

TEOR DE ÓLEO E DE PROTEÍNA EM GENÓTIPOS DE SOJA DESENVOLVIDOS APÓS 1990¹

EMÍDIO RIZZO BONATO², PAULO FERNANDO BERTAGNOLLI³, CLÁUDIA ERNALANGE⁴
e SÉRGIO DE ASSIS LIBRELOTTO RUBIN⁵

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi verificar se as cultivares de soja lançadas após 1990 para o Estado do Rio Grande do Sul continham, nos grãos, teores de proteína e de óleo diferentes dos contidos nos grãos das cultivares em uso anteriormente a esse ano. Na safra de 1996/97, foi realizado um estudo envolvendo genótipos produzidos em três locais do Rio Grande do Sul. O teor de óleo foi determinado pelo método de Soxhlet, e o de proteína, pelo método de Kjeldahl. A maior parte das cultivares lançadas entre 1991 e 1996 apresentou menor teor de proteína e maior teor de óleo do que as mais antigas. A utilização das cultivares União e Industrial como genitores deve ter contribuído para o menor teor de proteína apresentado pelas cultivares. As linhagens experimentais apresentaram teor de proteína tão elevado quanto o das cultivares em cultivo desde antes de 1990, o que pode ter sido causado pela mudança de genitores. As correlações fenotípicas indicaram que existe uma associação negativa significativa somente entre os teores de óleo e de proteína.

Termos para indexação: *Glycine max*, correlação genética, composição química.

OIL AND PROTEIN CONTENT IN SOYBEAN GENOTYPES DEVELOPED AFTER 1990

ABSTRACT - The objective of this work was to investigate whether oil and protein contents of soybean cultivars released after 1990 for the State of Rio Grande do Sul, Brazil, differ from the contents found in cultivars in use before that year. A study was carried out in 1996/97 involving cultivars recommended at different periods, produced at three sites of that state. Oil content was determined by the Soxhlet method, and protein content was determined by the Kjeldahl method. It was found that most cultivars released between 1991 and 1996 showed lower protein content and higher oil content than older cultivars. The use of the União and Industrial cultivars as parents should be one of the main reasons to the lower protein content in these cultivars. The change of parents provided a recuperation in the protein content of new lines up to the level found in the cultivars released before 1990. Phenotypical correlations indicated that there is a significant negative association between oil and protein contents only.

Index terms: *Glycine max*, genetic correlation, chemical composition.

¹ Aceito para publicação em 2 de março de 2000.

² Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPq), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq.
E-mail: bonato@cnpt.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-CNPq.
E-mail: bertagnolli@cnpt.embrapa.br

⁴ Eng. Agrôn., M.Sc., Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (FUNDACEP), Caixa Postal 10, CEP 98100-970 Cruz Alta, RS. E-mail: mtelli@pro.via-rs.com.br

⁵ Eng. Agrôn., M.Sc., Centro de Pesquisa de Sementes de Júlio de Castilhos, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), RS, Caixa Postal 03, CEP 98130-000 Júlio de Castilhos, RS.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, têm sido frequentes os questionamentos, em alguns estados brasileiros, sobre a redução do teor de proteína nas novas cultivares de soja. No Brasil, Costa et al. (1981) citam teores de proteína bruta entre 40,00% e 41,38% em grãos de sete cultivares comerciais, produzidas na safra de 1973. As cultivares de soja comercialmente cultivadas nos Estados Unidos têm, segundo Hartwig (1979), aproximadamente 40,5% de proteína no grão e 21,0% de óleo, com base em matéria seca.

De acordo com Wilcox & Guodong (1997), a composição das sementes das cultivares comerciais dos Estados Unidos, com poucas exceções, tem permanecido inalterada, nos últimos 70 anos, em aproximadamente 400 g de proteína e 210 g de óleo por kg de grãos. Voldeng et al. (1997), no entanto, afirmaram que de 1976 a 1992, o aumento do rendimento de grãos das cultivares cultivadas naquele país foi de 0,7% ao ano, enquanto o nível de proteína foi reduzido em 4 g/kg/ano e o teor de óleo aumentou em 4 g/kg/ano.

