

Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja⁽¹⁾

Hugo Motta Navarro Júnior⁽²⁾ e José Antonio Costa⁽³⁾

Resumo – Seis genótipos de soja foram estudados com o objetivo de identificar a contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção final de grãos. O experimento foi conduzido no ano agrícola 1996/97 na EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. As avaliações foram realizadas em plantas individuais e se estenderam desde o estágio de floração até o de maturação. Os resultados obtidos demonstram que a importância relativa de cada componente do rendimento variou conforme a cultivar. As cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba foram significativamente superiores às demais com relação à produção de grãos por planta, com exceção da RS 7-Jacuí. Elas se caracterizaram por elevado número de nós férteis nos ramos e elevada produção nos mesmos, enquanto a RS 7-Jacuí apresentou elevado peso de 100 grãos e alto número de legumes com três grãos. A cultivar CEP 20-Guajuvira apresentou alta porcentagem de fixação de legumes. O peso de 100 grãos é um componente importante na produção de grãos da cultivar BR 16. Na cultivar OCEPAR 14, a produção de grãos decorre da alta produção de ramos e do número de nós férteis nos ramos.

Termos para indexação: *Glycine max*, genótipos, etapas de desenvolvimento, rendimento de culturas.

Relative contribution of yield components for grain production in soybean

Abstract – Six soybean genotypes were studied with the objective of identifying the relative contribution of the yield components to the final grain production. The experiment was conducted during the 1996/97 growing season in the EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brazil. Plants were evaluated individually from flowering until maturity. Results obtained demonstrate that the relative importance of each yield component varied according to the cultivar. Cultivars FT-2003 and RS 9-Itaúba were significantly superior to the others with regard to grain production per plant, the exception was RS 7-Jacuí. They were characterized by a high number of fertile nodes in the branches and high production in them, while RS 7-Jacuí had high 100 grains weight and high number of pods with three grains. CEP 20-Guajuvira presented high fixation percentage of legumes. One hundred grains weight is an important component in the production of the cultivar BR 16. In the cultivar OCEPAR 14 the production is the result of a high production of branches and of a high number of fertile nodes in them.

Index terms: *Glycine max*, genotypes, developmental stages, crop yield.

Introdução

O aumento do patamar de rendimento na cultura da soja tem dificultado a obtenção de genótipos com rendimento de grãos superiores aos já disponíveis.

Na busca de genótipos com potencial de rendimento superior é necessário, então, maior precisão na identificação dos processos que limitam esse ganho, e da complexidade das interações entre eles. O conhecimento da relação entre características de crescimento e desenvolvimento da planta com os componentes do rendimento dos genótipos é determinante para a definição de um tipo de planta mais produtiva.

Os três principais componentes do rendimento, em soja, são: número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume e peso médio dos grãos. O número de legumes é determinado pelo balanço entre a produção de flores por planta e a proporção destas que se desenvolvem até legumes. O número

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 26 de junho de 2001.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

⁽²⁾ Rua Felipe Camarão, 72/22, Bom Fim, CEP 90035-140 Porto Alegre, RS. E-mail: navarrojr@hotmail.com

⁽³⁾ UFRGS, Dep. de Plantas de Lavoura, Av. Bento Gonçalves, 7712, Bairro Agronomia, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS. E-mail: jamc@vortex.ufrgs.br

de flores por planta, por sua vez, é determinado pelo número de flores por nó e pelo número de nós por planta (Jiang & Egli, 1993). O componente do rendimento número de grãos por legume é fortemente influenciado pelo fato de que a maioria das cultivares modernas são selecionadas para formar três óvulos por legume (McBlain & Hume, 1981). Já o peso médio de grãos é geneticamente determinado (Pandey & Torrie, 1973), mas influenciado pelo ambiente.

As plantas de soja perdem grande quantidade de estruturas reprodutivas, tendo sido relatados extremos entre 27% e 84% de perda (Heitholt et al., 1986; Sharma et al., 1990; Jiang & Egli, 1993). Embora as cultivares de soja produzam grande número de flores por inflorescência, o número de legumes produzidos (flores fixadas) é relativamente pequeno. No entanto, flores que surgem nas diferentes posições do racemo não exibem a mesma tendência para abscisão. As flores na posição distal do racemo são muito mais propensas à abscisão do que as flores da posição proximal (Wiebold, 1990). Wiebold & Panciera (1990) citaram que a probabilidade de abscisão das estruturas surgidas na posição proximal do racemo é freqüentemente menor que 10%, enquanto nas estruturas na posição distal é de 50% ou mais.

