

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E POS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DO PINHÃO
MANSO EM ITACOATIARA AM

Bolsista: Fernando Antonio Jutahy Colares Batista - CNPq

ITACOATIARA

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E POS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB – A/0073/2011
CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DO PINHÃO
MANSO EM ITACOATIARA AM.

Bolsista: Fernando Antonio Jutahy Colares Batista – CNPq
Orientador: Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira

ITACOATIARA
2012

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia e aos seus autores. Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o mérito agrícola do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no município de Itacoatiara, estimar os parâmetros genéticos e quantificar a variabilidade sobre as características agrônômicas das famílias de meio – irmãos de pinhão manso, em seu primeiro ano agrícola. O experimento foi instalado no mês de junho de 2010, localizado em propriedade rural na rodovia AM – 010, Km 262, sentido MAO – ITA e composto por 36 famílias (progênes) de meios-irmãos, dispostas em três blocos ao acaso, com seis plantas por parcela, em espaçamento 3,0 X 2,5 m. Em abril de 2012, os ramos terciários foram podas em suas ponteiros. Como ao longo dos meses houve desenvolvimento vegetativo desuniforme das plantas, optou-se por desconsiderar o delineamento genético e estatístico do ensaio de progênes e utilizar 168 árvores de melhor crescimento, em uma das porções da área experimental, sobre as quais foram avaliadas além da produção de grãos outras características agrônômicas. Estas plantas representaram 25 progênes de meios irmãos. Foram avaliadas nove progênes, cujas plantas-mãe eram de procedência local (ITJ e ITA); dez progênes oriundas de sementes do Maranhão (MAJ), com origem genética desconhecida e; seis progênes pré-selecionadas de plantio localizado em Rondônia (RO). Foram mensuradas treze variáveis morfo-agronômicas. Empregou-se análises descritivas em nível de progênie e também se estimou a correlação fenotípica entre as variáveis. Ainda, avaliou-se a divergência genética entre as progênes, pelo método de agrupamento UPGMA, com uso da distância euclidiana média. Estudou-se a repetibilidade para as variáveis comprimento e largura do fruto e semente, com base na mensuração em dez frutos ou sementes. Não houve diferenças significativas em nível de procedência para as treze variáveis analisadas, mas os maiores (ou menores) valores, direcionados ao interesse do melhorista, foram apresentados por progênes de Rondônia, para as variáveis peso de fruto, peso total de casca, rendimento de grãos, projeção da copa no menor e no maior espaçamento, altura da planta e volume de copa. A variável produção de grãos se correlacionou moderadamente com àquelas associadas a arquitetura da planta. No estudo de diversidade genética notou-se a não existência de padrão de agrupamento em função da procedência das famílias. O uso de 10 mensurações para as variáveis comprimento e largura de fruto e semente demonstrou moderada confiabilidade com este número de medidas. No entanto, sugere-se que este tipo de estudo seja repetido na condição em que os genótipos estejam estabilizados (3 a 4 anos de idade da planta), de modo a obter menor número de medições e mais fidedignos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Aspectos gerais do pinhão manso.....	4
2.2. Biodiesel.....	5
2.3. Vantagens e desvantagens do pinhão manso	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1. Experimento de campo.....	7
3.2. Análise dos dados	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5. CONCLUSÕES.....	15
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

Senhor(a) Parecerista,

Agradecemos pelas sugestões em melhoria do relatório. Cabe justificar as alterações realizadas:

- 1) Os erros de digitação ocorreram por conta do uso de editores de texto de versões diferentes, o que ocasionou ao longo do trabalho muitas palavras unificadas e erradas;
- 2) Os nomes científicos das espécies e gêneros foram grafados em itálico;
- 3) As citações foram revisadas ao longo do texto e corrigiu-se aquelas utilizadas no tópico Referências. Como em alguns artigos o nome dos autores não é informado por completo e sim apenas o último nome e as iniciais do nome e sobrenome, adotou-se este padrão ao referenciar as citações. No restante a regra de referenciação seguiu-se conforme o Guia de elaboração de relatórios da UFAM.
- 4) Entendemos que não há necessidade de informar o valor de p relacionados ao teste F na análise de variância e sim informar nas tabelas sob qual significância a razão de variâncias (quadrados médios) foram testadas, uma vez que dessa forma identifica-se se houve ou não diferença entre médias. No caso, como os testes foram realizados em nível de 5% para comparar as médias das procedências de pinhão manso, qualquer valor p acima de 5% (nível máximo para se rejeitar a hipótese de nulidade) indica não significativa as diferenças de médias, informação esta suficiente para a decisão e interpretação. A maioria dos valores de p foram iguais a 100%, e por isso entendemos serem desnecessários na Tabela 1. Na Tabela 3, pelos valores de quadrados médios de subamostra e do resíduo é possível acessar o valor de F pela razão das duas variâncias. Portanto, a pré definição do valor de α (probabilidade de se rejeitar H_0 quando a mesma é verdadeira, ou seja, o nível de significância) é o aspecto crucial para a decisão, pois **qualquer** valor acima dele entende-se como teste não significativo.

Atenciosamente.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) encontra-se na pauta de interesse do Brasil, como oleaginosa cuja matéria-prima grão apresenta potencial para a produção de óleo vegetal e, conseqüentemente, biocombustível (DURÃES 2009). Apesar de sua potencialidade como fonte de biomassa alternativa à produção de biodiesel, é uma planta não totalmente domesticada, em busca de domínio tecnológico e consolidação da cadeia produtiva.

