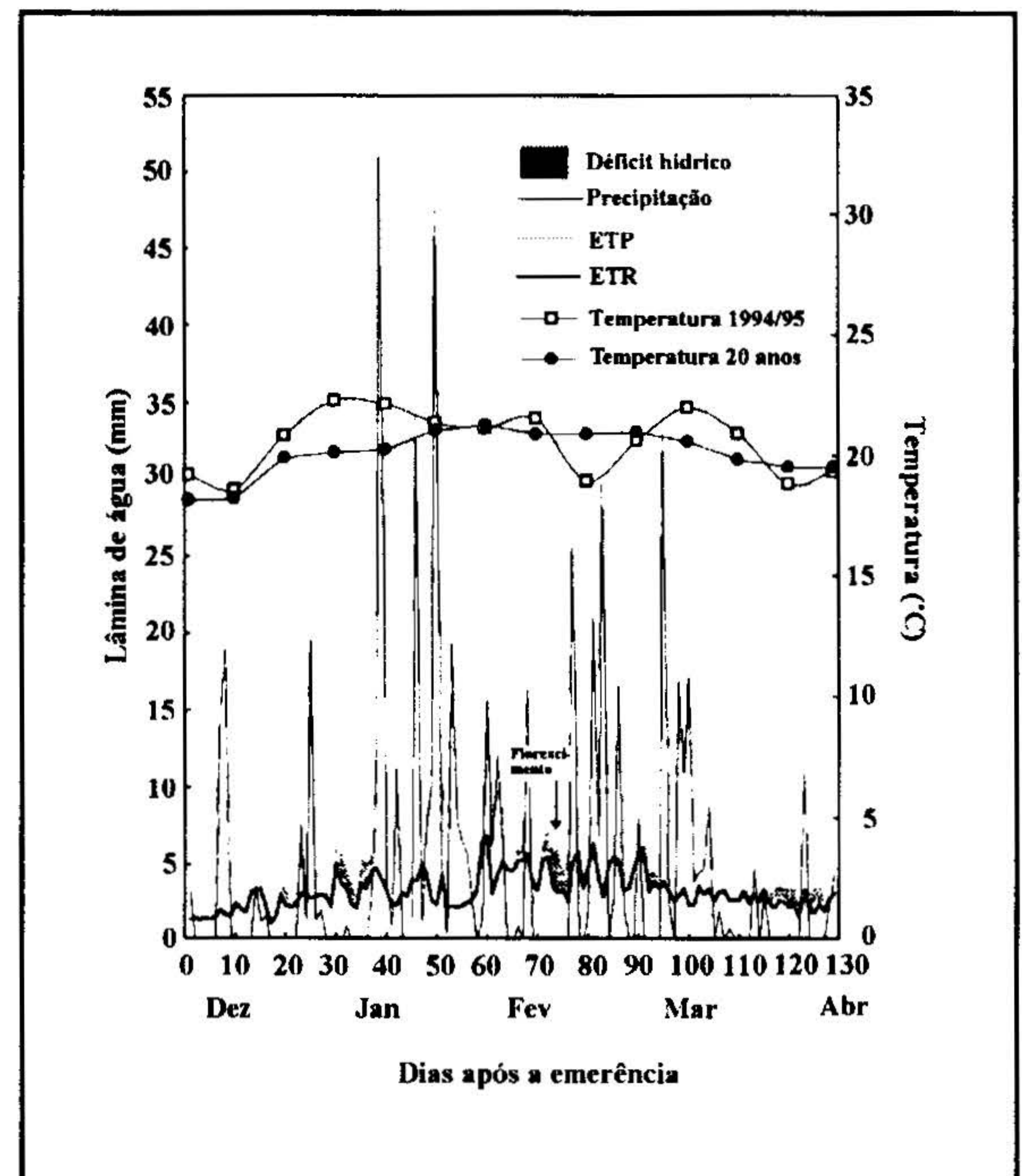


Figura 1 - Balanço hídrico climatológico diário calculado segundo THORNTHWAITE & MATTER para uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75mm, temperatura média diária ocorrida e temperatura média em 20 anos. Lages (SC), 1994/1995.