O entendimento do papel do número de flores e da porcentagem de aborto e queda das estruturas reprodutivas (flores, legumes e grãos) é importante para a compreensão de como a planta estabelece sua produção final (Jiang & Egli, 1993).

As características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e número de nós férteis, têm relação com o potencial produtivo da planta, uma vez que representam maior superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de flores. Por outro lado, o número e comprimento de ramos podem também representar demanda adicional que desvia os fotoassimilados que, de outra forma, seriam aproveitados na fixação e na produção de estruturas reprodutivas.

O conhecimento das respostas dos componentes do rendimento da planta de soja à disponibilidade de fotoassimilados e a identificação do momento em

que estes componentes são formados são importantes na seleção de características a serem incorporadas nos genótipos (Board & Tan, 1995).

O objetivo deste trabalho foi identificar a contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção final de grãos em seis genótipos de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 1996/97, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no Município de Eldorado do Sul, RS, em solo classificado como Podzólico Vermelho-Escuro distrófico. Foi empregado o delineamento experimental de blocos completamente casualizados, com quatro repetições por tratamento. Os tratamentos constituíram-se de seis cultivares de soja, de hábito de crescimento determinado, duas de ciclo precoce (FT-2003 e OCEPAR 14), duas de ciclo médio (BR 16 e RS 7-Jacui) e duas de ciclo semitardio (RS 9-Itaúba e CEP 20-Guajuvira), indicadas para cultivo no Rio Grande do Sul.

As parcelas foram locadas em área sob o sistema de semeadura convencional, preparada com uma aração e três gradagens. Com base na análise do solo, foram aplicados a lanço, em toda a área experimental e antes da última gradagem, 200 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 5-20-20 e 33 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo.

A semeadura foi realizada em 22/11/1996, manualmente, em quatro linhas, com espaços, entre si, de 0,4 m, com 5 m de comprimento, de modo a garantir a população de 40 plantas m⁻². Quando as plantas encontravam-se com seis a sete folhas desenvolvidas, foram marcadas, em cada parcela, cinco plantas na linha de cultivo que apresentassem aproximadamente o mesmo porte e equidistância de área disponível para seu desenvolvimento. Os resultados apresentados neste trabalho constituem-se da média das observações sistemáticas realizadas nessas cinco plantas em cada estádio avaliado. As determinações foram realizadas durante o estádio de floração (R2), início do enchimento de grãos (R5), e maturação (R8).

A estatura da planta foi determinada a partir do nível do solo até o topo, estendendo-se a mesma. Na contagem do número de flores, foram consideradas aquelas em que as pétalas excediam o comprimento do cálice, tornando-se visíveis. A fixação de flores em R5 foi obtida por meio do número de legumes que apresentavam grãos com, pelo menos, 3 mm de tamanho. Já a fixação de legumes em R8 foi obtida por meio da contagem do número de legumes que apresentavam pelo menos um grão de tamanho normal.

Na maturação (R8) as observações realizadas foram: produção de grãos na planta, no caule e nos ramos; número e comprimento de ramos; número de nós férteis na planta, no caule e nos ramos; número de legumes por planta contendo um, dois e três grãos e peso de 100 grãos. A produção de grãos consistiu na média de produção das cinco plantas em cada repetição, e os valores foram ajustados para 13% de umidade. Foram considerados ramos todas as estruturas com pelo menos dois nós. O comprimento dos ramos foi determinado a partir de seu ponto de inserção no caule até o topo, mantendo-os estendidos. Considerou-se como fértil o nó que tinha pelo menos um legume com um grão de tamanho normal.

Durante o ciclo de cultivo, a umidade do solo foi mantida na capacidade de campo, por meio de irrigação por aspersão. O controle de plantas daninhas e de insetos-praga foi feito segundo as recomendações técnicas para a cultura da soja, de modo que estes não interferissem nos resultados (Reunião..., 1995).