As informações existentes na literatura quanto a sua capacidade produtiva e manejo da produção são reduzidas e oscilantes entre os resultados dos pesquisadores em suas respectivas regiões. Atualmente, do ponto de vista agrônomo, as pesquisas têm focado, principalmente, os aspectos do melhoramento genético da espécie *J. curcas*, na busca do conhecimento sobre a variabilidade, parâmetros genéticos, capacidade produtiva e estratégias de melhoramento, a fim de se alcançar um material genético com qualidade, que seja responsivo aos efeitos do ambiente e/ou que sofra menos com as moléstias e exigências nutricionais.

Plantios de pinhão manso comerciais e experimentais têm sido implantados em Estados da região Norte, inclusive no Amazonas. Árvores de pinhão manso são facilmente encontradas no município de Itacoatiara-AM, em quintais e pequenas propriedades, em maioria de forma isolada. Em meados de 2007 dois produtores rurais, formaram pequenos plantios por meio de sementes oriundas do Maranhão e também por mudas de estacas ou sementes de procedência local, visando observar o desenvolvimento agrônomo da planta na região.

Em 2009, iniciaram-se ações de pré-melhoramento do pinhão manso em Itacoatiara, com a coleta de acessos nas cercanias do município e o recebimento de outros procedentes do estado de Rondônia. Em junho de 2010, foi instalado um ensaio no campo com 36 famílias de meios-irmãos, a fim de se conhecer a capacidade produtiva dos indivíduos e famílias, estimar parâmetros genéticos, e manter o experimento para seleções de genótipos com os melhores atributos, no futuro.

Diante do exposto, objetivou-se caracterizar o mérito agrícola do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no município de Itacoatiara, estimar os parâmetros genéticos e quantificar a variabilidade sobre as características agrônomicas das famílias de meio – irmãos de pinhão manso, em seu primeiro ano agrícola.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos gerais do pinhão manso

O pinhão manso também conhecido como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas, sassi, dentre outros (ARRUDA et al., 2004), possui o nome científico *Jatropha curcas* L. é da família Euphorbiaceae, a mesma da mamona (*Ricinus communis*), seringueira (*Hevea brasiliensis*) e mandioca (*Manihot esculenta*).

O gênero *Jatropha* possui 175 espécies distribuídas pela América Tropical, Ásia e África (AUGUSTUS et al., 2002). Acredita-se que a espécie *Jatropha curcas* L. proceda da América do Sul, possivelmente originária do Brasil, tendo sido introduzida por navegadores portugueses, em fins do século XVIII, nas ilhas de Cabo Verde e em Guiné, de onde mais tarde foi disseminada pelo continente africano (ARRUDA et al., 2004). No Brasil, o pinhão-manso adaptou-se as mais variáveis condições edafoclimáticas, sua distribuição geográfica ocorre desde o estado de São Paulo para Norte e Oeste do país, ocorrendo, sobretudo nos estados do Nordeste, em Goiás e Minas Gerais (DRUMMOND et al., 1984).

Trata-se de uma planta arbustiva, majoritariamente monóica, perene e de crescimento rápido, que varia de 2 a 7 m de altura (ARRUDA et al., 2004; DIAS et al., 2007; ACHTEN, et al. 2008). A alta adaptabilidade (HELLER, 1996) observada, tem permitido seu crescimento nas mais variadas condições edafoclimáticas. Dada a característica de reter água em seu caule, consegue se desenvolver durante a estação seca, gosta de insolação e mostra-se bem adaptada as condições semi-áridas, embora em condições de maior umidade exiba melhor desempenho fenotípico (ACHTEN et al., 2008). Há relatos de sua ocorrência sob temperaturas superiores a 20° C e precipitação anual entre 250 mm e 3000 mm (FOIDL, et al. 1996; ARRUDA et al., 2004; TOMINAGA et al., 2007). Segundo DIAS et al. (2007), a planta se desenvolve melhor em altitudes de 200 a 800 metros. No entanto, FOIDL et al. (1996) relatam o aparecimento da espécie *J. curcas* em nível do mar até 1800 metros. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento.

O fruto é capsular ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm. É trilocular com uma semente em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho (ARRUDA et al., 2004).

As folhas são decíduas apresentando queda na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas, é considerada uma espécie xerófila, com forte resistência à seca (DRUMMOND et al., 1984; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Segundo Tominaga et al. (2007), as sementes possuem 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura. A semente apresenta tegumento escuro e rijo e possui na parte superior uma excrescência carnuda, a carúncula. A amêndoa, que fica abaixo do tegumento, uma massa branca (albúmem) rica em óleo cujo teor de óleo varia entre 30 a 40 % em extração por prensa.

2.2. Biodiesel

Com a crise do petróleo na década de 70, iniciou-se uma conscientização da sociedade mundial a respeito da poluição causada pelos combustíveis fósseis. Pressões globais somadas às desvantagens apresentadas pelos combustíveis fósseis foram subsídios para a elaboração de metas para redução na emissão de gases poluentes, aumentando desde então o interesse por fontes alternativas de energia, principalmente aquelas que contribuem para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (NETO, 2007).

