



RENATA PEREIRA LUZ

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA,
MOLECULAR E AGRONÔMICA DE
CULTIVARES DE MAMONA**

LAVRAS - MG

2012

RENATA PEREIRA LUZ

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA, MOLECULAR E
AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE MAMONA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Luz, Renata Pereira.

Caracterização morfofisiológica, molecular e agronômica de
cultivares de mamona / Renata Pereira Luz. – Lavras : UFLA, 2012.
94 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.
Orientador: Renato Mendes Guimarães.
Bibliografia.

1. Qualidade de sementes. 2. Marcadores microssatélites. 3.
Diversidade genética. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.85

RENATA PEREIRA LUZ

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA, MOLECULAR E
AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE MAMONA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de julho de 2012.

Dr. Maria Laene Moreira de Carvalho

UFLA

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

EMBRAPA

Dr. Renato Mendes Guimarães
Orientador

LAVRAS- MG

2012

*Aos meus pais Sérgio e Terezinha,
Aos meus irmãos Guilherme e Fernando,
À minha família,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção divina, pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura por possibilitar a realização do Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Renato Mendes Guimarães, pelos ensinamentos, confiança e orientação na realização do trabalho.

Aos Professores do Setor de Sementes, João Almir Oliveira, Maria Laene Moreira de Carvalho e Édila Vilela de Rezende Von Pinho, exemplos de caráter e profissionalismo, aos ensinamentos e à constante disponibilidade.

Aos pesquisadores Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa e Antônio Rodrigues Vieira, pelos conselhos e amizade.

Ao Professor Antônio Carlos Fraga pelos ensinamentos e ajuda na condução do experimento.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerias – Epamig, por disponibilizar material para a realização do experimento.

Aos funcionários do Laboratório Central de Sementes, pela disponibilidade e atenção.

Aos estagiários Dennis e Gabriel pelo companheirismo, amizade e ajuda nos experimentos.

Aos demais estagiários, bolsistas de iniciação científica e BIC-júnior's, por todo auxílio e dedicação na condução dos experimentos.

À mestranda Bruna Line Carvalho pela amizade, dedicação, ensinamentos e contribuições neste trabalho.

Aos meus colegas de Pós-graduação pela amizade e auxílios nas disciplinas e condução do experimento.

À secretária de Pós-graduação Marli, pela atenção e paciência durante o curso de Mestrado.

À minha mãe Terezinha, pela paciência, amor e confiança, ao meu pai Sérgio, pelos conselhos, Guilherme e Fernando, irmãos que me ensinam que as diferenças nos tornam mais completos.

À minha grande família, Vô Domingos, tias e tios, primas e primos, em especial a Érika, Giselle e Bruna, pela amizade, apoio e consideração.

À minhas amigas, mesmo aquelas que estão longe, por acreditarem sempre em mim, à amizade, à paciência, ao carinho e companheirismo.

E, finalmente, a todos que contribuíram por mais essa conquista.

Deus, obrigada por ter colocado verdadeiros anjos em minha vida!

Muito obrigada!

"Para atingir o sucesso, seu desejo de sucesso tem de ser maior do que seu medo do fracasso".

Bill Cosby

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta que possui alta diversidade genética e tem como principal produto comercial o óleo, que é diretamente extraído da semente. O óleo da mamona possui qualidades especiais e pode ser utilizado em diversos procedimentos industriais, além de ser empregado recentemente na produção de Biodiesel. É necessária uma modernização da cadeia produtiva dessa cultura no país, sendo indispensável a adoção de cultivares melhoradas com estabilidade genética, alta qualidade e potencial produtivo. Para isso, os diferentes materiais genéticos existentes devem ser devidamente caracterizados para sua utilização em programas de melhoramento. Dessa forma, objetivou-se com o trabalho identificar e descrever as características morfológicas de sementes, plântulas e plantas; avaliar a qualidade fisiológica das sementes; estabelecer padrões de DNA por meio de marcadores microssatélites e, quantificar o teor de óleo em 12 cultivares de mamona. As cultivares utilizadas neste trabalho foram disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Inicialmente, realizou-se o plantio na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Lavras e, durante o desenvolvimento da cultura, os descritores morfológicos das plantas foram identificados e caracterizados. Após a colheita e beneficiamento, foram realizadas as análises fisiológicas e a determinação do teor de óleo das sementes. Com o uso de marcadores de microssatélites foi realizada a análise molecular das cultivares de mamona, a fim de se revelar o grau de polimorfismo existente entre elas. Conclui-se que os marcadores morfológicos utilizados no estudo são eficientes na distinção das cultivares estudadas. As cultivares EBDA 11 e EBDA 34 são consideradas promissoras para futuros programas de melhoramento. A cultivar EBDA 34 é superior quanto à qualidade fisiológica comparando-a com as demais. O uso de marcadores moleculares microssatélites é eficiente na distinção das cultivares estudadas, pois os locos RCo2, RCo3, RCo6, RCo9, RCo12, RCo13, RCo23, RCo26 e RCo29 possibilitam a amplificação de fragmentos polimórficos.

Palavras-chave: *Ricinus Communis* L.. Diversidade genética. Qualidade das sementes. Marcadores microssatélites.

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is a plant that presents high genetic diversity and its main product is commercial oil, which is directly extracted from its seeds. Castor bean oil has special qualities and can be used in several industrial processes, in addition to its recent use in the production of Biodiesel. Modernization of the productive chain in the country is necessary, and thus the use of more efficient management techniques and the adoption of improved cultivars with genetic stability, high quality and yield potential is essential. Consequently, the different existing genetic materials must be properly characterized for use in breeding programs. Thus, this study aimed to identify and describe the morphological characteristics of seeds, seedling and plants; evaluate the physiological quality of the seeds; establish DNA standards by means of microsatellite markers and quantify the oil content in 12 castor bean cultivars. The cultivars used in this study were provided by the Agricultural Research Company of Minas Gerais (EPAMIG). Initially, sowing took place at the Experimental Farm of the Federal University of Lavras (UFLA) and, during crop growth, the morphological traits of the plants were identified and characterized. After harvest and processing, seeds were submitted to physiological assays performed in the laboratory. Samples of grounded seeds were subjected to chemical extraction using organic solvent to determine the oil content of seeds. With the use of microsatellite markers, molecular analysis of castor bean cultivars was carried out in order to reveal the degree of polymorphism among them. It may be concluded that the molecular markers used in the study are effective in distinguishing the cultivars. Among the cultivars studied, EBDA 11 and EBDA 34 are considered promising for future breeding programs. Cultivar EBDA 34 is superior in regard to physiological quality in comparison with the others. The use of microsatellite molecular markers is efficient in distinguishing the cultivars studied because the loci RCO2, RCo3, RCo6, RCo9, RCo12, RCo13, RCo23, RCo26 and RCo29 allow amplification of polymorphic fragments.

Keywords: *Ricinus Communis* L.. Genetic diversity. Seeds quality. Microsatellite markers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ataque de mofo-cinzento-da-mamoneira (75% e 100%).....	35
Figura 2	Perfil de gel de agarose 1% corados com SYBR®Gold, mostrando a integridade do DNA das 12 cultivares de mamona	39
Figura 3	Presença e ausência de antocianina no caule jovem (8-EBDA 31 e 4-EBDA 34).....	44
Figura 4	Arquitetura das plantas: Ereta (7-EBDA 43); Semi-ereta (10-EBDA 26); Aberta (4-EBDA 34).....	44
Figura 5	Cerosidade no caule: Presente (9-EBDA 40); Ausente (2-EBDA 41).....	45
Figura 6	Coloração do caule: Verde-escuro (2-EBDA 41); Verde (6-EBDA 38); Verde-claro (7-EBDA 43); Marrom-avermelhado (12-EBDA 18); Roxo (11-EBDA 11)	46
Figura 7	Cor das folhas jovens: Verde (2-EBDA 41); Bronze (6-EBDA 38); Vermelha (11-EBDA 11).....	47
Figura 8	Pigmentação das nervuras: Esverdeada (10-EBDA 26); Avermelhada (12-EBDA 18).....	47
Figura 9	Coloração da face superior do limbo: Verde-escuro (5-EBDA 37); Verde (4-EBDA 34); Verde-claro (9-EBDA 40).....	48
Figura 10	Serrilhamento da folha: Médio (1-EBDA 35); Esparso (4-EBDA 34).....	48
Figura 11	Coloração da inflorescência: Avermelhada (4-EBDA 34); Alaranjada (9-EBDA 40); Amarelada (10-EBDA 26)	50
Figura 12	Densidade do racemo: Compacto (5-EBDA 37); Intermediário (9-EBDA 40); Esparso (10-EBDA 26).....	52
Figura 13	Forma do racemo: Globosa (6-EBDA 38); Cilíndrica (2-EBDA 41); Cônica (7-EBDA 43)	52

Figura 14	Coloração dos frutos: Verde-escuro (2-EBDA 41); Verde (9-EBDA 40); Verde-claro (4-EBDA 34).....	53
Figura 15	Coloração do acúleo: Roxo (12- EBDA 18); Vermelho (11-EBDA 11); Rosa (2-EBDA 41); Verde-escuro (3-EBDA 45); Verde (7-EBDA 43); Verde-claro (8-EBDA 31)	54
Figura 16	Coloração das sementes: Preta/ cor única (1-EBDA 35); Marrom-escuro/ cor única (9-EBDA 40); Marrom/ cor única (6-EBDA 38); Marrom-avermelhada (10-EBDA 26); Preta e branca/ rajada (7-EBDA 43); Vermelha-escuro e marrom-claro/ rajada (3-EBDA 45); Amarela e preta/ pintada (2-EBDA 41); Preta e branca/ pontuada (4-EBDA 34).....	56
Figura 17	Perfil de gel de acrilamida 12% mostrando a amplificação de locos microssatélites (RCo2, RCo6, RCo9 e RCo13)	76
Figura 18	Dendrograma de doze cultivares de mamona, obtido pela análise de agrupamento UPGMA, com base nos dados da análise molecular pela técnica SSR.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracteres avaliados em caules de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências	43
Tabela 2	Caracteres avaliados em folhas de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências	46
Tabela 3	Caracteres avaliados em inflorescências de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências	49
Tabela 4	Caracteres avaliados em frutos de mamona, classes fenotípicas e frequências	51
Tabela 5	Caracteres avaliados em sementes de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências	55
Tabela 6	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de altura das plantas (AP), inserção do racemo primário (IR), diâmetro do caule (DC), comprimento médio do internódio (CI), comprimento da folha (CF), comprimento das sementes, largura das sementes e espessura das sementes, avaliadas em 12 cultivares de mamona.....	57
Tabela 7	Médias de altura das plantas (AP), inserção do racemo primário (IR), diâmetro do caule (DC), comprimento médio do internódio (CI) e comprimento da folha (CF), comprimento das sementes, largura das sementes e espessura das sementes avaliadas em 12 cultivares de mamona.....	58
Tabela 8	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de peso de 100 sementes (PS) e produtividade total (PT), avaliadas em 12 cultivares de mamona	61
Tabela 9	Médias de peso de 100 sementes (PS) e produtividade total (PT), avaliadas em 12 cultivares de mamona	61

Tabela 10	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de número de racemos (NR) e ciclo vegetativo (CV), avaliadas em 12 cultivares de mamona	63
Tabela 11	Médias de número de racemos (NR), ciclo vegetativo (CV), avaliadas em 12 cultivares de mamona	63
Tabela 12	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação da porcentagem de ataque do mofo cinzento, avaliadas em 12 cultivares de mamona.....	65
Tabela 13	Médias da porcentagem de ataque do mofo cinzento, avaliadas em 12 variedades de mamona	66
Tabela 14	Médias de dados meteorológicos cedidos pelo Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras referentes ao período de janeiro a março de 2011, no município de Lavras, MG .	67
Tabela 15	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação do teor de óleo, avaliadas em 12 cultivares de mamona	68
Tabela 16	Médias de peso do teor de óleo, avaliadas em 12 variedades de mamona	68
Tabela 17	Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação dos testes de primeira contagem de germinação (PG), germinação (GE), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), tetrazólio (TZ) e avaliação radiográfica (RX), avaliadas em 12 cultivares de mamona	70
Tabela 18	Valores médios (%) dos testes de primeira contagem de germinação (PG), germinação (GE), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), sementes viáveis no teste de tetrazólio (TR) e sementes cheias na avaliação radiográfica (RX), avaliadas em 12 cultivares de mamona	71

Tabela 19	Resumo das características morfológicas e agronômicas de 12 cultivares de mamoneira.....	80
-----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	A cultura da mamona	18
2.1.1	Origem	18
2.1.2	Descrição botânica, morfologia e fisiologia	18
2.1.3	Produção nacional e mundial	21
2.1.4	Usos e importância econômica	23
2.2	Melhoramento genético da mamoneira	26
2.3	Caracterização de cultivares	29
2.3.1	Marcadores genéticos	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Características morfológicas das plantas, flores, frutos e sementes	34
3.2	Teor de óleo das sementes	35
3.3	Características físicas e fisiológicas das sementes	36
3.4	Características moleculares das sementes	38
3.4.1	Extração e quantificação do DNA	38
3.4.2	Condições de amplificação dos locos microsatélites	40
3.5	Análises estatísticas	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Características morfológicas das plantas, flores, frutos e sementes	42
4.1.1	Caracteres qualitativos	42
4.1.2	Caracteres quantitativos	56
4.2	Teor de óleo das sementes	67
4.3	Características fisiológicas das sementes	69
4.4	Características moleculares	74
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) tem sido considerada uma espécie de grande importância socioeconômica para o Brasil. Dentre as oleaginosas cultivadas no país, a mamoneira se destaca, em razão das características peculiares do óleo extraído diretamente de suas sementes, podendo ser amplamente utilizado na indústria e fonte de matéria-prima para a fabricação de Biodiesel, apresentando-se como espécie promissora para este fim.