Resultados e Discussão

A produção final, expressa em peso de grãos por planta, diferiu entre as cultivares (Tabela 1). As cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba foram as que apresentaram as maiores produções de grãos por planta, diferindo das demais cultivares, com exceção da RS 7-Jacuí. Quanto à produção de grãos no caule, as cultivares FT-2003, RS 7-Jacuí, RS 9-Itaúba e CEP 20-Guajuvira constituíram o grupo superior (média de 10,2 g), não diferindo da BR 16. Já nos ramos, a maior produção de grãos foi determinada nas cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba, e a menor, nas cultivares RS 7-Jacuí e CEP 20-Guajuvira.

Na floração (R2), as cultivares de ciclo precoce e médio atingiram 96% da estatura final, enquanto as de ciclo semitardio atingiram 85%. A maior estatura foi atingida pela cultivar FT-2003, não diferin-

do da RS 9-Itaúba. As cultivares OCEPAR 14, BR 16 e RS 7-Jacuí constituíram um grupo intermediário, enquanto a CEP 20-Guajuvira apresentou a menor estatura (Tabela 2). Em R5, as cultivares alcançaram a máxima estatura, sendo os maiores valores atingidos pelas cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba. De forma geral, o ciclo longo e a estatura elevada da planta de soja correlacionam-se positivamente com a produção de grãos (Dybing, 1994), pois têm relação com a maior quantidade de massa seca produzida, uma vez que a produção de fitomassa anteriormente à floração representa reserva potencial da planta para investir na formação de estruturas reprodutivas. As cultivares FT-2003, RS 7-Jacuí e RS 9-Itaúba apresentam as maiores produções de grãos por planta (Tabela 1), possuem ciclos diferentes, porém igual duração do subperíodo vegetativo até a floração (Tabela 2); no entanto, a maior estatura de planta foi atingida apenas pelas cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba (Tabela 2).

Com relação ao número de flores produzidas por planta, as cultivares apresentaram comportamentos distintos, sendo a RS 7-Jacuí e a CEP 20-Guajuvira as que produziram mais e menos flores, respectivamente (Tabela 3). As diferenças observadas na floração (R2) não foram verificadas no início do enchimento de grãos (R5), pois as cultivares não diferiram quanto ao número de legumes produzidos por planta. Esses resultados demonstram que o maior número de flores produzidas não garante produção final elevada, uma vez que as cultivares com maior produção de flores não fixaram maior número de legumes nos estádios posteriores (Tabela 3).

Tabela 1. Produção de grãos da planta inteira, do caule e dos ramos, de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Produção de grãos (g/plt)		
	Planta	Caule	Ramos
FT-2003	18,02a	9,37a	8,65a
OCEPAR 14	11,00b	5,89b	5,10b
BR 16	13,60b	8,33ab	5,26b
RS 7-Jacuí	14,82ab	10,97a	3,85bc
RS 9-Itaúba	17,82a	10,33a	7,48a
CEP 20-Guajuvira	13,67b	10,27a	3,41c
CV (%)	16,0	20,5	17,8

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Duração (dias) dos subperíodos vegetativo (VE) – floração (R2) e floração (R2) – maturação (R8), e estatura de planta (cm) nos estádios fenológicos de floração (R2), início do enchimento de grãos (R5) e de maturação (R8), de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Subperíodo (dias)		Estatura da planta (cm)		
	VE-R2	R2-R8	R2	R5	R8
FT-2003	59	67	102a	105a	104a
OCEPAR 14	53	73	86bc	90b	88b
BR 16	56	73	83bc	88b	87b
RS 7-Jacuí	59	70	80bc	87b	86b
RS 9-Itaúba	59	75	91ab	107a	104a
CEP 20-Guajuvira	63	71	75c	94b	91b
CV (%)			8,8	7,5	8,2

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A cultivar CEP 20-Guajuvira apresentou menor produção de flores, em comparação com a cultivar RS 9-Itaúba, que também é de ciclo semitardio e foi avaliada na mesma época (Tabela 3). Isto deve-se à sua produção tardia de ramos, pois na fase de floração ainda não apresentava grande quantidade de nós para o surgimento de estruturas reprodutivas, que aumentaram a partir desta fase. Esta cultivar apresentou alta porcentagem de fixação de legumes, tendo inclusive ultrapassado o número de flores presentes em R2 (Tabela 3), o que pode ser explicado pelo seu longo período de floração, que ocorreu concomitantemente com a produção e a fixação de legumes. Essa sobreposição de estádios provavelmente influenciou na competição entre estruturas reprodutivas na planta, contribuindo para a baixa produção de grãos deste genótipo (Tabela 1).

