

Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de duas populações naturais de *Genipa americana* L.: 1- análises individuais e univariadaGenetic variation in biochemical traits in seeds of two natural populations of *Genipa americana* L.: 1- individual and univariate analysesSimone Aparecida de Oliveira¹, Ivan Iuri Bonjorno², Patrícia Ferreira Alves³,
Marcela Aparecida de Moraes¹, Miguel Luiz Menezes Freitas⁴,
Mario Luiz Teixeira de Moraes¹ e Maria de Lourdes Teixeira de Moraes Polizeli⁵**Resumo**

O Brasil é um dos países mais rico em biodiversidade florestal do planeta. A biodiversidade é de grande importância para a humanidade por abrigar potencial científico essencial para a melhoria na qualidade de vida dos seres vivos, além de contribuir para a preservação dos recursos naturais e equilíbrio do meio ambiente. Dentre as espécies florestais do Brasil, encontra-se o jenipapo (*Genipa americana* L.), que é comumente encontrado em vegetação ciliar. O objetivo deste trabalho foi quantificar a variabilidade genética para caracteres químicos das sementes para subsidiar a conservação genética *in situ* e *ex situ* de populações naturais de *G. americana*. Foram estudadas duas populações da espécie, uma da região de Ilha Solteira, SP (ISA) e outra de Mogi Guaçu, SP (MOG). Da população ISA foram coletadas sementes de 30 árvores matrizes e da população MOG, de 22 árvores matrizes. Estas sementes foram utilizadas para análises de composição química, visando à determinação de caracteres bioquímicos (teores de proteínas, carboidratos, lipídios e amido). As duas populações de *G. americana* L. estudadas apresentaram grande variação genética para os caracteres bioquímicos de sementes. A população ISA apresentou correlação aditiva e fenotípica: negativa e alta, para amido com lipídio; e positiva e média, para lipídio com prolamina e globulina com prolamina. Já a população MOG apresentou correlação aditiva e fenotípica: positiva e média, para glutelina com globulina. Observaram-se também, nas populações estudadas, valores de herdabilidade, em nível de média de progênies, de moderada (0,69 para carboidrato na população ISA) a alta magnitude (0,81 a 0,99 para os demais caracteres nas duas populações), indicando que muitos progressos podem ser esperados com estratégias simples de seleção.

Palavras-chave: Composição química, Jenipapo, Parâmetros genéticos, Sementes, Teste de progênies

Abstract

Brazil is one of the world's richest countries in forest biodiversity. This has a great importance for humanity for sheltering essential scientific potential for the improvement in the quality of living beings. It also contributes to the preservation of natural resources and the environment. Among Brazil's forest species, jenipapo (*Genipa americana* L.) is commonly found in riparian vegetation. The objective of this work was to quantify the genetic variability of biochemical traits of seeds, as a support for *in situ* and *ex situ* conservation of natural populations of *G. americana* L. Two populations of the species were studied: one from Ilha Solteira, SP region (ISA) and other from Mogi Guaçu, SP (MOG). In the ISA population, seeds were collected from 30 trees, and in the MOG population, from 22 trees. These seeds were analyzed for chemical composition: content of proteins, carbohydrates, lipids and starch. The two populations of *G. americana* studied had a great genetic variation for these traits. The population ISA had an additive and phenotypic correlation, which

¹Pesquisadores do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: simone@agr.feis.unesp.br; ma_apmoraes@yahoo.com.br; teixeira@agr.feis.unesp.br

²Mestrando em Agroecossistemas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina - Rodovia Admar Gonzaga, 1346 - Itacorubi – Florianópolis, SC - 88034-001 - E-mail: ibonjorno@yahoo.com.br

³Mestranda em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: patyferreiraalves@bol.com.br

⁴Pesquisador Doutor da Estação Ecológica de Ribeirão Preto do Instituto Florestal de São Paulo – Ribeirão Preto, SP - E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br

⁵Professora Associada do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – Av. Bandeirantes, 3900 – Ribeirão Preto, SP – 14040-901 - E-mail: polizeli@ffclrp.usp.br

was negative and high for starch with lipid; and positive and medium, for lipid with prolamine, as well as for globulin with prolamine. The population MOG presented additive and phenotypic correlations: positive and medium for gluteline with globulin. In these populations, narrow sense heritability estimates of progenies were moderate (0.69 for carbohydrates in the population ISA) to high (0.81 to 0.99 for the other traits in the two populations), indicating that much progress can be expected with selection strategies.