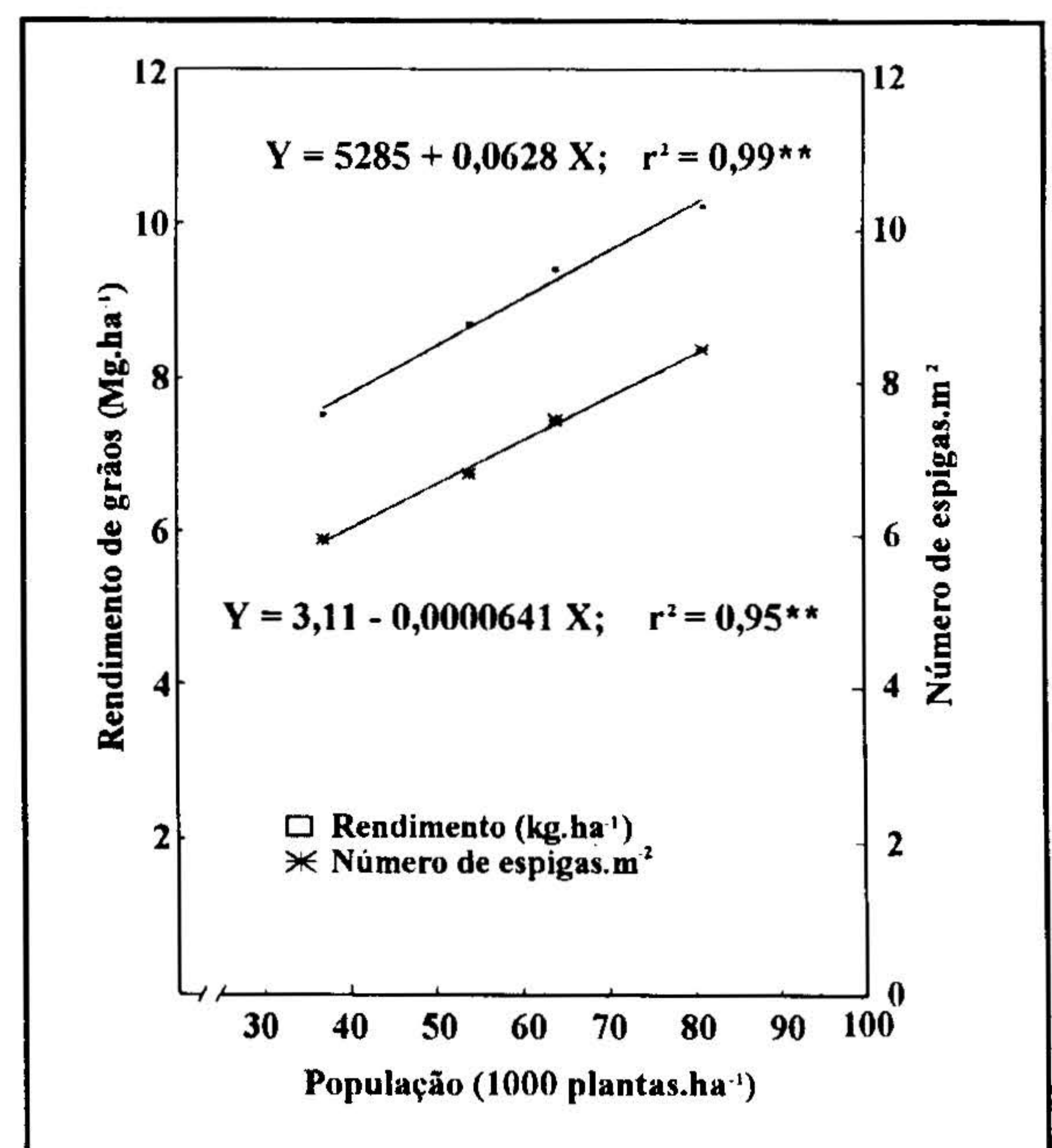


Figura 2 - Rendimento de grãos e número de espigas $\cdot\text{m}^{-2}$ afetados pelo aumento da população de plantas. Lages (SC), 1994/95.

