

## Progresso genético em caracteres agronômicos de soja no Brasil

## Genetic progress in agronomic characters of soybeans in Brazil

**Maiara Cecilia Panho**

[maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Anderson Simionato Milioli**

[milioli.utfpr@gmail.com](mailto:milioli.utfpr@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Laura Alexandra Madella**

[Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Lucas Vinício Dallacorte**

[Lucasv.dallacorte@gmail.com](mailto:Lucasv.dallacorte@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Giovani Benin**

[benin@utfpr.edu.br](mailto:benin@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

### RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) atualmente é um dos grãos de maior importância a nível mundial por conter altas concentrações de óleo (20%) e proteína (45%). A produtividade da cultura teve aumentos significativos com o passar dos anos, devido a melhorias nas práticas de manejo e de cultivares melhoradas lançadas com maior potencial genético. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o progresso genético para os caracteres agronômicos de cultivares de soja desenvolvidas nas últimas décadas. Foram avaliadas 30 cultivares lançadas entre os anos de 1965 e 2011 quanto a seus principais caracteres agronômicos: índice de acamamento, estatura de planta inserção de primeira vagem, número de nós, ramos e vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de mil grãos, biomassa total, índice de colheita, rendimento de grãos, ciclo total, período vegetativo e reprodutivo e ainda Índice de clorofilas total, A e B. Foi observado ganho genético para o caractere rendimento de grãos na ordem de 17.54 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O número de grãos por vagem, biomassa e índice de colheita foram os caracteres que mais contribuíram para o incremento do rendimento de grãos da cultura da soja, no período de 1965 a 2011, tendendo ser priorizados em programas de melhoramento genético.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max*. Rendimento de grãos. Ganho genético.

### ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L) Merrill) is currently one of the world's most important grains because it contains high concentrations of oil (20%) and protein (45%). The productivity of the crop has increased significantly over the years due to improvements in management practices and improved cultivars introduced with greater genetic potential. The objective of the present work was to evaluate the genetic progress for the agronomic traits of soybean cultivars developed in the last decades. A total of 30 cultivars between 1965 and 2011 were evaluated for their main agronomic characteristics: lodging index, plant height, first pod number, number of nodes, branches and pods per plant, number of seeds per pod, weight of one thousand total biomass, crop index, grain yield, total cycle, vegetative and reproductive period, and total chlorophyll content, A and B. A genetic gain was observed for the grain yield in the order of 17.54 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The number of grains per pod, biomass and harvest index were the characters that contributed the most to the increment of grain yield of the soybean crop, from 1965 to 2011, tending to be prioritized in breeding programs.

**KEYWORDS:** *Glycine max*. Yield of grains. Genetic gain.

**Recebido:** 22 ago. 2018

**Aprovado:** 04 out. 2018

**Direito autorial:**

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é de extrema importância no Brasil e no mundo, por ser excelente fonte de óleo (20%) e proteína (45%). A cultura é matéria-prima de diversos produtos destinados a alimentação humana e animal, sendo reconhecida mundialmente por suas inúmeras finalidades e relevância na economia mundial.

A nível mundial, a produção de soja na safra 2017/18 foi de 336.7 milhões de toneladas (USDA, 2018). Atualmente, os maiores produtores mundiais são os EUA, Brasil e Argentina, que juntos são responsáveis por mais de 82% da soja produzida em todo o mundo. No Brasil, são produzidas 119 milhões de toneladas em 35,2 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2018). Os estados de MT, PR e RS são os maiores produtores nacionais, e juntos são responsáveis por mais de 68 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

O progresso ou ganho genético caracteriza-se como as alterações observadas nas características de interesse durante um ciclo de seleção, com a recombinação e multiplicação das unidades selecionadas (REIS, et al., 2004). Assim, Federizzi (2009) aponta que o sucesso de um programa de melhoramento genético em um determinado período de tempo, pode ser avaliado por meio do ganho genético, proporcionado aos melhoristas informações sobre os critérios de seleção utilizados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Pato Branco-PR (26° 13' 43" S; 52° 40' 14" W), na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Foram avaliadas 30 cultivares de soja (apresentadas na Tabela 1), convencionais e com tecnologia *Roundup Ready*® (RR), lançadas entre os anos de 1965 a 2011.