Keywords: Chemical composition, Genetic parameters, Jenipapo, Progeny test, Seeds

INTRODUÇÃO

As espécies arbóreas nativas do Brasil possuem um grande potencial de utilização da planta como um todo, sendo que cada espécie tem sua particularidade. Entre essas espécies, destaca-se a *Genipa americana* L., que é adaptada às matas ciliares, e cuja estrutura genética é adequada para representar espécies de dispersão hidrocórica, dióicas e de polinização entomofílica (SEBBENN *et al.*, 2003).

G. americana, conhecida como jenipapeiro, possui várias utilidades, descritas tanto na literatura (GOMES, 1977; DONADIO *et al.*, 1998; SEAGRI, 2007) como relatadas por pessoas do meio rural. Dessas utilidades pode-se citar: na medicina caseira - chá de raízes como purgativo, de folhas como antidiarréico, casca como diurético, na cura de úlceras e de anemia, sementes esmagadas (vomitério), fruto verde ralado como asmáticos, brotações da raiz como desobstruente e suco de fruto maduro como tônico para estômago, diurético e desobstruente e, fruto bem maduro no combate à anemia, à icterícia, à hidropisia, à asma e a eterite crônica; no forrageamento de animais - folhas, frutos cortados em pedaços para bovinos, caprinos e suínos; em curtimento de couros - a casca do caule e frutos verdes é rica em tanino; na alimentação do homem - fruto in natura e preparo de compota, doce cristalizado, refresco, suco, polpa, xarope, licor, vinho, álcool e vinagre; na indústria de madeira - uso na construção naval e civil, marcenaria de luxo, tanoaria, fundições e xilogravuras; e em reflorestamentos - cercas vivas, alamedas e mata ciliar.

De acordo com Almeida (1993), antigamente o jenipapeiro era usado pelos índios para se pintarem de negro sendo, ainda empregada na marcação de peças de roupas, pintura de tecidos de palha e outros utensílios domésticos. A espécie pode ser também usada na arborização urbana e é uma boa opção para os pequenos agricultores, tanto pela madeira como pelos frutos de valor comercial (COSTA *et al.*, 2005).

Pela adaptabilidade a solos úmidos e brejosos, tem sido sugerido seu uso na recuperação

de áreas degradadas, sendo recomendada na recomposição de matas ciliares. Também vem sendo usada pelos agricultores nos programas de revegetação de áreas de preservação permanente e de reserva legal para atender à legislação (VALERI *et al.*, 2003).

A exploração em grande escala dos recursos madeireiros, especialmente no Estado de São Paulo, vem acarretando a erosão genética de espécies florestais de reconhecido valor econômico. Estas essências, na maioria das vezes, têm a sua estrutura genética desconhecida e, por apresentarem um crescimento lento, comparado a *Eucalyptus* têm o seu reflorestamento desestimulado. O que se verifica, na realidade, é uma extração pura e simples dessas espécies, contribuindo, assim, para o seu total desaparecimento (MORAES, 1992). A conservação dos recursos genéticos, mesmo para aquelas populações que apresentam alta taxa de variabilidade genética e estão fora da lista de espécies ameaçadas de extinção, é fundamental para as futuras gerações, no que diz respeito ao melhoramento da espécie e ao aproveitamento de genes de interesse específico (FREITAS *et al.*, 2006). A aquisição de conhecimentos acerca dos parâmetros genéticos de uma determinada espécie nativa proporciona inúmeras contribuições para o aprimoramento de estratégias de conservação *ex situ*.

O estudo das sementes é de fundamental importância para o conhecimento dos mecanismos de propagação da espécie, bem como o seu valor para o homem, fauna e flora. Dessa forma, tornam-se indispensáveis pesquisas que aprimorem as técnicas utilizadas nas metodologias de estudo.

A composição química das sementes apresenta a mesma variação qualitativa de componentes encontrada em outros órgãos da planta; inclui substâncias classificadas como componentes normais ou estruturais, materiais armazenados e produtos secundários, sendo que o ambiente onde crescem as plantas, a adubação e muitos outros fatores são capazes de alterar a constituição química das sementes, aumentando ou diminuindo a quantidade de certos componentes (LIBERAL e COELHO, 1980; MARCOS FILHO, 2005).