De acordo com Tominaga et al. (2007), o biodiesel é um combustível obtido da reação química de qualquer tipo de óleo ou gordura com um álcool, pode ser produzido a partir de qualquer óleo vegetal ou gordura animal. A transformação de óleo vegetal em biodiesel é um processo entendido como simples, cujo óleo reage com etanol ou metanol na presença de um catalisador. Segundo Barros (2006) o biodiesel pode substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil.

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira dá-se através da lei federal 11.097/2005, que prevê a autorização da mistura biodiesel-diesel em escala comercial da proporção de 2% de biodiesel e 98% óleo diesel, passando a ser obrigatória esta mistura em 2008 (BARROS, 2006). Este índice deve ser aumentado para 5% a partir de 2013.

No Brasil, a principal matéria-prima para produção de biodiesel se encontra entre plantas oleaginosas como a mamona (*Ricinus communis* L.), dendê (*Elaeis guineensis*), amendoim (*Arachis hypogaea* L), canola (*Brassica napus* L. var. *Oleifera* Moench), soja (*Glycine max* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), babaçu (*Orrbignya speciosa* Mart.), gergelim (*Sesamum indicum* L) e pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) (BELTRÃO, 2005; SATURNINO et al., 2005).

Serão necessários milhões de hectares para o plantio de culturas oleaginosas e o grande desafio é a utilização de terras marginais não apropriadas para o plantio de

gêneros alimentícios (CAMPOS E CARMÉLIO, 2006). Além do mais, a pesquisa na área agrícola deve buscar a domesticação de novas espécies e procurar aumentar a produção de óleo por hectare, a partir de técnicas de melhoramento genético (ARAÚJO et al., 2007).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) encontra-se na pauta de interesse do Brasil. É uma oleaginosa de importância ainda não definida na cadeia alimentar e considerada uma matéria-prima potencial a produção de biocombustíveis (DURÃES 2009). Acredita-se, que já se tenha mais de 30 mil hectares implantados com a cultura no Brasil, com potencial de produção de mais de 90 mil toneladas de grãos/ano, considerando os plantios no estágio adulto (MENDONÇA, 2009).

2.3. Vantagens e desvantagens do pinhão manso

Embora seja uma planta conhecida e cultivada no continente americano desde a época pré-colombiana, e esteja disseminada em todas as regiões tropicais e até em algumas temperadas, o pinhão-manso ainda encontra-se em processo de domesticação (SARTUNINO et al., 2005), segundo Beltrão (2008) ao citar Heller (1996) não foram encontrados relatos científicos confiáveis que informem sua produtividade; há somente estimativas feitas com metodologia inadequada, como extrapolar a produção de uma planta isolada para produtividade em uma lavoura comercial. A maior parte dos trabalhos científicos sobre pinhão manso são estudos de laboratório ou casa de vegetação sobre temas específicos, como fisiologia, toxicidade de suas partes, produção de mudas, tecnologia de sementes, transesterificação do óleo etc.

Para Durães (2009) o pinhão manso apresenta uma série de vantagens como um alto potencial de rendimento de grãos/óleo, adaptabilidade, precocidade e longevidade. É uma cultura perene, não sendo necessária renovação anual; compatível ao perfil da agricultura familiar (Mão-de-Obra, Diversificação); óleo de excelente qualidade para produção de biodiesel, além disso, trata-se de uma espécie não alimentar, ou seja, não compete com a agricultura de alimento. Entretanto, ainda segundo Durães (2009) o pinhão manso também possui desvantagens por não existirem cultivares (diversidade genética desconhecida), falta conhecimento e domínio tecnológico sobre a cultura, é susceptível a pragas e doenças, possui colheita desuniforme em relação à qualidade de óleo e custo de produção e possui fator toxidez muito elevado.

Ainda assim, de acordo com Arruda et al. (2004), o pinhão-manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em biodiesel, pois, além de perene e de fácil cultivo, ela apresenta boa conservação da

semente colhida, é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível.

A obtenção de cultivar(es) é um dos principais desafios que norteiam as pesquisas nacionais. Visa-se alta produtividade de grãos/óleo, com ausência de toxidez nas sementes, tolerância e/ou resistência a estresses bióticos e abióticos, uniformidade de floração e maturação de frutos e adaptação ampla às regiões brasileiras. Para isso, é essencial ao sucesso do melhoramento genético realizar ações de pré-melhoramento que proporcionem a ampliação da base genética e, ou, quantifiquem a variabilidade intraespecífica existente para auxiliar no direcionamento das estratégias de cruzabilidade e seleção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Experimento de campo

O experimento foi instalado no mês de junho de 2010. A área experimental está localizada em propriedade rural na rodovia AM – 010, Km 262, sentido MAO – ITA. O experimento possui 36 famílias (progênes) de meios-irmãos, dispostas em três blocos ao acaso, com seis plantas por parcela, em espaçamento 3,0 X 2,5 m. A área total perfaz pouco mais de 4860 m², totalizando 648 plantas.

No transplântio, em junho de 2010, as mudas receberam em cova 200 gramas de calcário dolomítico (PRNT 91%) e 150 gramas de N-P-K (10-10-10). Em dezembro de 2011, a adubação de plantio foi de 150 gramas de N-P-K(10-10-10). Não houve controle de potenciais pragas e doenças, e realizou-se sempre que necessário controle químico e capinas sobre as plantas daninhas. O experimento foi conduzido sem uso de irrigação. Em abril de 2012, os ramos terciários foram podas em suas ponteiras.

