

EFEITOS DA DENSIDADE E PROPORÇÃO DE PLANTAS DE MILHO (*Zea mays* L.) E CARURU (*Amaranthus retroflexus* L.) EM COMPETIÇÃO¹

PEDRO J. CHRISTOFFOLET², RICARDO VICTORIA FILHO²

RESUMO

A maioria dos estudos de competição, entre plantas daninhas e cultivadas, conduzidos nos últimos anos, procuram quantificar a interferência que as plantas daninhas causam sobre as culturas; no entanto, poucos destes trabalhos estudam mecanisticamente os efeitos da densidade e da proporção de plantas em uma mistura de espécies, a importância da competição intra- e interespecífica e a diferenciação de nicho ecológico. Desta forma, foi desenvolvida a presente pesquisa com o objetivo principal de descrever as interações competitivas e os índices de competitividade entre plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.). A metodologia utilizada foi a de um experimento substitutivo com densidade total de 400 plantas/m² e 5 proporções, além da monocultura que variou de 50 a 800 plantas/m², sendo conduzido no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os resultados obtidos foram analisados pelo método

convencional de análise de experimentos substitutivos e pelo método da produção recíproca total e por planta. O milho foi um competidor muito mais agressivo que o caruru, sendo que para a planta cultivada a competição intraespecífica é mais importante que a competição interespecífica. O contrário é verdadeiro para o caruru, ou seja, a competição interespecífica é mais importante que a intraespecífica. Ambas espécies de plantas estão competindo pelos mesmos fatores de crescimento, pois o índice que mede a diferenciação de nicho ecológico é menor que 1,0. A determinação da influência da densidade e proporção de espécies em estudos de competição entre plantas é muito importante para a compreensão das interações competitivas.

Palavras chave: Experimento substitutivo, índices de competição, competição intraespecífica, competição interespecífica, nicho ecológico.

ABSTRACT

Density and porportion effects among corn (*Zea mays* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) under competition.

Most of the competition studies between weeds and crops conducted lately quantify the interference that the weeds cause to crops; however, these researches do not show mechanistically neither the effects of density and proportion of plants in a mixture of species, nor the importance of intra and inter-specific competition and niche differentiation. Therefore, this research was developed aiming to describe the competitive

interaction and competitive indexes between corn (*Zea mays* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) plants. The methodology was a replacement series experiment with a total density of 400 plants/m² and 5 proportions, besides the monoculture that varied from 50 to 800 plants/m², conducted in a randomized completely block design, four replications. The results were analyzed through conventional replacement series analysis,

¹ Recebido para publicação em 14/11/95 e na forma revisada em 27/06/96.

² Professores Doutor e Titular respectivamente do Departamento de Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 09, CEP 13.418-900, Piracicaba, SP.

using reciprocal total and per plant yield. Corn was the superior competitor and the intra-specific competition was more important than the inter-specific for this species. The reverse was true for pigweed. Both species were competing for the same natural resources since the niche differentiation index was lower than 1,0. The

influence of density and proportion of species in a competition study is very important in the understanding of competitive interactions.

Key words: Replacement series, competition index, intra-specific competition, inter-specific competition, ecological niche.

INTRODUÇÃO

A determinação das interações competitivas entre espécies de plantas requer delineamentos experimentais e métodos de análise apropriados (Roush *et al.* 1989). Estas interações competitivas são afetadas por diversos fatores. Pitelli (1985) relata um modelo esquemático destes fatores, através de urna adaptação do modelo de Bleasdale (1960). Dentre os fatores ligados à comunidade infestante, a densidade de plantas é sem dúvida um dos fatores mais importantes, de tal forma que quanto maior for a densidade da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio e, portanto, mais intensa será a competição sofrida pela cultura.

Nas áreas de produção agrícola, a densidade das plantas cultivadas é mantida constante, ao passo que a densidade das plantas daninhas varia de acordo com o nível de infestação encontrado no local; desta forma, obtém-se logicamente uma variação da proporção entre as espécies daninhas e da cultura. Assim, é importante, nos estudos de competição, não apenas medir a influência da densidade no processo competitivo, mas também a importância da variação na proporção entre as espécies.