A melhoria do potencial produtivo das cultivares de soja é um dos principais objetivos de todos os programas de melhoramento genético conduzidos no país. O rendimento de grãos de soja, em geral, é inversamente correlacionado com o teor de proteína nos grãos (Johnson et al., 1955; Kwon & Torrie, 1964; Byth et al., 1969a, 1969b; Thorne & Fehr, 1970; Hartwig & Hinson, 1972; Hymowitz et al., 1972; Shannon et al., 1972; Voldeng et al., 1997; Wilcox & Guodong, 1997). Segundo Burton (1984), correlações negativas entre rendimento de grãos e teor de proteína, apesar de freqüentes, usualmente não são expressivas. Associação positiva entre o conteúdo de proteína e o rendimento de grãos também tem sido observada (Weiss et al., 1952; Kwon & Torrie, 1964; Simpson Junior & Wilcox, 1983). Relação negativa entre rendimento de grãos e teor de proteína foi encontrada, por Wilcox & Guodong (1997), em populações de tipo de crescimento indeterminado, e não foi encontrada em populações de hábito determinado.

A correlação entre teor de óleo e rendimento de grãos de soja, dependendo dos genótipos avaliados, pode ser elevada e positiva (Johnson et al., 1955), pequena, e variar de positiva a negativa (Simpson Junior & Wilcox, 1983), ou ausente (Kwon & Torrie, 1964).

Os teores de proteína e de óleo são inversamente correlacionados (Johnson et al., 1955; Kwon & Torrie, 1964; Thorne & Fehr, 1970; Hymowitz et al., 1972; Simpson Junior & Wilcox, 1983; Burton, 1984).

Visando determinar se as cultivares de soja lançadas após 1990 diferem das mais antigas quanto aos teores de proteína e de óleo, realizou-se um estudo com cultivares em uso no Rio Grande do Sul que foram lançadas em diferentes períodos, a partir dos anos 70.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo, foram usados grãos provenientes de genótipos avaliados em ensaios de competição de cultivares comerciais e de novas linhagens de soja conduzidos em Passo Fundo, em Cruz Alta e em Júlio de Castilhos, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, durante o ano agrícola 1996/97 (Tabela 1). O ensaio de cultivares comerciais foi feito em blocos ao acaso, com três repetições, e o de novas linhagens, com quatro repetições, em Passo Fundo e em Júlio de Castilhos, e três em Cruz Alta. Para o estudo, foram usadas cultivares desenvolvidas em diferentes períodos, e linhagens em fase de avaliações finais, algumas das quais deverão constituir-se em futuras cultivares.

A semeadura foi realizada nos dias 9, 12 e 14 de novembro de 1996 em Júlio de Castilhos, em Cruz Alta e em Passo Fundo, respectivamente.

O rendimento de grãos foi estimado em área útil de 4,0 m² por repetição.

De cada parcela, após a pesagem, foi retirada uma amostra de grãos, que foi analisada quanto aos teores de óleo e de proteína, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, em Londrina, PR.

O teor de óleo foi determinado em uma amostra de 1 g pelo método de Soxhlet, com hexano como solvente. As análises foram feitas em duplicata, e uma terceira análise foi realizada quando necessário.

O teor de proteína foi determinado em uma amostra de 0,1 g, tomada em triplicata, pelo método de Kjeldahl, tendo como catalisador o sulfato de cobre.

Os dados do teor de óleo foram analisados a partir dos resultados em porcentagem transformados para $x^{0,5}$, enquanto os de conteúdo de proteína foram analisados sem transformação.

Os efeitos de cultivares, no ensaio de cultivares comerciais foram desdobrados em efeitos de cultivares lançadas antes de 1970, de cultivares lançadas entre 1971 e 1980, de cultivares lançadas entre 1981 e 1990 e de cultivares lançadas entre 1991 e 1996.