Tabela 1 - Cultivares avaliadas, ano de lançamento e empresas obtentoras. UTFPR – Pato Branco, 2018.

| Cultivar   | Ano  | Empresa      | Cultivar          | Ano  | Empresa             |
|------------|------|--------------|-------------------|------|---------------------|
| Davis      | 1965 | Embrapa (PI) | Vmax convencional | 2001 | Syngenta            |
| Bragg      | 1966 | Embrapa      | CD 215            | 2002 | Coodetec            |
| IAS 5      | 1973 | Embrapa (PI) | BRS 232           | 2003 | Embrapa             |
| Paraná     | 1974 | Embrapa      | CD 214 RR         | 2003 | Coodetec            |
| BR 4       | 1979 | Embrapa      | BMX Apolo         | 2007 | GDM <sup>1</sup>    |
| Nova Bragg | 1981 | Embrapa      | BMX Magna         | 2007 | GDM <sup>1</sup>    |
| Ocepar 4   | 1987 | Ocepar       | BMX Potência      | 2007 | GDM <sup>1</sup>    |
| BR 16      | 1988 | Embrapa      | BMX Titan         | 2007 | GDM <sup>1</sup>    |
| FT Abyara  | 1995 | FT Sementes  | Vmax RR           | 2007 | Syngenta            |
| Embrapa 48 | 1997 | Embrapa      | BRS 284           | 2007 | Embrapa             |
| BRS133     | 1998 | Embrapa      | NS 4823           | 2008 | Nidera <sup>2</sup> |
| CD 202     | 1999 | Coodetec     | NA 5909           | 2008 | Nidera <sup>2</sup> |
| CD 206     | 1999 | Coodetec     | TMG 7161          | 2010 | TMG <sup>3</sup>    |
| CD 208     | 1999 | Coodetec     | Vtop RR           | 2010 | Syngenta            |
| BRS184     | 2001 | Embrapa      | TMG 7262 RR       | 2011 | TMG <sup>3</sup>    |

<sup>1</sup>GDM-Genética do Brasil; <sup>2</sup>Nidera – sementes; <sup>3</sup>TMG- Tropical Melhoramento e Genética Fonte: Autoria própria (2018)



O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas de 4 linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas a 0,50 metros entre linhas (10 m<sup>2</sup>). A densidade de semeadura utilizada foi de 35 sementes m<sup>-2</sup>. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise de solo, e os tratamentos culturais para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2014).

No estágio de maturação fisiológica (R7), foi avaliado o índice de acamamento (IA), sendo atribuídas notas visuais em uma escala de 1 a 9, sendo 1 para plantas totalmente eretas e 9 para plantas totalmente acamadas. Para as avaliações dos demais caracteres agronômicos, foram amostradas aleatoriamente 10 plantas por parcela no estágio de maturação plena (R8).

Os caracteres agronômicos avaliados foram: Estatura de planta (EP), distância entre a superfície do solo e o ápice da haste principal; Altura de inserção de primeira vagem (AIPV), distância entre a superfície do solo e a primeira vagem da haste principal; Número de nós por planta (NNP), número de ramos por planta (NRP), e o número de vagens por planta (NVP), avaliados a partir da contagem dos nós, ramos e vagens das 10 plantas avaliadas; Rendimento biológico (RB), pesagem da parte aérea total seca das plantas amostradas (palha + grãos); Peso de mil grãos (PMG), contagem de três repetições de 100 grãos, com posterior estimativa do peso para 1000 grãos; Número de grãos por planta (NGP), calculado pela fórmula [(RGP/PMG) x 1000]; Índice de colheita (IC), calculada pela fórmula: [(RGP/RBP) x 100]; e Rendimento de grãos (RG), trilha das duas linhas centrais de cada parcela + plantas amostradas, corrigida para 13% de umidade, e estimado para kg ha<sup>-1</sup>. Os estágios fenológicos de emergência (EM), início do florescimento (R1) e maturação plena (R8), foram avaliados de acordo com a escala proposta por Fehr e Caviness (1977). Foram determinados os períodos vegetativo (EM a R1), reprodutivo (R1 a R8), e ciclo total das cultivares (EM a R8). Também foram realizadas avaliações dos teores de clorofila a,b e a+b, realizadas no estágio R5, em folhas completamente expandidas do terço superior das plantas, em 10 plantas por unidade experimental, utilizando clorofilômetro portátil, modelo ClorofiLOG CFL 1030. Após, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). O progresso genético dos caracteres avaliados foi estimado via análise de regressão linear simples. Também foi realizada análise de correlação de Pearson, a fim de identificar quais caracteres estão mais correlacionados com o rendimento de grãos. As análises foram realizadas com a utilização do programa Genes (CRUZ, 2013), e os gráficos foram plotados no programa SigmaPlot 11.0.