Do ponto de vista agrônomo, a mamoneira é uma planta rústica que possui a capacidade de produzir satisfatoriamente sob condições de baixa precipitação pluviométrica, sendo resistente à seca e fácil de ser manejada. Em virtude dessas características, os produtores tradicionais se concentram no semiárido nordestino brasileiro, sendo uma cultura capaz de fomentar o crescimento da economia dessa região, podendo gerar emprego no campo e matéria-prima para a indústria.

No entanto, têm-se observado nos últimos anos uma baixa produtividade na cultura, que não passa de 500 kg.ha⁻¹, sendo um entrave para a sua utilização na produção de óleo combustível. Esse fato é atribuído ao uso de sementes de baixa qualidade, possivelmente multiplicadas pelos próprios produtores, levando a um alto grau de heterogeneidade, além da escassez de tecnologias de produção. Portanto, torna-se imprescindível o avanço do nível tecnológico empregado no cultivo da espécie, por meio de técnicas mais eficientes de manejo e adoção de variedades melhoradas. Assim, a demanda da cultura da mamona concentra-se no desenvolvimento de novas cultivares por programas de melhoramento, visando o aumento da produtividade e do teor de óleo presente nas sementes, além de resistência às principais pragas e doenças.

A descrição morfológica e agrônoma de cultivares de mamona possibilita a identificação de genótipos com características desejáveis formando

valiosa base de dados para o melhoramento genético, além de disponibilizar para os produtores informações sobre os materiais utilizados na implantação da cultura. O uso de marcadores moleculares tem permitido indicar com precisão as variações genéticas presentes no DNA de um organismo, sendo alternativa para complementar os descritores morfológicos. Dentre os marcadores moleculares disponíveis, os microssatélites são os que mais se aproximam de um marcador ideal, pois apresentam robustez, confiabilidade, praticidade operacional, além de serem mais informativos geneticamente.

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho identificar e descrever as características morfológicas de sementes, plântulas e plantas; avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes; estabelecer padrões de DNA por microssatélites e quantificar o teor de óleo produzido, em 12 cultivares de mamona.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.), planta oleaginosa arbustiva, é conhecida também como carrapateira, palma-de-cristo e ricino.

2.1.1 Origem

Acredita-se que a mamoneira é originária da Etiópia, antiga Abissínia, no continente africano (MOSHKIN, 1986), porém, alguns estudiosos indicam o continente asiático como provável centro de origem (BUZZETTI, 1999). Existem relatos de que sementes dessa espécie foram encontradas em sarcófagos egípcios há mais de 4000 anos, sendo possivelmente cultivada para fins medicinais (OPLINGER et al., 1997; OLSNES, 2004).

No Brasil, alguns autores consideram que a espécie tenha sido introduzida durante a colonização portuguesa, com a finalidade de se utilizar o óleo extraído das sementes para iluminação e lubrificação de eixos de carroça (AZEVEDO; BELTRÃO, 2007). A planta teve ampla adaptação às condições edafoclimáticas do país, podendo ser encontrada em praticamente todo o território brasileiro.

2.1.2 Descrição botânica, morfologia e fisiologia

A mamoneira é uma planta bastante complexa quanto à morfologia, fisiologia e biologia floral. Por ser uma espécie polimórfica, apresenta grande variação em seu hábito de crescimento, cor das folhas, caules, ramos, frutos,

tamanho das sementes, teor de óleo, altura das plantas, sendo possível distinguir um material genético do outro (WEISS, 1983).

Segundo Schultz (1963), Vidal e Vidal (1980) e Popova e Moshkin (1986), taxonomicamente a mamoneira pertence à subdivisão Fanerogamae ou Espermatophita; filo Angiospermae; classe Dicotiledônea; subclasse Archichlamydeae; ordem Geraniales; família Euphorbiaceae; gênero *Ricinus*; espécie *R. communis*. Com base na variabilidade existente na espécie, a mamona é considerada politípica e divide-se em seis subespécies e 25 variedades botânicas (POPOVA; MOSHKIN, 1986). Segundo Weiss (1983), todas as variedades botânicas da mamoneira apresentam $2n=20$, sendo possivelmente um poliploide natural, podendo ocorrer barreiras genéticas.

O sistema radicular da mamoneira é pivotante, apresentando raízes fistulosas, bastante ramificadas (WEISS, 1983). Em condições de pouca disponibilidade hídrica, a raiz principal tem maior penetração do que se estivesse em solo úmido (TÁVORA, 1982).

O caule é geniculado, espesso e ramificado, podendo apresentar variações quanto à cor e presença de cera. A haste principal cresce verticalmente sem ramificações, até o surgimento da primeira inflorescência. Os ramos laterais se desenvolvem a partir da axila da última folha, logo abaixo da inflorescência (TÁVORA, 1982; BELTRÃO et al., 2001).

As folhas apresentam filotaxia alternada, são simples, grandes, podendo variar quanto à largura do limbo, cor, cerosidade, comprimento do pecíolo e na profundidade dos lóbulos.

A mamoneira é uma planta monoica, sendo a inflorescência do tipo panicular com presença de flores femininas na parte superior e flores masculinas na parte inferior, podendo ocorrer uma distribuição irregular ao longo do racemo. A proporção de flores masculinas e femininas varia, podendo ocorrer de 0 a 95% de flores masculinas (TÁVORA, 1982). É considerada uma espécie

autógama, porém a taxa de alogamia pode chegar a 40%, sendo a polinização do tipo anemófila (RIBEIRO FILHO, 1966). O racemo principal ou primário é o mais desenvolvido e apresenta maior quantidade de frutos. Os racemos variam quanto à forma, podendo ser cônica, cilíndrica ou oval, variando no comprimento (10 a 80 cm) e quantidade de frutos, dependendo da cultivar (MOSHKIN; PERESTOVA, 1986). Além disso, atingem a maturação em épocas diferentes, dependendo da posição na planta (BANZATTO; ROCHA, 1965).

Os frutos da mamona são cápsulas globosas, ou bagas, medindo aproximadamente 2,4 cm (SAVY FILHO, 2005). Apresentam variações quanto à cor, cerosidade, forma, tamanho, deiscência, caducidade e presença ou ausência de acúleos (MAZZANI, 1983).

A semente também é muito variável na mamoneira, envolvendo diferentes formas e cores, tamanhos e pesos. É composta de tegumento, rafe, micrópila, carúncula, endosperma, coilédones e eixo embrionário. A germinação é do tipo epígea. As sementes da mamona contêm elevado teor de óleo, podendo variar de 35% a 55% (VIEIRA et al., 1997), porém existem cultivares plantadas comercialmente no Brasil que possuem o teor de óleo variando entre 45% a 50% (FREIRE et al., 2007). Este óleo encontrado nas sementes é o principal produto em importância econômica da mamona, pois possui inúmeras aplicações na indústria e recentemente tem sido utilizado no processo de produção de Biodiesel.

Quanto à fisiologia, a mamoneira é uma planta que apresenta metabolismo fotossintético do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, considerada ineficiente e pouco competitiva (AZEVEDO; LIMA, 2001; BELTRÃO et al., 2003). Apesar de se adaptar a diferentes comprimentos do dia, a mamoneira, considerada uma espécie heliófila, precisa de dias longos com fotoperíodo de 12 horas para produzir satisfatoriamente (WEISS, 1983; BELTRÃO et al., 2003).

O clima propício é quente e úmido, a temperatura do ar pode variar de 20°C a 30°C e a altitude de 300m a 650m. É uma espécie resistente à seca e não tolera salinidade (BELTRÃO; CARDOSO, 2006). A faixa ideal de precipitação situa-se entre 750 mm e 1500 mm durante o desenvolvimento da planta. No entanto, a época de plantio deve ser ajustada para que a planta receba de 400mm a 500mm até o início da floração (TÁVORA, 1982). O baixo peso das sementes e a redução no teor de óleo são consequências da falta de água no solo, até mesmo na fase de maturação dos frutos (HEMERLY, 1981). Daí (1992), ressalta que sob suprimento hídrico adequado, dentro de certos limites de temperatura, intensidade luminosa e concentração de CO₂ elevada, a taxa fotossintética da mamona eleva-se consideravelmente.

2.1.3 Produção nacional e mundial

Na década de 1940, o Brasil era o maior produtor mundial de mamona, atingindo 370 mil hectares de área plantada e cerca de 300 mil toneladas de bagas/ano (BELTRÃO et al., 2004). Em 1970 a área cultivada chegou a 600 mil hectares e a produção brasileira atingiu maior importância. A partir de 1978, o Brasil passa a ocupar a segunda posição no ranking mundial, em decorrência do forte declínio que ocorreu na produção nacional de mamona. A área colhida e, conseqüentemente, a produção de bagas continuou decaindo durante toda a década de 1990 e o país passou a ocupar a terceira posição, ficando atrás da Índia e da China. Atualmente, Índia, China e Brasil ocupam, nesta posição, o ranking dos principais produtores mundiais da mamona, tanto em termos de área colhida como na quantidade produzida.

O estado da Bahia é o maior produtor nacional da mamona, sendo responsável por 73,9% do total produzido pelo país. O estado do Ceará ocupa a segunda posição do ranking nacional, com produção estimada de 24300

toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento , CONAB, 2012). A demanda pela mamona é crescente, pois há interesse da Petrobrás em processar a mamona em biodiesel, porém a oferta da oleaginosa ainda é reduzida. Segundo levantamento da Conab (2012), a área cultivada com mamona na safra 2011/12 deve ter uma redução de 32,5% em relação à safra anterior. Dentre os motivos desta queda, destaca-se a falta de umidade no solo na época de semeadura e durante o desenvolvimento das plantas, além da escassez de tecnologias de produção.

A Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, SEAPA (2012), com base em dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), informa que Minas Gerais pode registrar um aumento na produção de 70,3% na safra de 2012, em relação à safra anterior. Isto pode ser atribuído ao esforço dos produtores em melhorar o índice de produtividade. Ainda que ocorra uma queda na produção nacional, conforme previsto pela Conab, o desenvolvimento das lavouras é inegável, pois a perspectiva de uso do óleo de mamona pelas indústrias de biocombustível estimula os produtores.

Segundo Freire et al. (2007), a baixa produtividade brasileira observada nos últimos anos atribui-se ao uso de sementes de baixa qualidade, possivelmente multiplicadas pelos próprios produtores, levando a um alto grau de heterogeneidade e à grande diversidade de tipos locais. Carvalho (2005) menciona que a produtividade será elevada se houver melhorias no sistema de produção, principalmente se os agricultores passarem a utilizar sementes de cultivares recomendadas pela pesquisa. Com essas melhorias, a mamona poderá se tornar grande fornecedora de matéria-prima para a produção de Biodiesel, produzindo em quantidade e qualidade suficientes para a oferta de produtos a preços que viabilizem a produção. (QUEIROZ et al., 2006).

2.1.4 Usos e importância econômica

É de grande importância ressaltar que a mamona é uma cultura fortemente relacionada aos aspectos socioeconômicos de áreas com menor disponibilidade hídrica. É uma espécie resistente à seca, cultivada principalmente por pequenos produtores de regiões semiáridas. A cultura da mamona possui um papel relevante à agricultura familiar por ser capaz de fomentar o crescimento da economia do semiárido nordestino, sendo geradora de emprego no campo e de matéria-prima para a indústria (AZEVEDO et al., 1998). Como as lavouras tradicionais de milho e feijão possuem perdas irreversíveis em períodos de veranico, os agricultores do semiárido baiano optam pelo cultivo da mamona, uma vez que sofre menos perda durante esse período (CARVALHO, 2005). Nóbrega (2008) ressalta que a mamoneira garante sustento de milhares de famílias do semiárido baiano, sendo cultivada em quase todos os municípios.

O óleo extraído diretamente da semente é o principal produto comercial da mamona. No entanto, Severino et al. (2005) afirmam que a espécie também pode ser utilizada para a produção de subprodutos destinados à alimentação animal, como a torta de mamona, em razão de seu alto teor de proteínas. Este subproduto possui a alternativa de ser utilizado em processos de recuperação de solos esgotados (SAVY FILHO et al., 1999).

O óleo da mamona tem como principal componente o ácido ricinoleico, cerca de 90% que, diferentemente dos outros ácidos graxos existentes nos óleos vegetais, possui moléculas com propriedades flexíveis e estrutura incomum (MOSKIN, 1986). Essas características peculiares conferem ao óleo qualidades especiais, podendo ser utilizados em mais de 400 processos industriais, tais como produção de anti-congelantes de combustível de avião e espaçonaves, revestimentos de poltronas e paredes de avião (não queima com

facilidade nem libera gases tóxicos), componentes de automóveis, lubrificantes, resinas, tintas, cosméticos e medicamentos (VIEIRA; LIMA, 1999). É indispensável o uso deste óleo na fabricação de nylon e matéria plástica (AZEVEDO; LIMA, 2001). O óleo é utilizado em indústrias de plásticos e siderúrgicas e na fabricação de impermeabilizantes de superfície, fluidos hidráulicos, curtume, vidros à prova de bala, cabos de fibra ótica e lentes de contato (FREITAS; FREDO, 2005).