No ensaio de linhagens, os efeitos de genótipos foram desdobrados em efeitos de cultivares lançadas até 1991, de cultivares lançadas em 1996 e 1997 e de linhagens experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares comerciais em uso no estado foram separadas em quatro grupos, de acordo com o ano de início de cultivo de cada uma (Tabela 2). Na média dos grupos, as cultivares lançadas após 1980 apre-

TABELA 1. Genótipos avaliados nos dois experimentos, genealogia e ano de lançamento.

Genótipo	Genealogia	Ano de lançamento
Cultivares		
Bragg	Jackson x D 49-2491	1966
BR-4	Hill x Hood	1979
BR-16	D 69-B 10M58 x Davis	1992
CEP 12-Cambará	Bragg x Hood	1984
Cobb	F 57-735 x D 58-3358	1979
Davis	D 49-2573 x N 45-1497	1965
Embrapa 66	FT-Abyara x BR 83-147 ¹	1996
Fepagro RS-10	Ipagro 20 x Pel 7803	1995
FT-Abyara	União x Sant'Ana	1989
FT-Saray	F-5 (Formosa) x União	1993
FT-2003	Bulk 22	1996
FT-2004	Bulk 22	1996
IAS 4	Hood x Jackson	1973
IAS 5	Hill x D 52810	1973
Ocepar 14	Davis x União	1994
RS 7-Jacuí	Ivorá x PI 80.837	1989
Linhagens (na época da realização do experimento)		
BR 90-5825 (Embrapa 59) ²	FT-Abyara x BR 83-147 ¹	1997
FT 91-7298	Bulk 25	-
FT 92-3649	FT-7 x FT 84-609	-
FT 92-9037 (FT-2011) ²	Ocepar 10 x FT 83-143 ³	1997
JC 9350	RS 5-Esmeralda x RS 7-Jacuí ⁴	-
PF 91 175 (BRS 137) ²	Dourados-1(5) x Ocepar 9 = SS-1	1997
PF 92 149 (BRS 138) ²	BR-16 x BR 85-16140 ⁵	1997
PF 93 121 (BRS 153) ²	Embrapa 1 x Braxton	1998
PF 93 425	RS 6-Guassupi x Embrapa 4	-
OC 90-1448	Paraná x Ocepar 3	-

¹ BR 83-147 = União x BR-1; BR-1 = Hill x L-356 (Industrial).² Nome da cultivar lançada após a realização do estudo.³ Ocepar 10 = Paraná x União.⁴ RS 5- Esmeralda = Pérola x (Hardee x Industrial).⁵ BR 85-16140 = BR-1 fosca tardia x BR-1 resistente à pústula-bacteriana.

sentaram teor de proteína significativamente menor que o das mais antigas, lançadas antes de 1980. Das seis cultivares com menor teor de proteína, quatro foram colocadas no mercado após 1991 e duas na década de 80. Apesar disso, está incluída, no grupo de cultivares lançadas entre 1991 e 1996, a Fepagro RS-10, que apresentou, juntamente com a Bragg,

cultivada desde antes de 1970, teor mais elevado de proteína.

O menor teor de proteína nas cultivares lançadas nos últimos anos foi também observado no estudo feito no ensaio de linhagens de soja (Tabela 3). O grupo das quatro cultivares lançadas em 1996 e 1997 apresentou, em média, menor teor de proteína

TABELA 2. Teores médios de proteína e de óleo e rendimento médio de grãos de cultivares comerciais de soja, lançadas em diferentes períodos, de 1970 a 1996 no Rio Grande do Sul. Médias de três locais no ano agrícola de 1996/97¹.

