

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.)Taub.)¹

Wanderlei Antônio Alves de Lima²

Josete Pertel²

Tocio Sedyama³

Glauco Vieira Miranda³

RESUMO

O guar é leguminosa de ciclo anual que tem obtido considerável destaque em diversos países na utilização industrial, por meio do uso da goma galactomanana extraída das suas sementes. Além disso, as demais partes da planta podem ser aproveitadas para a alimentação animal, em forma de feno; para a conservação dos solos; e para a alimentação humana, usando-se as vagens verdes como salada. A grande barreira à expansão da cultura do guar, no Brasil, é a inexistência de uma tecnologia de produção adequada, principalmente na falta de conhecimentos comercial e agrônomo. Os objetivos deste trabalho foram indicar possíveis grupos de cruzamentos para um programa de melhoramento genético, diminuir o número de possíveis acessos duplicados no banco de germoplasma e avaliar a divergência genética entre 30 cultivares de guar, por meio da análise de agrupamento. Os cultivares foram agrupados com base no método de otimização de Tocher, usando como medida de dissimilaridade a distância euclidiana média. Concluiu-se que, para a formação da população-base visando ao melhoramento intrapopulacional, são indicados os cruzamentos entre os grupos heteróticos e os cultivares 29 x 113, 29 x 40, 29 x 16, 113 x 40, 113 x 16; os pares de cultivares (205, 142) e (142, 203) foram os mais divergentes. Os pares (52, 23), (83, 24), (65, 140) e (40, 85) foram os mais similares. Foram obtidos nove grupos heteróticos.

Palavras-chaves: germoplasma, cultivares, grupos de cruzamento, melhoramento genético.

¹ Aceito para publicação em 28.5.1999.

² Ex-bolsista do CNPq. Estudante do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, UFV.

³ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

ABSTRACT

GENETIC DIVERGENCE IN GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) TAUB.)

Guar is a leguminous plant of annual cycle which has become increasingly prominent in several countries for industrial use due to the gum galactomanana extracted from its seeds. Other parts of the plant can also be used, such as hay for animal feeding and soil conservation, and green pods for human feeding. The great barrier to the expansion of guar culture in Brazil is the lack of an appropriate technology, mainly the lack of commercial and agricultural knowledge. The objectives of this work were to indicate possible crossing groups for a genetic improvement program, reduce the number of possible accesses duplicated in germplasm banks, and evaluate the genetic divergence among 30 guar cultivars by means of multivariate analyses. The cultivars were grouped based on the optimization method of Tocher, using the average Euclidean distance as dissimilitude measure. It was concluded that for the formation of the basis population aiming to intrapopulacional improvement, the crossings between the heterotic groups and the cultivars 29 x 113, 29 x 40, 29 x 16, 113 x 40 and 113 x 16 are suitable; the cultivar pairs (205, 142) and (142, 203) were the most divergent. The cultivar pairs (52, 23), (83, 24), (65, 140) and (40, 85) were the most similar. Nine heterotic groups were obtained.

Key words: germplasm, cultivars, crossing groups, breeding.

INTRODUÇÃO

O guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.), pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionidae (13), é uma espécie autógama, herbácea, ereta, ramificada ou com haste única, de ciclo anual, crescimento indeterminado, apresentando folhas simples e trifolioladas do tipo palminérveas, fruto de 4-10 cm de comprimento, indeiscente, tipo legume, com 5-12 sementes de 5-8 mm de diâmetro, pesando 2,6 a 4,7 gramas por 100 sementes, segundo Kachaco e Arif (1970), citados por Jackson e Doughton (10).

É uma planta que responde ao estímulo fotoperiódico, sendo considerada de dias curtos (8). Tolerante à seca, adapta-se melhor em regiões tropicais e subtropicais de clima árido e semiárido, com predominância de chuvas de verão (7).

Desde a Segunda Guerra Mundial, o guar tem obtido considerável destaque na indústria em diversos países. Seu potencial baseia-se na goma galactomanana extraída das suas sementes e utilizada nos setores industrial, alimentício, farmacêutico, na mineração, na indústria têxtil, de papel e explosivos. Na extração de petróleo, a goma tem sido utilizada no processo de perfuração de poços (7). As demais partes da planta podem ser aproveitadas para a alimentação animal, em forma de feno, e para a

conservação dos solos. As vagens verdes podem ser utilizadas como salada na alimentação humana (10).