Os caracteres bioquímicos de sementes estão intimamente relacionados com a expressão gênica dos alelos dos indivíduos, pois suas funções são dependentes de reações enzimáticas, e as enzimas possuem constituição protéica, e as proteínas, por sua vez, participam de importantes estruturas dos organismos vivos (SILVA, 2002). Estudos de variabilidade genética foram realizados por Moraes *et al.* (2005), que analisaram a composição protéica em sementes de uma população natural de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*); por Abdala *et al.* (2002), que estudaram sementes de uma população natural de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), e por Silva (2002) que avaliou a variação genética e composição química em sementes de capitão-do-campo (*Terminalia argentea*). O conhecimento da composição química das sementes de uma espécie torna-se importante porque, tanto o vigor como o potencial de armazenamento de sementes é influenciado pelo teor dos compostos presentes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Pesquisas que enfatizam a conservação genética de espécies florestais são de grande importância para a manutenção e recuperação da biodiversidade, trazendo, por conseguinte, inúmeros ganhos para a humanidade. Assim, o presente trabalho teve por objetivos: a) quantificar a variação genética para caracteres químicos das sementes; b) adaptar e desenvolver metodologia para a obtenção dos teores de amido, lipídios, proteínas e carboidratos totais em sementes de *G. americana*; e c) com base em análises laboratoriais, fornecer subsídios para a conservação "in situ" e "ex situ" de duas populações naturais de *G. americana*.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Genipa americana* utilizadas nas análises de composição química realizadas neste trabalho, visando à determinação de caracteres bioquímicos (teores de proteínas, carboidratos, lipídios e amido), foram colhidas nos meses de novembro e dezembro de 2002 em 30 árvores de polinização livre, na região de Ilha Solteira, SP (População: ISA; Longitude: -51 23' 21.13766" e Latitude: -20 20' 26.84622") e em outras 22 árvores na região de Mogi Guaçu, SP (População: MOG; Longitude: -47 10' 53.88871" e Latitude: -22 17' 14.72997"). O experimento foi conduzido no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-

Economia, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista.

A composição química das sementes foi obtida determinando-se os seguintes constituintes:

Teor de amido (AMI, mg g⁻¹): foi realizada tendo por base os procedimentos de Thivend *et al.* (1972) e Magalhães (1991), utilizando-se de uma curva fixa, e leitura realizada no espectrofotômetro a 505nm;

Teor de carboidratos totais (CHO, mg g⁻¹): foi obtido pelo método de fenol-sulfúrico, de acordo com Dubois *et al.* (1956), utilizando-se uma curva padrão de glicose, sendo que as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 490nm;

Teor de lipídios (LIP, mg g⁻¹): a extração foi realizada conforme metodologia descrita por Radin (1969), modificada por Becker *et al.* (1978) e os resultados foram obtidos por diferenças de peso; e

Teor de proteínas (albumina-ALB, prolamina-PRO, glutelina-GLU e globulina-GLO, mg g⁻¹): obtido pelo método descrito por Sturgis *et al.* (1952), modificado de acordo com o trabalho de Garcia-Agustin e Primo-Millo (1989), e determinadas pelo método de Lowry *et al.* (1951) utilizando-se de albumina de soro bovino como padrão. As leituras foram feitas no espectrofotômetro a 660nm.

Os teores de amido, carboidratos totais, lipídio e proteínas foram designados como caracteres bioquímicos; e as análises de variâncias foram feitas considerando-se um delineamento inteiramente ao acaso, com o efeito de progênies aleatório. As estimativas dos parâmetros genéticos, relacionados a esses caracteres, como variâncias: do erro ($\hat{\sigma}^2$), genética entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), genética aditiva ($\hat{\sigma}_{A'}^2$, assumindo progênies de polinização livre com meios-irmãos), e fenotípica média ($\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$); coeficientes de variação: experimental (CV_{exp}), genética (CV_g), fenotípica média ($CV_{\bar{F}}$) e de variação relativa (CV_R , Vencovsky, 1987; Resende, 2007), coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies (\hat{h}_m^2), correlação genética aditiva ($r_{A,(X,Y)}$) e correlação fenotípica em nível de média de progênies ($r_{\bar{F}(X,Y)}$), foram obtidas pelo método dos momentos com base em Vencovsky e Barriga (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população ISA apresentou maiores teores de proteínas e amido, comparados com a população MOG, que apresentou maiores teores de

carboidratos e lipídios. Tal fato pode estar relacionado com a estratégia de utilização das reservas das sementes nas populações em estudo (Tabela 1). Pode-se inferir, então, que os valores dos teores de cada caráter e a proporção entre eles, encontrados nas duas populações, evidenciam uma característica típica de cada uma das espécies estudadas.