Cultivar	Proteína ------(%)-----	Óleo	Rendimento (kg/ha)
Lançadas antes de 1970			
Bragg	41,46ab	19,27cd	3.338ab
Davis	39,92bc	20,66b	3.427ab
Média	40,69A	19,97AB	3.382A
Lançadas entre 1971 e 1980			
Cobb	40,93b	20,10bc	2.821c
BR-4	40,77bc	19,14c	3.321b
IAS 4	40,50bc	20,40bc	3.603ab
IAS 5	40,42bc	20,03bc	3.479ab
Média	40,66A	19,93AB	3.306A
Lançadas entre 1981 e 1990			
BR-16	40,27bc	19,52c	3.465ab
FT-Abyara	39,43c	20,11bc	3.463ab
CEP 12-Cambará	39,28cd	19,09d	3.444ab
RS 7-Jacuí	38,26d	20,42bc	3.584ab
Média	39,31B	19,79B	3.489A
Lançadas entre 1991 e 1996			
Fepagro RS-10	42,28a	18,91d	3.371ab
FT-2004	39,84c	19,81c	3.116bc
Ocepar 14	38,18d	21,40a	3.251b
FT-2003	38,00d	20,51bc	3.380ab
Embrapa 66	37,82d	21,92a	3.637 a
FT-Saray	37,75d	20,31bc	3.348ab
Média	38,96B	20,48A	3.350A

¹ Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas entre cultivares e maiúsculas entre grupos, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

que o dos demais grupos, e as linhagens experimentais apresentaram maior porcentagem média de proteína nos grãos do que as cultivares lançadas em 1996 e 1997; essa média é semelhante à das cultivares lançadas até 1991.

Os teores de óleo e de proteína, tanto no experimento de cultivares como no de linhagens, diferiram, a 1% de probabilidade, entre os locais (Tabelas 4 e 5). O teor médio de proteína das cultivares comerciais foi menor em Júlio de Castilhos, em comparação com os teores médios obtidos dos grãos produzidos em Passo Fundo e em Cruz Alta.

No experimento com as linhagens, o teor médio de proteína foi maior em Cruz Alta do que o obtido nos outros dois locais.

Os teores médios de óleo obtidos dos grãos produzidos em Passo Fundo foram menores que os obtidos em Cruz Alta e em Júlio de Castilhos, em ambos os experimentos.

Os resultados apresentados, embora obtidos em três locais, foram todos gerados de grãos produzidos em apenas um ano agrícola. Fatores ambientais podem contribuir fortemente para a concentração de

TABELA 3. Teores médios de proteína e de óleo e rendimento médio de grãos de cultivares e de linhagens de soja obtidos em diferentes períodos. Médias de três locais no ano agrícola de 1996/97¹.

Cultivar	Proteína	Óleo	Rendimento
	----- (%) -----		(kg/ha)
Cultivares lançadas até 1991			
IAS 5	39,98bc	20,32bc	3.653ab
Ocepar 14	38,76de	21,21a	3.443b
BR-16	38,95de	20,18bc	3.082c
RS 7-Jacuí	38,77de	19,90bcd	3.235bc
Cobb	39,60c	19,45d	2.755d
Média	39,21A	20,21A	3.234B
Cultivares lançadas em 1996 e 1997			
BRS 138	37,25f	20,93ab	3.519ab
BRS 137	38,27e	20,58ab	3.770a
Embrapa 59	36,00g	20,39b	3.322bc
FT - 2011	37,71e	20,19bc	3.258bc
Média	37,31B	20,52A	3.467A
Linhagens experimentais			
FT 92-3649	38,27e	19,50d	3.468b
PF 93 121	40,51b	19,99bcd	3.538ab
FT 91-7298	38,99d	20,11bc	3.061c
JC 9350	39,07d	19,72cd	3.131c
PF 93 425	41,30a	18,47e	3.365bc
OC 90-1448	39,03d	20,59ab	3.550ab
Média	39,53A	19,73B	3.352AB

¹ Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas entre cultivares e maiúsculas entre grupos, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Teores médios de proteína por grupo de cultivares e de linhagens de soja cultivadas em três locais do Rio Grande do Sul em 1996/97.

