

# Divergência genética entre progênie de *Cnidoscolus phyllacanthus* submetidas a três regimes hídricos

Eder Ferreira ARRIEL<sup>1,2</sup>; Rinaldo Cesar de PAULA<sup>3</sup>; Teresinha de Jesus Deléo RODRIGUES<sup>4</sup>;  
Olaf Andreas BAKKE<sup>2</sup>; Nair Helena Castro ARRIEL<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Parte do trabalho de tese do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Jaboticabal – SP - Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Florestal – UFCG – 58700-970 - Patos – PB - e-mail:earriel@ctr.ufcg.edu.br (Autor Correspondente).

<sup>3</sup>UNESP- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Produção Vegetal, Bolsista do CNPq, 14884-900, Jaboticabal – SP - Brasil.

<sup>4</sup>UNESP- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Biologia Aplicada a Agropecuária, 14884-900, Jaboticabal – SP - Brasil.

<sup>5</sup>Embrapa Algodão, CP 174, CEP: 58107-720, Campina Grande-PB. e-mail: nair@cnpa.embrapa.br.

## Resumo

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de três regimes hídricos na formação de mudas em 32 famílias de polinização aberta de *Cnidoscolus phyllacanthus* (faveleira) e estudar a divergência genética entre esses materiais. A faveleira é uma planta xerófila que pode ser empregada para recuperação de áreas degradadas, alimentação animal e humana, medicina, serraria e energia, dentre outros usos. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 32 x 3 (32 famílias e 3 regimes hídricos), com quatro repetições. Inicialmente, foi realizada análise de variância, para cada característica, para estudo da variabilidade genética. Para a avaliação da divergência, os dados foram submetidos a análise de agrupamento pelo método de Tocher e, adicionalmente, foi feita a identificação dos caracteres mais importantes para a divergência, pela técnica de Componentes Principais. Destacaram-se famílias que obtiveram as maiores médias para a massa seca de raiz e/ou, razão raiz/parte aérea e divergentes. A redução na disponibilidade hídrica afetou negativamente todos os caracteres, exceto o número de espinhos. Os caracteres passíveis de descarte, em futuros estudos, são diâmetro, altura, massa seca de folha, parte aérea e total, que representam 60% dos caracteres avaliados.

**Palavras-chave adicionais:** semi-árido; estresse hídrico; oleaginosa; forrageira.

## Abstract

ARRIEL, E. F.; PAULA, R. C. de; RODRIGUES, T. de J. D.; BAKKE, O. A.; ARRIEL, N. H. C. Genetic divergence among progenies of *Cnidoscolus phyllacanthus*, submitted to three watering regimes. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 229-237, 2006.

This work was carried out aiming to evaluate the effect of three watering regimes on the development of 32 open pollinated progenies of *Cnidoscolus phyllacanthus* (faveleira) seedlings and studying the genetic divergence between these materials. The faveleira is a xerophyllous plant used for restoring degraded areas, human food and animal feed, medical purpose, firewood and low quality wood, energy source, sawmill production, among other uses. The experiment was conducted in a randomized blocks design, in a factorial outline of 32 x 3 (progenies and watering regimes), with four repetitions. Initially, an analysis of variance was conducted with the objective of determining the degree of genetic variability. For the divergence study, the data were submitted to a grouping analysis using Tocher's method and, additionally, the principal components technique was used to identify the most important characters. Families showing the highest dry root mass means and, or, divergent root/shoot ratios were detached. The reduction in water availability affected negatively most characters, except the number of thorns. Characteristics that may be discarded in future studies are stem diameter, plant height, and leaf, aerial part and total dry matter, these characteristics representing 60% of the evaluated ones.

**Additional keywords:** semi arid, water stress, oleaginous, forage specie

## Introdução

Muitas plantas da região do semi-árido são de fundamental importância nesse ecossistema frágil, por apresentarem alta resistência às adversidades do ambiente e constituírem importante fonte de alimentos para a fauna. O caráter xerófilo dessas plantas permite a sua sobrevivência mesmo em períodos de secas prolongadas, contribuindo no equilíbrio do ecossistema e atenuando a degradação ambiental. Além disso, pode permitir uma exploração econômica sustentada, melhorando dessa forma a qualidade de vida da população dessa região. *Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm. (faveleira) é uma destas plantas, que se destaca pela sua extraordinária resistência à seca. Pode ser empregada para recuperação de áreas degradadas, alimentação animal e humana, medicina, serraria e energia, dentre outros usos. Pesquisas realizadas com a faveleira até o momento demonstraram que a espécie é muito importante para o desenvolvimento da região semi-árida, em virtude de seus múltiplos usos, alta disseminação e completa adaptação às condições adversas dessa região (ARRIEL, 2004).

O sucesso de implantação de maciços florestais puros ou mistos e o enriquecimento em matas degradadas dependem, entre outros fatores, da capacidade de as mudas sobreviverem e de se desenvolverem sob condições adversas após o plantio. Em geral, o plantio das mudas é realizado no início da estação chuvosa, embora a possibilidade de ocorrência de períodos sem chuvas possa comprometer sua sobrevivência e seu desenvolvimento. Esse comprometimento é ainda acentuado com mudas produzidas sob condições ótimas de água durante toda a fase de viveiro. Produzir mudas resistentes e mais capacitadas a sobreviver a períodos de seca é uma alternativa para minimizar as perdas pós-plantio (LELES et al., 1998).