O guar foi introduzido no Brasil em 1974, em Irecê, no Estado da Bahia, pela importação de 330 linhagens de uma coleção mundial, oriunda da Índia, China, África e Estados Unidos da América (12). Iniciou-se o plantio comercial com a variedade 'Brooks' em Irecê-BA, em regime de sequeiro. A baixa produtividade média, 300 kg/ha, e o baixo preço internacional determinaram o fracasso da tentativa.

Nota-se, portanto, que a grande barreira à expansão da cultura do guar no Brasil foi a inexistência de uma tecnologia de produção adequada, refletida principalmente na falta de conhecimento comercial e agrônômico, como variedades adaptadas à nossa realidade.

No caso do guar, em que as informações disponíveis ainda são incipientes, qualitativa e quantitativamente, a pesquisa para a definição de um sistema produtivo é necessária. Assim, em curto prazo, o guar pode ser uma alternativa economicamente viável para o País.

Várias são as técnicas multivariadas que podem ser aplicadas em estudos de divergência genética em coleções de germoplasma. A escolha da mais adequada depende basicamente do tipo de dado disponível. As análises mais utilizadas têm sido as de agrupamento e componentes principais, considerando que nessas coleções se dispõem, freqüentemente, de informações somente relativas às médias. A análise de agrupamento permite agrupar acessos para classificá-los em grupos. Na análise de agrupamento, calcula-se uma matriz de dissimilaridade ou distância entre acessos, sobre a qual se aplica uma técnica de identificação e agrupamento dos acessos pela similaridade. O princípio da distância estabelece que, quando dois acessos são relacionados ou similares, eles devem ocupar a mesma região no espaço e guardar pequena distância entre si. A medida de dissimilaridade mais usual nesses casos é a distância euclidiana média, enquanto as técnicas usuais de agrupamento são basicamente os algoritmos do vizinho mais próximo (11) e de Tocher (14).

O dendograma originado com o vizinho mais próximo forma grupos hierarquizados em diversos níveis, enquanto grupos mutuamente exclusivos são formados pelo Tocher. Na análise de agrupamento não se conhece, *a priori*, o número de grupos a serem formados. Sabe-se que os grupos têm homogeneidade e que o número deles pode se alterar com a inclusão de outros acessos (5, 14).

O uso da análise de agrupamento objetiva a reunião de entidades em grupos homogêneos, de forma tal que seja minimizada a variação dentro e maximizada a variância entre grupos (1, 6). A análise de agrupamento permite ainda dividir um grupo de observações em diversos outros grupos menores e mais homogêneos, a partir de algum critério pré-estabelecido de similaridade ou dissimilaridade (6).

A divergência que se baseia em dados fenotípicos médios obtidos em coleção de germoplasma, sem a observância dos princípios experimentais, tais como casualização e controle local, possui natureza genética (15), não reproduzindo necessariamente a diversidade genética entre os acessos devido ao efeito do ambiente. Geralmente, essas coleções de germoplasma apresentam pequenas quantidades de sementes, impedindo o uso de repetições nos experimentos. Assim, a análise multivariada por não exigir repetição pode ser empregada eficientemente.

Este estudo objetivou quantificar e visualizar a divergência genética entre 30 cultivares de guar, estabelecidos no banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, por meio da análise de agrupamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Diogo Alves de Melo, no campus da Universidade Federal de Viçosa, no ano agrícola de 1995/96, no município de Viçosa-MG, situado a 20°45'S e 40°51'W, com altitude de 650 m. O clima da região, segundo a classificação de Köopen, é do tipo Cwa com umidade relativa do ar anual de 80%, temperatura média anual de 20°C e precipitação média anual de 1340 mm. O plantio foi realizado em parcelas de 10 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metro. A adubação utilizada foi de 30 g/m de parcela, da formulação 04-14-08. Durante a fase de crescimento e desenvolvimento da cultura foram feitas capinas para manter a cultura livre de plantas daninhas e realizada a caracterização individual dos cultivares, antes e após a colheita. A colheita foi realizada de forma manual e, posteriormente, as plantas foram secas à sombra, trilhadas e armazenadas.