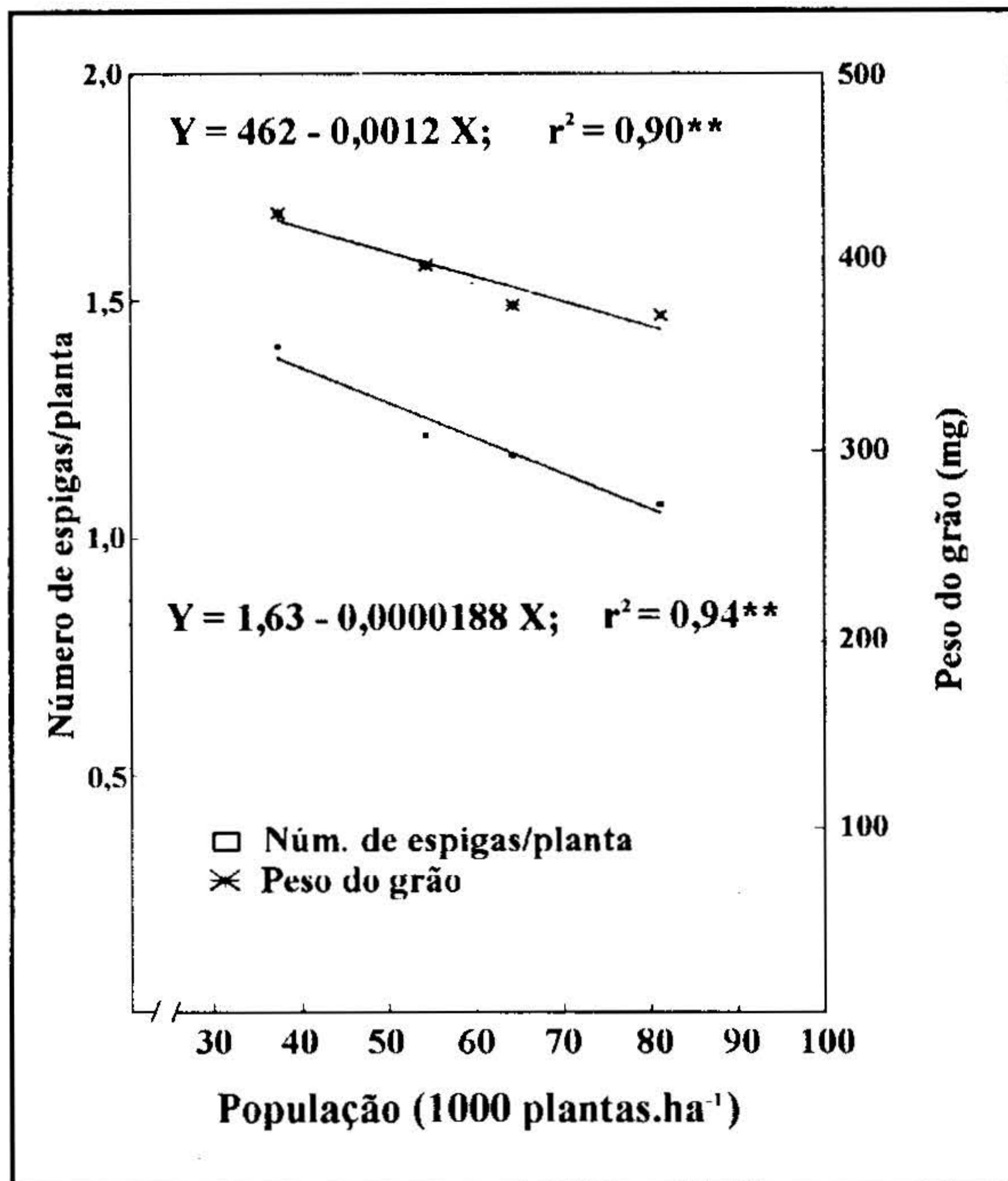


Figura 3 - Número de espigas por planta e peso do grão afetados pelo aumento da população de plantas. Lages (SC), 1994/95.

precocemente a presença de plantas vizinhas, antes mesmo de iniciarem a competir por luz, e assim no início do crescimento já modularem o padrão de desenvolvimento (BALLARÉ *et al.*, 1995). Entretanto, mesmo na população de 81000 plantas.ha⁻¹ não obteve-se, na média, menos de uma espiga por planta, demonstrando assim que a cultivar utilizada possui uma boa prolificidade e capacidade de suportar altas populações de plantas. Esta característica é apontada por RUSSEL (1991) como sendo um dos fatores responsáveis pelas diferenças entre os híbridos modernos e os genótipos mais antigos que apresentavam alta esterilidade quando cultivados em altas populações.