No entanto, observou-se ao longo dos meses o desenvolvimento vegetativo desuniforme das plantas, provavelmente em razão da alta heterogeneidade do solo em porções do terreno. Diante disto optou-se por desconsiderar o delineamento genético e estatístico do ensaio de progênes, e utilizar 168 árvores de melhor crescimento, em uma das porções da área, sem a estrutura experimental anteriormente planejada, sobre as quais foram avaliadas além da produção de grãos outras características agronômicas. Estas plantas representaram 25 progênes de meios irmãos.

Foram avaliadas nove progênes, cujas plantas-mãe eram de procedência local (ITJ e ITA); dez progênes oriundas de sementes do Maranhão (MAJ), com origem genética

desconhecida e; seis progênies pré-selecionadas de plantio localizado em Rondônia (RO) (Tabela 1).



Figura 1. Faixa de área utilizada no estudo.

Foram mensuradas as variáveis 1) altura da planta (m); 2) número de ramos, contando os ramos primários a 40 cm do solo; 3) diâmetro do caule (cm); 4) projeção da copa no sentido do menor espaçamento (m); 5) projeção da copa no sentido do maior espaçamento (m); 6) volume de copa (m³). O volume de copa foi estimado pela aproximação do volume de um cilindro de base elíptica (SPINELLI et al. 2010):

$$V_{copa} = \left(\pi \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \frac{D_2}{2} \right) h$$

, em que V_{copa} : volume de copa (m³), π : 3,14159, D_1 : projeção da copa no maior espaçamento (m), D_2 : projeção da copa no menor espaçamento (m) e h : altura da planta.

Após o término da colheita realizado nos meses de janeiro e fevereiro de 2012, foram avaliadas individualmente as árvores para as seguintes características: 7) comprimento e 8) largura dos frutos (cm); 9) comprimento e 10) largura das sementes (cm). Para as variáveis 7, 8, 9 e 10, o valor do indivíduo foi obtido a partir da média de 10 frutos/planta. Também foram avaliados o 11) peso total de casca (g/planta); 12) rendimento de grãos (g/planta) e 13) peso de fruto seco (g/planta).

3.2. Análise dos dados

Foram empregadas análises descritivas (média aritmética, desvio-padrão, coeficiente de variação, valores mínimo e máximo) sobre as treze variáveis mensuradas, em nível de progênie. A análise de variância foi realizada para detectar diferenças entre as médias dos acessos de Itacoatiara, Maranhão e Rondônia, para

todas as variáveis estudadas, em nível de 5% de significância. Também se estimou a correlação fenotípica considerando os valores médios em nível de progênies de cada variável.

Ainda, avaliou-se a divergência genética entre as progênies, pelo método de agrupamento UPGMA, com uso da distância euclidiana média, considerando todas as treze variáveis.

Para o estudo de repetibilidade nas variáveis comprimento e largura do fruto seco e comprimento e largura da semente, foram consideradas 149 árvores, e de cada uma delas foram medidos 10 frutos ou sementes. Assim, foi possível definir um número mínimo de mensurações (ou observações fenotípicas) para que se tenha confiabilidade nas inferências futuras a serem realizadas. Foram estimados os coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e o número de medições calculado, utilizando os métodos de análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado na matriz de correlação (CPC), dos componentes principais baseado na matriz de covariância (CPCV) e da análise estrutural baseado na matriz de correlação (AE) (Cruz e Regazzi, 2001).

Considerou-se como satisfatório o número de mensurações que atingissem um coeficiente de determinação entre 90 e 99%, usando os métodos de componentes principais e análise estrutural. Os dados de comprimento e largura de sementes foram transformados para a função logarítmica de base 10, objetivando atender as pressuposições de normalidade dos dados.

Os dados foram compilados em planilha eletrônica e analisados no software GENES (Cruz, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$, análise de variância não apresentada) em nível de procedência (Amazonas – ITJ e ITA, Maranhão – MAJ e Rondônia – RO) para as treze variáveis analisadas.

Embora não tenham sido detectadas diferenças, vale enaltecer alguns resultados apresentados pela Tabela 1. Os maiores (ou menores) valores, direcionados ao interesse do melhorista, foram apresentados por progênies de Rondônia em sete das treze variáveis (peso de fruto: 173,80 g; peso total de casca: 58,56 g; rendimento de grãos: 134,58 g; projeção da copa no menor e no maior

espaçamento: 2,30 e 2,27 cm, respectivamente; altura: 1,75 m e; volume de copa: 9,73 m³). Mesmo sendo estes dados valores fenotípicos que, portanto, carregam uma porção de efeito ambiental, permite-nos especular que a seleção prévia dos materiais (sementes) de Rondônia, feita com base na produção das árvores e teor de óleo, refletiu-se nos valores observados por estas progênies, que em média foram superiores – ou inferiores, dependendo da direção do melhoramento sob a variável – às procedências de Itacoatiara e Maranhão, para as variáveis PF, CF, PCasc, REND, NR, DIAM, PMenor, PMaior, ALT e VolC. No entanto, este cenário da expressão fenotípica das progênies pode ser alterado à medida que as árvores vão atingindo a estabilidade produtiva, com 3 a 4 anos de idade.