Existem diversas metodologias usadas para estudar a competição entre plantas (Roush *et al.* 1989); no entanto, segundo levantamento feito por Zimdahl (1980) em mais de 600 trabalhos científicos publicados sobre competição de plantas daninhas com plantas cultivadas, todos eles procuram apenas quantificar a interferência que as plantas daninhas provocam nas culturas sem se preocupar com a compreensão do processo de competição. No Brasil, a maioria das pesquisas de competição entre plantas daninhas e plantas

cultivadas determinam o período crítico de competição (Christoffoleti, 1988). Desta forma é importante o uso de delineamentos experimentais e metodologias de análise que procurem entender o processo competitivo de forma mais mecânica, e não apenas quantificar as perdas.

Dentre as metodologias existentes, os experimentos substitutivos são uma alternativa para a compreensão do processo competitivo entre plantas, especialmente quando relacionado com o estudo do efeito da densidade e da proporção entre plantas em uma comunidade infestante. Experimentos substitutivos são delineados de tal maneira que existe um controle da densidade e proporção das espécies em estudo (Harper, 1977 e Wit, 1960), mantendo constante a densidade e variando as proporções das duas espécies. Nestes tipos de experimentos assume-se que a densidade total de plantas é suficientemente grande de tal forma que satisfaça a chamada "lei da produção final constante", onde a produção de biomassa por unidade de área é independente da densidade das plantas naquela área.

A interpretação dos dados de um experimento substitutivo resulta na medida da competitividade das espécies baseada na resposta relativa da produção de biomassa pela variação da proporção (Harper, 1977; McGilchrist & Trenbath, 1974 e Wit & Van Den Bergh, 1965). É possível calcular equações matemáticas e representações gráficas onde se estabelecem índices de competição intra- e interespecífica e diferenciação de nicho ecológico (Spitters, 1983 e Joliffe *et al.* 1984).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi de quantificar a competitividade relativa da cultura do milho e da planta daninha caruru, através da medida do efeito da densidade e da proporção, usando experimento substitutivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, localizada no município de Piracicaba-SP, durante os meses de setembro a dezembro de 1994. Inicialmente foi instalado um experimento com as monoculturas de milho e caruru, ou seja tratamentos contendo apenas cada uma das espécies. Tanto o milho quanto o caruru foram semeados em caixas de 25 x 15 x 15 cm, contendo substrato especialmente preparado com terra, areia e terriço. O número de plantas por caixa foi correspondente às densidades de 50, 100, 200, 400 e 800 plantas/m² de cada uma das espécies estudadas, semeadas de maneira uniforme, ou seja equidistante. Foram feitas quatro repetições, conduzidas em um delineamento experimental de blocos ao acaso.

O experimento substitutivo foi instalado após colheita do experimento com as monoculturas, também conduzido em casa-de-vegetação, em caixas de 25 x 15 x 15cm, contendo uma densidade constante, porém com tratamentos representando diferentes proporções entre plantas de milho e caruru. As proporções foram 0:400; 100:300; 200:200, 100:300 e 400:0 representando respectivamente as quantidades de plantas de milho e caruru por metro quadrado. As plantas encontravam-se também uniformemente distribuídas nas parcelas. Os tratamentos das proporções foram repetidos quatro vezes, através de um delineamento de blocos ao acaso.

Em todos os experimentos o solo foi constituído de uma mistura em partes iguais de solo, areia e terriço retirado de áreas reflorestadas, com pH = 5,5. Durante a condução do ensaio foi fornecida água em quantidades suficientes para o bom desenvolvimento tanto da planta daninha quanto da planta cultivada. As plantas foram então colhidas quando apresentavam 50 dias de idade. A biomassa da parte aérea das plantas foi coletada, depois seca em estufa de circulação renovada de ar a 60°C por dois dias, e pesada.

O experimento na forma de monocultura, foi analisado de acordo com Joliffe *et al.* (1984). Foi executada uma análise através de uma regressão linear do recíproco da produção por m² como variável dependente (1/Y) e o recíproco da densidade como variável independente (1/D). A partir das equações matemáticas foram elaborados gráficos da regressão linear e da produção de biomassa/m² em função da densidade.