Após a formação do número de espigas na planta, o próximo componente a ser determinado é o número de grãos por espiga. Este não foi afetado pelo aumento da população de plantas e pela diminuição do espaçamento entre linhas e na média dos tratamentos foi de 330 grãos por espiga. Esta quantidade é bem abaixo dos 1000 grãos potenciais que uma espiga pode diferenciar (PETR, 1988) e assim, demonstra-se que o número de grãos por espiga encontrado foi limitado por outras condições de ambiente, provavelmente pelo déficit hídrico ocorrido no período de florescimento (Figura 1). Desta forma, o número de grãos por espiga não foi afetado diretamente pelo aumento da competição intraespecífica causada pelo aumento da população de plantas.

A competição por luz torna-se mais importante após o florescimento (MUNDSTOCK, 1978) quando a planta possui máxima área foliar e a demanda por fotoassimilados aumenta em resposta a necessidade de enchimento dos grãos. Esta maior competição foi manifestada pela diminuição do peso do grão em virtude do aumento da população de plantas (Figura 3). Comportamento semelhante também foi encontrado por MUNDSTOCK (1978), SILVA (1992) e SANGOI (1990). A compensação desta diminuição ocorreu pela produção de um maior número de grãos por área proporcionada pelo aumento do número de espigas.m⁻² (Figura 2). O número de grãos por unidade de área, que está relacionado com o número de espigas.m⁻², é apontado por PETR *et al.*, (1988) como sendo o principal determinante do rendimento de grãos. O aumento do número de espigas.m⁻² proporcionado pelo aumento da população de 37000 para 81000 plantas.ha⁻¹ elevou o rendimento de grãos em 36% (Figura 2). Estas duas variáveis apresentaram coeficiente de correlação altamente significativo (0,82) e com isto o número de espigas.m⁻² compensou a diminuição do peso do grão e do número de espigas por planta (Figura 3).

Este aumento do rendimento de grãos demonstra a sub utilização do ambiente e do genótipo com as populações de aproximadamente 60000 plantas.ha⁻¹ que são atualmente utilizadas em lavouras tecnificadas. A resposta ao aumento da população de plantas encontrada supera os resultados obtidos por MUNDSTOCK (1978), PISSAIA *et al.*, (1992), SANGOI (1990) e ESECHIE (1992) em experimentos semelhantes, caracterizando a maior resposta ao aumento da população pelos novos híbridos (RUSSEL, 1991) e as melhores condições térmicas existentes em locais com elevada altitude no que se refere a resposta ao aumento da população de plantas.

A diminuição do espaçamento entre linhas de 1,0m para 0,75m não foi eficiente no aumento do rendimento de grãos, e não afetou nenhum dos componentes do rendimento. A resposta do rendimento de grãos a diminuição do espaçamento de 0,9 a 1,0m, tradicionalmente utilizado, parece estar condicionada a níveis de rendimento ainda maiores do que aqueles relacionados ao aumento da população de plantas, onde SANGOI (1990) e RIZZARDI *et al.* (1994) não obtiveram maiores rendimentos de grãos com o uso de distribuições mais equidistantes de plantas, mesmo com rendimentos de grãos de 6000kg.ha⁻¹ e 8900kg.ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados e os obtidos no presente experimento demonstram que a modificação do arranjo e da população de plantas proporcionam condições diferenciadas para o cresci-

mento e desenvolvimento das plantas. No entanto, a não resposta do rendimento de grãos à distribuição mais equidistante de plantas indica que a mudança de 1,0 para 0,75m não foi significativa para o melhor aproveitamento das plantas para os níveis de rendimento disponíveis. Esta variação no espaçamento entre linhas também não manifestou os efeitos resultantes da capacidade das plantas em detectarem precocemente a competição por luz que irão sofrer, e assim definirem o seu padrão de desenvolvimento (BALLARÉ, *et al.*, 1995). Como esta determinação ocorre muito cedo, o efeito da melhor distribuição das plantas não foi detectado pelo rendimento de grãos, que foi definido por outros fatores até o final do ciclo. No presente experimento, a ausência de resposta do número de grãos por espiga pode ser um indicativo deste comportamento, componente este que seria potencialmente afetado pelos efeitos da qualidade da luz detectados no início do ciclo.