A evolução de plantas em ambientes com restrições hídricas pode determinar o aparecimento de mecanismos que permitam o seu crescimento através de estratégias do uso da água. Estes podem ser identificados de três formas mais relevantes: pelo aumento da capacidade de absorção da água, pela diminuição da desidratação dos tecidos e pelo aumento da eficiência do uso da água (LARCHER, 2000).

Os mecanismos de prevenção, freqüentemente, envolvem alterações na morfologia da planta, que reduzem a evapotranspiração e ou conservam a água. Podem incluir raízes mais profundas, modificações na superfície (cera e pubescência), orientação e senescência da folha. A presença de pêlos ou tricomas na superfície foliar, também, é um importante parâmetro associado com tolerância à seca e ao calor, aumentando a reflectância da radiação (FERREIRA, 2001).

De acordo com LI (1998), tem sido constatada considerável variabilidade genética quanto à resposta ao estresse hídrico em espécies arbóreas, possibilitando a seleção de materiais tolerantes e ou resistentes. Embora essa variabilidade genética ocorra entre e dentro de espécies, a maioria dos trabalhos com espécies arbóreas exploram a variabilidade entre espécies (ARRIEL, 2004). Também, em programas de melhoramento, o conhecimento da divergência genética entre os materiais experimentais é de grande importância. Uma técnica que tem sido explorada freqüentemente pelos melhoristas é o uso de métodos multivariados para avaliar a diversidade genética, assim como conhecer os caracteres que mais influenciam nesta divergência (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Estas informações são fundamentais para a caracterização de germoplasma e, conseqüentemente, para o melhoramento de plantas.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de três regimes hídricos na formação de mudas em 32 matrizes de polinização aberta de faveleira e estudar a divergência genética entre esses materiais.

## Material e métodos

Foram usadas sementes de matrizes de faveleira provenientes de uma população natural, de polinização aberta, localizada no município de Patos-PB. Foram selecionadas 32 matrizes em estágio de floração e ou frutificação, e sadias. A identificação das árvores foi feita através da marcação do tronco com tinta, respeitando-se uma distância mínima de 15 m entre as matrizes. A colheita de sementes foi realizada no período de abril a junho de 2002. Logo após, as sementes foram enviadas para a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), em Jaboticabal-SP, e armazenadas em condições de câmara fria (10°C e 75%UR) até o início dos trabalhos experimentais. O experimento foi conduzido no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV/UNESP, no período de janeiro a junho de 2003. Para maximizar o uso das sementes e uniformizar a germinação, elas foram submetidas a escarificação manual. Em seguida, foram colocadas para germinar em caixas de plástico, transparentes, de 11 x 11 x 4 cm, com tampa, num total de 20 sementes por unidade, sob temperatura alternada de 20 e 30°C (SILVA, 2002) e fotoperíodo de oito horas, em laboratório, tendo como substrato areia lavada e esterilizada. A repicagem das plântulas para tubetes de prolipropileno, com capacidade para 280 cm<sup>3</sup> de substrato, foi realizada 10 dias após a instalação de teste de germinação em laboratório.

O substrato usado para o preenchimento dos tubetes constou de uma mistura de Plantmax Florestal<sup>®</sup>, esterco

bovino e areia, na proporção volumétrica de 6:3:1, respectivamente. Os tubetes foram acondicionados em bandejas de prolipropileno com 60 cm de comprimento e 40 cm de largura, com capacidade para 48 unidades, com suportes que os mantêm suspensos a 3 cm do piso. As bandejas foram colocadas em casa de vegetação. Após a repicagem, as bandejas permaneceram cobertas com tela de monofilamentos de polietileno, que proporciona a retenção de 50% da radiação solar, a uma altura de 50 cm, pelo período de uma semana. Nas duas primeiras semanas, as plantas receberam irrigação diária na proporção de 1250 mL de água por bandeja. A partir da terceira semana após a repicagem até aos 40 dias, a irrigação foi realizada três vezes por semana. Após este período, e até aos 150 dias, as mudas foram submetidas aos seguintes regimes hídricos: 1) irrigação três vezes por semana; 2) irrigação a cada sete dias, e 3) irrigação a cada 14 dias.

A irrigação foi realizada via subirrigação com a imersão das bandejas em caixas em nível, com água, até que 2/3 da altura dos tubetes ficassem submersos. Em todos os tratamentos considerados, a irrigação foi efetuada de forma a preencher 60% dos poros do substrato com água (60% PPA). Para atingir essa condição, as bandejas com as mudas foram pesadas antes da irrigação para se determinar a quantidade de água necessária para repor os 60% dos poros. A porosidade do substrato foi determinada de acordo com a metodologia proposta por FONTES (1988).

A partir dos 40 dias após repicagem, em intervalos de 14 dias, usando amostras compostas de três plantas de cada regime hídrico, calculava-se a massa que cada bandeja deveria possuir, fazendo a compensação da fitomassa acumulada pelo crescimento das plantas, de forma semelhante ao procedimento adotado por ISMAEL (2001).