Pesquisas comprovam que o óleo de mamona possui também propriedade inseticida contra insetos-pragas, sendo utilizado no controle de pragas em diversas culturas. Arruda (2007) observou que o óleo de mamona não apresenta efeito tóxico sobre a emissão de raiz e de parte aérea, comprimento de raiz e de parte aérea de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) e que este óleo pode ser utilizado em experimentos de campo para testes de repelência sobre animais consumidores de pinhão. A lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), identificada como inseto-praga de diversas culturas, em especial o milho, pode ser controlada utilizando o óleo de mamona, em virtude da ricina, que possui atividade insetistática contra o inseto (RAMOS LOPEZ, 2010).

Existem relatos de que plantas de mamona também são cultivadas como ornamentais, em consequência de seu crescimento prolífico em solos pobres e folhas de coloração vibrante.

São facilmente encontradas em locais perturbados, tais como estradas, terrenos abandonados, bordas de campos de agricultura, de modo que é considerada como erva invasora (SILVA et al., 2010).

Vale destacar que a mamona, por possuir um elemento tóxico, a ricina, não é destinada à alimentação humana, apresentando vantagens sob outras espécies oleaginosas, como a soja, o girassol e o amendoim, por não concorrer com tal mercado (PIRES et al., 2004).

No Brasil, o óleo de mamona tem sido empregado recentemente na produção de biodiesel, podendo ser misturado ao diesel de petróleo para reduzir a poluição do ar, destacando como combustível alternativo promissor (PINHEIRO, 2008). Segundo Brasil (2011), o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, ficando atrás apenas da Alemanha. De acordo com a Medida Provisória 214, da Lei do Petróleo, de 1997, “o biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil”. Em função da crescente demanda por combustíveis de fontes renováveis, o Governo Federal, lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Com este programa, o governo propôs a introdução de agricultores familiares e produtores de regiões mais pobres do país na cadeia produtiva do biodiesel. Por força de lei, a mistura do biodiesel ao diesel de petróleo tornou-se obrigatória, afim de que se torne estratégia numa lógica de mercado. Com a instituição da Lei 11097/2005 (BRASIL, 2005), foi autorizada a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel produzido em todo o território brasileiro a partir de 2008, e a elevação deste percentual para 5% até 2012 (RAMOS et al., 2006). Esta lei também criou outros mecanismos para incentivar a inclusão social de pequenos agricultores, como o “Selo Combustível Social”. Atualmente, 34 empresas produtoras de biodiesel são detentoras do Selo Combustível Social, tendo trabalhado, em 2010, com mais de cem famílias de agricultores familiares (BRASIL, 2011).

A mamoneira é uma planta que possui excelente potencial para a produção de biodiesel. O baixo custo de implantação e produção dessa cultura, bem como a sua relativa resistência ao estresse hídrico, permite que a mamoneira se desenvolva em condições adversas de clima e solo (CÉSAR; BATALHA, 2011).

O setor de agroenergia concorre com o consolidado mercado da indústria ricinoquímica, pois existe um grande interesse pelo óleo de mamona em decorrência das propriedades peculiares apresentadas. Assim, se o óleo de mamona estiver caro demais para a produção de biodiesel, faz mais sentido vendê-lo para o mercado da ricinoquímica. Para viabilizar a produção sustentável do biodiesel a partir da mamona no Brasil, muitos esforços públicos e privados têm sido empreendidos. Porém, César e Batalha (2011), demonstraram que são enormes as dificuldades enfrentadas para a produção de biodiesel a partir da mamona. Dentre os principais problemas que entram o desenvolvimento da cadeia de produção de biodiesel utilizando a mamona, pode-se destacar: baixa escala de produção, restrições tecnológicas de processos e produtos, baixa produtividade, manejo agrícola inadequado, assistência técnica deficitária, preços instáveis, dificuldade de acesso ao crédito rural, entre outros.

Ramos et al. (2006) ressaltam que, apesar da grande importância da cultura da mamona, é necessária uma modernização para o desenvolvimento da cadeia produtiva desta cultura no Brasil, a fim de que se torne competitiva nos setores industriais. Deve-se avançar o nível tecnológico empregado no cultivo da espécie, por meio de técnicas mais eficientes de manejo e adoção de variedades melhoradas.

2.2 Melhoramento genético da mamoneira

O Instituto Agronômico de Campinas – IAC iniciou em 1963 o primeiro programa de melhoramento genético da mamoneira do Brasil (KRUG et al., 1943). Naquele tempo, pesquisadores do instituto objetivavam desenvolver cultivares de mamoneira mais produtivas, com maiores níveis de resistência às doenças e pragas e com outras características agronômicas desejáveis (FREIRE et al., 2007).

Atualmente, as principais instituições envolvidas no melhoramento genético da mamoneira são o IAC e a Embrapa – Algodão. Segundo Freire et al. (2007), a Embrapa dispõe de mais de 500 acessos em seu banco de germoplasma, que fazem parte da coleção de base da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, representando grande parte da variabilidade genética utilizada atualmente nos programas de melhoramento genético da mamoneira. O banco de germoplasma do IAC constitui-se de uma coleção de trabalho formada por aproximadamente 500 progênies e linhages, obtidas pelas diversas hibridações entre variedades locais e introduzidas, conservadas em sua pureza e variabilidade genética ao longo dos últimos 70 anos (SAVY FILHO et al., 2007).

Outras instituições de pesquisa, como a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (Epace), a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (Epaba) e a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), trabalham na pesquisa genética da mamoneira (GURGEL, 1945), ou nos testes de comparação de cultivares (TAVORA et al., 1974; CRISÓSTOMO; SILVA, 1975; CRISÓSTOMO et al., 1975, RIBEIRO FILHO, 1966; GONÇALVES et al., 1981).

Na cultura da mamona, a falta de cultivares melhorada causa várias dificuldades, sendo necessário o desenvolvimento de cultivares pelos programas de melhoramento, visando o aumento da produtividade e à adequação de teor de óleo da semente a fim de satisfazer as necessidades das indústrias. Bertozzo (2009) sugere que, além destes itens, os programas de melhoramento devem buscar outras características como precocidade e aumento na porcentagem de flores femininas.

Porém, Vieira e Lima (1999) ressaltam que o melhoramento genético já solucionou diversos problemas inerentes à cultura da mamoneira, como por

exemplo, aumento da produtividade, aumento do teor de óleo na semente, diminuição do porte da planta para facilitar a colheita, diminuição do grau de deiscência para evitar o desperdício no campo, além do aumento do nível de resistência a algumas das principais doenças que ocorrem no país.

No Brasil são relatadas seis principais cultivares que estão sendo utilizadas atualmente: BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, cultivares de ciclo longo e tolerantes à seca, de porte médio, frutos semi-deiscentes e semente com 49% de óleo; BRS Energia, cultivar de porte baixo e sementes com 48% de óleo; AL Guarany, cultivar de porte médio e sementes com 48% de óleo; IAC 80, cultivar de porte médio e alto, com sementes contendo 47% de óleo; e IAC 2028, cultivar de porte baixo, frutos indeiscentes e sementes com 47% de óleo.

Segundo Freire et al. (2007), o uso de sementes não selecionadas e de baixa qualidade refletem negativamente na produtividade e na ocorrência de pragas e doenças, além de proporcionar características agronômicas indesejáveis. Apesar de existirem cultivares melhorada por programas de melhoramento, a maioria das lavouras ainda é efetuada utilizando-se sementes provenientes dos campos dos próprios produtores.

O Nordeste brasileiro, maior região produtora de mamona do país, ainda apresenta vários problemas decorrentes, principalmente, da falta de adoção de sementes melhoradas. Nesta região há predominância de variedades locais pouco produtivas, deiscentes, de porte alto, tardias, com baixo teor de óleo e susceptíveis às principais doenças e pragas que ocorrem na região (AZEVEDO; BELTRÃO, 2007).

A semente melhorada representa fator de grande importância no estabelecimento da cultura. A qualidade das sementes afeta a produtividade e a qualidade do produto. Assim, por ser mais produtiva e resistente a doenças, proporciona maior retorno aos produtores de mamona e, conseqüentemente, maior rendimento de óleo para as indústrias.

Pesquisas sobre o melhoramento da mamoneira no Brasil deverá empenhar-se para desenvolver cultivares que apresentem produtividades superiores às já disponíveis, precocidade no ciclo, porte médio, frutos semideiscentes ou indeiscentes, alto teor de óleo e resistência à pragas e doenças, especialmente mofo-cinzento. Azevedo e Beltrão (2007), ressaltam a importância da obtenção de cultivares que apresente, além das características citadas, adaptação às condições de exploração do Cerrado, sendo uma das grandes demandas da atualidade na ricinocultura atual.

2.3 Caracterização de cultivares

Para o sucesso do melhoramento da mamoneira é importante o conhecimento da natureza e da expressão dos caracteres agrônômicos da cultura. As informações sobre a amplitude dos coeficientes de variabilidade e de herdabilidade nos permitem prognosticar o efeito da seleção e planejar os procedimentos do melhoramento. A mamoneira é uma planta que apresenta alta variabilidade entre as cultivares, sendo a coloração do caule, das folhas e das sementes, a deiscência dos frutos, a presença ou não de cerosidade, caracteres qualitativos, enquanto altura das plantas, produtividade, caracteres quantitativos controlados por vários genes e bastante influenciados pelo ambiente (MOSHKIN, 1986).

Figueiredo Neto et al. (2004) ressaltam a importância da caracterização e avaliação de cultivares para o estabelecimento de diferenças ou semelhanças entre acessos de germoplasma, bem como para estimular sua utilização para resgatar o desenvolvimento da cultura. A variabilidade em características botânicas e agrônômicas deve ser conhecida e conservada, pois pode tornar-se fonte de genes para futuros programas de melhoramento. No entanto, a

classificação correta e o conhecimento da variabilidade e diversidade dos acessos disponíveis são de extrema importância.

Os caracteres morfoagronômicos são eficientes para estudo da diversidade genética, pois proporcionam uma simplificação da quantificação da variação genética e possibilitam avaliar o desempenho dos genótipos no ambiente de crescimento (FUFA et al., 2005).

A caracterização de cultivares é uma etapa importante em programas de melhoramento e conservação de germoplasma, podendo ser realizada com base em diferenças na morfologia das plantas, nas moléculas de proteínas e de DNA (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

2.3.1 Marcadores genéticos

Os marcadores genéticos proporcionam informações básicas necessárias ao melhoramento de plantas, tendo uma importante aplicação na administração de recursos genéticos.

Os marcadores mais antigos e amplamente difundidos são os que têm como base características morfológicas. As regras da ISTA (International Seed Testing Association) (ISTA, 1995), o manual da AOSA (Association of Official Seed Analysis) (AOSA, 1983) e as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), recomendam a caracterização de espécies e cultivares por meio das características morfológicas de sementes, plântulas e plantas. Apresentam como vantagens a simplicidade, a rapidez e o baixo custo de análise (BRETTEING; WIDRLECHENER, 1995).

No caso da mamoneira, os seguintes descritores morfológicos têm sido utilizados pela Embrapa Algodão para a caracterização de cultivares: pigmentação do hipocótilo, coloração do caule, folhas adultas, folhas jovens, nervuras das folhas, estigma, frutos, acúleos e sementes, presença de cerosidade

no caule, folhas, frutos e acúleos, arquitetura e altura da planta, comprimento das folhas, racemos, frutos, acúleos e pedúnculos, comprimento e número de internódios, diâmetro do caule, altura de inserção do racemo primário, floração do racemo primário, flores femininas, serrilhado e formato do lóbulo da folha, afunilamento das folhas, presença de acúleos nos frutos, densidade de acúleos no fruto, compactação e formato dos racemos, deiscência dos frutos, comprimento, largura e espessura das sementes, padrão e formato das sementes, tipo de carúncula, ciclo da planta, peso de sementes, rendimento em sementes, produtividade, teor de óleo, teor de ácido ricinoléico, teor de ricina, proteína na semente, resistência ao mofo cinzento e resistência à fusariose (MILANI, 2008).

Apesar de recomendado, a utilização de descritores morfológicos na caracterização de cultivares apresenta limitações: a identificação de grande parte dos descritores ser realizada em plantas inteiras ou adultas, podem ser influenciados pelo ambiente, são complexos na sua expressão, podem ser modulados pelo efeito de um determinado patógeno, são influenciados por interações intra e inter-loci, resultando em dados pouco confiáveis e apresentam problemas na identificação de plantas com base genética muito estreita (PADILHA et al., 2002; PRIOLLI et al., 2002). Sendo assim, é necessário obter marcadores mais estáveis, os quais, juntamente com os descritores morfológicos sejam eficientes na caracterização de cultivares de mamoneira.