Os cultivares de guar foram obtidos do banco de germoplasma (BAG) da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, e avaliados em 1995/96. Foram caracterizados 30 cultivares numerados de acordo com a entrada no BAG: 15, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 29, 40, 42, 52, 53, 65, 79, 83, 85, 100, 113, 121, 124, 125, 129, 135, 139, 140, 141, 142, 203, 205 e 223. A caracterização foi baseada nos seguintes descritores: florescimento, altura da planta, número de ramificações, altura de inserção da primeira vagem, comprimento das vagens, qualidade das sementes, número total de plantas, peso de 100 sementes e produtividade. A avaliação da qualidade das sementes foi feita visualmente, com base no aspecto geral de cada parcela de sementes e considerando-se, em conjunto,

o grau de uniformidade de desenvolvimento das sementes, a incidência de fungos, a rachadura e a cor, atribuindo-se notas de acordo com Bernard et al., citado por Grossi (8), sendo: 1 = muito ruim; 2 = ruim; 3 = regular; 4 = boa; 5 = muito boa.

Para a quantificação da divergência genética entre os cultivares foi utilizada a análise de agrupamento. Os dados empregados nas análises consistiram em vetores de médias dos descritores listados acima, avaliados nos 30 cultivares. Em virtude das diferentes escalas de mensuração dos dados originais, estes foram padronizados antes de se procederem as análises. Pela padronização, a média original X_{ij} obtida no descritor j do cultivar i foi dividida pelo desvio-padrão do descritor j , gerando a média reduzida Z_{ij} de variância unitária. A análise de agrupamento foi então realizada aplicando-se a distância euclidiana média, uma vez que não havia repetição, e o algoritmo de Tocher a essa matriz de distância. Para que essa distância não fosse alterada pelo número de descritores avaliados (p), foi calculada a distância euclidiana média (3), empregando-se a seguinte expressão: $d_{ii'} = [1/p \sum_j (Z_{ij} - Z_{i'j})^2]^{1/2}$, sendo $d_{ii'}$ a distância entre dois cultivares i e i' .

A distância genética entre os cultivares de guar i e i' foi inicialmente avaliada pela distância euclidiana média ($d_{ii'}$). A estatística $d_{ii'}$ foi então estimada de dados padronizados envolvendo 11 caracteres em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O interesse do melhoramento genético fundamenta-se principalmente em populações com altas médias e ampla variabilidade genética nas características de interesse econômico. No Quadro 1, encontram-se as médias dos descritores dos cultivares de guar.

A altura média das plantas (AMP) variou de 55 cm, no cultivar 85, até 120 cm, no 113 (Quadro 1). No Instituto de Pesquisa Agrícola da Índia (IARI), em Nova Déli, observaram-se variedades de guar com altura de até 3 m (12). No entanto, em ensaios conduzidos pela EPAMIG, os cultivares apresentaram altura média de 0,69 a 0,97 m (12). Estes resultados mostram que a altura de planta dessa espécie nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais não é limitante, uma vez que com esta altura de inserção da primeira vagem a colheita pode ser feita até com colheitadeiras automotrizes.

QUADRO 1 - Médias dos descritores dos cultivares: produtividade (PRO), altura média de plantas (AMP), número de ramificações (NR), altura de inserção da primeira vagem (AIV), comprimento de vagem (COP), peso de 100 sementes (PCS) e qualidade visual das sementes (QVS)