As variáveis CF, LF, CS, LS, DIAM e ALT exibiram menor variabilidade, quando comparado seus respectivos valores de coeficiente de variação com as demais.

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis: peso de fruto seco (PF, em g/planta); comprimento do fruto seco (CF, em cm); largura do fruto seco (LF, em cm); peso total de casca (PCasc, em g/planta); rendimento de grãos (REND, em g/planta); comprimento da semente (CS, em cm); largura da semente (LS, em cm); número de ramos primários (NR); diâmetro do caule (DIAM, em cm); projeção da copa no sentido do menor espaçamento (Pmenor, em m); projeção da copa no sentido do maior espaçamento (Pmaior, em m); altura da planta (ALT, em m) e volume de copa (VolC, em m³).

Família [#]	PF	CF	LF	PCasc	REND	CS	LS	NR	DIAM	PMenor	PMaior	ALT	VolC
ITJ2	137,42	2,40	2,09	32,62	104,80	1,83	1,16	15,00	11,55	2,07	1,92	2,48	7,76
ITJ3	108,30	2,23	2,00	30,63	77,67	1,74	1,17	11,00	10,15	1,67	1,47	2,00	3,91
ITJ5	136,32	2,25	2,03	35,12	101,20	1,74	1,17	9,67	11,04	1,61	1,53	2,17	4,18
ITJ8	151,05	2,31	2,09	42,30	108,75	1,79	1,17	10,67	11,42	1,59	1,40	2,33	4,05
ITJ10	41,66	2,10	1,94	9,70	31,96	1,67	1,13	8,75	9,78	1,34	1,41	1,92	2,95
ITJ12	130,07	2,21	1,96	39,60	99,68	1,68	1,11	11,83	11,05	1,57	1,42	2,43	4,24
ITJ15	101,55	2,27	2,01	25,60	75,95	1,72	1,13	12,17	10,37	1,66	1,66	2,07	4,48
ITA51	145,48	2,20	1,99	38,62	106,86	1,70	1,14	16,42	10,45	1,85	1,80	2,38	6,68
ITA54	107,49	2,28	2,08	28,98	78,51	1,70	1,37	12,43	10,51	1,52	1,53	2,05	3,77
MAJ25	155,38	2,22	1,98	44,40	110,98	1,72	1,18	11,33	11,65	1,61	1,40	2,39	4,25
MAJ27	118,75	2,22	1,99	32,91	85,84	1,76	1,15	14,50	11,58	1,64	1,46	2,10	3,93
MAJ29	107,12	2,26	2,07	32,02	75,10	1,76	1,16	13,17	11,75	1,79	1,66	2,33	5,48
MAJ31	104,83	2,26	2,06	25,62	79,22	1,75	1,15	11,00	11,11	1,54	1,42	2,19	3,82
MAJ32	140,40	2,18	2,00	46,80	93,60	1,70	1,19	8,75	10,53	1,63	1,27	2,16	3,45
MAJ33	108,91	2,29	2,03	32,36	76,55	1,76	1,17	13,98	11,57	1,95	1,83	2,32	6,74
MAJ36	50,50	2,29	2,07	13,90	36,60	2,02	1,13	13,28	11,29	1,52	1,37	2,08	3,45
MAJ39	87,85	2,27	2,07	22,82	65,04	1,76	1,16	13,09	10,82	1,72	1,58	2,23	4,79
MAJ40	83,58	2,29	2,07	21,72	61,87	1,79	1,17	11,68	10,01	1,47	1,34	1,95	3,02
MAJ43	141,47	2,14	1,97	37,78	103,68	1,69	1,16	10,50	11,97	1,95	1,90	2,24	7,15
RO62	173,80	2,26	2,06	58,56	115,23	1,77	1,16	14,50	11,15	1,77	1,83	2,27	5,84
RO63	167,28	2,31	2,03	32,70	134,58	1,79	1,15	12,67	10,65	2,03	2,02	2,25	7,46
RO64	121,53	2,29	2,06	29,69	91,83	1,76	1,15	11,67	11,88	2,30	2,27	2,34	9,73
RO66	141,43	2,27	2,02	34,43	107,01	1,75	1,15	14,12	10,48	1,63	1,58	1,98	4,71
RO67	112,02	2,29	2,04	29,62	82,40	1,69	1,14	13,67	9,21	1,81	1,80	1,87	5,08
RO69	66,53	2,34	1,90	17,40	49,13	1,65	1,12	13,78	10,69	1,40	1,28	1,75	2,63
Média geral	120,49	2,25	2,02	32,28	88,54	1,74	1,16	12,36	10,90	1,72	1,62	2,17	5,06
Desvio padrão	33,71	0,06	0,05	10,54	24,70	0,07	0,05	1,93	0,70	0,22	0,26	0,19	1,76
Coef. de variação	27,98	2,67	2,48	32,65	27,90	4,02	4,31	15,61	6,42	12,79	16,05	8,76	34,78
Valor máximo	173,80	2,40	2,09	58,56	134,58	2,02	1,37	16,42	11,97	2,30	2,27	2,48	9,73
Valor mínimo	41,66	2,10	1,90	9,70	31,96	1,65	1,11	8,75	9,21	1,34	1,27	1,75	2,63
Média Itacoatiara ^{ns}	117,70	2,25	2,02	31,46	87,26	1,73	1,17	11,99	10,70	1,65	1,57	2,20	4,67
Média Maranhão ^{ns}	109,88	2,24	2,03	31,03	78,85	1,77	1,16	12,13	11,23	1,68	1,52	2,20	4,61
Média Rondônia ^{ns}	130,43	2,29	2,02	33,73	96,70	1,73	1,14	13,40	10,68	1,82	1,79	2,08	5,91