Segundo Ferreira e Grattapaglia (1998), marcador molecular é todo e qualquer fenótipo molecular proveniente de um gene expresso (isoenzimas), ou de um segmento específico de DNA, correspondendo a regiões expressas ou não do genoma. O uso de marcadores moleculares tem permitido indicar com precisão as variações genéticas presentes no DNA de um organismo, sendo alternativa para complementar os descritores morfológicos. Dessa forma, estes marcadores têm recebido maior atenção, especialmente pelo seu potencial de

distinção, pois são mais abundantes que os morfológicos e ideais para distinção de genótipos morfológicamente similares e geneticamente aparentados.

Entre as classes de marcadores moleculares existentes, os microssatélites são os que mais se aproximam do marcador ideal para estudos populacionais, sendo muito utilizados em estudos de diversidade genética em bancos de germoplasma, em razão da robustez, confiabilidade, praticidade operacional e por serem mais informativos geneticamente. Apresentam características altamente desejáveis: são marcadores codominantes, sendo ambos os alelos de um indivíduo heterozigoto visualizados no gel; estão ampla e uniformemente distribuídos pelo genoma dos eucariotos; são altamente multialélicos; são amplificados via PCR, o que requer pouca quantidade de DNA para amplificação; uma vez desenvolvidos os *primers* que amplificam tais regiões do genoma, podem ser facilmente compartilhados entre laboratórios (POWELL et al., 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas doze cultivares de mamona, prováveis genótipos indicados para cultivo no estado de Minas Gerais a serem caracterizados na região de Lavras, disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Epamig: 1-EBDA 35; 2- EBDA 41; 3-EBDA 45; 4- EBDA 34; 5- EBDA 37; 6- EBDA 38; 7- EBDA 43; 8- EBDA 31; 9- EBDA 40; 10- EBDA 26; 11- EBDA 11; 12- EBDA 18.

Estas 12 cultivares foram plantadas na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na cidade de Lavras, Minas Gerais, a 21° 14' 40"S, 44° 57' 50" W, altitude de 925 m.

O experimento em campo foi instalado num delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Cada tratamento foi representado por uma variedade, consistindo, portanto, de 12 tratamentos. A área total utilizada no experimento foi de 2160 m², e cada parcela foi composta de cinco linhas de nove metros de comprimento. Utilizou-se um espaçamento de 1,5 metros entre fileiras e um metro entre plantas, considerando como bordadura as duas linhas laterais e um metro em cada extremidade da parcela.

O plantio foi realizado em 14 de dezembro de 2010. O preparo do solo foi mecanizado e a adubação foi feita de acordo com recomendações de Ribeiro et al. (1999). Foram colocadas três sementes a cada metro linear e, posteriormente, realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por metro linear. Durante o desenvolvimento da cultura em campo, foi feito um levantamento das características agronômicas da mamoneira. As plantas atípicas encontradas na área do experimento foram eliminadas. Após a colheita, as sementes foram secas ao sol e beneficiadas manualmente.

O levantamento das características morfológicas, fisiológicas, moleculares e agronômicas de cada cultivar de mamona foi realizado da seguinte forma:

3.1 Características morfológicas das plantas, flores, frutos e sementes

As avaliações das características morfológicas das plantas, flores e frutos foram realizadas segundo Milani (2008):

- a) Caule: coloração do caule jovem, inserção do racemo primário; diâmetro; comprimento médio do internódio; cerosidade; coloração;
- b) Planta: altura; arquitetura
- c) Folha: cor da folha jovem; pigmentação das nervuras; coloração da face superior do limbo; comprimento; serrilhamento;
- d) Ciclo vegetativo: número de dias entre emergência até início da floração feminina do racemo primário;
- e) Inflorescência: presença de flores masculinas no racemo: predominantemente na parte inferior do racemo ou entremeadas com as femininas; coloração do estigma antes da polinização;
- f) Frutos: número de racemos produzidos por planta; densidade do racemo; forma do racemo; cerosidade; coloração; presença de acúleos; coloração dos acúleos;
- g) Semente: coloração principal; coloração secundária; tipo de coloração secundária; comprimento; largura; espessura;
- h) Peso de 100 sementes: medido em amostras de 100 sementes por parcela;
- i) Produtividade: estimativa em kg/ha decorrente do cálculo da produtividade da parcela.

Para as avaliações foram utilizadas 10 plantas/parcela, exceto para peso de 100 sementes e produtividade.

Durante o desenvolvimento da cultura em campo, foi constatado alto ataque do fungo *Amphobotrys ricini* (mofo-cinzeno-da-mamoneira) no racemo primário das plantas de mamona. Dessa forma, foi contabilizado o número de plantas por parcela que tiveram perda total ou de aproximadamente 75% do racemo primário (Figura 1). O resultado foi expresso em porcentagem de plantas que foram atacadas pelo fungo.



Figura 1 Ataque de mofo-cinzeno-da-mamoneira (75% e 100%)

3.2 Teor de óleo das sementes

A determinação do teor de óleo em sementes de mamona foi realizada no Laboratório de Biodiesel da Universidade Federal de Lavras, por meio da extração química por solvente orgânico, pelo método Soxhlet com hexano, com base nos procedimentos definidos pela *International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC (PAQUOT, 1979). As sementes foram trituradas em moinho

e aproximadamente cinco gramas do material triturado foram colocados em sachês, constituindo-se três repetições por parcela. A extração durou em média quatro horas e, logo após, o solvente foi recuperado. O teor de óleo foi determinado pela relação gravimétrica percentual entre óleo obtido e sementes submetidas à extração (BALIZA et al., 2004).

3.3 Características físicas e fisiológicas das sementes

As características fisiológicas das sementes foram determinadas pelos testes de germinação, emergência em bandejas e índice de velocidade de emergência, tetrazólio e análise radiográfica das sementes, sendo realizados no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras.

Antes da realização dos testes fisiológicos, foi realizada a determinação do teor de água pelo método estufa $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando duas repetições de 10 sementes por parcela. Os resultados foram expressos em porcentagens.

Teste de germinação: realizou-se o teste com oito repetições de 25 sementes por parcela. O substrato empregado foi papel germitest, na forma de rolo, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso. Os rolos foram mantidos em germinador com temperatura de 25°C . As contagens foram realizadas aos sete dias (Primeira Contagem de Germinação) e 14 dias após a semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009). Nas sementes remanescentes foi realizado teste de tetrazólio para verificar a viabilidade destas (OLIVEIRA et al., 2006).

Avaliação radiográfica: as sementes foram submetidas à análise radiográfica utilizando o equipamento Faxitron HP MX-20, com intensidade de 22 kv e tempo de exposição aproximado de 11 segundos, conforme calibração

automática do equipamento. Para realização do teste utilizou-se oito repetições de 25 sementes por parcela dispostas em folhas de polietileno transparente. De acordo com a morfologia interna visualizada nas radiografias, as sementes foram classificadas em: a) sementes cheias: aquelas que contêm todos os tecidos essenciais para a germinação; b) sementes danificadas: aquelas que apresentam deformações nos tecidos essenciais para a germinação e; c) sementes vazias: sementes sem embrião e endosperma (CARVALHO et al., 2010).

Teste de emergência e índice de velocidade de emergência: para a emergência, utilizou quatro repetições de 50 sementes por parcela. A semeadura foi realizada em bandeja plástica contendo substrato areia + solo na proporção 2:1. A umidade do substrato foi ajustada para 60% da capacidade de saturação. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal, previamente regulada à temperatura de 25°C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A partir do início da emergência, foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até o 21º dia. O índice de velocidade de emergência foi determinado segundo fórmula proposta por Maguire (1962). A porcentagem de emergência foi calculada com base no número de plântulas normais contadas diariamente em cada parcela até estabilização.

Teste de tetrazólio: para a realização do teste, foram utilizadas oito repetições de 25 sementes por parcela. As sementes foram embebidas em água a 30°C por três horas entre papel, sendo realizada a retirada do tegumento e cortes nas laterais dos embriões. Posteriormente, as sementes foram imersas em solução de tetrazólio a 0,5% e mantidas no escuro em BOD, a 30°C, por seis horas (OLIVEIRA et al., 2006). Os resultados foram expressos em porcentagens de sementes viáveis.

3.4 Características moleculares das sementes

Para avaliar a diversidade genética em nível molecular existente entre as 12 cultivares de mamoneira, foi feita a análise de DNA utilizando marcadores moleculares microssatélites.

3.4.1 Extração e quantificação do DNA

O DNA das 12 cultivares de mamona foi extraído seguindo o protocolo CTAB (DOYLE; DOYLE, 1990), com modificações. Folhas jovens, recém expandidas, foram coletadas e maceradas com a utilização de nitrogênio líquido até a obtenção de um pó fino. Para evitar a oxidação da amostra foram adicionados aproximadamente 10,0mg de polivinil pirrolidona (PVP) para a maceração. Uma pequena quantidade do pó fino (± 100 mg) foi transferida para microtubos de 2,0mL, previamente identificados para cada cultivar aos quais foram adicionados 700 μ L de tampão de extração CTAB 2% (brometo de cetiltrimetilamonio) contendo: TRIS-HCl 1 M pH 8,0; NaCl 1,4 M; CTAB 2%; EDTA 20 mM pH 8,0. Os microtubos foram agitados e incubados em banho-maria, durante 60 minutos a 65°C e a cada 15 minutos invertidos, homogeneizando as amostras. Os microtubos foram retirados do banho-maria e, após atingirem temperatura ambiente, foram adicionados 600 μ L de clorofórmio: álcool isoamílico (24:1), sendo invertidos levemente por 20 vezes. Os microtubos foram submetidos à centrifugação durante 10 minutos, a 14000 rpm. O sobrenadante foi transferido para novos microtubos (o DNA permanece na fase aquosa). Foi adicionada 1/10 de solução CTAB 10%, 1,4 M NaCl. Novamente, os microtubos foram invertidos por 20 vezes e adicionou-se clorofórmio: álcool isoamílico (24:1), e realizou-se centrifugação por 10 minutos a 14000 rpm. Os microtubos foram mantidos em freezer (-22°C) por quatro

horas e depois centrifugados a 14000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi descartado e adicionou-se 300 μ L de etanol 70% para remover as impurezas, submetendo as amostras à centrifugação 14000 rpm por cinco minutos, sendo essa etapa realizada duas vezes. O etanol 70% foi descartado e adicionou-se 300 μ L de etanol 95%. Realizou-se, novamente, centrifugação por cinco minutos a 14000 rpm. Descartou o etanol e o precipitado (pellet) foi deixado à temperatura ambiente por uma hora para evaporação dos resíduos do etanol. Ressuspendeu-se o pellet utilizando 100 μ L de água destilada + 1,0 μ L de RNase. Os microtubos foram incubados em banho-maria, à temperatura de 37°C por meia hora e então foram armazenados em freezer (-22°C). Para todas as amostras a extração do DNA foi realizada em duplicata.

Para avaliar a qualidade e quantidade do DNA extraído, as amostras de DNA analisadas em espectrofotômetro NanoDrop ND-1000. Além disso, as amostras de DNA foram submetidas à eletroforese (120V/30min) em gel de agarose 1% corados com SYBR® Gold 1X, para assegurar integridade do mesmo (Figura 2). Posteriormente, as amostras foram diluídas para uma concentração final de 10ng/ μ L para serem utilizadas na PCR.

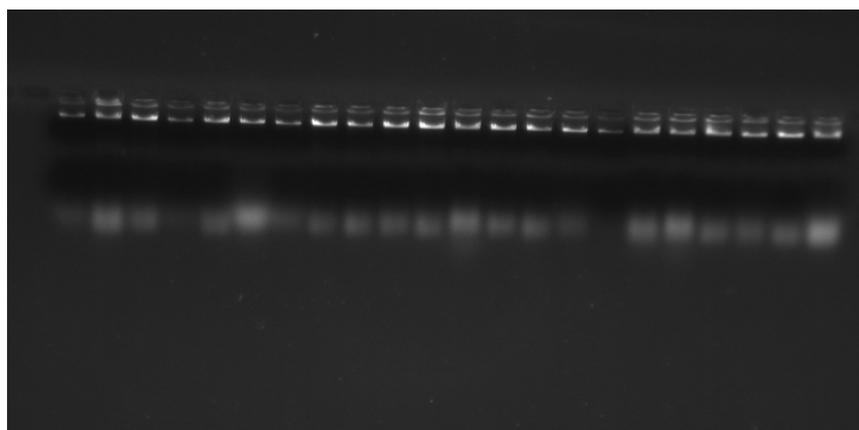


Figura 2 Perfil de gel de agarose 1% corados com SYBR®Gold, mostrando a integridade do DNA das 12 cultivares de mamona

3.4.2 Condições de amplificação dos locos microssatélites

Foram selecionados marcadores microssatélites desenvolvidos para *Ricinus communis* (Bajay, 2009). Dos 26 primers descritos pelo autor, foram selecionados 16, considerando o PIC (Conteúdo de Informação de Polimorfismo), sendo os seguintes locos microssatélites: Rco2; Rco3; Rco6; Rco8; Rco9; Rco11; Rco12; Rco13; Rco15; Rco18; Rco22; Rco23; Rco26; Rco29; Rco30; Rco31.

A PCR foi processada em termociclador nas seguintes condições: dois minutos a 94°C seguidos por 34 ciclos de um minuto a 94°C (desnaturação), 55°C (anelamento) e um minuto 72°C (extensão) com extensão final por 10 minutos a 72°C. O volume final da PCR, para cada variedade estudada, foi de 20µL, contendo: 3,0µL de DNA (10ng/µL); 2,0µL de solução tampão PCR 10x (Invitrogen); 0,8µL de MgCl₂ 50 mM (Invitrogen); 1,0µL de dNTP's 10mM (Invitrogen); 1,0µL de cada primer 10mM, forward + reverse (IDT); 0,2µL de taq DNA polimerase 5U/µL (Invitrogen); 11,0µL de água ultrapura autoclavada.