Grupo de genótipos	Número de genótipos	Locais ¹			Média
		Passo Fundo	Cruz Alta	Júlio de Castilhos	
Experimento de avaliação de cultivares					
Lançadas antes de 1970	2	40,58a	40,63a	40,85a	40,69A
Lançadas entre 1971 e 1980	4	40,64a	41,04a	40,28a	40,66A
Lançadas entre 1981 e 1990	4	39,31ab	39,82a	38,81b	39,31B
Lançadas entre 1991 e 1996	6	39,76a	39,03a	38,15b	38,96C
Média do experimento	16	39,97a	39,93a	39,19b	39,70
Experimento de avaliação de linhagens					
Lançadas antes de 1991	5	38,73c	39,90a	39,04b	39,21A
Lançadas em 1996 e 1997	4	37,02a	37,93a	37,13a	37,31B
Linhagens experimentais	6	39,97b	40,46a	38,92a	39,53A
Média do experimento	15	38,77b	39,60a	38,48b	38,83

¹ Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas entre cultivares e maiúsculas entre grupos, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Teores médios de óleo por grupo de cultivares e de linhagens de soja cultivadas em três locais do Rio Grande do Sul em 1996.

Grupo de genótipos	Número de genótipos	Locais ¹			Média
		Passo Fundo	Cruz Alta	Júlio de Castilhos	
Experimento de avaliação de cultivares					
Lançadas antes de 1970	2	19,70b	20,06ab	20,16a	19,97B
Lançadas entre 1971 e 1980	4	19,53b	19,82b	20,40a	19,93B
Lançadas entre 1981 e 1990	4	19,12c	19,62b	20,62a	19,79B
Lançadas entre 1991 e 1996	6	19,49b	20,60a	21,34a	20,48A
Média do experimento	16	19,43c	20,34b	20,78a	20,18
Experimento de avaliação de linhagens					
Lançadas antes de 1991	5	19,54b	20,68a	20,63a	20,21A
Lançadas em 1996 e 1997	4	20,25a	20,44a	20,86a	20,52A
Linhagens experimentais	6	19,29b	20,06a	19,79a	19,73B
Média do experimento	15	19,63b	20,37a	20,36a	20,12

¹ Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas entre cultivares e maiúsculas entre grupos, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

proteína nos grãos, independentemente dos genes de teor de proteína *per se*, como foi discutido por Hartwig & Hinson (1972). Além das diferenças causadas pelas condições físicas e químicas do solo e pelo fato de o cultivo da soja ter sido feito no sistema de semeadura convencional em Cruz Alta e em Júlio de Castilhos e no sistema de plantio direto em Passo Fundo, ocorreram, em 1996/97, diferenças climáticas entre os três locais. A temperatura média em Passo Fundo foi cerca de 0,9°C inferior à dos demais locais, de novembro de 1996 a abril de 1997. Nesse período, em Júlio de Castilhos ocorreu um volume maior de precipitação pluvial que nos demais locais. Os menores volumes de chuva alternaram-se, durante esses meses, entre Passo Fundo e Cruz Alta.

As condições fotoperiódicas em que a soja foi cultivada foram semelhantes, uma vez que as diferenças de latitude entre os locais são pequenas e as semeaduras foram feitas com diferença máxima de cinco dias. As interações entre cultivares e locais e entre linhagens e locais também foram altamente significativas, demonstrando que os genótipos de soja estudados reagem diferentemente em relação às condições ambientais onde são cultivados.