Aos 150 dias, foram coletados os seguintes dados de três mudas por parcela: altura (cm); diâmetro do coleto (mm); número de espinhos da nervura principal da terceira folha totalmente expandida, a partir do ápice da planta; comprimento da nervura principal (cm); área foliar (cm<sup>2</sup>), e matéria seca (g) dessa folha. Em duas plantas por parcela, foram determinadas a massa seca de raiz, de caule, de folhas, da parte aérea e total, em g/planta. As medições de altura e diâmetro foram obtidas com o auxílio de uma régua graduada e um paquímetro digital, respectivamente. A matéria seca foi obtida após submeter o material vegetal em estufa de ventilação forçada, a 65±3 °C, até atingir massa constante. A partir da área foliar e da matéria seca de uma folha e da matéria seca de todas as folhas da planta, foi estimada a área foliar total da planta.

$$(D_{ii}^2) = \delta' \Psi^{-1} \delta \quad \text{em que;}$$

$D_{ii}^2$ : distância de Mahalanobis entre os genótipos  $i$  e  $i'$ ;

$\Psi$ : matriz de variâncias e co-variâncias residuais;

$$\delta' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_i], \text{ sendo } d_j = Y_{ij} - Y_i'j';$$

$Y_{ij}$ : média do  $i$ -ésimo genótipo em relação à  $j$ -ésima variável.

Os dados foram analisados em esquema fatorial 32 x 3 (32 famílias e 3 regimes hídricos), com quatro repetições. Os dados médios por parcela foram submetidos a análise de variância, considerando-se o efeito de famílias aleatório e regimes hídricos, fixos. Em seguida, as médias foram padronizadas, sendo então determinada distância de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre pares de matrizes usando a expressão apresentada por CRUZ & CARNEIRO (2003):

De posse das distâncias, procedeu-se a análise de agrupamento das matrizes, usando-se o método de otimização de Tocher (CRUZ, 2001). Adicionalmente, foi feito o estudo da importância relativa dos caracteres para a divergência usando a técnica de Componentes Principais. Foram considerados de menor importância os caracteres com maiores coeficientes de ponderação (elemento do autovetor) associados aos autovalores com coeficientes menores que 0,7. Quando o maior coeficiente de ponderação de um componente de menor variância estava associado a um caráter já previamente considerado passível de descarte, optou-se por não fazer outro tipo de descarte com base nos coeficientes daquele componente, mas prosseguir a identificação da importância relativa dos caracteres no outro componente de variância imediatamente superior (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2001).

## Resultados e discussão

Houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) de famílias e dos regimes hídricos sobre todos os caracteres avaliados. Não houve efeito da interação entre famílias e regimes hídricos, exceto para a matéria seca de raiz (MSR).

De modo geral, os valores dos coeficientes de herdabilidade ( $h_m^2$ ), em nível de famílias, quando comparados com outros trabalhos envolvendo espécies arbóreas na fase de mudas e de estabelecimento inicial em campo (LI, 1998; FARIAS NETO & BIANCHETTI, 2001; PAIVA et al., 2001; PAULA et al., 2003), foram de média magnitude para MSR e para a razão raiz/ parte aérea (RPA) e de alta magnitude para os demais caracteres (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias por família, média geral, médias por regime hídrico (RH-1, RH-2 e RH-3), amplitude de variação, coeficiente de variação experimental (CV) e herdabilidade ( $h^2_m$ ) para os caracteres diâmetro do coleto (D), altura (A), número de espinhos (NE) e matéria seca de raiz (MSR), de caule (MSC), de folhas (MSF), da parte-aérea (MSPA), total (MST), relação raiz/parte aérea (RPA) e área foliar (AF), em famílias de polinização aberta de *Cnidoscopus phyllacanthus* (faveleira), submetidas a três regimes hídricos, aos 150 dias, em casa de vegetação. Jaboticabal-SP, 2003.<sup>(1)</sup>

Table 1 - Family, overall and water regime (RH-1, RH-2, and RH-3) means, amplitude of variation, experimental coefficient of variation (CV), and heredity for collar diameter (D), height (A), number of thorns (NE), root (MSR), stem (MSC), leaf (MSF), shoot (MSPA) and total (MST) dry matter, root/shoot dry matter ratio (RPA) and leaf area (AF) in 150-day-old *Cnidoscopus phyllacanthus* plants submitted to three water regimes, under greenhouse conditions. Jaboticabal, SP, Brazil, 2003.<sup>(1)</sup>