Com relação aos tipos de proteínas, as duas populações de *G. americana* apresentaram maiores valores de albumina (44,38 e 40,81 mg g⁻¹), seguida de glutelina (40,73 e 25,49 mg g⁻¹), globulina (25,21 e 14,75 mg g⁻¹) e prolamina (7,50 e 3,55 mg g⁻¹); sendo os maiores valores encontrados para a população ISA (Tabela 1). Já, Pinto *et al.* (2005) encontraram predomínio de globulina (146,10 mg g⁻¹), seguida de glutelina (16,9 mg g⁻¹), prolamina (13,1 mg g⁻¹) e albumina (13,1 mg g⁻¹), para sementes de *Bauhinia variegata*.

Abdala *et al.* (2002), estudando caracteres bioquímicos em sementes de uma população natural de *Myracrodruon urundeuva*, analisaram os mesmos quatro tipos de proteínas e verificaram a predominância de glutelina (118,0 a 286,0 mg g⁻¹), seguida de prolamina (60,0 a 135,2 mg g⁻¹), albumina (35,0 a 107,3 mg g⁻¹) e globulina (3,4 a 9,3 mg g⁻¹); teores de lipídios variando de 200 a 334 mg g⁻¹, de amido entre 0,35 a 1,58 mg g⁻¹; e de carboidratos variando de 26,5 a 46,3 mg g⁻¹. Santos (2004) verificou para sementes de *Spondias tuberosa* maior valor para glutelina (41,28 mg g⁻¹), seguida de albumina (27,13 mg g⁻¹), globulina (11,59 mg g⁻¹) e prolamina (7,10 mg g⁻¹); bem como teores médios de carboidrato de 7,46 mg g⁻¹, amido de 0,55 mg g⁻¹ e lipídio de 0,09 mg g⁻¹.

Verardi (2007) observou valores médios na composição química de sementes de *Cordia trichotoma*, na seguinte ordem: albumina (85,89 mg

g⁻¹), glutelina (36,17 mg g⁻¹), globulina (17,23 mg g⁻¹), prolamina (7,74 mg g⁻¹), carboidrato (47,02 mg g⁻¹), amido (3,76 mg g⁻¹) e lipídio (0,14 mg g⁻¹). Estes resultados evidenciam que as proporções de amido, carboidrato, lipídio e proteína nas sementes variam de acordo com a espécie.

Assim, a determinação da composição química de sementes torna-se importante para as espécies menos conhecidas ou ainda de pequena importância em escala comercial, já que a maioria dos estudos se restringe ao processo de acúmulo de reservas em espécies utilizadas para a alimentação e indústrias de transformação e, principalmente, para aquelas contempladas em programas de melhoramento genético (MARCOS FILHO, 2005).

O coeficiente de variação experimental foi baixo para todos os caracteres estudados, o que indica precisão nas estimativas obtidas. A população MOG apresentou, no geral, coeficientes de variação experimental menor que os encontrados para a população ISA (Tabela 1). É possível que as condições encontradas na região de Mogi Guaçu, SP sejam satisfatórias para fundamentar essa informação, pois apesar de no seu entorno haver antigas áreas de produção agrícola, a população se manteve longeva por não ter sofrido forte interferência na vegetação principal, mas sim algum desflorestamento (raleio). Atualmente há uma Unidade de Conservação, que tem contribuído para manutenção da vegetação, mesmo que seja secundária, diminuindo a ação de degradação dessa população, diferentemente da região de Ilha Solteira, SP, onde o impacto da construção da Usina Hidrelétrica causou grande retirada da vegetação original e a sucessão florestal é recente, contribuindo, assim, para um maior efeito ambiental nesta população.

Tabela 1. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para os caracteres bioquímicos: teores de amido, carboidratos, lipídios, proteínas (albumina, globulina, prolamina, glutelina), em sementes de *Genipa americana*, pertencentes à população de Ilha Solteira, SP (ISA) e Mogi Guaçu, SP (MOG).