Cultivar	PRO (kg/ha)	AMP (cm)	NR	AIV (cm)	COP (cm)	PCS (g)	QVS
205	605,53	90	12	9,4	5,6	2,95	5,0
142	679,27	100	12	7,7	6,4	3,40	3,0
223	647,20	88	10	6,5	6,1	4,10	3,5
139	560,64	73	8	9,4	5,5	3,35	4,0
29	521,91	96	6	10,5	6,6	3,33	4,5
52	375,04	97	6	6,9	5,6	2,87	3,5
83	454,93	77	10	8,4	8,3	4,84	4,5
42	413,07	78	6	10,0	6,1	3,42	4,0
124	499,76	77	4	11,6	5,0	3,51	5,0
65	617,67	93	10	8,9	5,8	3,50	4,0
203	486,00	78	4	8,3	6,3	3,41	4,0
20	503,63	92	8	9,8	6,2	3,21	3,5
113	408,93	120	2	9,8	6,6	3,84	5,0
121	471,33	70	4	10,3	5,5	3,31	3,5
100	368,47	92	6	10,4	5,4	3,37	3,5
40	686,00	83	6	10,2	6,4	3,51	4,5
135	299,89	84	8	10,7	5,4	2,93	4,5
15	371,49	110	4	14,6	6,4	4,53	4,5
24	586,43	72	7	11,7	5,6	3,10	4,0
125	339,37	81	6	11,6	5,7	3,56	5,0
53	86,16	71	5	8,0	5,7	2,75	5,0
140	198,27	80	3	12,3	5,3	3,12	4,0
129	126,55	68	9	10,2	5,2	3,37	4,5
79	255,00	94	5	10,0	6,0	3,10	3,5
141	73,21	74	6	9,2	5,7	3,51	5,0
22	283,37	97	4	12,4	6,0	4,10	4,5
16	446,28	65	4	10,9	5,2	3,37	5,0
85	318,01	55	5	5,0	5,4	3,44	4,0
18	37,35	73	4	8,9	5,0	2,90	2,0
23	40,17	76	3	11,2	5,1	3,61	5,0
Média geral	392,0	83,5	6,2	9,8	5,8	3,40	4,2
Desvio-padrão	191,3	13,9	2,7	1,9	0,7	0,5	0,72

O número de ramificações nas leguminosas é uma importante característica, uma vez que esta família apresenta as inflorescências nas axilas foliares. Assim, quanto mais ramos, mais flores, mais vagens e sementes. No entanto, plantas com arquitetura mais ereta são desejáveis quando se pretende mecanizar a lavoura. Entre os cultivares avaliados, observa-se que o número de ramificações (NR) variou de 2 a 12, com média de 6,23. Portanto, existe uma variabilidade fenotípica e possivelmente genotípica de interesse para o melhoramento, pois o NR está associado à produtividade.

A altura de inserção da primeira vagem (AIV) variou de 5 cm até 14,6 cm, com média geral de 9,8 cm, que pode ser considerada adequada para a cultura do guar. Recorde-se que, para a soja, os cultivares ideais são aqueles com a inserção pouco acima de 10 cm.

O comprimento de vagem (COP) apresentou média geral de 5,8 cm, variando de 5,0 até 8,3, no cultivar 83. Nesta característica, observa-se um menor desvio-padrão, ou seja, menor variabilidade entre as médias, sendo o cultivar 83 uma exceção. Assim, esta característica mostra-se de menor interesse em relação às demais, quanto à variabilidade fenotípica ou mesmo genotípica.

Em relação ao peso de cem sementes (PCS), houve uma variação de 2,75 g até 4,84 g, com média geral de 3,40 g. Apesar de haver variação entre as cultivares, este descritor foi o que apresentou menor desvio-padrão.

Em relação à qualidade visual (QVS) das sementes, com média geral de 4,2, os cultivares que se destacaram foram: 15, 16, 22, 23, 29, 40, 53, 83, 113, 124, 125, 129, 135, 141 e 205. Nota-se que os cultivares mais produtivos apresentaram as maiores notas da qualidade visual das sementes e que, de maneira geral, estas médias foram altas.

O rendimento médio de grãos do ensaio foi de 392 kg/ha, com o cultivar 40, o mais produtivo, apresentando 686 kg/ha (Quadro 1). Com base na produtividade média geral, os cultivares que se destacaram com valores acima da média foram: 16, 20, 24, 29, 40, 42, 65, 83, 113, 121, 124, 139, 142, 203, 205 e 223. A produtividade média na Índia, no Paquistão e nos Estados Unidos da América é de 353 kg/ha, 672 kg/ha e 683 kg/ha, respectivamente (12).

Com base nos descritores acima, observa-se que os cultivares que se destacaram foram 16, 29, 40 e 113, que apresentaram valores acima da média geral, quanto à produtividade, inserção de primeira vagem e qualidade visual das sementes.

Portanto, considerando todas as características avaliadas, nota-se que as estimativas encontradas estão abaixo das médias destas mesmas características na região produtora dos EUA. Este fato indica que os cultivares estudados não se mostraram adequados para plantio imediato,

O método de Tocher aplicado à matriz de distância euclidiana média formou nove agrupamentos ou grupos de similaridade (Quadro 2). O mais numeroso foi o agrupamento III, composto por oito cultivares ou 27% do total. Seguiram-se o agrupamento I, composto por cinco cultivares, e os agrupamentos II e IV, ambos com quatro cultivares. Os agrupamentos V e VI foram compostos por três cultivares, e VII, VIII e IX, por apenas um cultivar cada um. Observa-se que os cultivares 142, 203 e 205, que compõem os pares mais distantes, estão localizados nos grupos IX, VIII e II, respectivamente. Por outro lado, dois dos quatro pares mais similares encontram-se no mesmo grupo (65, 140) e (40, 85).