| Progénie                                    | D              | A             | NE             | MSR            | MSC            | MSF            | MSPA           | MST            | RPA            | AF             |
|---|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   | (mm)           | (cm)          |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 1   | 5,29           | 8,6           | 1,51           | 4,17           | 0,61           | 0,85           | 1,46           | 5,64           | 2,75           | 2,25           |
| 2   | 5,25           | 8,0           | 1,69           | 3,55           | 0,67           | 0,84           | 1,51           | 5,06           | 2,30           | 2,16           |
| 3   | 5,31           | 8,0           | 1,85           | 3,54           | 0,60           | 0,88           | 1,49           | 5,02           | 2,35           | 2,34           |
| 4   | 5,42           | 9,0           | 1,76           | 3,69           | 0,63           | 0,81           | 1,44           | 5,12           | 2,50           | 2,26           |
| 5   | 4,81           | 7,7           | 1,88           | 3,38           | 0,48           | 0,75           | 1,24           | 4,62           | 2,71           | 2,15           |
| 7   | 5,17           | 9,8           | 1,45           | 3,54           | 0,57           | 0,77           | 1,34           | 4,88           | 2,74           | 2,24           |
| 8   | 5,22           | 8,9           | 1,73           | 3,43           | 0,55           | 0,71           | 1,26           | 4,70           | 2,74           | 2,07           |
| 9   | 5,36           | 8,6           | 1,42           | 4,20           | 0,61           | 0,75           | 1,36           | 5,56           | 2,97           | 2,14           |
| 10  | 5,31           | 9,4           | 1,55           | 3,80           | 0,65           | 0,77           | 1,42           | 5,22           | 2,68           | 2,16           |
| 14  | 5,33           | 9,6           | 1,63           | 3,61           | 0,68           | 0,81           | 1,49           | 5,10           | 2,39           | 2,39           |
| 15  | 5,54           | 10,7          | 1,62           | 3,83           | 0,76           | 0,87           | 1,63           | 5,46           | 2,35           | 2,36           |
| 19  | 5,43           | 9,4           | 1,48           | 3,67           | 0,67           | 0,84           | 1,51           | 5,18           | 2,34           | 2,35           |
| 21  | 5,25           | 9,1           | 1,10           | 3,70           | 0,65           | 0,85           | 1,49           | 5,20           | 2,60           | 2,46           |
| 22  | 5,47           | 11,2          | 1,61           | 3,86           | 0,73           | 0,98           | 1,71           | 5,57           | 2,21           | 2,85           |
| 23  | 5,30           | 11,0          | 1,49           | 3,64           | 0,73           | 0,93           | 1,66           | 5,30           | 2,19           | 2,65           |
| 30  | 5,05           | 9,4           | 1,39           | 3,76           | 0,66           | 0,85           | 1,51           | 5,27           | 2,47           | 2,33           |
| 33  | 5,53           | 9,2           | 1,52           | 3,94           | 0,65           | 0,94           | 1,59           | 5,54           | 2,44           | 2,48           |
| 34  | 5,72           | 7,8           | 1,81           | 4,00           | 0,67           | 0,95           | 1,62           | 5,61           | 2,42           | 2,55           |
| 35  | 5,54           | 8,7           | 2,15           | 3,86           | 0,65           | 0,86           | 1,51           | 5,37           | 2,50           | 2,24           |
| 38  | 5,48           | 8,9           | 1,34           | 3,71           | 0,66           | 0,81           | 1,47           | 5,18           | 2,49           | 2,12           |
| 42  | 5,20           | 9,4           | 1,75           | 3,42           | 0,62           | 0,73           | 1,35           | 4,77           | 2,47           | 2,11           |
| 45  | 5,09           | 8,5           | 1,47           | 3,58           | 0,56           | 0,79           | 1,35           | 4,94           | 2,58           | 2,82           |
| 46  | 4,99           | 8,4           | 1,60           | 3,46           | 0,55           | 0,84           | 1,39           | 4,86           | 2,46           | 2,43           |
| 47  | 5,54           | 8,8           | 1,34           | 3,74           | 0,63           | 0,89           | 1,53           | 5,27           | 2,32           | 2,49           |
| 49  | 5,18           | 8,7           | 1,43           | 3,64           | 0,72           | 0,89           | 1,61           | 5,25           | 2,25           | 2,47           |
| 51  | 5,44           | 12,0          | 1,44           | 4,31           | 0,73           | 0,78           | 1,51           | 5,82           | 2,82           | 2,11           |
| 52  | 5,62           | 10,6          | 1,70           | 3,85           | 0,71           | 0,84           | 1,55           | 5,40           | 2,39           | 2,35           |
| 53  | 5,42           | 10,6          | 1,51           | 4,25           | 0,74           | 0,99           | 1,74           | 5,99           | 2,31           | 2,70           |
| 55  | 5,54           | 9,5           | 1,83           | 4,60           | 0,70           | 0,93           | 1,63           | 6,23           | 2,69           | 2,66           |
| 57  | 5,38           | 11,0          | 1,39           | 4,15           | 0,81           | 0,91           | 1,73           | 5,88           | 2,32           | 2,51           |
| 58  | 5,67           | 9,1           | 1,16           | 3,86           | 0,71           | 0,84           | 1,55           | 5,41           | 2,54           | 2,29           |
| 61  | 5,25           | 9,8           | 1,34           | 4,01           | 0,69           | 0,86           | 1,55           | 5,56           | 2,51           | 2,47           |
| Média (Mean)                                | 5,35           | 9,3           | 1,56           | 3,81           | 0,66           | 0,85           | 1,51           | 5,31           | 2,42           | 2,37           |
| Amplitude de variação (Variation amplitude) | 4,81 a<br>5,72 | 7,7 a<br>12,0 | 1,10 a<br>2,15 | 3,38 a<br>4,68 | 0,48 a<br>0,81 | 0,71 a<br>0,99 | 1,24 a<br>1,74 | 4,62 a<br>6,23 | 2,19 a<br>2,97 | 2,07 a<br>2,85 |
| CV (%)                                      | 9,72           | 6,10          | 11,17          | 18,09          | 26,73          | 25,11          | 21,73          | 16,52          | 23,96          | 30,70          |
| $h^2_m$                                     | 0,95           | 0,93          | 0,81           | 0,56           | 0,75           | 0,78           | 0,82           | 0,70           | 0,54           | 0,62           |
| Regime                                      |                |               |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Hídrico (Hydric regime)                     |                |               |                |                |                |                |                |                |                |                |
| RH-1  | 6,02 a         | 9,68 a        | 1,46 b         | 6,19 a         | 0,92 a         | 1,11 a         | 2,03 a         | 8,22 a         | 3,06 a         | 3,01 a         |
| RH-2  | 5,31 b         | 9,30 ab       | 1,56 ab        | 3,27 b         | 0,47 c         | 0,79 b         | 1,26 b         | 4,53 b         | 2,60 b         | 2,32 b         |
| RH-3  | 4,70 c         | 9,06 b        | 1,66 a         | 1,96 c         | 0,58 b         | 0,64 c         | 1,23 b         | 3,18 c         | 1,59 c         | 1,78 c         |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. RH-1: Irrigação três vezes por semana; RH-2: Irrigação a cada sete dias e RH-3: Irrigação a cada 14 dias.