## RESULTADOS

Os valores de correlação de Pearson dos caracteres com o ano de lançamento e a fórmula da regressão para os caracteres agronômicos, fisiológicos e fenológicos são apresentados na Tabela 2.



Tabela 2 – Progresso genético e associação entre ano de lançamento e caracteres agrônômicos, fenológicos e fisiológicos de cultivares disponibilizadas para cultivo em diferentes décadas. UTFPR – Pato Branco, 2018.

| Caractere                       | Valor da correlação(r) | Fórmula regressão      | % ganho genético (ano <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Rendimento de Grãos (RG)        | 0.430**                | Y = -31774.63 + 17.54x | 0.66                                  |
| Índice de colheita (IC)         | 0.518**                | Y = -515.8 + 0.28x     | 0.67                                  |
| Número grãos/vagem (NGV)        | 0.343**                | Y = - 16.5 + 0.009x    | 0.47                                  |
| Peso mil sementes (PMS)         | 0.203 <sup>ns</sup>    | Y = 633.3 - 0.24x      | - 0.15                                |
| Rendimento biológico (RB)       | 0.175 <sup>ns</sup>    | Y = - 3895.8 + 6.23x   | 0.10                                  |
| Número vagens/planta (NVP)      | 0.137 <sup>ns</sup>    | Y = -225.8 + 0.15x     | 0.24                                  |
| Alt. Ins. primeira vagem (AIPV) | - 0.139 <sup>ns</sup>  | Y = 120.2 - 0.05x      | - 0.29                                |
| Número ramos/planta (NRP)       | - 0.578**              | Y = 123.85 - 0.06x     | - 0.99                                |
| Número nós/planta (NNP)         | 0.035 <sup>ns</sup>    | Y = -2.79 + 0.013x     | 0.49                                  |
| Índice de Acamamento (IA)       | - 0.497**              | Y = 259.32 - 0.13x     | - 1.77                                |
| Estatura de Planta (EP)         | 0.378**                | Y = -563.8 + 0.33x     | 0.37                                  |
| Clorofila Total (Chlo T)        | 0.261*                 | Y = -43.59 + 0.04x     | 0.09                                  |
| Clorofila A (Chlo A)            | 0.247*                 | Y = -14.08 + 0.023x    | 0.07                                  |
| Clorofila B (Chlo B)            | 0.270**                | Y = -29.49 + 0.02x     | 0.18                                  |
| Ciclo total (CT)                | - 0.423**              | Y = 633.91 - 0.25x     | - 0.20                                |
| Período Vegetativo (PV)         | - 0.416**              | Y = 518.84 - 0.23x     | - 0.37                                |
| Período Reprodutivo (PR)        | - 0.041 <sup>ns</sup>  | Y = 115.22 - 0.02x     | - 0.03                                |

Fonte: Autoria própria

## DISCUSSÃO

No período avaliado (46 anos), foi observado ganho médio no RG na magnitude de 17,5 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 2). Resultado semelhante foi relatado por Mezzalira (2017), que encontrou ganhos de 18,3 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para cultivares lançadas entre 2006 e 2016. Felipe et al. (2016) e Rogers et al. (2015) identificaram ganhos de 46 e 12,4 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na Argentina e nos EUA, respectivamente.

Observou-se que o índice de colheita (IC) e o número de grãos por vagem (NGV), tiveram acréscimos ao longo dos anos, resultados semelhantes foram relatados para IC e NGV por Jin et al. (2008) na China, em que os autores também relatam aumento no IC e NGV ao longo dos anos. Estes caracteres também estiveram positivamente associados com o RG. Dessa forma, aumentos no IC foram principalmente devido ao acréscimo no NGV (consequente aumento no RG) em conjunto com a estagnação do rendimento biológico (RB) ao longo dos anos.

