

# Efeitos da interação genótipos x ambientes no rendimento de grãos e nos teores de proteína de cultivares de soja

Marco Antônio Sedrez Rangel<sup>1\*</sup>, Andréia Minuzzi<sup>2</sup>, Alessandro de Lucca e Braccini<sup>3</sup>, Carlos Alberto Scapim<sup>3</sup> e Paulo César Cardoso<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Cx. Postal 661, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>4</sup>Fundação Vegetal, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: [rangel@cpao.embrapa.br](mailto:rangel@cpao.embrapa.br)

**RESUMO.** Este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da interação genótipos por ambientes no rendimento de grãos e nos teores de proteína de três cultivares de soja no estado do Mato Grosso do Sul. As características avaliadas foram o rendimento de grãos e os teores de proteína bruta nas sementes. Os níveis de produtividade da safra 2002/03 foram elevados em função das condições climáticas favoráveis. A safra 2004/05 caracterizou-se pela ocorrência de estresse hídrico durante o enchimento de grãos, resultando em menor rendimento de grãos na cultivar BRS 133. Em ambas as safras, verificou-se maior teor de proteína na cultivar BRS 206, evidenciando que o efeito de cultivar foi mais importante no teor de proteína.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, proteína, ambiente, sementes, produtividade.

**ABSTRACT. Effects of genotype x environment on grain yield and protein levels of soybean cultivars.** This work aimed to study the genotype x environment interaction on grain yield and protein levels of three soybean cultivars in the state of Mato Grosso do Sul. Grain yield and protein levels of soybean were evaluated during 2002/03 and 2004/05 cropping seasons. Grain yield in 2002/03 was satisfactory considering favorable climatic conditions. However, in 2004/05, grain yield of BRS 133 cultivar was low due to dry conditions during grain wadding. BRS 206 cultivar, on both cropping seasons, showed the highest levels of protein, which suggests that cultivar effect was more important for protein levels.

**Key words:** *Glycine max*, protein, environment, grain yield.

## Introdução

Os teores de proteína e de óleo de grãos de soja podem variar em função do genótipo, do ambiente e da interação desses fatores, porém não existem estudos conclusivos da magnitude da influência desses fatores na qualidade da soja. O aumento do potencial produtivo das cultivares de soja é um dos principais objetivos de todos os programas de melhoramento genético conduzidos no país. A concentração de óleo e de proteínas é herdada como uma característica quantitativa, influenciada pelo meio ambiente (Wilcox, 1985; Burton, 1989; Voldeng *et al.*, 1997; Wilcox e Guodong, 1997).

Embora exista variabilidade genotípica para composição de óleo e de proteínas, tem sido difícil melhorar essas características por meio do melhoramento de plantas, devido à correlação negativa existente entre óleo e proteínas e a consistente relação inversa entre produtividade de grãos e concentração de

proteínas (Burton, 1985). Tem sido dada maior ênfase ao incremento na produtividade de grãos e à resistência às doenças, do que à composição química dos grãos. Também não existe incentivo econômico, até o momento, para a criação de genótipos com elevado teor protéico, pois o agricultor é remunerado pela quantidade produzida, não pela concentração de proteínas e/ou óleo nas sementes.

A variabilidade na composição da semente tem sido problemática para a indústria, pois as concentrações a serem obtidas, por exemplo, para a concentração de proteínas no farelo, nem sempre são alcançadas. Segundo levantamento realizado por Carraro, citado por Lazzarini e Nunes (1998), de 27 cultivares avaliados no Paraná, na safra 1994/95, apenas duas cultivares apresentaram teores acima de 37% de proteína no grão, o que é considerado satisfatório para a indústria. Supõe-se que a busca de aumento por produtividade em pesquisas genéticas, sem considerar aspectos qualitativos, tenha induzido tal problema.

Pípolo (2002), ao trabalhar com 5 genótipos em 2 anos agrícolas (1998/1999 e 1999/2000) e 10 diferentes locais, verificou diferenças entre os genótipos nas concentrações médias de proteína e de óleo. A cultivar IAS-5, com 399,2 mg g<sup>-1</sup>, apresentou maior concentração de proteína que FT-Abyara e Embrapa 59, com 392,0 e 383,0 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente. Ressaltou que as diferenças entre os teores de proteína dentro do mesmo local, mas em anos diferentes, não podem ser explicadas sem levar em consideração a ocorrência e a distribuição de chuvas durante o período de enchimento de grãos. O estresse hídrico durante esse período pode afetar o processo de fixação simbiótica de N<sub>2</sub> que, preferencialmente, vai para a formação da semente. A ocorrência de veranicos mais severos, com queda acentuada da produtividade de grãos, pode aumentar a concentração de proteínas na semente. O autor salientou que a influência ambiental sobre os teores de proteína carece de estudos mais detalhados, devido às várias interações possíveis.