Devem-se preferir cruzamentos entre populações ou genitores que apresentem altas médias e divergência ampla nas características de interesse. No entanto, se houver a necessidade de optar entre uma população com média de produção intermediária e ampla diversidade, ou outra com alta taxa média e diversidade intermediária, deve-se preferir esta última. Assim, o trabalho dispensado para aumentar a produção nesta população com média alta não é compensador, apesar dos maiores ganhos genéticos na primeira população (9).

A análise de agrupamento permite o descarte daqueles cultivares que possuam pouca variabilidade genética em relação aos demais, possibilitando economia de tempo, mão-de-obra e recursos financeiros, ao evitar cruzamentos entre cultivares que possam originar populações segregantes semelhantes. Desta forma, os pares de cultivares mais similares (23, 52), (24, 83), (65, 140) e (40, 85) podem ter acessos duplicados no banco de germoplasma.

Considerando os grupos heteróticos formados, a divergência genética e os cultivares com as maiores médias (16, 29, 40 e 113), sugere-se que os mesmos possam ser empregados em programas de melhoramento, com expectativa de bons resultados, ou seja, altas médias e ampla variabilidade genética. Com base na divergência genética são sugeridos os cruzamentos apresentados no Quadro 3.

QUADRO 3 - Cruzamentos indicados entre cultivares superiores	
Cruzamentos sugeridos	Divergência genética
29 x 113	1,7
29 x 40	1,4
29 x 16	1,2
113 x 40	1,5
113 x 16	1,1
40 x 16	0,7

REFERÊNCIAS

1. BARROS, L.M. Caracterização morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), tipos comum e anão precoce, por meio de técnicas multivariadas. Piracicaba, ESALQ, 1991. 256 p. (Tese de doutorado).
2. BORÉM, A. Melhoramento de Plantas. Viçosa,, Editora UFV, 1997. 547 p.
3. BUSSAB, W.O.; MIAZAKI, E.S. & ANDRADE, D.F. Introdução à análise de agrupamentos. São Paulo, USP, IME, 1990. 105 p.
4. COX, T.S.; LOOKAHART, G.L.; WALKER, D.E.; HARRELL, L.G.; ALBERS, L.D. & RODGERS, D.M. Genetic relationships among hard red winter wheat cultivars as evaluated by pedigree analysis and gliadin polyacrilamide gel eletrophoretic patterns. *Crop Sci.* 25: 1058-63, 1985.
5. CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2ª ed. Viçosa, Editora UFV, 1997. 390 p.
6. CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1990. 188 p. (Tese de doutorado).
7. GORGATTI NETTO, A. Considerações sobre o cultivo e industrialização do guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Colet. ITAL*, 17: 91-100. 1987.
8. GROSSI, J.A.S. Características agronômicas e qualidades fisiológica e sanitária de sementes de dois cultivares de guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) em seis épocas de colheita. Viçosa, UFV, 1994. 77 p. (Tese de mestrado).
9. HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. Genetics quantitative in maize breeding. Iowa, Iowa State University Press, 1981. 468 p.
10. JACKSON, K.J. & DOUGHTON, J.A. Guar: A potential industrial crop for the dry tropics of Australia. *J. Aust. Inst. of Agric. Sci.*, 48: 17-32. 1982.
11. LAAR, A. V. Forest biometry. Stellenbosch, Sappi Forests, 1991. 590 p.
12. MARINATO, R & KAKIDA, J. Competição de cultivares de guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Projeto Guar. Relatório 74/77. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978.
13. OPEKE, L.K. A new crop for western Nigeria. *Niger. Agric. J.*, 1: 39-40. 1964.
14. RAO, C.R. Advanced statistical methods in biometric research. New York, John Wiley, 1952. 390 p.
15. SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. Numerical taxonomy. San Francisco, W.R. Freeman, 1973. 573 p.