Os dados provenientes do experimento substitutivo foram inicialmente submetidos à análise convencional. Neste tipo de análise, os resultados são interpretados visualmente, através da análise de um gráfico contendo a resposta da produção relativa em relação à proporção (Harper, 1977; Wit, 1960 e Wit & Van Den Bergh, 1965). As produções relativas para cada espécie foram calculadas pela produção a cada densidade e proporção, dividida pela produção média da monocultura naquela densidade.

Outro tipo de análise dos resultados do experimento substitutivo foi a metodologia desenvolvida por Spitters (1983), usando a produção média/planta obtida no experimento substitutivo (W=Y/D). Os dados proveniente de cada espécie foram então submetidos a uma análise de regressão linear, na forma das equações 1 e 2.

$$\text{milho} \quad \frac{1}{W_m} = A_m + B_{mm} \times D_m + B_{mc} \times D_c \quad (1)$$

$$\text{caruru} \quad \frac{1}{W_c} = A_c + B_{cc} \times D_c + B_{cm} \times D_m \quad (2)$$

Os coeficiente de competição intra- (B_{mm} e B_{cc}) e interespecífica (B_{cm} e B_{mc}) foram então utilizados para calcular a competitividade relativa das duas espécies em estudo (C), e o índice de diferenciação de nicho ecológico (IDN).

$$C_m = \frac{B_{mm}}{B_{mc}} \quad ; \quad C_c = \frac{B_{cc}}{B_{cm}} \quad (3)$$

$$IDN = \frac{(C_m)}{(C_c)} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento com a monocultura, analisados de acordo com a produção final constante, encontram-se representados nas Figuras 1 e 2. A produção final máxima (constante - Y_{max}) foi de 233g/m^2 para o milho e de 222g/m^2 para o caruru. As densidades que proporcionaram uma produção de 50% da produção final constante (K_n) foi de 79 plantas/ m^2 para o milho e de 144 plantas/ m^2 para o caruru. Como a densidade correspondente ao K_n do milho é bem menor em comparação com o K_n do caruru, é evidente que o

milho é mais sensível à competição intraespecífica que o caruru. Através destes resultados observa-se que na densidade de 400 plantas/ m^2 , tanto para o milho quanto para o caruru, a produção é semelhante à produção máxima (Y_{max}), conforme pode ser observado na Figura 2. Desta forma, o experimento substitutivo foi instalado com a densidade total de 400 plantas/ m^2 , conforme exigência essencial deste tipo de delineamento experimental (Joliffe, *et al.* 1984).

Analisando os resultados contidos na Figura 3, observa-se que os valores da produção obtidos na mistura das duas espécies desviaram

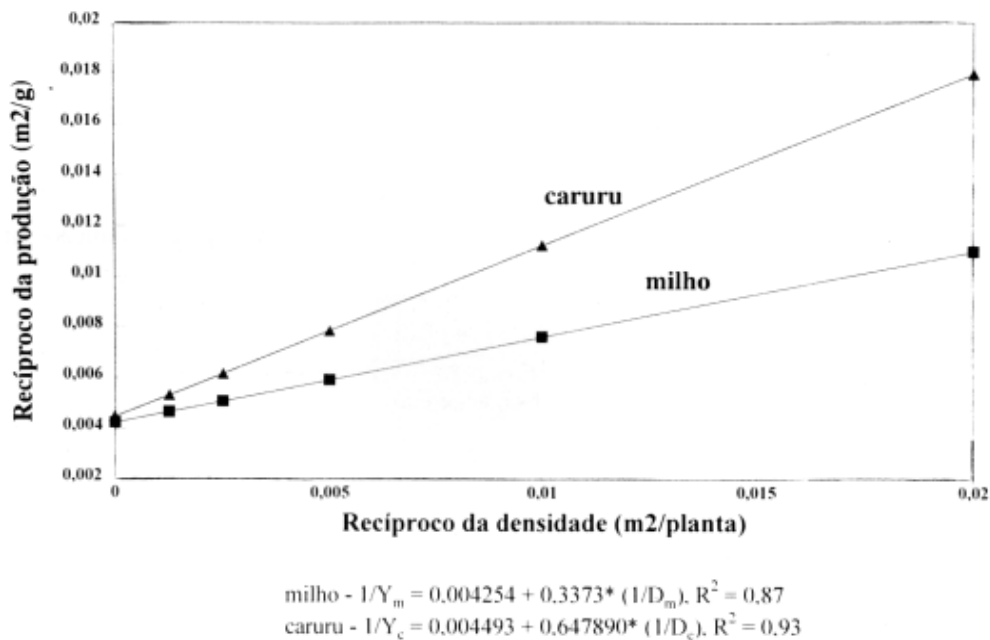


FIGURA 1. Respostas da monocultura de milho e caruru representada pelo recíproco da produção em relação ao recíproco da densidade.