Table 1. Estimates of some statistical parameters for the biochemical traits: content of starch, carbohydrates, lipids, proteins (albumin, globulin, prolamine, gluteline), in seeds of *Genipa americana*, belonging to the population of Ilha Solteira, SP (ISA) and Mogi Guaçu, SP (MOG).

Caracteres	$\hat{m} \pm s(\hat{m})$		CV _{exp} (%)		F (prog) (Pr>F)	
	ISA	MOG	ISA	MOG	ISA	MOG
Amido (mg g ⁻¹)	3,76 ± 0,06	1,18 ± 0,04	3,69	7,62	58,67 (0,0001)	70,34 (0,0001)
Carboidrato (mg g ⁻¹)	25,63 ± 0,51	37,801 ± 1,03	13,27	9,69	3,31 (0,0006)	22,94 (0,0001)
Lipídios (mg g ⁻¹)	0,08 ± 0,00	0,11 ± 0,002	15,72	6,24	5,29 (0,0001)	23,62 (0,0001)
Proteínas						
Albumina (mg g ⁻¹)	44,38 ± 1,23	40,81 ± 1,38	10,46	8,26	16,80 (0,0001)	52,80 (0,0001)
Globulina (mg g ⁻¹)	25,21 ± 0,52	14,75 ± 0,32	6,30	5,05	27,82 (0,0001)	59,10 (0,0001)
Prolamina (mg g ⁻¹)	7,50 ± 0,16	3,55 ± 0,07	9,44	8,44	12,21 (0,0001)	17,37 (0,0001)
Glutelina (mg g ⁻¹)	40,73 ± 1,02	25,49 ± 0,60	9,63	6,65	15,91 (0,0001)	38,59 (0,0001)

\hat{m} : média geral; $s(\hat{m})$: erro padrão de média; CV_{exp}: coeficiente de variação experimental; F: teste F

\hat{m} : general mean; $s(\hat{m})$: standard error mean; CV_{exp}: experimental coefficient of variation; F: test F

As estimativas do teste F, em relação aos caracteres bioquímicos de sementes, apresentaram significância, evidenciando variação genética para os caracteres estudados em cada população (Tabela 1).

As estimativas do coeficiente de variação genética (CV_g), para a população de ISA, apresentaram maiores valores para albumina (20,79%) e glutelina (18,58%), e os menores para carboidratos (10,09%) e amido (14,01%). Já, na população de MOG, os maiores valores de CV_g foram para amido (31,72%) e albumina (29,72%), e os menores para lipídios (14,84%) e prolamina (17,08%). Os CV_g observados foram relativamente altos para os caracteres bioquímicos, evidenciando a existência de alta variação genética nas sementes provenientes da população de Mogi Guaçu (Tabela 2). Tal fato pode estar relacionado com o grau de devastação antrópica, em que se encontram as populações.

Silva (2002), estudando a composição bioquímica de sementes de *Terminalia argentea*, por três anos consecutivos, verificou os maiores CV_g (%) para os teores de amido, evidenciando também altos valores para a albumina; Abdala *et al.* (2002) também verificaram este mesmo comportamento em sementes de *Myracrodruon urundeuva*. Em geral, os lipídios apresentaram os menores valores para as estimativas do coeficiente de variação genética (CV_g). Desse modo, percebe-se semelhança entre os resultados das estimativas do coeficiente de variação genética obtidos para diferentes espécies nativas, indicando um alto potencial de seleção para os caracteres bioquímicos, albumina e amido, e um menor potencial para lipídios.

Os caracteres avaliados nas duas populações estudadas, em geral, apresentaram altos valores de herdabilidade em nível de média (Tabela 2),

havendo possibilidade de ganho com a aplicação de métodos simples como a seleção massal. Os valores do CV_R referentes aos caracteres estudados, exceto no caso dos carboidratos analisados na população de ISA, evidenciam significância para a realização da seleção (estimativas superiores a 1).

Na escolha de um caráter para um eventual programa de melhoramento, deve-se considerar as estimativas de CV_R e \hat{h}_m^2 . Desse modo, seria indicado para o programa o teor de amido, por apresentar as maiores estimativas de CV_R e \hat{h}_m^2 nas duas populações estudadas.