Os caracteres peso de mil sementes (PMS) e número de vagens por planta (NVP) não apresentam diferenças ao longo dos anos. Resultado semelhante foi reportado por Jin et al. (2008) na China. Estes resultados indicam que os incrementos no RG em cultivares brasileiras, se devem principalmente a incrementos no NGV e não ao aumento no PMS (Qin et. al., 2017). O caractere número de vagens por planta (NVP) não apresentou associação com o ano de lançamento. Em estudo realizado por Zhang et al. (2016) na China, observaram decréscimo no NVP. No entanto, alguns autores também têm observado aumentos significativos para este caractere ao longo dos anos (Jin et al., 2008; Kahlon et al., 2012).

Para os caracteres altura de inserção de primeira vagem (AIPV) e número de nós por planta (NNP), não houveram diferenças significativas entre as



cultivares antigas e modernas. Resultados semelhantes também foram observados em estudos conduzidos em outros países, que observaram ausência de progresso para estes caracteres (Wu et al., 2015; Wang et al., 2016). No entanto, no presente estudo, houve decréscimo para o número de ramos por planta (NRP) ao longo dos anos. Qin et al. (2017), também relataram decréscimos no NRP em cultivares modernas. A partir dos resultados apresentados, é possível observar que as cultivares modernas apresentam menores entre-nós, pois houve diminuição no NRP, e ausência de diferença para o NNP.

Apesar do aumento na EP, houve decréscimo no índice de acamamento (IA) ao longo dos anos. Estes resultados indicam que, apesar de mais altas, as cultivares modernas apresentam maior resistência ao acamamento. Essa característica pode estar relacionada a diminuição dos entre-nós das cultivares modernas, apesar deste caractere não tem sido avaliado no presente estudo. Diversos estudos têm demonstrado, que cultivares modernas apresentam arquitetura mais ereta e maior resistência ao acamamento comparativamente a cultivares antigas (Wu et al., 2015; Rincker et al., 2014). Diferentemente do resultado encontrado neste estudo, Rogers et al. (2015) e Wu et al. (2015) não encontraram diferença significativa para EP, a qual permaneceu constante ao longo do tempo.

Os índices de clorofila a,b e a+b apresentaram associações positivas com o ano de lançamento, o que corrobora com Koester et al. (2016) e Liu et al. (2012), que também observaram aumentos nos índices de clorofila em cultivares modernas. As clorofilas são um dos principais elementos associados com a eficiência fotossintética das plantas, e conseqüentemente, com o crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes (Engel e Poggiani, 1991). Neste sentido, incrementos nos índices de clorofila propiciam uma melhor utilização da luz incidente, e favorecem a conversão da energia luminosa em biomassa, potencializando a produção de grãos (Koester et al., 2014).

Os resultados encontrados para o ciclo total e período vegetativo corroboram com os encontrados por Liu et al. (2012) e Wu et al. (2015), que também relatam redução no ciclo de cultivares modernas comparativamente a cultivares antigas. No entanto, foi possível observar, que a cultivar mais precoce apresentou período reprodutivo muito similar (68 dias) a cultivar mais antiga (66 dias), e a diferença no ciclo ao longo dos anos pode ser explicada pela redução no período vegetativo. Esta redução propicia o aumento da relação entre os períodos reprodutivo e vegetativo (R/V) em cultivares modernas, como já relatado em outros estudos (Wu et al., 2015; Wang et al., 2015).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ganho genético para as cultivares de soja lançadas entre 1965 e 2011 no Brasil, foi de 17,54 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Os caracteres rendimento biológico, índice de colheita, número de grãos por vagem e período reprodutivo, apresentaram associação positiva com o rendimento de grãos, contribuindo para os incrementos de produtividade da cultura ao longo dos anos.

O rendimento de grãos também esteve associado a reduções no período vegetativo e índice de acamamento ao longo dos anos.



Visando a obtenção de ganhos genéticos para a cultura da soja, recomenda-se a utilização de estratégias que propiciem a maximização do período reprodutivo, além de seleção indireta através dos caracteres rendimento biológico, índice de colheita e número de grãos por vagem.