significativamente da linha de produção esperada, ou seja a produção se não houvesse interação competitiva entre as espécies em competição. O milho produziu uma quantidade de biomassa acima da esperada, sendo que, o caruru produziu abaixo do esperado. Assim, o milho se beneficia da presença do caruru, pois a cultura é um competidor mais agressivo que a planta daninha. O milho

prefere em sua vizinhança uma planta de caruru em relação a outra planta de milho.

A análise da produção recíproca dos resultados de biomassa por planta nos tratamentos do experimento substitutivo, conforme metodologia de desenvolvimento por Spitters (1983), resultou nas equações 5 e 6, a seguir:

$$\text{milho } \frac{I}{Y_m} = 0,15767 + 0,00339x D_m + 0,00180x D_c \rightarrow (R^2 = 0,95) \quad (5)$$

$$\text{caruru } \frac{I}{Y_c} = 0,64038 + 0,00367x D_c + 0,00959x D_m \rightarrow (R^2 = 0,94) \quad (6)$$

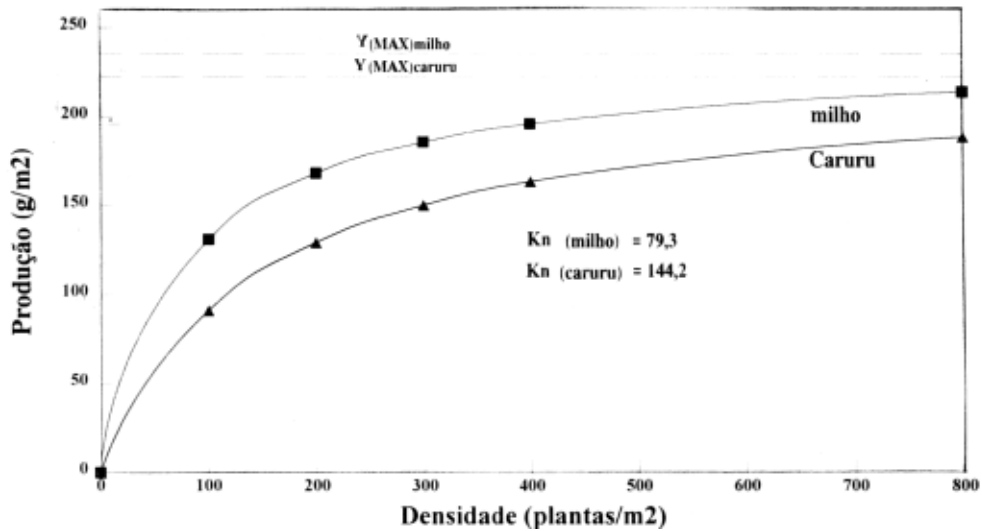


FIGURA 2. Respostas da monocultura de milho e caruru representada pela produção em relação à densidade.