Em relação ao estudo das correlações dentro das populações de *G. americana* observa-se que, tanto a correlação genética aditiva (r_A) quanto a correlação fenotípica em nível de média de progênies (r_F) apresentam tendências semelhantes em todos os caracteres analisados (Tabelas 3 e 4). Para efeito de comparação considerou-se a seguinte classificação em relação à magnitude das correlações: 0,10 a 0,40 – baixa; 0,41 a 0,70 – média e 0,70 a 1,00 – alta.

Na população de Mogi Guaçu verifica-se que a relação das correlações genéticas (Tabela 3) e fenotípica (Tabela 4) têm o mesmo comportamento, ou seja, o número de correlações significativas é de apenas quatro, o que equivale a 19,05% dessas correlações estudadas. Não houve correlação significativa entre os teores de amido, carboidratos e lipídios. Novamente, nesta população, também aparece significância na relação entre as proteínas de reserva inativas (PRO e GLU) e as de reserva que apresentam atividade (ALB e GLO): GLUxGLO (0,48), PROxALB (0,38) e PROxGLO (0,40). Também, ocorreu significância entre as albuminas e os teores de lipídios (0,27). No geral as correlações significativas foram de baixa a média magnitude.

Tabela 2. Estimativa do coeficiente de variação genética (CV_g), de variação relativa (CV_R), herdabilidade em nível de média de progênies (\hat{h}_m^2), para os teores de amido, carboidratos, lipídios, proteínas (albumina, globulina, prolamina, glutelina), em sementes de *Genipa americana* pertencentes à população de Ilha Solteira, SP (ISA) e Mogi Guaçu, SP (MOG).

Table 2. Estimate of the genetic variation coefficient (CV_g), relative variation coefficient (CV_R), heritability estimates in the narrow sense of progenies (\hat{h}_m^2), for the content of starch, carbohydrates, lipids, proteins (albumin, globulin, prolamine, gluteline), in seeds of *Genipa americana* belonging to the population of Ilha Solteira, SP (ISA) and Mogi Guaçu, SP (MOG).

Caracteres	CVg (%)		CVR		\hat{h}_m^2	
	ISA	MOG	ISA	MOG	ISA	MOG
Amido (mg g ⁻¹)	14,01	31,72	3,79	4,16	0,98	0,99
Carboidrato (mg g ⁻¹)	10,09	22,70	0,76	2,34	0,69	0,96
Lipídios (mg g ⁻¹)	16,28	14,84	1,04	2,38	0,81	0,96
Proteínas						
Albumina (mg g ⁻¹)	20,79	29,72	1,99	3,60	0,94	0,98
Globulina (mg g ⁻¹)	16,32	19,25	2,59	3,81	0,96	0,98
Prolamina (mg g ⁻¹)	15,80	17,08	1,68	2,02	0,92	0,94
Glutelina (mg g ⁻¹)	18,58	20,71	1,93	3,07	0,94	0,97

Tabela 3. Estimativas de correlação genética aditiva (r_A) para os teores de amido (AMI), carboidratos (CHO), lipídios (LIP), proteínas (albumina (ALB), globulina (GLO), prolamina (PRO), glutelina (GLU)), em sementes de *Genipa americana* pertencentes às populações de Ilha Solteira, SP (acima da diagonal) e de Mogi Guaçu, SP (abaixo da diagonal).

Table 3. Estimates of the additive genetic correlation (r_A) for the content of starch (AMI), carbohydrates (CHO), lipids (LIP), proteins (albumin (ALB), globulin (GLO), prolamine (FOR), gluteline (GLU)), in seeds of *Genipa americana* belonging to the populations of Ilha Solteira, SP (above the diagonal) and of Mogi Guaçu, SP (below the diagonal).