[#]Famílias ITJ e ITA, com procedência em Itacoatiara (Amazonas); MAJ, procedentes de sementes do Maranhão com origem genética desconhecida e; RO, oriundas de plantas pré-selecionadas de plantio localizado em Rondônia;

^{ns} A diferença entre médias de procedências foi não significativa, para todas as variáveis, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 destacam-se as correlações medianas e moderadamente baixas, positivas e significativas entre peso do fruto e as características de arquitetura da planta (PMenor, PMaior, ALT e VolC) e entre rendimento de grãos e as mesmas associadas a arquitetura da planta. Portanto, caracteres ligados ao formato do crescimento vegetativo das árvores de pinhão manso variam moderadamente de maneira linear junto à produção de grãos e frutos. Plantas com maior volume de copa tendem de forma moderada a serem aquelas com maior rendimento, e vice-versa.

Spinelli et al. (2010) em seu estudo de relação de caracteres agrônômicos e componentes de matéria-prima do grão e óleo concluíram que plantas de maior produtividade de grãos e de maior volume de copa são importantes para o desenvolvimento de materiais de alto rendimento de óleo, e que apesar do pequeno efeito direto, o volume de copa foi o principal componente da produtividade de grãos. Em geral, a arquitetura de copa é considerada uma característica importante para o cultivo do pinhão-manso e trabalhos vem sendo realizados com o objetivo de descrever práticas de poda mais apropriadas para esse cultivo.

Tabela 2. Estimativas de correlação fenotípica entre as variáveis peso de fruto seco (PF, em g/planta); comprimento do fruto seco (CF, em cm); largura do fruto seco (LF, em cm); peso total de casca (PCasc, em g/planta); rendimento de grãos (REND, em g/planta); comprimento da semente (CS, em cm); largura da semente (LS, em cm); número de ramos primários (NR); diâmetro do caule (DIAM, em cm); projeção da copa no sentido do menor espaçamento (Pmenor, em m); projeção da copa no sentido do maior espaçamento (Pmaior, em m); altura da planta (ALT, em m) e volume de copa (VolC, em m³).

	CF	LF	PCasc	REND	CS	LS	NR	DIAM	PMenor	Pmaior	ALT	VolC
PF	0,06	0,15	0,91**	0,98**	-0,13	0,11	0,13	0,31	0,49*	0,41*	0,59**	0,49*
CF		0,53**	-0,08	0,10	0,43*	0,07	0,49*	0,11	0,27	0,22	0,05	0,22
LF			0,10	0,15	0,61**	0,37	0,16	0,17	0,31	0,27	0,32	0,27
PCasc				0,82**	-0,17	0,14	0,08	0,32	0,32	0,21	0,56**	0,30
REND					-0,12	0,08	0,14	0,29	0,53**	0,46*	0,59**	0,53**
CS						0,09	0,22	0,30	0,12	0,05	0,18	0,09
LS							-0,11	-0,01	-0,08	-0,06	-0,02	-0,09
NR								0,08	0,32	0,35	0,14	0,34
DIAM									0,41*	0,26	0,68**	0,44*
Pmenor										0,93**	0,57**	0,97**
Pmaior											0,42**	0,96**

No estudo de diversidade genética notou-se a não existência de padrão de agrupamento em função da procedência das famílias. Progêniees com procedência distinta podem ser agrupadas em um mesmo *cluster*. Se estabelecermos um ponto de corte a 50% de dissimilaridade formam-se três grupos com mistura de progêniees das três diferentes regiões estudadas.