<sup>(2)</sup> Means in the same column, followed by the same letter, are not statistically different at 5% of probability level according to Tukey's test. RH-1 - irrigation three times a week. RH-2 - irrigation every 7 days and RH-3 - irrigation fortnightly

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Constata-se que a redução da disponibilidade hídrica afetou negativamente todos os caracteres, exceto o número de espinhos (NE), em que ocorreu o inverso, e massa seca de caule (MSC), que foi maior no terceiro regime hídrico em relação ao segundo regime hídrico (Tabela 1). LARCHER (2000) explica que a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição dos processos de crescimento celular, metabolismo de proteínas e aminoácidos, síntese de nitrato redutase, citocinina, que está associada à abertura estomática e fotossíntese, e aumento de ácido abscísico, que induz o fechamento estomático, distúrbios na respiração e senescência. O resultado dessas alterações provocadas pela deficiência hídrica, entre outros, é a diminuição da área foliar, com conseqüente decréscimo na produção de fitomassa.

Diminuição na produção da fitomassa em plantas submetidas a estresse hídrico foi também observada por CÂNDIDO et al. (1982) em *Schizolobium parahyba*, LELES et al. (1998) em *Hymenaea courbaril* e *Apuleia leiocarpa*, LI (1998) em quatro procedências de *Eucalyptus microtheca*, PAVAN (2003) em clones de *Eucalyptus* sp e SILVA & NOGUEIRA (2003) nas seguintes espécies encontradas em áreas de caatinga: *Mimosa caesalpinifolia*, *Enterolobium contorsiliquum*, *Prosopis juliflora* e *Tabebuia aurea*.

A presença de espinhos é muito comum em plantas da comunidade das xerófitas. O número de espinhos (NE) foi inversamente proporcional à disponibilidade de água (Tabela 1). Uma explicação para esse fato pode ser encontrada em BARBOSA & OLIVEIRA (1989), em que estes autores esclarecem que as plantas xerófilas evoluíram com o surgimento de mecanismos de resistência à seca, entre eles a presença de espinhos. Embora a presença de espinhos nem sempre possa estar associada à economia hídrica, é provável que, juntamente com outras particularidades fisiológicas, os espinhos estejam relacionados à defesa geral das plantas.

Os espinhos da faveleira têm uma particularidade, que é a presença em seu interior de uma substância líquida cáustica. Ao ser tocado em sua extremidade pontiaguda, a dor da penetração do espinho é intensificada pela injeção dessa substância. Uma possibilidade também é a presença, nessa substância, de reservas e outros elementos que são produzidos pela planta sob estresse para o ajustamento osmótico, pois há o aumento do número de espinhos com a diminuição da disponibilidade hídrica (ARRIEL, 2004).

A razão raiz/parte aérea (RPA) atingiu um valor médio de 2,42, sendo observada redução com a menor disponibilidade hídrica (Tabela 1). Geralmente, em outros trabalhos encontrados na literatura, essa razão é alterada em favor das raízes quanto maior

for a exposição à seca (LARCHER, 2000), sendo esse comportamento típico de plantas do semi-árido, como observado por BARBOSA (1991) em *Anadenanthera macrocarpa* e por BARROS & BARBOSA (1995) em *Acacia farnesiana*.

Nas espécies estudadas por CÂNDIDO et al. (1982), LELES et al. (1998), LI (1998) e PAVAN (2003), o aumento de RPA sob deficiência hídrica também foi observado. Em muitas culturas, este aumento da RPA é atribuído à grande alocação de carbono para as raízes (SILVA, 1998). GALES (1979) relata que, em 28 trabalhos científicos com várias espécies, em 68%, a RPA aumentou, em 14% diminuiu e em 11% não houve diferenças e em 7% foi variável, quando submetidas a diferentes disponibilidades hídricas, atribuindo estes comportamentos à fase de crescimento das plantas e a possíveis variações na disponibilidade dos nutrientes.