Caracteres	AMI (mg g ⁻¹)	CHO (mg g ⁻¹)	LIP (mg g ⁻¹)	ALB (mg g ⁻¹)	GLO (mg g ⁻¹)	PRO (mg g ⁻¹)	GLU (mg g ⁻¹)
AMI (mg g ⁻¹)	—	-0,34 ^{ns}	-0,81*	0,15 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,13 ^{ns}
CHO (mg g ⁻¹)	-0,22 ^{ns}	—	0,51*	0,04 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,36*	-0,34 ^{ns}
LIP (mg g ⁻¹)	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	—	-0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,59*	0,20 ^{ns}
ALB (mg g ⁻¹)	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,27*	—	-0,15 ^{ns}	-0,42*	0,40*
GLO (mg g ⁻¹)	-0,28 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	—	0,49*	0,07 ^{ns}
PRO (mg g ⁻¹)	-0,30 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,38*	-0,40*	—	0,05 ^{ns}
GLU (mg g ⁻¹)	-0,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,48*	-0,11 ^{ns}	—

Tabela 4. Estimativas da correlação fenotípica em nível de média de progênes (r_F) para os teores de amido (AMI), carboidratos (CHO), lipídios (LIP), proteínas (albumina (ALB), globulina (GLO), prolamina (PRO), glutelina (GLU)), em sementes de *Genipa americana* pertencentes às populações de Ilha Solteira, SP (acima da diagonal) e de Mogi Guaçu, SP (abaixo da diagonal).

Table 4. Estimates of the phenotypic average level correlations of progenies (r_F) for the content of starch (AMI), carbohydrates (CHO), lipids (LIP), proteins (albumin (ALB), globulin (GLO), prolamine (PRO), gluteline (GLU)), in seeds of *Genipa americana* belonging to the populations of Ilha Solteira, SP (above the diagonal) and of Mogi Guaçu, SP (below the diagonal).

Caracteres	AMI (mg g ⁻¹)	CHO (mg g ⁻¹)	LIP (mg g ⁻¹)	ALB (mg g ⁻¹)	GLO (mg g ⁻¹)	PRO (mg g ⁻¹)	GLU (mg g ⁻¹)
AMI (mg g ⁻¹)	—	-0,28 ^{ns}	-0,73*	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}
CHO (mg g ⁻¹)	-0,21 ^{ns}	—	0,38*	0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,33*	-0,23 ^{ns}
LIP (mg g ⁻¹)	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	—	-0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,53*	0,18 ^{ns}
ALB (mg g ⁻¹)	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,27*	—	-0,14 ^{ns}	-0,38*	0,37*
GLO (mg g ⁻¹)	-0,27 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	—	0,47*	0,07 ^{ns}
PRO (mg g ⁻¹)	-0,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,37*	-0,38*	—	0,05 ^{ns}
GLU (mg g ⁻¹)	-0,11 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,47*	-0,10 ^{ns}	—

Na população de *G. americana* procedente de Ilha Solteira observou-se um maior número de correlações significativas (Tabelas 3 e 4), chegando a um total de oito, ou seja, 38,09% das correlações estudadas. Nessa população os teores de prolamina foram os que mais se correlacionaram de modo significativo com os teores dos outros compostos bioquímicos como: lipídios (0,59), globulinas (0,49), carboidratos (0,36) e de forma negativa com os teores de albumina (-0,42). Um fato a ser considerado é que as proteínas: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas são proteínas de reserva, mas com características diferentes, pois, enquanto as albuminas e globulinas estão ativas, as prolaminas e a glutelinas estão inativas na semente. Assim, a relação destas proteínas entre elas e com os demais compostos bioquímicos é fundamental para se procurar entender a estratégia de disponibilidade de energia para a viabilidade ou não da semente. As correlações observadas nesta população também foram de baixa a média magnitude, mas se observou uma correlação de alta magnitude, que foi o caso da relação entre o teor de lipídios e o de amido (-0,81).

Os estudos de correlações entre os compostos bioquímicos em sementes de espécies arbóreas ainda são poucos, o que dificulta uma discussão mais profunda em relação a este assunto. Mas, o que se encontrou para as populações de *G. americana* está coerente com os resultados encontrados por Abdala *et al.* (2002) para *Myracrodruon urundeuva* e por Silva (2002) para *Terminalia argentea*.

CONCLUSÕES

As duas populações de *Genipa americana* estudadas apresentam grande variação genética para os caracteres bioquímicos de sementes.

Os valores de herdabilidade em nível de média de progênes para os caracteres bioquímicos das sementes são no mínimo moderados e, portanto, pode-se recomendar o uso da seleção entre progênes para o melhoramento desses caracteres.