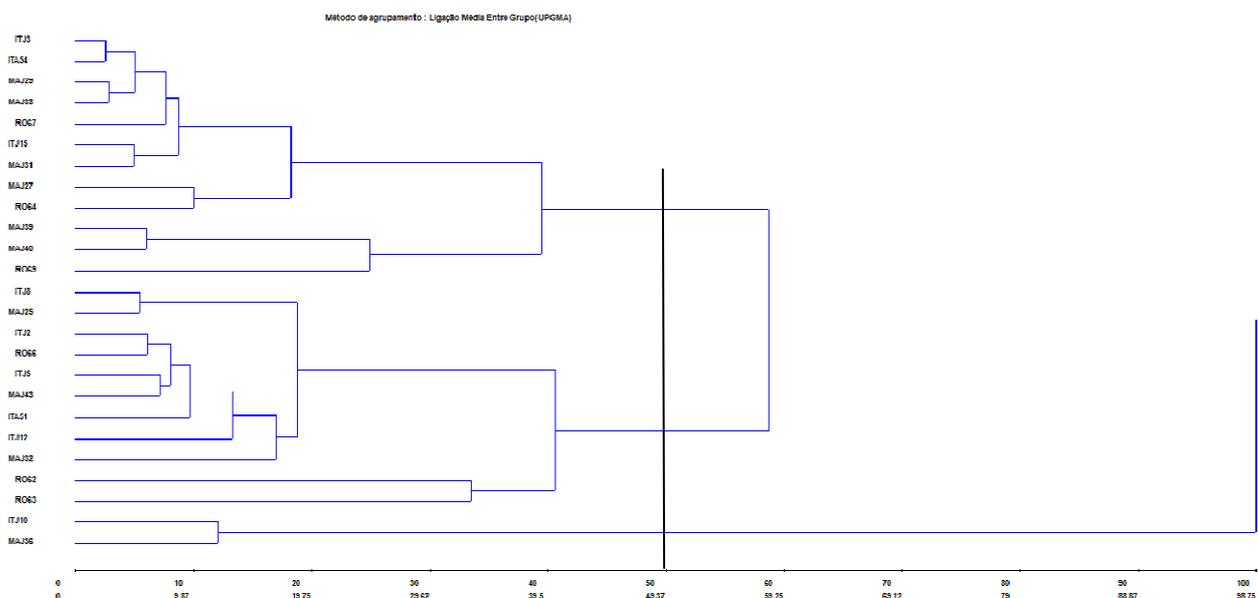


Figura 2. Dendrograma UPGMA obtido a partir da distância média euclidiana, baseada em dados fenotípicos de 13 variáveis agrônômicas, para as 25 famílias de meios irmãos de pinhão manso de três diferentes procedências (Itacoatiara-AM; Maranhão e Rondônia).

Rosado et al. (2010) ao estudar a diversidade molecular de 192 acessos de *J. curcas*, representantes de várias regiões do Brasil, que compunham o banco de germoplasma da Embrapa Agroenergia, não detectaram relação entre o agrupamento de acessos e origem geográfica, sugerindo que a espécie tenha tido uma vasta dispersão entre regiões por semente e possivelmente por propagação vegetativa. A base genética estreita e a duplicidade de acessos refletem uma provável ancestralidade comum, deriva genética e alta intensidade de seleção sobre os materiais cultivados desde a época de sua introdução. Os autores ainda sugeriram a necessidade urgente de se introduzir novos e diversos acessos à coleção de germoplasma do Brasil para melhor guiar e manter o sucesso dos programas de melhoramento.

De acordo com os resultados da análise de variância verificaram-se diferenças significativas para todas as características analisadas (Tabela 3), o que evidencia que

o componente de variância genético confundido com os efeitos permanentes do ambiente é significativo nesta população.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as características analisadas em 159 subamostras de pinhão manso, com dez medições (repetições).

Variável	Quadrado médio		Média	CV%
	Subamostra	Resíduo		
Comprimento do Fruto	0,100*	0,018	2,24	5,96
Largura do Fruto	0,065*	0,021	2,02	7,12
Comprimento da semente [#]	0,003*	0,001	0,24	13,93
Largura da semente [#]	0,001*	0,000 [§]	0,06	41,60

* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

[#] As variáveis comprimento e largura da semente foram transformadas com a função logarítmica de base 10;

[§] O valor apresentado pelo programa Genes foi 0,0006.

Houve concordância nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade (r) para comprimento e largura de fruto gerados pelos diferentes métodos, o que conferiu maior confiabilidade nos resultados (Tabela 4). Para as variáveis comprimento e largura de sementes, os valores de r divergiram mais entre os diferentes métodos, com maior discrepância para comprimento de semente. Os coeficientes de repetibilidade variam entre as quatro características (Tabela 4). Conforme a classificação atribuída por Resende (2002), as estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram baixas. Quando a repetibilidade é baixa, o aumento de medidas repetidas poderá resultar num acréscimo significativo de ganho de precisão (Cruz et al, 2004).

As estimativas dos coeficientes de determinação (R^2) obtidas a partir das 10 repetições para as quatro características e pelos quatro métodos foram de magnitude intermediária a alta. Variaram $R^2 = 59,48\%$ (variável comprimento da semente, método ANOVA) a $R^2 = 86,61$ (variável comprimento da semente, método CPCV) (Tabela 4), demonstrando que a avaliação das características pode ser realizada com moderada confiabilidade para 10 mensurações. O valor de R^2 mede o grau de certeza na predição do real valor de melhoramento de um dado indivíduo baseado em m medidas.

Segundo CHIA et al. (2009), dentro dos níveis de precisão aceitáveis, deve-se buscar redução do período de avaliação e medições para economia de recursos e tempo. Geralmente ao se medir o comprimento e a largura a medição é feita num

mesmo fruto ou semente. Portanto, considerou-se o número de medições necessárias para valores de $R^2 = 90, 95$ e 99% , dentre os quatro métodos, para as variáveis associadas ao fruto e aquelas outras associada a semente, seriam necessárias cerca de 40, 80 e 450 frutos, respectivamente e, aproximadamente 50, 100 e 350 sementes.

Tabela 4. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando os métodos de análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado na matriz de covariância (CPCV), dos componentes principais baseado na matriz de correlação (CPC) e da análise estrutural baseado na matriz de correlação (AE) para as características em 10 frutos ou sementes, em 159 subamostras de pinhão manso.