Bonato *et al.* (2000) realizaram estudo em três regiões do Rio Grande do Sul, com 26 genótipos de soja, e observaram que os teores de óleo e de proteína diferiram estatisticamente entre os locais estudados. Em função disso, alegaram que fatores ambientais podem contribuir fortemente para a concentração de proteína nos grãos, independentemente dos genes *per se*. As diferenças causadas pelas condições físicas e químicas do solo e condições climáticas variáveis entre as regiões afetaram de forma diferente os genótipos, pois as interações entre os genótipos e os locais também foram altamente significativas, demonstrando que os genótipos de soja estudados reagem diferentemente em relação às condições ambientais nos quais são cultivados.

O trabalho teve por objetivo estudar o efeito do genótipo, ambiente e da interação genótipos por ambientes no rendimento de grãos e nos teores de proteína de três cultivares de soja no Estado do Mato Grosso do Sul.

## Material e métodos

Na safra 2002/03, os ensaios foram conduzidos nos municípios de Laguna Carapã, Rio Brillhante, Aral Moreira e Sidrolândia. Na safra 2004/05, foram conduzidos em Sidrolândia e em Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul. Para ambas as situações, 3 cultivares de soja, BRS 206 (precoce/semiprecoce), BRS 133 (semiprecoce) e CD 202 (precoce), foram semeadas no segundo decêndio de novembro, em semeadura direta, com população inicial em torno de 310 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

A adubação e demais tratos culturais foram efetuados de acordo com as recomendações técnicas vigentes (Embrapa, 2002; 2004). As sementes foram tratadas com fungicida à base de Carboxim + Thiram (50 + 50 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup>) e inoculadas com inoculante turfoso à base de *Bradyrhizobium japonicum*.

As parcelas (cultivares de soja) foram constituídas de 8 fileiras de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre si para os genótipos de soja. Na colheita das subparcelas (épocas de colheita), foram eliminadas as fileiras externas, bem como 2,5 m de cada extremidade das fileiras centrais como bordaduras e colhidas parcelas de duas fileiras com 5 m de comprimento. A colheita foi realizada em 4 épocas: no estádio R<sub>7</sub> e aos 7, 14 e 21 dias após a 1ª época. A área útil das unidades foi 4,5 m<sup>2</sup>.

Após a trilha, a limpeza e o acondicionamento em sacos de papel kraft multifoliado, procedeu-se à pesagem, à determinação do grau de umidade das sementes pelo método da estufa, a 105±3°C (Brasil, 1992), e ao armazenamento em câmara fria da Embrapa Agropecuária Oeste (ambiente à temperatura 10°C e 55% de umidade relativa).

As análises químicas para a determinação de proteína bruta foram realizadas segundo a AOAC (1975), no laboratório da empresa MGT-Brasil (safra 2002/03) e no laboratório de análise de solos da Embrapa Agropecuária Oeste (safra 2004/05), em Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com 3 repetições, na safra 2002/03, e blocos ao acaso com parcelas subdivididas e 3 repetições, na safra 2004/05. Foram feitas análises individuais por ano e posteriormente, a análise conjunta. Essa análise foi possível pois não houve discrepâncias entre os quadrados médios dos resíduos das análises individuais. As cultivares foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade (Banzatto e Kronka, 1995).

O dados de rendimento de grãos foram expressos em kg ha<sup>-1</sup> a 13% de água e os teores de proteína em percentual a 14% de água, ambos em base úmida.

## Resultados e discussão

Na safra 2002/03, não foram verificadas diferenças entre o rendimento de grãos das cultivares, tanto dentro dos locais quanto entre as médias destes. No entanto, quando se comparou os rendimentos médios dos quatro locais, observou-se maior produtividade em Rio Brillhante, seguido de Sidrolândia, Laguna Carapã e Aral Moreira, estes dois últimos não diferindo entre si (Tabela 1).

**Tabela 1.** Rendimento de grãos de 3 cultivares de soja em diversos ambientes da região Sul de Mato Grosso do Sul, nas safras 2002/03 e 2004/05.