O aumento da população de plantas causou um maior incremento da altura da planta no espaçamento entre linhas de 1,0m em relação ao de 0,75m (Figura 4). No espaçamento de 1,0m as plantas estavam dispostas com uma menor distância entre plantas na linha, causando assim uma maior competição por luz que tornou mais efetivo os efeitos do aumento da população de plantas no que se refere a altura de

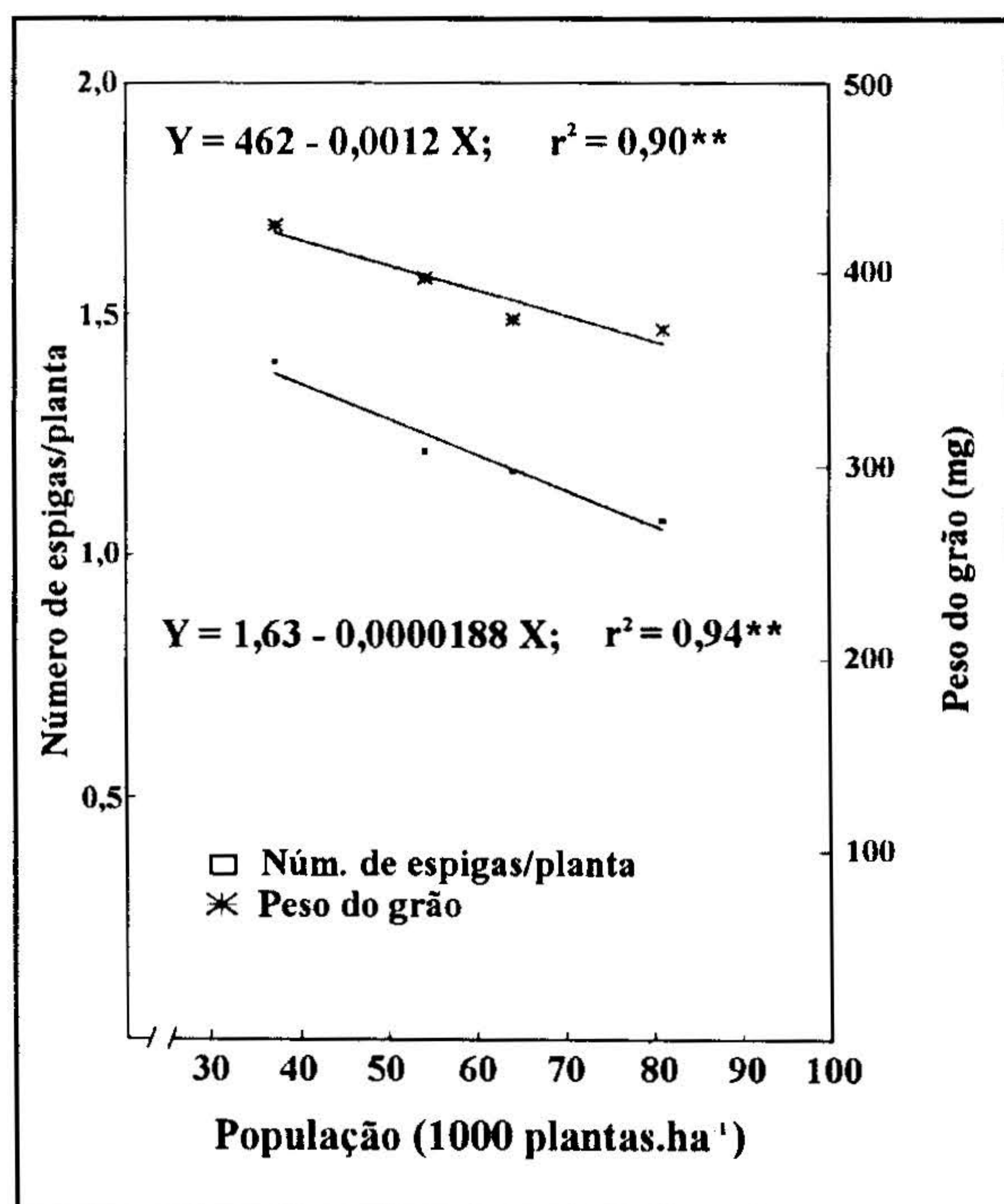


Figura 4 - Altura de planta e altura de inserção de espiga afetados pelo aumento da população de plantas. Lages (SC), 1995.

planta. O aumento da altura de planta é apontado como limitante ao uso de altas populações por proporcionar um maior acamamento das plantas (ESECHIE, 1992, SILVA, 1992). Entretanto, a característica de porte baixo da cultivar utilizada foi evidenciada pela não ocorrência de acamamento, mesmo nas maiores populações de plantas.