Quanto à produção de ramos na maturação (R8), a cultivar FT-2003 foi superior às demais, não diferindo da BR 16, e as cultivares RS 7-Jacuí e CEP 20-Guajuvira apresentaram menor número (Tabela 4). Os maiores comprimentos de ramos fo-

ram observados nas cultivares OCEPAR 14, RS 7-Jacuí, RS 9-Itaúba e CEP 20-Guajuvira, que diferiram das cultivares FT-2003 e BR 16 (Tabela 4). Observa-se, assim, que as cultivares que apresentaram maior número de ramos por planta tiveram ramos com menor comprimento. Quanto a estas características, observaram-se diferenças entre os genótipos com maior produção de grãos, pois enquanto a FT-2003 apresentou maior número de ramos por planta, as cultivares RS 7-Jacuí e RS 9-Itaúba apresentaram ramos com maior comprimento (Tabela 4).

O número de nós férteis no caule e na planta inteira em R8 não diferiu entre as cultivares (Tabela 5). No entanto, as cultivares diferiram quanto ao número de nós férteis nos ramos, sendo que a cultivar FT-2003 apresentou o maior número, não diferindo das cultivares OCEPAR 14, BR 16 e RS 9-Itaúba, e os menores valores foram determinados nas cultivares RS 7-Jacuí e CEP 20-Guajuvira. Em R8, a média de nós férteis por planta foi de 21, que representou 65% do total de nós produzidos. Os ramos apresentaram 77% do total de seus nós férteis, enquanto o caule apresentou 62%. Assim, o número de nós férteis nos ramos foi componente importante para a produção das cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba.

O estabelecimento de grande quantidade de ramos desde a floração leva ao aumento do número de nós para o surgimento de estruturas reprodutivas. Isso, no entanto, ocasiona maior demanda de energia para manutenção dessas estruturas, e estabelece forte competição entre as estruturas vegetativas e reprodutivas da planta.

Tabela 3. Produção e fixação de flores e de legumes na planta, de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Flores produzidas (R2)	Legumes produzidos (R5)	Legumes fixados (R8)
FT-2003	120ab	86a	54a
OCEPAR 14	144ab	58a	40a
BR 16	133ab	64a	41a
RS 7-Jacuí	156a	75a	43a
RS 9-Itaúba	101b	59a	57a
CEP 20-Guajuvira	58c	67a	62a
CV (%)	22,2	23,6	23,0

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. R2: floração. R5: início do enchimento de grãos. R8: maturação.

Tabela 4. Número e comprimento de ramos (cm) na maturação (R8), de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Ramos por planta	
	Número	Comprimento
FT-2003	5,1a	20,9b
OCEPAR 14	4,0b	32,5a
BR 16	4,5ab	18,5b
RS 7-Jacuí	2,7c	32,9a
RS 9-Itaúba	4,0b	38,1a
CEP 20-Guajuvira	3,1c	34,9a
CV (%)	12,8	17,8

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Número de nós férteis na planta inteira, no caule e nos ramos, na maturação (R8), de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Número de nós férteis		
	Planta	Caule	Ramos
FT-2003	24a	10a	14a
OCEPAR 14	22a	10a	12ab
BR 16	20a	9a	11abc
RS 7-Jacuí	18a	10a	8c
RS 9-Itaúba	22a	9a	13ab
CEP 20-Guajuvira	19a	10a	9bc
CV (%)	13,8	14,9	21,1

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Em R8, o número de legumes por planta contendo um grão não diferiu entre as cultivares, com exceção da RS 7-Jacuí, que apresentou menor valor (Tabela 6). Com relação ao número de legumes por planta contendo dois grãos, as cultivares RS 9-Itaúba e CEP 20-Guajuvira apresentaram os maiores números (média de 38), diferindo das demais com média de 23 (Tabela 6). Já quanto ao número de legumes por planta contendo três grãos, a cultivar FT-2003 foi superior às demais apresentando 21 legumes, enquanto as cultivares OCEPAR 14, BR 16 e RS 9-Itaúba apresentaram média de 8 legumes, ficando as demais cultivares em valores intermediários.