Após as amplificações, as amostras foram aplicadas em gel de poliacrilamida 12% e submetidas à eletroforese a 120V por uma hora e 20 minutos.

3.5 Análises estatísticas

Para a comparação dos resultados obtidos nas variáveis mensuráveis, foram realizadas análise de variância e comparação das médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar.

Para os dados obtidos na caracterização fenotípica foi realizada a análise descritiva.

Com os dados obtidos na análise molecular, foi realizada a similaridade genética, calculada pelo coeficiente de Jaccard. Os genótipos foram agrupados pelo método UPGMA (Unweighted Pair Method), utilizando-se o programa NTSYS versão 2.11 (ROHLF, 1992).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características morfológicas das plantas, flores, frutos e sementes

Segundo Moshkin (1986), a coloração do caule, das folhas, das sementes, a presença ou não de acúleos, a arquitetura das plantas, são consideradas características qualitativas, enquanto que altura da planta, produtividade, altura de inserção do racemo primário, diâmetro do caule, são caracteres quantitativos controlados por vários genes e influenciados pelo ambiente.

4.1.1 Caracteres qualitativos

Os caracteres avaliados em plântulas e plantas de mamona, as classes fenotípicas e a frequência das cultivares em cada uma das classes são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Caracteres avaliados em caules de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências

Caracter	Classe fenotípica	Freq	%	Cultivares
Caule jovem: pigmentação antocianínica	1. Presente	6	50,00	1, 2, 5, 8, 11, 12
	2. Ausente	6	50,00	3, 4, 6, 7, 9, 10
Arquitetura da planta	1. Ereta	2	16,67	7, 9
	2. Semi – Ereta	8	66,67	1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12
	3. Aberta	2	16,67	4, 11
Caule: cerosidade	1. Presente	10	83,33	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
	2. Ausente	2	16,67	1, 2
Caule: coloração	1. Verde escuro	2	16,67	1, 2
	2. Verde	3	25,00	3, 4, 6
	3. Verde claro	3	25,00	7, 9, 10
	4. Marrom avermelhado	2	16,67	8, 12
	5. Roxo	2	16,67	5, 11

a) Caule jovem

De acordo com os dados da Tabela 1, 50% das cultivares apresentaram presença de antocianina no caule jovem e 50 % apresentaram ausência. A Figura 3 representa exemplos de cultivares com presença e ausência do caracter. Segundo Raven et al. (2001), plantas com presença de antocianina são mais resistentes a pragas e doenças. Sendo assim, a antocianina pode desempenhar um papel importante na defesa da planta. Anjani (2005) estudando mamona, concluiu que plantas que expressam presença de antocianina em toda a planta apresentaram resistência à fusariose e a larvas de minadora. Portanto, as cultivares que apresentaram essa característica morfológica poderão ser estudadas em avaliações posteriores, relacionando-as à defesa das plantas.



Figura 3 Presença e ausência de antocianina no caule jovem (8-EBDA 31 e 4-EBDA 34)

b) Arquitetura da planta

As cultivares estudadas foram agrupadas em três grupos conforme a arquitetura da planta (Figura 4). Foi observado que a maior parte das cultivares estudadas (66,67%) apresentaram arquitetura semi-ereta.



Figura 4 Arquitetura das plantas: Ereta (7-EBDA 43); Semi-ereta (10-EBDA 26); Aberta (4-EBDA 34)

c) Caule: cerosidade

A presença de cerosidade no caule da mamoneira foi observada em 83,33% das cultivares estudadas (Figura 5). Gurgel (1945) afirma que a cerosidade ou formação de cera no caule depende da presença de dois genes complementares. Além disso, vários modificadores do carácter atuam sobre sua expressão.



Figura 5 Cerosidade no caule: Presente (9-EBDA 40); Ausente (2-EBDA 41)

d) Caule: coloração

O caule da mamoneira sofre grande variação quanto à cor (AZEVEDO; BELTRÃO, 2007). De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, observa-se que houve grande variação desta característica entre as cultivares estudadas. Exemplos de diferentes cores avaliados nas cultivares estudadas são encontrados na Figura 6. Segundo Moshkin (1986), no mínimo três genes independentes controlam a coloração da mamoneira, sendo o gene responsável pela coloração verde recessivo, comportando-se como dominante em determinados cruzamentos.



Figura 6 Coloração do caule: Verde-escuro (2-EBDA 41); Verde (6-EBDA 38); Verde-claro (7-EBDA 43); Marrom-avermelhado (12-EBDA 18); Roxo (11-EBDA 11)

As características avaliadas nas folhas das cultivares são apresentadas na Tabela 2. Observa-se que as folhas da mamoneira apresentam grande variabilidade, podendo ser diferenciadas facilmente quanto à cor das folhas jovens e adultas, pigmentação das nervuras e serrilhamento.

Tabela 2 Caracteres avaliados em folhas de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências

Caracter	Classe fenotípica	Freq	%	Cultivares
Cor das folhas jovens	1. Verde	2	16,67	2, 4
	2. Bronze	5	41,67	1, 6, 8, 9, 10
	3. Vermelha	5	41,67	3, 5, 7, 11, 12
Folha: Pigmentação das nervuras	1. Esverdeada	8	66,67	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10
	2. Avermelhada	4	33,33	5, 8, 11, 12
Folha: coloração da face superior do limbo	1. Verde escuro	5	41,67	1, 3, 5, 8, 11
	2. Verde	3	25,00	2, 4, 10
	3. Verde claro	4	33,33	6, 7, 9, 12
Serrilhamento da folha	1. Médio	7	58,33	1, 2, 6, 7, 10,
	2. Esparso	5	41,67	11, 12 3, 4, 5, 8, 9

Exemplos dos caracteres avaliados nas 12 cultivares de mamona são apresentados nas figuras 7 a 10.

e) Cor das folhas jovens

Quanto à cor das folhas jovens, a classe fenotípica verde (Figura 7) teve menor frequência entre as cultivares avaliadas (16,67%).



Figura 7 Cor das folhas jovens: Verde (2-EBDA 41); Bronze (6-EBDA 38); Vermelha (11-EBDA 11)

f) Pigmentação das nervuras

Dentre as 12 cultivares de mamoneira avaliadas, 66,67% apresentaram pigmentação esverdeada das nervuras localizadas na face inferior das folhas (Figura 8).



Figura 8 Pigmentação das nervuras: Esverdeada (10-EBDA 26); Avermelhada (12-EBDA 18)

g) Folha: coloração da face superior do limbo

A coloração das folhas das cultivares estudadas variou de verde escuro a verde claro, sendo que as frequências das classes fenotípicas não tiveram grande diferença (Figura 9). Houve certa dificuldade para a avaliação desta característica, uma vez que, os diferentes tons de verde muitas vezes podem ser confundidos durante a observação.



Figura 9 Coloração da face superior do limbo: Verde-escuro (5-EBDA 37); Verde (4-EBDA 34); Verde-claro (9-EBDA 40).

h) Folha: serrilhamento

O formato do serrilhado da borda do limbo foliar médio foi observado em uma frequência de 58,33%, sendo, portanto, apresentado por mais da metade das cultivares avaliadas (Figura 10).



Figura 10 Serrilhamento da folha: Médio (1-EBDA 35); Esparso (4-EBDA 34)

Na Tabela 3 são apresentados dados de caracteres avaliados em inflorescências das cultivares.

Beltrão et al. (2001) considera complexa a biologia floral da mamoneira, pois a espécie apresenta diversas expressões de sexualidade. Todas as variedades estudadas apresentaram flores masculinas, sendo predominantes na parte inferior dos racemos. Segundo Claassen e Hoffman (1950), o racemo normal da mamona possui 40% de flores femininas e 60% de masculinas, porém muitas variações são possíveis. Savy Filho (2005), menciona que os programas de melhoramento da mamoneira objetivam aumentar a porcentagem de flores femininas nos racemos a fim de elevar a produtividade da espécie.

Tabela 3 Caracteres avaliados em inflorescências de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências

Caracter	Classe fenotípica	Freq	%	Cultivares
Inflorescência: flores masculinas	1. Presente	12	100,00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
	2. Ausente	-	0,00	-
Inflorescência: flores masculinas	1. Predominante na parte inferior	12	100,00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
	2. Entremeadas com as femininas	-	0,00	-
Inflorescência: coloração do estigma	1. Avermelhado	5	41,67	1, 5, 8, 11, 12
	2. Alaranjado	5	41,67	2, 4, 6, 7, 9
	3. Amarelado	2	16,67	3, 10

i) Inflorescência: cor do estigma

Na Figura 11, estão apresentadas diferenças nas cores do estigma de cultivares de mamoneiras avaliadas. A frequência da classe fenotípica amarelado foi inferior em relação às outras classes observadas.



Figura 11 Coloração da inflorescência: Avermelhada (4-EBDA 34); Alaranjada (9-EBDA 40); Amarelada (10-EBDA 26)

De acordo com Mazzani (1983), os frutos da mamoneira podem apresentar variações na cor, na cerosidade, na forma, na presença ou ausência de acúleos. Com base nos dados apresentados na Tabela 4 pode-se afirmar que as cultivares estudadas apresentaram essa mesma variabilidade nos caracteres avaliados.

Tabela 4 Caracteres avaliados em frutos de mamona, classes fenotípicas e frequências

Caracter	Classe fenotípica	Freq	%	Cultivares
Fruto: densidade do racemo	1. Compactos	1	8,33	5
	2. Intermediários	7	58,33	1, 3, 4, 6, 8, 9, 11
	3. Esparso	4	33,33	2, 7, 10, 12
Fruto: forma do racemo	1. Globosa	5	41,67	4, 6, 10, 11, 12
	2. Cilíndrica	6	50,00	1, 2, 3, 5, 8, 9
	3. Cônica	1	8,33	7
Fruto: cerosidade	1. Ausente	2	16,67	1, 2
	2. Presente	10	83,33	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Fruto: coloração	1. Verde escuro	4	33,33	1, 2, 3, 5
	2. Verde	3	25,00	7, 9, 11
	3. Verde claro	5	41,67	4, 6, 8, 10, 12
Fruto: presença de acúleos	1. Presente	12	100,00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
	2. Ausente	-	0,00	-
Fruto: Coloração do acúleo	1. Roxo	2	16,67	5, 12
	2. Vermelho	2	16,67	1, 11
	3. Rosa	1	8,33	2
	4. Verde escuro	1	8,33	3
	5. Verde	2	16,67	7, 9
	6. Verde claro	4	33,33	4, 6, 8, 10
Fruto: cerosidade do acúleo	1. Presente	10	83,33	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
	2. Ausente	2	16,67	1, 2

j) Fruto: densidade do racemo

A densidade dos frutos no racemo classificada como intermediária foi observada em mais da metade das cultivares estudadas, com frequência igual a 58,33%. Apenas a cultivar 5-EBDA 37 apresentou densidade compacta. Essas características estão ilustradas na Figura 12.



Figura 12 Densidade do racemo: Compacto (5-EBDA 37); Intermediário (9-EBDA 40); Esparso (10-EBDA 26)

k) Fruto: forma do racemo

Com base na Figura 13, observam-se as diferentes formas que os racemos de mamoneira apresentam, conforme disposição do fruto. A cultivar 7-EBDA 43 foi a única que apresentou a classe fenotípica cônica para o caracter avaliado. A classe fenotípica cilíndrica apareceu em 50% das cultivares estudadas.



Figura 13 Forma do racemo: Globosa (6-EBDA 38); Cilíndrica (2-EBDA 41); Cônica (7-EBDA 43)

l) Fruto: coloração

As cultivares estudadas tiveram a coloração dos frutos variando de verde-escuro (33,33%), verde (25,00%) a verde-claro (41,67%). A presença de cerosidade nos frutos foi observada nas mesmas cultivares que apresentaram cera cobrindo o caule (Figura 14).



Figura 14 Coloração dos frutos: Verde-escuro (2-EBDA 41); Verde (9-EBDA 40); Verde-claro (4-EBDA 34).

m) Fruto: coloração do acúleo

Todas as cultivares estudadas apresentaram acúleos (papilas) nos frutos. De acordo com Graner e Godoy (1967), os frutos podem ser pouco papilados, muito papilados, inerme liso ou inerme rugoso. Gurgel (1945) ressalta que a característica presença de acúleos é controlada por um único par de genes.

Os acúleos dos frutos estudados apresentaram grande variação em relação à cor. A frequência de cultivares enquadradas na classe fenotípica verde-claro foi superior às demais classes (33,33%). Foram também observadas nos acúleos das cultivares estudadas as seguintes cores: roxo, vermelho, rosa, verde-escuro e verde (Figura 15).



Figura 15 Coloração do acúleo: Roxo (12- EBDA 18); Vermelho (11-EBDA 11); Rosa (2-EBDA 41); Verde-escuro (3-EBDA 45); Verde (7-EBDA 43); Verde-claro (8-EBDA 31)

A semente da mamoneira apresenta grande variação em sua cor, forma e tamanho (MAZZANI, 1983). Na Tabela 5 são apresentadas diferentes características observadas em sementes das cultivares de mamona.