Local	Safrinha 2002/2003			Média
	Cultivar			
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
	BRS 206	BRS 133	CD 202	
L. Carapã	3.478	3.385	3.635	3.499 C
Sidrolândia	4.101	4.440	4.024	4.188 B
Aral Moreira	3.464	3.265	3.241	3.323 C
Rio Brillhante	4.728	4.725	4.377	4.610 A
Média	3.819 <sup>ns</sup>	3.954	3.943	3.905
C.V.(%)	7,51			
Local	Safrinha 2004/2005			Média
	Cultivar			
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			
	BRS 206	BRS 133	CD 202	
Dourados	2.194	1.941	2.475	2.203 A
Sidrolândia	1.774	1.587	2.235	1.865 B
Média	1.984 b	1.764 c	2.355 a	2.034
C.V.(%)	4,54			

Dentro da safra 2002/03, médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Dentro da safra 2004/05, médias seguidas por distintas letras maiúsculas, na coluna, diferem entre si pelo teste F; e médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não-significativo segundo teste F.

Os níveis de produtividade da safra 2002/03 foram elevados, em função das condições climáticas favoráveis ocorridas durante o ciclo da cultura. A safra 2004/05, por sua vez, caracterizou-se pela ocorrência de estresse hídrico durante os estádios de enchimento de grãos, sobretudo na cultivar semiprecoce BRS 133, que apresentou a mais baixa produtividade. Nessa última safra, o rendimento de grãos foi superior em Dourados e, entre os genótipos, a cultivar CD 202 foi mais produtiva que BRS 206 e BRS 133 (Tabela 1). Não foi verificada significância, pelo teste F, para os efeitos principal de época de colheita e das interações envolvendo esse fator. Esses resultados condizem com Hanson (1992), o qual, a partir de resultados de 3 anos, verificou que genótipos com maiores períodos reprodutivos e de enchimento de sementes obtiveram maior produtividade em condições favoráveis. Entretanto, na ocorrência de estresse hídrico durante o período reprodutivo, essa vantagem não foi verificada.

Quanto ao comportamento dos teores de proteína bruta em função das cultivares e dos locais, observou-se similaridade entre os locais, na safra 2002/2003, e maiores teores médios em Dourados, na safra 2004/2005. Esta última refletiu a mesma tendência apresentada para o rendimento de grãos, o que pode estar indicando menor intensidade da adversidade climática (Tabela 2). Também não se observou efeito significativo do fator época de colheita. Vollmann *et al.* (2000) verificaram, na Europa, para genótipos de soja de ciclo precoce, diferenças nos teores de proteína entre safras. As maiores concentrações (39,9 - 47,6%) foram obtidas em anos com altas temperaturas do ar e moderadas chuvas durante o período de enchimento dos grãos. Em contrapartida, nas safras com elevada precipitação durante o período mencionado, ou com insuficiente fixação biológica de nitrogênio, os teores de proteína sofreram drástica redução (26,5 - 34,7%).

**Tabela 2.** Teores médios de proteína bruta (U=14%) de grãos de 3 cultivares de soja em diversos ambientes da região Sul de Mato Grosso do Sul, nas safras 2002/03 e 2004/05.

Local	Safrinha 2002/2003			Média
	Cultivar			
	Teores de proteína bruta (%)			
	BRS 206	BRS 133	CD 202	
L. Carapã	36,5	34,0	30,5	33,7 <sup>ns</sup>
Sidrolândia	34,9	33,6	30,3	32,9
Aral Moreira	35,7	34,2	31,9	33,9
Rio Brillhante	36,9	33,3	30,7	33,6
Média	36,0 a	33,8 b	30,8 c	33,5
C.V.(%)	1,87			
Local	Safrinha 2004/2005			Média
	Cultivar			
	Teores de proteína bruta (%)			
	BRS 206	BRS 133	CD 202	
Dourados	35,4	33,9	31,0	33,4 A
Sidrolândia	34,9	33,4	30,3	32,9 B
Média	35,2 a	33,6 b	30,6 c	33,1
C.V.(%)	2,61			

Dentro da safra 2002/03, médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Dentro da safra 2004/05, médias seguidas por distintas letras maiúsculas, na coluna, diferem entre si pelo teste F; e médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não-significativo segundo teste F.