## REFERÊNCIAS

CONAB. **Observatório agrícola**: acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2017/18, Companhia nacional de abastecimento – Conab, V. 5, N. 10, p. 145, 2018.

CRUZ, C. D. Genes: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013.

EMBRAPA. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. **Embrapa clima temperado**, Pelotas, p. 124, Julho 2014.

ENGEL, V.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v.3, p. 39—45, 1991.

FEDERIZZI, Luiz Carlos; LANGE, Cláudia Erna. Estimation of soybean genetic progress in the south of brazil using multienvironmental yield trials. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 309–316, junho 2009.

FELIPE, M.; GERDE, J.; ROTUNDO, J. Soybean genetic gain in maturity groups iii to v in argentina from 1980 to 2015. **Crop Science society of America**, v. 58, p. 1—12, 2016.

JIN, J.; et al. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in northeast china. **Field Crops Research**, v. 115, p. 116–123, 2008.

KOESTER, R.P.; SKONECZKA, J.A.; CARY, T.R.; DIERS, B.W.; AINSWORTH, E.A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 12, p. 3311 – 3321, 2014.

KAHLON, C. S.; BOARD, J. E. Growth Dynamic Factors Explaining Yield Improvement in New Versus Old Soybean Cultivars. **Journal of Crop Improvement**, v.26, p.282-299, 2012.

KOESTER, R.P.; NOHL, B.M.; DIERS, B.W.; AINSWORTH, E.A. Has photosynthetic capacity increased with 80 years of soybean breeding? An examination of historical soybean cultivars. **Plant, Cell and Environment**, 2016.



LIU, G.; YANG, C.; XU, K.; ZHANG, Z.; LI, D.; WU, Z.; CHEN, Z. Development of yield and some photosynthetic characteristics during 82 years of genetic improvement of soybean genotypes in northeast China. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, p.1416-1422, 2012.

MEZZALIRA, Itamara. **Ganho genético para produtividade de grãos de soja na região central do Brasil**. 44 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

ENGEL, Vera Lex. POGGIANI, Fábio. Study of foliar chlorophyll concentration and its light absorption spectrum as related to shading at the juvenile phase of four native forest tree species. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**. p. 39-45. 1991.

QIN, Xiaoliang et al. Changes in yield and agronomic traits of soybean cultivars released in china in the last 60 years. **Crop & Pasture Science**, 2017.

REIS, E. F.; et al. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685–692, junho 2004.

RINCKER, K.; NELSON, R.; SPECHT, J.; SLEPER, D. et al; Genetic improvement of U.S. soybean in maturity groups II, III, and IV. **Crop Science**, v.54, p.1419-1432, 2014

ROGERS, J.; et al. Agronomic performance and genetic progress of selected historical soybean varieties in the southern usa. **Plant Breeding**, v. 134, p. 85–93, 2015.

USDA. 11º levantamento USDA da safra 2017/18 – Março/18. **FIESP – Federação das indústrias do estado de São Paulo**, São Paulo, Março, 2018.

WANG, C.; WU, T.; SUN, S.; XU, R.; REN, J.; WU, C.; JIANG, B.; HOU, W.; HAN, T. Seventy-five years of improvement of yield and agronomic traits of soybean cultivars released in the yellow-huai-hai river valley. **Crop Science**, v. 56, p. 2354 – 2364, 2016

WU, T.; SUN, S.; WANG, C.; LU, W.; SUN, B.; SONG, X.; HAN, X.; GUO, T.; MAN, W.; CHENG, Y.; NIU, J.; FU, L.; SONG, W.; JIANG, B.; HOU, W.; WU, C.; HAN, T. Characterizing changes from a century of genetic improvement of soybean cultivars in Northeast China. **Crop Science**, v. 55, p. 2056 – 2067, 2015.

ZHANG, Y.; XU, W.; WANG, H.; DONG, H.; QI, X.; ZHAO, M.; FANG, Y.; GAO, C.; HU, L. Progress in genetic improvement of grain yield and related physiological traits of Chinese wheat in Henan Province, **Field Crops Research**, v. 199, p. 117 – 128, 2016.