SILVA & NOGUEIRA (2003), trabalhando com espécies da caatinga, não encontraram diferenças na RPA entre plantas submetidas a maior e menor disponibilidade de água; no entanto, essa informação envolve a média das quatro espécies estudadas por elas. Salienta-se que *Enterolobium contortissiliquum* (tamboril), na média das condições, adversa e normal, obteve RPA de 1,5 e, para as demais espécies, essa relação foi inferior a 0,5. Como em faveleira, *E. contortissiliquum* possui sistema radicular bastante espesso. Por exemplo, a RPA dessa espécie pode ter diminuído sob estresse, como ocorreu com a faveleira (Tabela 1), e em outras três espécies aumentado, o que na média anulou o efeito.

Considerando esta hipótese e que nas espécies estudadas por CANDIDO et al. (1982), LELES et al. (1998), LI (1998) e PAVAN (2003) e, em três das quatro avaliadas por SILVA & NOGUEIRA (2003), em todos os regimes avaliados, a RPA foi inferior a 0,8, e a característica peculiar à espécie, de espessamento do sistema radicular da faveleira e tamboril, é provável que essas espécies tenham comportamento diferente com relação à RPA, isto é, não há aumento da RPA, porém os valores são superiores à unidade, evidenciando o maior peso do sistema radicular em diferentes condições hídricas, ou seja, mesmo com redução da RPA, a contribuição da MSR para a massa seca total (MST) continua alta, como constatado no regime hídrico mais drástico (RPA = 1,59) desta pesquisa (Tabela 1).

*Eriotheca gracilipes* é uma planta que ocorre no cerrado e, a exemplo da faveleira, também possui raízes espessas. RONQUIM et al. (2003) avaliaram esta espécie sob três níveis de radiação (radiação total incidente, com 80% da radiação incidente e com 30% da radiação incidente) e não observaram mudanças na razão RPA, nas três condições, mas esta relação sempre foi superior à unidade, com valor médio de 2,03, aos 4 meses. CHAPIN III (1980) relata que plantas de ambientes com limitações ambientais (Ex.: cerrado;

baixa fertilidade, caatinga: baixa disponibilidade hídrica) têm respostas relativamente menores a variações ambientais comparativamente àquelas de ambientes mais favoráveis. Isto pode explicar a manutenção de alta razão RPA para a *Eriotheca gracilipes* mesmo com estresse de radiação, assim como para a faveleira em baixa disponibilidade hídrica.

BARBOSA & OLIVEIRA (1989) relatam que espécies em que os órgãos de reserva são os principais mecanismos de adaptação a ambientes secos, armazenam água e nutrientes na fase inicial de crescimento para suportar o período de carência hídrica, os quais deverão passar até a próxima estação chuvosa. Isto, também, pode explicar os resultados da RPA aqui obtidos. A faveleira, com maior disponibilidade de água, desenvolve suas raízes em um ritmo mais acelerado em relação à parte aérea, na fase inicial de crescimento, para o armazenamento de água e nutrientes, resultando em RPA superior

àqueles apresentados por plantas desenvolvidas sob condições de estresse.

Na Tabela 2, são apresentados os grupos formados pelo método de otimização de Tocher das 32 famílias. Houve a formação de oito grupos, sendo os dois maiores grupos formados por oito famílias (25% do total em cada grupo), outros dois com três (9%), os grupos VI e VII com duas (6%), o grupo III com cinco (16%) e o VIII com uma (3%) família (Tabela 2). Esse padrão de distribuição reforça a variabilidade entre as famílias constatadas na análise de variância e, conseqüentemente, uma grande divergência genética. Diante da importância do sistema radicular para adaptação às condições de baixa disponibilidade hídrica (BARBOSA & OLIVEIRA, 1989) e da razão RPA (LARCHER, 2000), destacam-se as famílias 01; 07; 08; 09; 34; 51; 53; 55; 57 e 61, que obtiveram as maiores médias para MSR e ou RPA (Tabela 2).

Tabela 2 - Agrupamento pelo método de Tocher, baseado na dissimilaridade expressa pela distância de Mahalanobis, relativa a 10 caracteres na fase de mudas, em 32 famílias de polinização aberta de *Cnidocolus phyllacanthus* (faveleira). Jaboticabal-SP, 2003.

Table 2 - Clustering of 32 *Cnidocolus phyllacanthus* matrices as evinced by Tocher's method, based on the dissimilarity expressed by Mahalanobis' distance related to 10 seedling characteristics. Jaboticabal, SP, Brazil, 2003.

| Grupos/ Clusters | Matrizes/ Matrices* |    |    |    |    |    |    |    |  |
|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|--|
| I                | 15*                 | 23 | 33 | 61 | 52 | 49 | 51 | 47 |  |
| II               | 09                  | 21 | 04 | 10 | 03 | 38 | 14 | 02 |  |
| III              | 01                  | 58 | 35 | 19 | 30 |    |    |    |  |
| IV               | 55                  | 57 | 53 |    |    |    |    |    |  |
| V                | 45                  | 46 | 42 |    |    |    |    |    |  |
| VI               | 05                  | 08 |    |    |    |    |    |    |  |
| VII              | 22                  | 34 |    |    |    |    |    |    |  |
| VIII             | 07                  |    |    |    |    |    |    |    |  |

\* Matrizes na mesma linha pertencem ao mesmo grupo.