Pípulo (2002) observou tendência de as sementes coletadas nos locais com temperaturas médias mais amenas (21 a 23°C) e com maior altitude (maior que 650 m) apresentarem maior concentração de proteína do que aquelas coletadas nos locais com temperaturas mais altas (23 a 27°C). Nos casos em que não se verificou essa tendência, os resultados foram melhor explicados pela distribuição de chuvas durante o período de enchimento e pelo rendimento de grãos. Concluiu o autor que a distribuição de chuvas durante o período de enchimento de grãos e a disponibilidade de nitrogênio para as sementes são peças-chave para o melhor entendimento das variações dos teores de proteína e de óleo nas sementes de soja.

Meschede *et al.* (2004) trabalhando com a cultivar BRS 133, verificaram incremento significativo no rendimento de grãos e no teor de proteínas quando da aplicação de cobalto e de molibdênio via foliar e no tratamento de sementes, respectivamente. Esse fato pode estar associado à melhoria na eficiência da fixação biológica do nitrogênio, uma vez que os elementos citados são considerados essenciais para tal processo.

Na comparação entre as cultivares (Tabela 2), observou-se um padrão de comportamento semelhante nas duas safras, independentemente do local e da condição climática. Em ambas as safras, verificou-se maior teor de proteína nos grãos da cultivar BRS 206 em relação à cultivar BRS 133, e destas em relação à cultivar CD 202, evidenciando que, dentro da região estudada, o efeito ambiental sobre o teor de proteína dos grãos não é prevalente sobre o efeito de cultivar. No caso de BRS 206, trata-se de uma cultivar adaptada à região, com alto potencial produtivo e boa estabilidade nos teores de proteína nas sementes.

Vollmann *et al.* (2000), após estudo de várias safras na Europa, constataram que, apesar de altos graus de variação ambiental e genética, o efeito da interação genótipos por ambientes para teor de proteína foi de baixa magnitude. Também observaram, semelhantemente ao que foi constatado no presente trabalho, que a correlação negativa entre a produtividade e o teor de proteína dos grãos é moderada, não limitando a seleção de genótipos precoces, produtivos e com boa qualidade industrial.

Os resultados analisados indicam que, a partir dos programas de melhoramento, pode-se obter genótipos que expressem bons níveis de proteína, permitindo a discussão de um preço diferenciado por parte da indústria de alimentação.

### Conclusão

Os níveis de produtividade da safra 2002/03 foram elevados em função das condições climáticas favoráveis. A safra 2004/05 caracterizou-se pela ocorrência de estresse hídrico durante o enchimento de grãos, resultando em menor rendimento de grãos na cultivar BRS 133. Em ambas as safras, verificou-se maior teor de proteína na cultivar BRS 206, evidenciando que o efeito de cultivar foi mais importante no teor de proteína.

### Referências

- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. Washington, D.C., 1975.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 1995.
- BONATO, E.R. *et al.* Teores de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2391-2398, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.
- BURTON, J.W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality. *In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE*, 3., 1984, Ames. *Proceedings...* Boulder: Westview, 1985. p. 361-367.
- BURTON, J.W. Breeding soybeans cultivars for increase seed protein percentage. *In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA*, 4., 1989, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires: A Soja, 1989. v. 2, p. 1079-1085.
- HANSON, W.D. Modified seed maturation and seed yield potentials in soybean. *Crop Sci.*, Madison, v. 32, n. 4, p. 972-976, 1992.
- LAZZARINI, S.G.; NUNES, R. Competitividade do sistema agroindustrial da soja. *In: FARINA, E.M.M.Q. (Coord.). Competitividade da agroindústria brasileira*. São Paulo: Pensa-Ipea, 1998. 1 CD-Rom.
- MESCHEDÉ, D.K. *et al.* Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agrônômicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 139-145, 2004.
- PÍPOLO, A.E. *Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)*. 2002. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil*, 2003. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Piracicaba: Esalq, 2002. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 1).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil*, 2005. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).
- VOLLMANN, J. *et al.* Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 80, p. 1300-1306, 2000.
- VOLDENG, H.D. *et al.* Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Crop Sci.*, Madison, v. 37, p. 428-431, 1997.
- WILCOX, J.R. Breeding soybeans for improved oil quantity and quality. *In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE*, 3., 1984, Ames. *Proceedings...* Boulder: Westview, 1985. p. 380-386.
- WILCOX, J.R.; GUODONG, Z. Relationship between seed yield and seed protein in determinate and indeterminate soybean populations. *Crop Sci.*, Madison, v. 37, p. 361-364, 1997.

Received on December 16, 2006.

Accepted on January 12, 2007.