A seleção do caráter teor de amido é a mais indicada para se iniciar um eventual programa de melhoramento da espécie, por apresentar as maiores estimativas para o coeficiente de variação relativa e herdabilidade em nível de média de progênes nas duas populações estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, L.; MORAES, M.L.T.; RECHIA, C.G.V.; GIORGINI, J.F.; SÁ, M.E.; POLIZELI, M.L.T.M. Biochemical traits useful for the determination of genetic variation in a natural population of *Myracrodruon urundeuwa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.909-916, 2002.
- ALMEIDA, E.R. **Plantas medicinais brasileiras: conhecimentos populares e científicos**. São Paulo: Hemus, 1993. p.215-216.
- BECKER, W.M.; LEAVER, C.J.; WEIR, E.M.; RIEZMAN, H. Regulation of glyoxysomal enzymes during germination of cucumber: 1- developmental changes in cotyledonary protein, RNA and enzyme activities during germination. **Plant Physiology**, Bethesda, v.62, p.542-549, 1978.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- COSTA, M.C.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; ALBRECHT, J.M.F.; COELHO, M.F.B. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, p.19-24, 2005.
- DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J.C.; SACRAMENTO, C.K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279p.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p. 350-356, 1956.
- FREITAS, M.L.M.; AUKAR, A.P.A.; SEBBENN, A.M.; MORAES, M.L.T.; LEMOS, E.G.M. Genetic variation in progenies of *Myracrodruon urundeuwa* F.F. e M.F. Allemao in three cultivation systems. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p. 319-329, 2006.
- GARCIA-AGUSTIN, P.; PRIMO-MILLO, E. Ultrastructural and biochemical changes in cotyledon reserve tissues during germination of citrus seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.40, p.383-390, 1989.
- GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1977. p.278-279.
- LIBERAL, O.H.T.; COELHO, R.C. **Manual do laboratório de análise de sementes**. Niterói: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, 1980. 95p.
- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.193, p.265-275, 1951.
- MAGALHÃES, M.M. **Desenvolvimento e carboidratos constituintes do fruto de jaborcaba (*Myrciaria jaborcaba* Berg. cv. "Sabará")**. 1991. 77p. (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MORAES, M.L.T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuwa* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuwa* (Fr. Allemão) Engler)**. 1992. 139p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- MORAES, M.L.T.; MORAES, S.M.B.; SÁ, A.A.B.; MORAES, M.A.; POLIZELI, L.T.M.; SÁ, M.E. Composição de proteínas em sementes de uma população natural de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 14, 2005, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: ABRATES, 2005. (CD-ROM).
- PINTO, L.S.; ANDRADE NETO, M.; BACARIN, M.A.; CASTELLÓN, R.R.; GADELHA, T.S.; GADELHA, C.A.; CAVADA, B.S. Caracterização química e bioquímica de sementes de *Bauhinia variegata* L. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.385-290, 2005.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362p.
- SANTOS, E.B.R. **Variabilidade genética em uma população de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) através de caracteres bioquímicos da semente**. 2004. 20p. (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.
- SEAGRI - SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Cultura – Jenipapo**. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Jenipapo.htm>>. Acesso em 22 jul. 2007.

- SEBBENN, A.M.; KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, R. Conservação genética *in situ* e número de matrizes para a coleta de sementes em uma população de *Genipa americana* L. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.63, p.13-22, 2003.
- SILVA, J.M. **Variação genética e composição química de sementes em progênes de *Terminalia argentea* Mart. et Succ.** 2002. 100p. (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.
- STURGIS, F.E.; MIEARS, R.J.; WALKER, R.K. Protein in rice as influenced by variety and fertilizer levels. *Louisiana Experimental Station Technical Bulletin*, Baton Rouge, p.1-466, 1952.
- THIVEND, P.; MERCIER, C.; GUILBOT, A. **Determination of starch with gluco-amylase methods carbohydrate chemistry.** New York: Academic, 1972. v.2, p.100-105.
- VALERI, S.V.; PUERTA, R.; CRUZ, M.C.P. Efeitos do fósforo do solo no desenvolvimento inicial de *Genipa americana* L. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.64, p.69-77, 2003.
- VERARDI, C.K. **Variação genética para os caracteres físicos, fisiológicos, bioquímicos e nutricionais em sementes de uma população de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud sob perturbação antrópica.** 2007. 50p. (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. **Melhoramento e produção de milho.** Campinas: Fundação Cargil, 1987. v.1, cap.5, p.137-214.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

Recebido em 25/02/2008
Aceito para publicação em 05/05/2009