Tabela 5 Caracteres avaliados em sementes de plantas de mamona, classes fenotípicas e frequências

Caracter	Classe fenotípica	Freq	%	Cultivares
Semente: coloração principal	1. Preta	6	50,00	1, 4, 5, 7, 11, 12
	2. Marrom escuro	1	8,33	9
	3. Marrom	1	8,33	6
	4. Marrom avermelhada	1	8,33	10
	5. Vermelho escuro	1	8,33	3
	6. Amarelada	2	16,67	2, 8
Semente: coloração secundária (se houver)	1. Nenhuma	7	58,33	1, 5, 6, 9, 10, 11,
	2. Preta	2	16,67	12
	3. Marrom claro	1	8,33	2, 8
	4. Branca	2	16,67	3 4, 7
Semente: tipo da coloração secundária	1. Cor única	7	58,33	1, 5, 6, 9, 10, 11,
	2. Pintadas	2	16,67	12
	3. Pontuadas	1	8,33	2, 8
	4. Rajadas	2	16,67	4 3, 7
Semente: Protuberância da carúncula	1. Protuberante	1	8,33	3
	2. Não protuberante	11	91,67	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

n) Sementes: coloração

As cultivares estudadas apresentaram grande variabilidade na cor das sementes. A frequência de cultivares que apresentaram a classe fenotípica cor única foi superior às demais (58,33%). A cor primária variou entre preta, marrom-escuro, marrom, marrom avermelhada, vermelho escuro e amarelada, sendo a cor preta a classe fenotípica com maior frequência entre as cultivares (50,00%). A cor secundária variou entre preta, marrom claro e bege. Estas características podem ser observadas na Figura 16.



Figura 16 Coloração das sementes: Preta/ cor única (1-EBDA 35); Marrom-escuro/ cor única (9-EBDA 40); Marrom/ cor única (6- EBDA 38); Marrom-avermelhada (10-EBDA 26); Preta e branca/ rajada (7-EBDA 43); Vermelha-escuro e marrom-clara/ rajada (3-EBDA 45); Amarela e preta/ pintada (2-EBDA 41); Preta e branca/ pontuada (4-EBDA 34)

Os caracteres qualitativos avaliados nas cultivares de mamona apresentaram grande variabilidade e foram facilmente visualizados para a maioria das classes fenotípicas. Portanto, estas cultivares podem ser utilizadas como fontes de germoplasma para futuros programas de melhoramento genético.

4.1.2 Caracteres quantitativos

O resumo da análise de variância para altura das plantas (AP); altura de inserção do racemo primário (IR); diâmetro do caule (DC); comprimento médio do internódio (CI); comprimento da folha (CF); comprimento (CS), largura (LS) e espessura (ES) das sementes, encontra-se na Tabela 6.

Verifica-se que houve diferenças significativas ($p < 0,01$) para as variáveis: altura da planta, altura de inserção do racemo primário, comprimento médio do internódio, comprimento, largura e espessura das sementes. Não houve

diferença significativa entre as médias do diâmetro do caule e do comprimento das folhas ($p < 0,01$). O coeficiente de variação foi satisfatório para todas as variáveis estudadas, sugerindo maior confiabilidade dos dados em razão do eficiente controle do efeito do ambiente.

Na Tabela 7, segundo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), observa-se que para altura das plantas houve a formação de dois grupos; para altura de inserção do racemo primário, formação de três grupos; para o comprimento médio do internódio, dois grupos; para comprimento das sementes e largura das sementes, cinco grupos e para espessura das sementes três grupos.

Tabela 6 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de altura das plantas (AP), inserção do racemo primário (IR), diâmetro do caule (DC), comprimento médio do internódio (CI), comprimento da folha (CF), comprimento das sementes, largura das sementes e espessura das sementes, avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrados médio							
		AP	IR	DC	CI	CF	CS	LS	ES
Cultivar	11	0,2250*	0,5195*	0,2508*	4,6591*	3,6745 ^{ns}	1,3391*	0,8917*	0,4136*
Blocos	3	3,3634	1,3893	0,0595	46,1389	56,1387	0,2771	0,1100	0,0384
Resíduo	33	0,0901	0,0442	0,0722	0,7753	3,4831	0,0778	0,5338	0,0313
Média	-	3,15	1,27	6,18	6,88	40,79	17,03	13,39	8,02
CV(%)	-	9,52	16,53	4,35	12,81	4,58	1,64	1,73	2,20

Tabela 7 Médias de altura das plantas (AP), inserção do racemo primário (IR), diâmetro do caule (DC), comprimento médio do internódio (CI) e comprimento da folha (CF), comprimento das sementes, largura das sementes e espessura das sementes avaliadas em 12 cultivares de mamona

Cultivares	Características avaliada							
	AP(m)	IR(m)	DC(cm)	CI(cm)	CF(cm)	CS(mm)	LS(mm)	ES(mm)
1	3,10a	1,09a	4,26a	5,75a	41,53a	16,67b	13,11b	7,90a
2	2,75a	0,93a	4,57b	5,25a	41,20a	16,22a	12,69a	7,82a
3	3,19b	1,29b	4,29a	7,50b	41,46a	17,24c	13,40c	8,35b
4	3,00a	0,87a	4,40a	5,75a	39,56a	17,53d	13,36c	7,66a
5	3,45b	1,57b	4,23a	7,75b	39,95a	15,90a	12,58a	7,65a
6	2,80a	1,24b	3,96a	6,75b	39,88a	17,54d	13,78d	8,22b
7	3,22b	1,29b	4,62b	7,25b	40,84a	16,94c	14,23e	8,39b
8	3,29b	1,41b	4,74b	7,50b	41,97a	17,02c	13,43c	8,13b
9	3,38b	2,19c	4,17a	9,00c	40,62a	16,80b	13,16b	7,76a
10	3,44b	1,32b	4,69b	7,25b	41,49a	17,98e	13,91d	8,65c
11	2,96a	0,86a	4,15a	5,75a	39,10a	17,15c	13,61c	7,85a
12	3,28b	1,21b	4,13a	7,00b	41,85a	17,34c	13,47c	7,90a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

A amplitude de variação para altura das plantas foi de 2,75m (2-EBDA 41) a 3,45m (5-EBDA 37). Segundo Mazzani (1983), a altura das plantas é controlada por fatores genéticos e ambientais. Na literatura são encontrados relatos que mencionam a ocorrência de cultivares que chegaram a sete metros de altura. As cultivares 1-EBDA 35, 2-EBDA 41, 4-EBDA 34, 6-EBDA 38 e 11-EBDA 11 apresentaram alturas médias baixas, podendo ser utilizadas em programas de melhoramento futuros, pois Freire et al. (2007) refere que, um dos objetivos do melhoramento da Embrapa Algodão é reduzir o porte das cultivares por ela desenvolvidos. Em geral, o porte maior das plantas de mamona dificulta o seu manejo, favorece o tombamento e cria microclima favorável à doença do mofo-cinzeno (ZUCHI et al., 2010).

Quanto à altura de inserção do racemo primário, a amplitude de variação foi de 0,86m (11-EBDA 11) a 2,19m (9-EBDA 40). De acordo com Severino et al. (2006), a altura de inserção do racemo primário é relacionada à precocidade da planta, considerando que quanto menor altura de inserção do racemo primário, mais precoce é a planta.

Em relação ao diâmetro dos caules, a amplitude de variação foi de 3,69 cm (6-EBDA 38) a 4,74 (8-EBDA 31). Segundo Milani (2008), diâmetros de caule que variam entre 3,00cm a 5,00cm, são considerados médios. Materiais com caules mais grossos tendem a resistir ao acamamento, mas, por outro lado, a colheita mecânica pode ser dificultada.

O comprimento médio dos internódios pode afetar a altura do caule e da planta, porém não é um caráter muito estudado em mamona (REDDY et al., 1987). A amplitude de variação para comprimento médio do internódio das cultivares foi de 5,25cm (2-EBDA 41) a 9,00cm (9-EBDA 40). Zimmerman (1957) ressalta que o comprimento dos internódios é variável entre e dentro dos genótipos, sendo muito influenciados por fatores ambientais, principalmente temperatura.

Comparando as médias apresentadas na Tabela 7, pode-se notar que, para a maioria das cultivares estudadas, houve uma relação entre a maiores alturas das plantas, maiores alturas de inserção do racemo primário e maiores comprimentos médio do internódio. Desta forma, a seleção pode ser feita no caráter que apresenta alta herdabilidade e/ou fácil avaliação (NUNES et al., 2008).

As médias do comprimento das folhas das cultivares de mamoneira não diferiram estatisticamente entre si (Scott-Knott $p < 0,05$). A média geral para este parâmetro foi de 40,79cm. Segundo Milani (2008), as folhas das cultivares estudadas são classificadas como sendo médias. Esta variável se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de intercepção da luz, interfere na

cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias outras características (Severino et al., 2005).

A amplitude de variação para comprimento, largura e espessura das sementes foi de 15,90mm(5-EBDA 37) a 17,54mm (6-EBDA 38), de 12,58mm (5-EBDA 37) a 13,91mm (10-EBDA 26) e de 7,65mm (5-EBDA 37) a 8,65mm (10-EBDA 26), respectivamente. Dessa forma, pode-se notar que as 12 cultivares de mamona apresentaram grande variação no tamanho das sementes, sendo menores as sementes pertencentes à variedade 5-EBDA 37.

Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância para peso de 100 sementes e produtividade total. Os coeficientes de variação para as características foram de 8,06% para peso de 100 sementes e 24,20% para produtividade total, sendo este considerado alto. Em geral, os coeficientes de variação para caracteres relacionados à produção são altos. Para a mamoneira, muitas variáveis podem contribuir para aumentar o coeficiente de variação, como a colheita e a deiscência dos frutos, que podem apresentar uma maior variação entre as repetições dentro de uma mesma cultivar. Na literatura são relatados CV's para produtividade variando de 11,9% até cerca de 40% (MILANI, 2008; SEVERINO et al., 2006).

Para ambas as variáveis apresentadas, houve diferença significativa ($p < 0,01$) e as médias foram comparadas segundo Scott-Knott a 5% de significância para peso de 100 sementes e Tukey a 5% de significância para produtividade total. Neste caso, optou-se pelo teste de Tukey porque o teste de Scott-Knott não foi capaz de detectar diferença entre as médias e houve diferença significativa entre elas segundo teste F (Tabela 9).

Tabela 8 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de peso de 100 sementes (PS) e produtividade total (PT), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrados médio	
		PS	PT
Cultivar	11	103,9014*	310146,6059*
Blocos	3	2,3367	366521,3567
Resíduo	33	21,6957	122364,0941
Média	-	57,77	1445,44
CV(%)	-	8,06	24,20

Tabela 9 Médias de peso de 100 sementes (PS) e produtividade total (PT), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Cultivares	Características avaliada	
	PS (g)	PT (kg/ha)
1	58,20b	1430,60ab
2	62,60c	1237,64ab
3	56,97b	1050,96ab
4	58,14b	1845,06b
5	56,05b	1618,67ab
6	58,01b	1341,64ab
7	48,52a	950,12a
8	54,67a	1741,98ab
9	48,71a	1391,52ab
10	64,21c	1782,23ab
11	63,92c	1447,87ab
12	62,19c	1507,02ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

A amplitude de variação para peso de 100 sementes para as 12 cultivares estudadas foi de 48,52g (7-EBDA 43) a 64,21g (10-EBDA 26). O teste Scott-Knott distinguiu três grupos entre as cultivares. As cultivares 7-EBDA 43, 8-EBDA 31 e 9-EBDA 40 apresentaram as menores médias e, portanto, menor peso das sementes. As cultivares 2-EBDA 41, 10-EBDA 26, 11-EBDA 11, 12-

EBDA 18 agruparam-se no grupo que teve as maiores médias, apresentando, portanto, sementes mais pesadas. Segundo Mazzani (1983), o peso das sementes varia entre as cultivares da mamoneira, sendo uma característica altamente herdada, assim como outros caracteres presentes nas sementes como coloração, tamanho, proporção de tegumento, entre outras.

De acordo com dados apresentados na Tabela 8, houve diferença significativa entre as médias de produção das cultivares estudadas e na Tabela 9, pode-se observar as diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A média geral da produtividade total foi de $1445,44 \text{ kg.ha}^{-1}$ para as 12 cultivares, sendo considerada baixa de acordo com Nóbrega (2001). Entretanto, esta média está acima da média nacional, pois de acordo com a Conab (2012) a produtividade média brasileira é de aproximadamente 641 kg.ha^{-1} . Dentre as cultivares, a 4-EBDA 34 foi superior, apresentando maior rendimento, e a 7-EBDA 43 foi a que apresentou menor produtividade.

Na Tabela 10, encontra-se o resumo da análise de variância para número de racemos e ciclo vegetativo. O coeficiente de variação para as variáveis estudadas é considerado baixo, gerando maior confiabilidade dos dados obtidos.

Houve diferença significativa entre todas as variáveis analisadas ($p < 0,01$). As médias das variáveis para as 12 cultivares de mamoneira foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Tabela 11).