\* Matrices in the same line belong to the same cluster.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Considerando o desempenho e a divergência (PEREIRA & CRUZ, 2003), as famílias 01; 07; 08; 09 e 34, que pertencem a grupos distintos, e a 51, dentro do grupo I, e a 55, do grupo IV (Tabela 2) estão em uma situação mais favorável e devem ser priorizadas dentro de seus respectivos grupos, porque possuem as maiores médias para MSR e RPA, em relação às famílias 53; 57 e 61.

Os caracteres que contribuíram menos para a divergência entre as famílias, foram MST, MSPA, RPA, MSF, D e A, que apresentaram os maiores coeficientes de ponderação nos autovalores inferiores a 0,7 (Tabela 3), sendo, portanto, passíveis de descarte, ou seja, devem ser desconsiderados.

Tabela 3 - Variâncias (autovalores) associadas aos componentes principais (CP) e respectivos coeficientes de ponderação (autovetores) para os caracteres diâmetro do coleto (D), altura (A), número de espinhos (NE) e matéria seca de raiz (MSR), de caule (MSC), de folhas (MSF), da parte aérea (MSPA), total (MST), razão raiz/parte aérea (RPA) e área foliar (AF), em 32 famílias de polinização aberta de *Cnidocolus phyllacanthus* (faveleira), aos 150 dias em casa-de-vegetação. Jaboticabal-SP, 2003.

Table 3 - Variance estimates (eigenvalues) of principal components (CP) and respective vectors associated (eigenvectors) for the characters stem diameter (D), height (A), number of thorns (NE), and dry matter of roots (MSR), stem (MSC), leaves (MSF), shoot (MSPA), total (MST), shoot/root ratio (RPA) and leaf area (AF), in 32 matrices of *Cnidocolus phyllacanthus* (faveleira) plants growing for 150 days in greenhouse. Jaboticabal-SP, Brazil, 2003.

| CP    | Variância (autovalor)/ Variance (eigenvalues) | Variância Acumulada/ Accumulated Variance (%) | Coeficiente de ponderação associado a/ Weighted coefficient associated to |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   | D   | A     | NE    | MSR   | MSC   | MSF   | MSPA  | MST   | RPA   | AF    |
| CP1   | 5,16  | 51,6  | 0,29  | 0,26  | -0,08 | 0,30  | 0,39  | 0,37  | 0,42  | 0,37  | -0,21 | 0,27  |
| CP 2  | 1,75  | 69,2  | 0,17  | 0,16  | -0,13 | 0,47  | 0,04  | -0,28 | -0,13 | 0,32  | 0,61  | -0,34 |
| CP 3  | 1,14  | 80,6  | 0,29  | -0,42 | 0,77  | 0,19  | -0,19 | 0,18  | 0,01  | 0,14  | 0,05  | -0,01 |
| CP 4  | 0,87  | 89,4  | -0,36   | -0,35 | -0,30 | 0,24  | -0,34 | 0,24  | -0,05 | 0,18  | 0,27  | 0,54  |
| CP 5  | 0,61  | 95,5  | -0,54   | 0,59  | 0,51  | 0,08  | -0,01 | -0,06 | -0,03 | 0,05  | 0,10  | 0,23  |
| CP 6  | 0,31  | 98,6  | 0,60  | 0,32  | -0,01 | -0,15 | -0,27 | -0,13 | -0,23 | -0,19 | 0,16  | 0,53  |
| CP 7  | 0,10  | 99,6  | -0,04   | -0,34 | 0,09  | 0,06  | 0,54  | -0,62 | -0,06 | 0,02  | -0,05 | 0,41  |
| CP 8  | 0,03  | 99,9  | -0,01   | -0,07 | 0,08  | -0,41 | 0,37  | 0,28  | 0,29  | -0,22 | 0,67  | 0,04  |
| CP 9  | 0,001   | 99,9  | -0,01   | 0,01  | 0,01  | -0,09 | 0,38  | 0,41  | -0,80 | 0,16  | -0,04 | -0,01 |
| CP 10 | 0,0001  | 100,0   | 0,01  | -0,01 | 0,01  | -0,60 | -0,15 | -0,17 | 0,05  | 0,76  | 0,01  | 0,01  |

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

CRUZ & CARNEIRO (2003) relatam que caracteres dispensáveis em estudos de divergência genética são aqueles invariantes entre os materiais genéticos e ou redundantes por estarem correlacionados. De fato, observa-se que, pelo menos, um coeficiente de correlação entre um caráter passível de descarte e um de maior importância para a divergência genética (MSR, MSC e AF) foi significativo ( $P < 0,05$ ), o que

comprova a redundância (Tabela 4). O NE não deve ser descartado, pois apresentou coeficientes de correlação de baixa magnitude com todos os caracteres. Assim, de modo geral, constata-se que os caracteres passíveis de descarte são redundantes e ou invariantes, e representam 60% do total de caracteres avaliados (Tabelas 3 e 4).

Tabela 4 - Coeficientes de correlação entre os caracteres diâmetro do coleto (D), altura (A), número de espinhos (NE) e matéria seca de raiz (MSR), de caule (MSC), de folhas (MSF), da parte aérea (MSPA), total (MST), razão raiz/parte aérea (RPA) e área foliar (AF), em 32 matrizes de *Cnidoscopus phyllacanthus* (faveleira), aos 150 dias em casa-de-vegetação. Jaboticabal-SP, 2003.