Variável	Valor obtido a partir de 10 medições	Número de frutos ou sementes necessários para diferentes R^2						
				ANOVA	CPCV	CPC	AE	
		\hat{r}	R^2 (%)	R^2	$\eta_0^{(1)}$	$\eta_0^{(1)}$	$\eta_0^{(1)}$	$\eta_0^{(1)}$
CF	ANOVA	0,31	82,14	0,90	19	19	18	18
	CPCV	0,32	82,50	0,95	41	40	39	40
	CPC	0,32	82,82	0,99	215	209	205	208
	AE	0,32	82,59					
LF	ANOVA	0,17	68,23	0,90	41	37	38	40
	CPCV	0,19	70,70	0,95	88	78	82	84
	CPC	0,18	69,77	0,99	460	410	428	442
	AE	0,18	69,10					
CS	ANOVA	0,15	64,17	0,90	50	13	28	30
	CPCV	0,39	86,61	0,95	106	29	59	65
	CPC	0,24	76,07	0,99	552	152	311	338
	AE	0,22	74,50					
LS	ANOVA	0,12	59,48	0,90	61	52	34	46
	CPCV	0,14	62,96	0,95	129	111	73	98
	CPC	0,20	72,01	0,99	674	582	384	511
	AE	0,16	65,92					

⁽¹⁾O número de medições foi arredondado para o valor inteiro mais próximo à esquerda.

Estes elevados números de medições, e do ponto de vista prático, inexecutáveis, podem ser explicados, conforme Cruz et al. (2004), pois o fenótipo apresentado por um caráter é o resultado da ação do genótipo sob influências do meio. Há, em alguns casos, a possibilidade de um determinado caráter ser regulado por conjuntos gênicos diferentes, pois os genes poderão estar mais ou menos ativos, em função do estado de desenvolvimento da planta. Assim, por exemplo, as características associadas aos frutos ou sementes de uma árvore na última colheita poderão estar sob controle de um conjunto gênico diferente daquele que as controlava na primeira colheita. Portanto, os resultados demonstraram que o estudo de repetibilidade é mais apropriado com a utilização de genótipos estabilizados, que em

pinhão manso atinge-se aos 3-4 anos de idade da planta. Neste estudo as árvores de pinhão se encontravam com um ano e oito meses.

5. CONCLUSÕES

Não houve diferença entre as procedências de pinhão manso, considerando as treze variáveis avaliadas. No entanto, considerando uma avaliação descritiva, observou-se valores comparativamente mais condizentes com os objetivos do melhoramento, para as procedências de Rondônia, cujos materiais foram selecionados para produção de grãos e teor de óleo.

A variável produção de grãos se correlacionou moderadamente com àquelas associadas a arquitetura da planta.

Não houve divergência fenotípica sobre as procedências ou conforme origem geográfica das sementes utilizadas no plantio para gerar as progênies.

O uso de 10 mensurações para as variáveis comprimento e largura de fruto e semente demonstrou moderada confiabilidade com este número de medidas. No entanto, sugere-se que este tipo de estudo seja repetido na condição em que os genótipos estejam estabilizados (3 a 4 anos de idade da planta), de modo a obter menor número de medições e mais fidedignos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHTEN WMJ, et al. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, v.32, n. 12, p. 1063–1084 2008.

ARAÚJO, ES, et al. Balanço energético da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1, 2007, Teresina. Energia de resultados: palestras e resumos. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007.

ARRUDA, FP, et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

AUGUSTUS, GDPS; JAYABALAN, M; SEILER, G.J. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy*, v. 23, n. 3, p. 161-164, set. 2002.

BARROS, GSC, et al. Custo de produção de biodiesel no Brasil, In: Revista de política agrícola, n.3, p. 36-50, jul/ago/set 2006.

BELTRÃO, NEM. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. Informe Agropecuário, v.26, p. 44-78, 2005.

CAMPOS, A. CARMELIO, E. de C. Biodiesel e Agricultura Familiar no Brasil: Resultados Socioeconômicos e Expectativa Futura. In: O Futuro da Indústria: Biodiesel (Coletânea de Artigos), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Brasília, 2006.

CHIA, GS, et al. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. Acta Amazônica, v.39, n. 1, p.249-254, 2009.

CRUZ, CD, et al. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético II. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, CD. Programa Genes: Biometria. Viçosa: UFV, 2006, 382 p.

CRUZ, CD, REGAZZI, AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

DIAS, LAS, et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa, MG: v.1. 2007. 36 p.

DRUMMOND, OA, et al. Cultura do pinhão manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 99 p.

DURÃES, FOM. Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão Manso (Programa de PD&I – Pinhão Manso). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília, DF. Palestra... Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 1 CD-ROM.

FOIDL N, et al. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. Bioresource Technology, v.58, p.77–82, 1996.

HELLER, J. Physicnut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1996. 120f. Tese (Pós-graduação), Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy.

MENDONÇA, S. Desafios para o aproveitamento da torta de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília, DF. Palestra... Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 1 CD-ROM.

RESENDE, MDV de. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, MDV. de. Selegen-REM/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo-PR: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 360 p.

ROSADO, TBL, et al. Avaliação da Diversidade Genética do Banco de Germoplasma de Pinhão manso por Marcadores Moleculares. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA – Agroenergia, Brasília, DF, n. 1, 2009, 16 p.

SARTUNINO, MH, et al. Produção de oleaginosas para biodiesel. Informe Agropecuário, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SPNELLI, VM, et al. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-manso. Ciência Rural, Santa Maria, v. 40, n.8, p.1752-1758, ago. 2010.

TOMINAGA, N; KAKIDA, J; YASUDA, EK. Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel. Viçosa: CPT, 2007, 220 p.