Tabela 10 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação de número de racemos (NR) e ciclo vegetativo (CV), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrados médio	
		NR	CV
Cultivar	11	0,6061*	67,5057*
Blocos	3	1,0000	25,6319
Resíduo	33	0,1818	8,3744
Média	-	3,92	40,56
CV(%)	-	10,89	7,13

Tabela 11 Médias de número de racemos (NR), ciclo vegetativo (CV), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Variedades	Características avaliada	
	NR	CV
1	4,00a	40,00b
2	3,50a	40,50b
3	3,75a	40,75b
4	4,50b	33,50a
5	3,50a	42,50c
6	4,00a	43,75c
7	3,50a	43,50c
8	3,75a	43,75c
9	4,00a	46,75c
10	3,75a	38,75b
11	4,75b	32,75a
12	4,00a	40,50b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e teste de F, a 5%.

A amplitude de variação para o número de racemos para as 12 cultivares foi de 3,50 (2-EBDA 41 e 7-EBDA 43) a 4,75 (11-EBDA 11). Para esta característica, o teste de Scott-knott distinguiu dois grupos dentre as cultivares avaliadas. Verifica-se que as cultivares 4-EBDA-34 e 11-EBDA 11 apresentaram número de racemos superior às demais.

O ciclo vegetativo das plantas de mamona equivale ao número de dias para o florescimento. Este carácter é considerado indicador de precocidade, juntamente com outros caracteres, como altura das plantas, comprimento médio de internódios e altura de inserção do racemo primário, podendo ser correlacionados (MEHTA; VASHI, 1998). Amaral (2003) considera que existe possibilidade de sucesso na seleção de progênies utilizando a característica ciclo das plantas em virtude do alto coeficiente de herdabilidade.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 11, pode-se inferir que as cultivares 4-EBDA 34 e 11-EBDA 11 são consideradas como sendo as mais precoces dentre as cultivares estudadas. A cultivar 4-EBDA 34 apresentou média de produtividade maior que as demais, sendo 1845,06 kg/ha (Tabela 7). Portanto, essa cultivar pode desempenhar importante papel em futuros programas de melhoramento de plantas de mamona, pois genótipos mais produtivos com florescimento e maturação precoces devem ser selecionados para cultivo em regiões semi-áridas caracterizadas por estresse hídrico (PRASSAD; MAMEDE, 1984).

Com os resultados de avaliações feitas em descritores morfoagronômicos de mamoneira é possível constatar uma diversidade entre os genótipos.

Visando ao aumento da produtividade da cultura, pode-se inferir que o conhecimento das relações entre os caracteres é de grande importância, pois pode servir como auxílio para estabelecimentos de critérios de seleção.

Os programas de melhoramento de plantas de mamona visam à obtenção de cultivares precoces, de porte baixo, produtivas, com alto teor de óleo e resistentes a doenças. Dessa forma, dentre as cultivares avaliadas, a 4-EBDA 34 e a 11-EBDA 11 foram as que apresentaram maior potencial para serem utilizadas em futuros programas de melhoramento.

Resistência ao mofo-cinzento

O resumo da análise de variância para a resistência ao mofo cinzento encontra-se na Tabela 12. Houve diferença significativa entre as 12 cultivares de mamoneira para esta variável. O coeficiente de variação (35,75%) para a variável estudada foi classificado como muito alto (GOMES, 2000). Esse valor era esperado, pois a característica resistência ao mofo cinzento é de difícil avaliação e é muito influenciada por variações ambientais.

As médias das cultivares avaliadas foram comparadas segundo Scott-Knott a 5% de significância (Tabela 13).

Tabela 12 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação da porcentagem de ataque do mofo cinzento, avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio
Cultivar	11	845,4015*
Blocos	3	943,6944
Resíduo	33	219,6793
Média	-	41,46
CV(%)	-	35,75

Tabela 13 Médias da porcentagem de ataque do mofo cinzento, avaliadas em 12 variedades de mamona

Cultivares	% ataque mofo cinzento
1	56,75b
2	65,00b
3	25,25a
4	29,75a
5	40,25a
6	35,75a
7	53,25b
8	48,25b
9	22,25a
10	42,75b
11	22,75a
12	55,50b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

A amplitude de variação para esta variável foi de 22,25% (9- EBDA 40) a 65,00% (2-EBDA 41). As cultivares 1- EBDA 35, 2-EBDA 41, 7-EBDA 43, 8-EBDA 31, 10-EBDA 26 e 12-EBDA 18, foram agrupadas no mesmo grupo e obtiveram as maiores médias, sendo consideradas as cultivares mais suscetíveis à doença. As sementes das cápsulas afetadas pela doença apresentam redução no teor de óleo e perdas de 50% na produção, sendo possível a ocorrência de necrose completa do racemo infectado (SUSSEL, 2009).

Altas incidência e severidade da doença foram relatadas no Brasil em regiões onde há precipitação frequente e temperatura em torno de 25°C, durante o período reprodutivo da mamoneira. Sussel (2009), trabalhando em condições controladas, constatou que a doença foi mais severa na maior temperatura elevada, 28°C, e no maior período de molhamento testado, 72 horas.

Na Tabela 14 são apresentadas as médias de dados meteorológicos ocorridos no período de jan/2011 a mar/2012, que equivaleram ao período

reprodutivo das 12 cultivares de mamoneira. Nota-se que as médias de temperatura máxima e umidade relativa foram de 29,0°C e 75,1%, respectivamente. Com estes dados pode-se considerar que a grande incidência de mofo cinzento na área experimental foi em razão de tais fatores no período reprodutivo.

Tabela 14 Médias de dados meteorológicos cedidos pelo Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras referentes ao período de janeiro a março de 2011, no município de Lavras, MG

MÊS	T.MÁX.	T.MIN.	T.MED.	UR
JANEIRO	28.6	19.0	22.9	77.0
FEVEREIRO	31.1	18.9	24.0	68.2
MARÇO	27.4	18.6	21.9	80.1
MÉDIA	29.0	18.8	22.9	75.1

4.2 Teor de óleo das sementes

O teor de óleo das sementes de mamona variou entre as cultivares estudadas ($p < 0,01$), conforme dados apresentados no resumo da análise de variância (Tabela 15). Moreira et al. (2008), constataram alta variabilidade em peso e conteúdo de óleo em genótipos de mamona. O coeficiente de variação para a variável é considerado médio (GOMES, 2000).

As médias do teor de óleo das sementes das 12 cultivares de mamoneira foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Tabela 16).

Tabela 15 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação do teor de óleo, avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio
Cultivar	11	92,9109*
Blocos	3	17,4436
Resíduo	33	35,0106
Média	-	33,25
CV(%)	-	17,80

Tabela 16 Médias de peso do teor de óleo, avaliadas em 12 variedades de mamona

Cultivares	Teor de óleo (%)
1	30,98a
2	31,13a
3	29,13a
4	28,25a
5	25,15a
6	34,75b
7	36,08b
8	38,79b
9	40,25b
10	37,93b
11	36,93b
12	29,65a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e teste de F, a 5%.

A amplitude de variação para teor de óleo das sementes de mamona foi de 25,15 (5-EBDA 37) a 40,25 (9-EBDA 40) para as cultivares estudadas. Para esta característica, o teste de Scott-knott distinguiu dois grupos dentre as cultivares avaliadas. As cultivares 6-EBDA 38, 7-EBDA 43, 8-EBDA 31, 9-EBDA 40, 10-EBDA 26 e 11-EBDA 11 agruparam-se no mesmo grupo, apresentando médias superiores às demais. O teor de óleo das sementes de

mamona pode variar de 35% a 55% (VIEIRA et al., 1997). Dessa forma, a média geral do teor de óleos das sementes das 12 cultivares estudadas foi inferior aos resultados encontrados na literatura. Severino et al. (2006) determinaram para a cultivar BRS Nordestina, em condições de sequeiro, teor de óleo médio de 48%.

Oliveira (2011) concluiu que os caracteres peso e teor de óleo nas sementes de mamona são independentes, corroborando com os resultados obtidos nas análises, pois cultivares que apresentaram maior peso (2- EBDA 41 e 12-EBDA 18), não tiveram maiores médias de teor de óleo.

Esse baixo valor do teor de óleo das sementes das cultivares de mamona estudadas pode ser atribuído à alta incidência de mofo-cinzeno na área, conforme foi visto anteriormente. Essa doença afeta o desenvolvimento das sementes, podendo causar chochamento completo e conseqüente redução no teor de óleo.

4.3 Características fisiológicas das sementes

A média geral para o teor de água foi de 6,7% para as sementes das 12 cultivares de mamoneira. O teor de água das sementes uniforme é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados resistentes (MARCOS FILHO, 1999).

O resumo da análise de variância para as características fisiológicas das sementes das cultivares estudadas encontra-se na Tabela 17. A análise da qualidade fisiológicas das sementes mostrou que houve diferença significativa entre as cultivares ($p < 0,01$). De maneira geral, o coeficiente de variação foi considerado baixo, porém, para o teste de primeira contagem de germinação, o CV foi considerado alto, gerando uma não confiabilidade nos resultados obtidos neste teste.

As médias foram comparadas segundo Scott-Knott a 5% de significância e os resultados encontram-se na Tabela 18.

Tabela 17 Resumo da análise de variância, média e coeficientes de variação dos testes de primeira contagem de germinação (PG), germinação (GE), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), tetrazólio (TZ) e avaliação radiográfica (RX), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Fontes de Variação	GL	Quadrados médio					
		PG	GE	EM	IVE	TZ	RX
Cultivares	11	1088,64*	994,53*	169,42*	0,3004*	281,88*	470,43*
Blocos	3	276,98	51,96	36,42	0,2328	46,83	100,60
Resíduo	33	150,25	71,83	33,81	0,0703	42,56	50,15
Média	-	38	68	83,3	2,11	69,6	69,3
CV(%)	-	32,35	12,45	6,98	12,54	9,38	10,21

Tabela 18 Valores médios (%) dos testes de primeira contagem de germinação (PG), germinação (GE), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), sementes viáveis no teste de tetrazólio (TR) e sementes cheias na avaliação radiográfica (RX), avaliadas em 12 cultivares de mamona

Cultivares	Características avaliada					
	PG(%)	GE(%)	EM(%)	IVE	TR(%)	RX(%)
1	33b	68c	83,3b	2,19b	65,5b	77,8b
2	41b	82d	74,8a	2,04a	78,5c	73,0b
3	27b	46a	82,3b	1,90a	50,2a	58,4a
4	68c	88d	96,3c	2,56b	72,0c	80,4b
5	52c	84d	72,0a	2,01a	70,2c	83,9b
6	40b	57b	90,8c	2,48b	65,8b	62,8a
7	4a	37a	82,0b	1,58a	70,0c	52,0a
8	29b	76c	79,3b	2,04a	73,5c	59,6a
9	37b	69c	84,0b	2,17b	62,0b	60,4a
10	28b	57b	82,5b	1,85a	67,8b	65,5a
11	58c	77c	87,3c	2,30b	80,5c	82,9b
12	40b	76c	85,8c	2,26b	79,0c	75,6b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

As sementes de todas as cultivares estudadas foram inicialmente tratadas com fungicida Vitavax-Thiram (250mL/100kg) para os testes de germinação e emergência em campo. O tratamento de sementes é importante, pois existem fungos associados às sementes de mamona. É comum a invasão dos patógenos após a colheita das sementes, principalmente quando há atrasos, podendo resultar na redução de germinação das sementes e de emergência de plântulas no campo (GOULART, 2005; MARCOS FILHO, 2005).

A amplitude de variação da primeira contagem de germinação foi de 4,0% (7-EBDA 43) a 68% (4-EBDA 34) para as 12 cultivares de mamona estudadas. Segundo Nakagawa (1999), este teste avalia a velocidade de germinação, pois quanto maior a porcentagem de germinação, mais rapidamente

as sementes germinam, sendo, portanto, mais vigorosas. Dessa forma, podemos inferir que a germinação em primeira contagem da cultivar 7-EBDA 43 foi menor que as demais. Por outro lado, a cultivar 4-EBDA 34 pode ser classificada como superior por apresentar maior média, embora não tenha diferido estatisticamente das cultivares 5-EBDA 37 e 11-EBDA 11.

As 12 cultivares de mamona apresentaram uma média geral de 68% de germinação. Este índice é muito baixo, pois o padrão mínimo necessário para a comercialização de sementes de mamona certificada é de 85% (BRASIL, 2009). A amplitude para este parâmetro foi de 37,0% (7-EBDA 43) a 87,9% (4-EBDA 34). O padrão mínimo foi alcançado pela cultivar 4-EBDA 34, que mesmo não diferindo estatisticamente das cultivares 2-EBDA 41 e 5-EBDA 37, apresentou índice de plântulas normais maior que 85%. As cultivares 3-EBDA 45, 6-EBDA 38, 7-EBDA 43 e 10-EBDA 26 foram agrupadas em um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), podendo ser classificadas como inferiores às demais, em virtude dos baixos índices de germinação, resultando em baixa qualidade fisiológica.

As amplitudes para o teste de emergência e índice de velocidade de emergência foram de 72,0% (5-EBDA 37) a 96,3% (4-EBDA 34) e, de 1,58 (7-EBDA 43) a 2,56 (4-EBDA 34), respectivamente, para as 12 cultivares de mamona. Pelos dados apresentados, é possível constatar que a cultivar 4-EBDA 34 também foi superior para os testes de emergência e índice de velocidade de emergência, comprovando que, esta cultivar possui alta qualidade fisiológica.