CONCLUSÕES

O uso de altas populações de plantas demonstra-se viável para aumentar o rendimento de grãos. Isto é proporcionado pelo aumento do número de espigas por área.

A altura de planta aumenta com o aumento da população de plantas, mas não provoca acamamento de plantas.

O híbrido Cargill 901 adapta-se ao cultivo em densidade de 80000 plantas.ha⁻¹, pois não apresenta plantas estéreis mesmo nesta alta população de plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLARÉ, C. L., SCOPEL, A. L., SÁNCHEZ, R. A. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. *Hort Science*, Nashville, v. 30, n. 6, p. 1172-1181, 1995.
- COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, p. 489-496, 1996.
- CUNHA, G. R. Balanço hidroclimático. In.: BERGAMASCHI, H. (Coord.). *Agrometeorologia Aplicada à Irrigação*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1992. p. 63-84.
- DUNCAN, W. G. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Science*, Madison, v. 24, p. 1141-1145, 1984.
- DWYER, L. M., TOLLENAAR, M., STEWART, D. W. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays L.*) hybrids, 1959 to 1988. *Canadian Journal Plant Science*, Quebec, v. 71, p. 1 - 11, 1991.
- ESECHIE, H. A. Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in the Batinah Coast region of Oman. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 119, p. 165-169, 1992.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Levantamento de Recursos Naturais*. Rio de Janeiro: FIBGE, 1986. 791 p.
- LIANG, B. C., REMILLARD, M., MACKENZIE, A. F. Effects of hybrids, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays L.*) in Quebec. *Canadian Journal Plant Science*, Ottawa, v. 72, p. 1163 - 1170, 1992.
- MACHADO, E. C., PEREIRA, A. R., FAHL, J. I. *et al.*, Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas

- ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 6, p. 825-833, 1982.
- MOSS, D. N., MUSGRAVE, R. B., LEMON, E. R., Photosynthesis under field conditions. III Some effects of light, carbon dioxide, temperature and soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of corn. **Crop Science**, Madison, v. 1, p. 83 - 87, 1961.
- MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas em milho (*Zea mays*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 13-18, 1978.
- PETR, J., CERNY, V., HRUSKA, L. **Yield formation in the main field crops**. New York:Elsevier. 1988. cap.4: Yield formation in maize: p. 154-172.
- PENDLETON, J. W., SMITH, G. E., WINTER, S. R. *et al.*, Field investigations of the relationships of leaf angle and apparent photosynthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60. p. 422-421, 1968.
- PISSAIA, A., SCHOLZ, G. A., YORINORI, N. A. *et al.*, Resposta ao rendimento de grãos de um híbrido a diferentes populações. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 12, p. 1-7, 1992.
- RIZZARDI, M. A., BOLLER, W., DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.8, p.1231-1236, 1994.
- RUSSEL, W. A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, v. 46, p. 245-298. 1991.
- SANGOI, L. Comportamento de variedades e híbridos de milho em duas densidades de semeadura e dois níveis de fertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1715-1725, 1990.
- SANGOI, L. Aptidão dos Campos de Lages (SC) para produção de milho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.51-63, 1993
- SILVA, P. R. F. da. Densidade e arranjo de plantas em milho. In.: XIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 1992, Porto Alegre, RS. **Conferências....** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura - CIENTEC-ABMS, p. 291-294. 1992.
- STELL, R. G. D., TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics: A biometric approach. 2 ed. New York: Mc Graw-Hill. 1989. cap. 9: Linear Regression: p. 191-182
- TEASDALE, J. R. Narrower rows, higher planting density cut corn herbicide use. **Agricultural Research**, July, p. 8, 1994.

Ciência Rural, v. 27, n. 4, 1997.