As cultivares BR 16 e RS 7-Jacuí foram as que apresentaram o maior peso de 100 grãos, porém não diferiram das cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba, que constituíram um grupo intermediário, apresentando a CEP 20-Guajuvira o menor valor (Tabela 6). A formação de legumes pode ser prejudicada em razão da competição por assimilados com os legumes formados mais cedo, e pode limitar fisicamente o tamanho potencial do grão (Egli et al., 1987). De fato, os legumes formados pela cultivar CEP 20-Guajuvira, por serem de menor tamanho, limitaram fisicamente a produção de grãos, ocasionando menor peso de 100 grãos.

Estes resultados demonstram que a importância relativa de cada componente do rendimento variou conforme a cultivar. As diferenças observadas entre as cultivares, quanto à produção de grãos por planta, sugerem que determinados componentes tenham maior importância para a elevada produção de grãos que outros.

Tabela 6. Número de legumes por planta com um, dois e três grãos, e peso de 100 grãos, na maturação (R8), de seis cultivares de soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97⁽¹⁾.

Cultivares	Número de legumes por planta com:			Peso de 100 grãos (g)
	1 grão	2 grãos	3 grãos	
FT-2003	9a	23b	21a	15,42ab
OCEPAR 14	10a	22b	9c	14,68b
BR 16	10a	23b	8c	16,55a
RS 7-Jacuí	6b	23b	14b	16,78a
RS 9-Itaúba	11a	38a	8c	15,64ab
CEP 20-Guajuvira	12a	39a	11bc	11,96c
CV (%)	23,7	25,0	30,5	6,3

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Conclusões

1. A produção de grãos das cultivares FT-2003 e RS 9-Itaúba depende do maior número de nós férteis nos ramos e da maior produção de grãos nos ramos, enquanto a cultivar FT-2003 apresentou maior número de legumes por planta com três grãos, a RS 9-Itaúba apresentou maior número de legumes por planta com dois grãos.

2. A cultivar RS 7-Jacuí expressa sua produção de grãos por meio de elevado peso de 100 grãos e por alto número de legumes por planta com três grãos.

3. A produção de grãos da cultivar CEP 20-Guajuvira é decorrente da alta porcentagem de fixação de legumes, que se traduz em elevada produção de legumes por planta.

4. O peso de 100 grãos tem grande importância na produção de grãos da cultivar BR 16, enquanto na cultivar OCEPAR 14, a produção decorre do maior número de ramos e do número de nós férteis nos mesmos.

Referências

- BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 846-851, May/June 1995.
- DYBING, C. D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 2, p. 489-497, Mar./Apr. 1994.
- EGLI, D. B.; WIRALAGA, R. A.; BUSTAMAM, T.; YU, Z. W.; TEKRONY, D. M. Time of flower opening and seed mass in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 4, p. 697-700, July/Aug. 1987.
- HEITHOLT, J. J.; EGLI, D. B.; LEGGETT, J. E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 3, p. 589-595, May/June 1986.
- JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 2, p. 221-225, Mar./Apr. 1993.
- McBLAIN, B. A.; HUME, D. J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early

- soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 499-505, July 1981.
- PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 5, p. 505-507, Sept./Oct. 1973.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 23., 1995, Porto Alegre. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina: 1995/96**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 80 p.
- SHARMA, K. P.; DYBING, C. D.; LAY, C. Soybean flower abortion: genetics and impact of selection on seed yield. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1017-1022, Sept./Oct. 1990.
- WIEBOLD, W. J. Rescue of soybean flowers destined to abscise. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 1, p. 85-88, Jan./Feb. 1990.
- WIEBOLD, W. J.; PANCIERA, M. T. Vasculature of soybean racemes with altered intraraceme competition. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1089-1093, Sept./Oct. 1990.