A análise da origem das cultivares e das linhagens avaliadas evidenciou existir uma relação entre o teor de proteína e a genealogia. As cultivares Embrapa 66, FT-Saray, BRS 137, Embrapa 59 e FT-2011 apresentaram teores de proteína inferiores a 38%. Todas essas cultivares possuem genes das

cultivares União e Industrial (L-356). Os genótipos FT-Abyara, Ocepar 14 e JC 9350, também descendentes da cultivar União ou da Industrial, exibiram teores inferiores a diversos outros genótipos estudados (Tabelas 2 e 3). Por sua vez, genótipos descendentes das cultivares Paraná e Davis não mostraram relação tão próxima, exibindo, alguns, baixo, e outros, elevado teor de proteína. As cultivares União e Industrial apresentaram 40,8% (Bonetti & Vieira, 1981) e 39,0% (Miranda et al., 1981) de proteína. A análise da genealogia mostrou que a mudança de genitores pode ter sido um importante fator na recuperação do teor de proteína das novas linhagens, no mesmo grau dos teores das cultivares lançadas antes de 1990.

As cultivares lançadas entre 1991 e 1996 apresentaram teor médio de óleo mais elevado que o das lançadas entre 1981 e 1990, entre 1971 e 1980 e antes de 1980 (Tabela 2). A cultivar Fepagro RS-10 possui elevado teor de proteína e baixo teor de óleo, sendo, portanto, uma das mais indicadas para a produção de ração. Essa cultivar é originária do cruzamento Ipagro 20 x Pel 7803. A cultivar Ipagro 20 foi obtida do cruzamento (Santa Rosa x Arksoy) x (Majos x Kanro) e Pel 7803 do cruzamento Forrest x Hood. As cultivares Ocepar 14 e Embrapa 66, contrariamente à Fepagro RS-10, possuem elevado teor de óleo e baixo teor de proteína. O grupo de linhagens que exibiu maior teor médio de proteína apresentou o menor teor médio de óleo (Tabela 3).

Não houve diferença estatisticamente significativa, a 5% de probabilidade, entre os grupos de cultivares comerciais cultivadas nos três locais (Tabela 2). O melhor rendimento de grãos no ensaio de linhagens foi obtido pelas cultivares lançadas em 1996 e em 1997, o qual não diferiu do das linhagens experimentais (Tabela 3). O rendimento médio dessas linhagens, por sua vez, foi semelhante ao das cultivares lançadas até 1991. Esses resultados indicam que o potencial produtivo dos novos genótipos incluídos nesse estudo não difere muito do apresentado pelos genótipos em cultivo há mais tempo. Tal fato pode ser entendido se for considerado que no estudo dos teores de óleo e de proteína foram incluídas as cultivares mais produtivas ainda em cultivo, como Bragg, Davis, IAS 4, IAS 5 e BR-4.

Nos ensaios avaliados, os coeficientes de correlação entre rendimento de grãos e teor de proteína foram negativos, e entre rendimento de grãos e teor de óleo foram positivos; no entanto, nenhum deles foi diferente de zero, segundo o teste t a 5% de probabilidade (Tabela 6). Resultados semelhantes foram constatados por Know & Torrie (1964) e por Byth et al. (1969a). A associação entre o teor de proteína e o teor de óleo nos dois ensaios foi negativa e altamente significativa. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por outros pesquisadores (Johnson et al., 1955; Kwon & Torrie, 1964; Thorne & Fehr, 1970; Hymowitz et al., 1972; Simpson Junior & Wilcox, 1983; Burton, 1984).

TABELA 6. Correlações fenotípicas entre rendimento de grãos, teor de proteína e teor de óleo em cultivares e em linhagens de soja cultivadas em três locais no ano agrícola de 1996/97.

Caráter	Ensaio	Coeficiente de correlação fenotípica (r_f)	
		Teor de proteína	Teor de óleo
Rendimento de grãos	Cultivares	-0,11	0,06
	Linhagens	-0,03	0,08
	Cult. + linh.	-0,05	0,07
Teor de proteína	Cultivares	-	-0,56**
	Linhagens	-	-0,15**
	Cult. + linh.	-	-0,28**

** Indica valores diferentes de zero, segundo o teste t ($p \leq 0,01$).

CONCLUSÕES

1. As cultivares colocadas no mercado do Rio Grande do Sul após 1980, especialmente as lançadas em 1996 e em 1997, apresentam menor teor de proteína nos grãos.