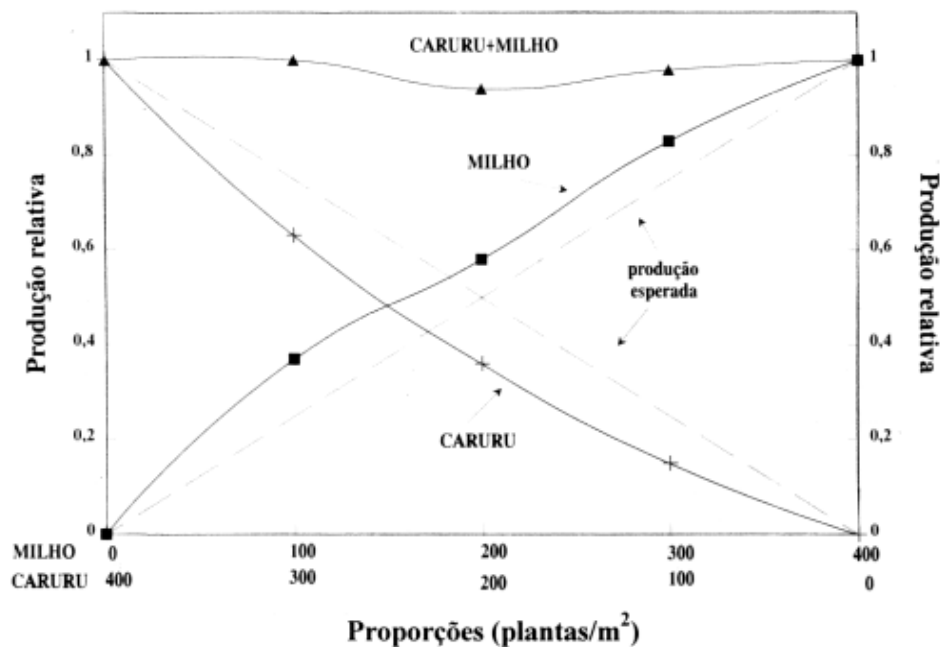


FIGURA 3. Diagrama da resposta da produção relativa média de milho e caruru em função da variação da proporção entre as duas espécies. As linhas tracejadas representam a hipótese da não interação.

Os coeficientes para competição intra- e interespecífica dessas equações foram usados para calcular a competitividade relativa do milho e do caruru (equação 3): $C_m = 1,88$; $C_c = 0,48$. Estes índices indicam que uma planta de milho equivale a 1,88 plantas de caruru ou que 0,48 plantas de milho corresponde a uma planta de caruru. Assim, o milho é melhor competidor que o caruru nas condições em que foi desenvolvido o presente experimento.

À partir dos índices de competitividade relativa pode ser calculado o índice de diferenciação de nicho ecológico (equação 4). Para o caso deste experimento o $IDN = 0,71$. De acordo com Spitters (1983), quando o $IDN > 1,0$, isto sugere que ocorreu uma diferenciação de nicho ecológico para as duas espécies em convivência, de tal forma que as espécies produzem mais quando em mistura que comparada com as monoculturas destas. Para o resultado deste experimento, o $IDN = 0,71$, sugere que não houve nenhuma diferenciação de nicho ecológico entre o milho e o caruru e as duas espécies estão competindo pelos fatores ambientais de crescimento que se encontram em quantidades limitantes para o desenvolvimento de ambas.

LITERATURA CITADA

- CHRISTOFFOLETI, P.J. Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf e de *Cyperus rotundus* em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogaea*) intergrada ao uso de herbicidas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1988, 117p. **Dissertação de mestrado**. 1988.
- HARPER, J.L. Mixtures of species. I. Space and proportions. In: HARPER, J.L. **The population biology of plants**. Academic Press. London. 1977, p.237-304.
- JOLIFFE, P.A., NINJAS, A.N., RUNECKLES, V.C. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. **J. Appl. Ecol.** v.21, p.227-243, 1984.
- McGILCHRIST, C.A., TRENBATH, B.R. A revised analysis of plant competition experiments. **Biometrics.** v.27, p.659-671, 1974.
- PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.
- ROUSH, M.L., RADOSEVICH, S., WAGNER, R.G., MAXWELL, B., PETERSON, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Sci.**, v.37, n.2, p.268-275, 1989.
- SPITTERS, C.J.T. An alternative approach to analysis of mixed cropping experiments. I. Estimation of competition effects. **Neth. J. Agric. Sci.** v.31, p.1-11, 1983.
- ZIMDAHL, R.L. **Weed and Crop Competition - a review**. International Plant Protection Center. 1980, 197p.
- WIT, C.T. **On competition**. Versl. Landbouwk. D. Onderz. v.66, n.8, p.1-82, 1960.
- WIT, C.T., VAN DEN BERGH, J.P.. Competition between herbage plants. **Neth. J. Agric. Sci.** v.13, p.212-221, 1965.