Table 4 - Correlation coefficients between stem diameter (D), height (A), number of thorns (NE) and dry matter of root (MSR), stem (MSC), leaves (MSF), shoot (MSPA), total (MST), shoot/root ratio (RPA) and leaf area (AF), in 32 matrices of *Cnidoscopus phyllacanthus* (faveleira) plants growing for 150 days in a greenhouse. Jaboticabal, SP, Brazil, 2003.

| Caráter/<br>Character | A    | NE    | MSR    | MSC    | MSF    | MSPA   | MST    | RPA     | AF      |
|-----------------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| D                     | 0,28 | 0,01  | 0,53** | 0,59** | 0,45** | 0,58** | 0,60** | -0,20   | 0,15    |
| A                     |      | -0,25 | 0,40*  | 0,69** | 0,25   | 0,52** | 0,48** | -0,18   | 0,25    |
| NE                    |      |       | -0,11  | -0,25  | -0,03  | -0,15  | -0,14  | -0,03   | -0,12   |
| MSR                   |      |       |        | 0,54** | 0,44*  | 0,55** | 0,96** | 0,22    | 0,25    |
| MSC                   |      |       |        |        | 0,59** | 0,88** | 0,72** | -0,49** | 0,35*   |
| MSF                   |      |       |        |        |        | 0,89** | 0,64** | -0,65** | 0,76**  |
| MSPA                  |      |       |        |        |        |        | 0,76** | -0,64** | 0,62**  |
| MST                   |      |       |        |        |        |        |        | -0,03   | 0,41*   |
| RPA                   |      |       |        |        |        |        |        |         | -0,51** |

\*\* P < 0,01; \* P < 0,05; pelo teste t.

\*\* P < 0,01; \* P < 0,05; according to the t test.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

## Conclusões

a) A redução na disponibilidade hídrica afetou negativamente todos os caracteres de faveleira na fase de mudas, exceto o número de espinhos (NE), em que ocorreu o inverso e massa seca de caule (MSC), que foi maior no terceiro regime hídrico em relação ao segundo regime hídrico.

b) As famílias 01; 07; 08; 09; 34; 51 e 55 obtiveram as maiores médias para a massa seca de raiz (MSR) e ou razão raiz/parte aérea (RPA), e estão distribuídas em sete grupos distintos.

c) Os caracteres passíveis de descarte, em futuros estudos com essa espécie, são diâmetro, altura, massa seca de folha, parte área e total.

## Referências

ARRIEL, E. F. **Divergência genética em *Cnidoscopus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.** 2004. 89f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Leguminosae – Mimosoideae). *Phyton*, Buenos Aires, v.52, p.51-62, 1991.

BARBOSA, L.; OLIVEIRA, O. F. **Vegetação do semi-árido.** Brasília: ABEAS, 1989. 42p.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd em casa de vegetação. *Phyton*, Buenos Aires, v.57, p.179-191, 1995.

CÂNDIDO, J. F.; CONSO, M. O.; THIEBAUT, J. T. L.; SILVESTRE FILHO, J. Influência de turnos de rega no endurecimento de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 111-120, 1982.

CHAPIN III, F. S. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Southampton, v. 2, p. 233-260, 1980.

CRUZ, C. D. **Programa GENES:** versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Imprensa Universitária, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: Imprensa Universitária, 2003. 585p.

FARIAS NETO, J. T.; BIANCHETTI, A. Estudo do potencial genético de duas populações de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, p. 413-417, 2001.

FERREIRA, V. M. **Aspectos fisiológicos da cunhã (*Clitoria ternatea*) submetida a estresse hídrico e sombreamento.**



2001. 109 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

FONTES, L.E.F. **Gênese, morfologia e física do solo**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1988. p. 14-16.

GALES, K. Effects of water supply on partitioning of dry matter between roots and shoots in **Lolium perenne**. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 16, p. 863-877, 1979.

ISMAEL, J. J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de Eucalyptus grandis**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr, produzidas sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-19, 1998.

LI, C. Variation of seedling traits of *Eucalyptus microtheca* origins in different watering regimes. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 47, n. 2-3, p. 132-136, 1998.

PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J.J.V.; SABRY NETO, H.; FREITAS, A. S. M.; SOUSA, F.H.L. Variabilidade genética em caracteres morfológicos de populações de plantas jovens de acerola (*Malpighia emarginata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.2, p. 350-352, 2001.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; TOLFO, A. L. T. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa-de-vegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 25-34, 2003.

PAVAN, B. E. **Crescimento de clones de eucalipto submetidos a diferentes regimes hídricos em casa-de-vegetação**. 2003. 43 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

PEREIRA, J. J.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da diversidade genética de cultivares de arroz. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 41-60, 2003.

RONQUIM, C. C.; PRADO, C. H. B.; PAULA, N. F. Growth and photosynthetic capacity in two woody species of cerrado vegetation under different radiation availability. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 243-252, 2003.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 203-217, 2003.

SILVA, L. M. M. **Morfologia e ecofisiologia de sementes de Cnidoculus phyllacanthus Pax & K. Hoffm**. 2002. 134 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de Eucalyptus grandis submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

Recebido em 28-3-2005

Aceito para publicação em 22-5-2006