2. A redução do teor de proteína deve-se ao uso de determinados genitores nos programas de melhoramento, especialmente ao uso das cultivares União e Industrial; as novas linhagens mostram teor médio de proteína, considerado normal para o grão de soja.

3. Não há, nos genótipos e nos ambientes estudados, associação significativa entre o rendimento de grãos e os teores de óleo e de proteína; no entanto, a associação entre o teor de proteína e o de óleo é significativamente negativa.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. José Renato Bordignon, pesquisador da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, em Londrina, PR, pela colaboração na realização das análises de determinação dos teores de óleo e de proteína.

REFERÊNCIAS

- BONETTI, L.P.; VIEIRA, R.E. Melhoramento de cultivares no Brasil: no Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas : Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.292-300.
- BURTON, J.W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. *Proceedings*. Boulder : Westview, 1984. p.361-367.
- BYTH, D.E.; CALDWELL, B.E.; WEBER, C.R. Specific and nonspecific index selection in soybean *Glycine max* L. (Merrill). *Crop Science*, Madison, v.9, p.702-705, 1969a.
- BYTH, D.E.; WEBER, C.R.; CALDWELL, B.E. Correlated truncation selection for yield in soybeans. *Crop Science*, Madison, v.9, p.699-702, 1969b.
- COSTA, S.I. da; MORI, E.E.M.; FUJITA, J.T. Características químicas, organolépticas e nutricionais de algumas cultivares de soja. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas : Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.823-827.
- HARTWIG, E.E. Breeding productive soybeans with a higher percentage of protein. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SEED PROTEIN IMPROVEMENT IN CEREALS AND GRAIN LEGUMES, 1978, NEUHERBERG. *Proceedings*. Vienna : International Atomic Energy Agency, 1979. v.2, p.59-66.
- HARTWIG, E.E.; HINSON, K. Association between chemical composition of seed and seed yield of soybeans. *Crop Science*, Madison, v.12, p.829-830, 1972.
- HYMOWITZ, T.; COLLINS, F.I.; PANCZNER, J.; WALKER, W.M. Relationship between the content of oil, protein, and sugar in soybean seed. *Agronomy Journal*, Madison, v.64, p.613-616, 1972.
- JOHNSON, H.W.; ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and these implications in selection. *Agronomy Journal*, Madison, v.47, p.477-483, 1955.
- KWON, S.H.; TORRIE, J.H. Heritability and interrelationship among traits of two soybean populations. *Crop Science*, Madison, v.4, p.196-198, 1964.
- MIRANDA, A.C. de; MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; ROSSETTO, C.J. Melhoramento de cultivares no Brasil: no Estado de São Paulo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas : Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.311-324.
- SHANNON, J.G.; WILCOX, J.R.; PROBST, A.M. Estimated gains from selection for protein and yield in the F₄ generation of six soybean populations. *Crop Science*, Madison, v.12, p.824-826, 1972.
- SIMPSON JUNIOR, A.M.; WILCOX, J.R. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean populations. *Crop Science*, Madison, v.23, p.1077-1081, 1983.
- THORNE, J.C.; FEHR, W.R. Incorporation of high-protein, exotic germplasm into soybean populations by 2- and 3-way crosses. *Crop Science*, Madison, v.10, p.652-655, 1970.
- VOLDENG, H.D.; COBER, E.R.; HUME, D.J.; GILLARD, C.; MORRISON, M.J. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Crop Science*, Madison, v.37, p.428-431, 1997.
- WEISS, M.G.; WEBER, C.R.; WILLIAMS, L.T.T.; PROBST, A.H. Correlations of agronomic characters and temperature with seed compositional characters in soybean, as influenced by variety and time of planting. *Agronomy Journal*, Madison, v.44, p.289-297, 1952.
- WILCOX, J.R.; GUODONG, Z. Relationship between seed yield and seed protein in determinate and indeterminate soybean populations. *Crop Science*, Madison, v.37, p.361-364, 1997.