Comparando os resultados obtidos pelos testes de germinação e emergência, observa-se que houve maior índice de sementes germinadas em substrato areia. Este fato pode ser atribuído à incidência de patógenos, que podem ter causado redução da germinação nos testes conduzidos em laboratório, utilizando o papel como substrato.

A amplitude para o teste de tetrazólio foi de 50,2% (3-EBDA 45) a 80,5% (11-EBDA 11) de sementes viáveis para as 12 cultivares de mamona. Dentre os testes de vigor, o teste de tetrazólio se destaca, pois permite obtenção rápida de resultados de viabilidade e vigor. De acordo com os dados, a cultivar 3-EBDA 45 apresentou média de sementes viáveis inferior às demais cultivares, sendo considerada de baixa qualidade fisiológica. Verifica-se que a cultivar 7-EBDA 43, neste teste, obteve média alta de sementes viáveis, sendo pertencente ao grupo de variedades com maior potencial fisiológico, segundo Scott-Knott ($p < 0,05$). Este resultado é contraditório aos resultados obtidos pela mesma cultivar nos outros testes, apresentando-se sempre com qualidade fisiológica inferior às demais cultivares estudadas. Este fato pode ser explicado pela alta incidência de plântulas anormais infeccionadas e sementes mortas, indicando a presença de microrganismos. Segundo Krzyzanowski et al. (1999), apesar das sementes apresentarem potencial de germinação ou viabilidade, o desenvolvimento das plântulas é impedida pela ação de microrganismos, sendo uma limitação do teste.

A amplitude para a avaliação radiográfica de sementes cheias das 12 cultivares de mamona foi de 52,0% (7-EBDA 43) a 83,9% (5-EBDA 37). O teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) dividiu as cultivares em dois grupos distintos, sendo as cultivares 1-EBDA 35, 2-EBDA 41, 4-EBDA 34, 5-EBDA 37, 11-EBDA 11 e 12-EBDA 18 agrupadas em um mesmo grupo e as cultivares 3-EBDA 45, 6-EBDA 38, 7-EBDA 43, 8-EBDA 31, 9-EBDA 40 e 10-EBDA 26 agrupadas em outro grupo, com menos porcentagem de sementes cheias. Carvalho et al. (2010), estudando a viabilidade do teste de raios-x para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de mamona, concluiu que é possível identificar danos morfológicos e físicos em sementes de mamona pela análise radiográfica. Estes autores afirmam que, sementes cheias e opacas apresentam vigor superior daquelas que apresentam danos internos. Sendo assim, pode-se

inferir que, a cultivar 7-EBDA 43 possui qualidade fisiológica inferior, pois além de apresentar menores porcentagens de germinação e emergência, possui, também, menores porcentagens de sementes cheias e opacas. Observando os resultados obtidos, nota-se que algumas cultivares apresentaram porcentagem de germinação inferior à porcentagem de sementes cheias obtidas na avaliação radiográfica. Isso pode ocorrer em função da alta incidência de patógenos nas sementes, resultando em ocorrência de sementes mortas e plântulas anormais, corroborando com resultados obtidos por Pinto et al. (2009), que, estudando a viabilidade de sementes de pinhão manso verificaram alta ocorrência de sementes mortas e plântulas anormais, provenientes de sementes sem danos internos observadas em análise de imagens radiográficas.

De maneira geral, pode-se observar que as 12 cultivares de mamoneira apresentaram diferenças quanto à qualidade fisiológica das sementes. As cultivares 4-EBDA 34 e 11-EBDA 11 destacam-se por apresentarem maiores médias em praticamente todos os testes realizados neste trabalho. Pode-se inferir, portanto, que são cultivares com alto potencial fisiológico, comparando com as demais cultivares estudadas. Por outro lado, as cultivares 3-EBDA 45 e 7-EBDA 43 podem ser consideradas de baixa qualidade fisiológica, pois as médias obtidas para a maioria dos testes foram inferiores.

4.4 Características moleculares

Dos 16 primers de microssatélites selecionados para o estudo da diversidade genética das 12 cultivares de mamoneira, foi observada amplificação de fragmentos polimórficos em nove, sendo eles: RCo2, RCo3, RCo6, RCo9, RCo12, RCo13, RCo23, RCo26 e RCo29. Dentre eles o primer que apresentou maior polimorfismo foi o RCo13. Em estudo similar com a mamoneira, Dias (2010) estudou a caracterização genética de três cultivares (BRS 149 –

Nordestina, BRS Energia e Guarani), utilizando os primers RCo02, RCo08, RCo13, RCo26 e RCo30 (BAJAY, 2009), sendo os mesmos utilizados no presente estudo, e concluiu que estes iniciadores específicos não permitiram a distinção genética entre as cultivares analisadas. Apesar da não identificação de diferenças entre as cultivares, a autora relata que os microssatélites são ferramentas que podem ser utilizadas para a espécie em virtude da boa amplificação e reprodutibilidade.

Na Figura 17, encontra-se o zimograma de quatro primers observados nas cultivares estudadas. É possível observar o alto índice de polimorfismo apresentado pelos locos microssatélites RCo13.

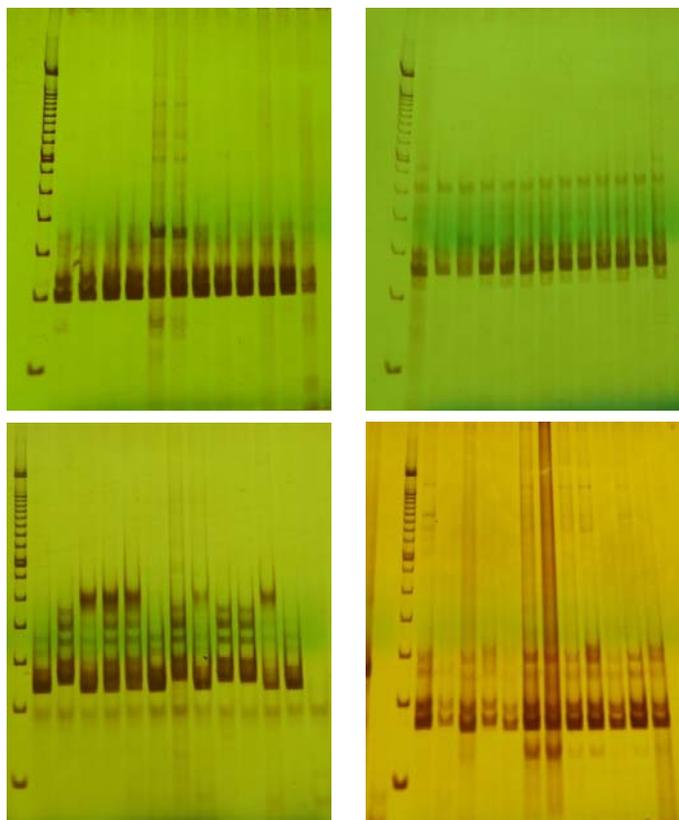


Figura 17 Perfil de gel de acrilamida 12% mostrando a amplificação de locos microssatélites (RCo2, RCo6, RCo9 e RCo13)

Pelo dendrograma obtido a partir dos coeficientes de similaridade de Jaccard (Figura 53) pode-se observar similaridade de apenas 49% entre a cultivar 5-EBDA 37 e as demais cultivares avaliadas no estudo. O maior valor de similaridade (90%) foi observado entre as cultivares 7-EBDA 43 e 9-EBDA 40. Estas também apresentaram alta similaridade, aproximadamente 89%, com a cultivar 10-EBDA 26. Da mesma forma, as cultivares 3-EBDA 45 e 11-EBDA 11 apresentaram similaridade de 89% entre elas. Embora não existam relatos

corroborando com resultados obtidos por Malone et al. (2007) que, estudando a variabilidade genética em acessos de arroz vermelho, provou a eficiência da técnica para este fim.

A incorporação de marcadores microssatélites às atividades de programas de melhoramento da mamoneira é uma estratégia precisa e eficiente, pois o melhorista poderá ter acesso às informações sobre a variabilidade genética, advindas diretamente do DNA. Este marcador molecular apresenta grande vantagem em relação aos marcadores morfológicos, por ser uma técnica rápida, precisa e independente do ambiente.

5 CONCLUSÕES

Os marcadores morfológicos utilizados no estudo são eficientes na distinção das cultivares estudadas (Tabela 19).

As cultivares EBDA 11 e a EBDA 34 apresentam características morfológicas e agronômicas de interesse para futuros programas de melhoramento.

A cultivar EBDA 34 é superior quanto à qualidade fisiológica, destacando-se nos testes de germinação e vigor.

Os locos RCo2, RCo3, RCo6, RCo9, RCo12, RCo13, RCo23, RCo26 e RCo29 possibilitam a distinção das cultivares, sendo o loco RCo13 o de maior poder discriminativo entre as cultivares de mamona estudadas.

As cultivares EBDA 40 e EBDA 43 possuem alto índice de similaridade. A cultivar EBDA 37 possui baixo índice de similaridade em relação às demais.

Tabela 19 Resumo das características morfológicas e agrônômicas de 12 cultivares de mamoneira

Características	EBDA 35	EBDA 41	EBDA 45	EBDA 34	EBDA 37	EBDA 38	EBDA 43	EBDA 31	EBDA 40	EBDA 26	EBDA 11	EBDA 18
Caule jovem: pigmentação antocianínica	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Presente
Arquitetura da planta	Semi-ereta	Semi-ereta	Semi-ereta	Aberta	Semi-ereta	Semi-ereta	Ereta	Semi-ereta	Ereta	Semi-ereta	Aberta	Semi-ereta
Caule: cerosidade	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Caule: coloração	Verde escuro	Verde escuro	Verde	Verde	Roxo	Verde	Verde claro	Marrom avermelhado	Verde claro	Verde claro	Roxo	Marrom avermelhado
Cor das folhas jovens	Bronze	Verde	Vermelha	Verde	Vermelha	Bronze	Vermelha	Bronze	Bronze	Bronze	Vermelha	Vermelha
Folha: pigmentação das nervuras	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada	Avermelhada	Esverdeada	Esverdeada	Avermelhada	Esverdeada	Esverdeada	Avermelhada	Avermelhada
Folha: coloração da face superior do limbo	Verde escuro	Verde	Verde escuro	Verde	Verde escuro	Verde claro	Verde escuro	Verde claro	Verde claro	Verde	Verde escuro	Verde claro
Serrilhamento da folha	Médio	Médio	Esparso	Esparso	Esparso	Médio	Médio	Esparso	Esparso	Médio	Médio	Médio

“Tabela 19, continuação”

Características	EBDA 35	EBDA 41	EBDA 45	EBDA 34	EBDA 37	EBDA 38	EBDA 43	EBDA 31	EBDA 40	EBDA 26	EBDA 11	EBDA 18
Inflorescência:												
flores masculinas	Presente											
Inflorescência:												
flores masculinas	Predominante na parte inferior											
Inflorescência:												
coloração do estigma	Avermelhado	Alaranjado	Amarelado	Alaranjado	Avermelhado	Alaranjado	Alaranjado	Avermelhado	Alaranjado	Amarelado	Avermelhado	Avermelhado
Fruto:												
densidade do racemo	Intermediário	Esparso	Intermediário	Intermediário	Compacto	Intermediário	Esparso	Intermediário	Intermediário	Esparso	Intermediário	Esparso
Fruto: forma do racemo	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Globosa	Fruto: forma do racemo	Cilíndrica	Globosa	Cônica	Cilíndrica	Globosa	Globosa	Globosa

“Tabela 19, continuação”

Características	EBDA 35	EBDA 41	EBDA 45	EBDA 34	EBDA 37	EBDA 38	EBDA 43	EBDA 31	EBDA 40	EBDA 26	EBDA 11	EBDA 18
Fruto: cerosidade	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Fruto: cerosidade	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Fruto: coloração	Verde escuro	Verde escuro	Verde escuro	Verde claro	Fruto: coloração	Verde escuro	Verde claro	Verde	Verde	Verde claro	Verde	Verde claro
Fruto: presença de acúleos	Presente	Presente	Presente	Presente	Fruto: presença de acúleos	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Fruto: cor do acúleo	Vermelho	Rosa	Verde escuro	Verde claro	Fruto: cor do acúleo	Roxo	Verde claro	Verde	Verde	Verde claro	Vermelho	Roxo
Fruto: cerosidade do acúleo	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Semente: coloração principal	Preta	Amarelada	Vermelho escuro	Preta	Preta	Marrom	Preta	Amarelada	Marrom escuro	Marrom avermelhada	Preta	Preta
Semente: cor secundária	-	Preta	Marrom claro	Branca	-	-	Branca	Preta	-	-	-	-

“Tabela 19, continuação”

Características	EBDA 35	EBDA 41	EBDA 45	EBDA 34	EBDA 37	EBDA 38	EBDA 43	EBDA 31	EBDA 40	EBDA 26	EBDA 11	EBDA 18
Semente: tipo de coloração secundária	Cor única	Pintada	Rajada	Pontuada	Cor única	Cor única	Rajada	Pintada	Cor única	Cor única	Cor única	Cor única
Semente: protuberância da carúncula	Não protuberante											
Altura das plantas (m)	3,10	2,75	3,19	3,00	3,45	2,80	3,22	3,29	3,38	3,44	2,96	3,28
Inserção do racemo primário (m)	1,09	0,93	1,29	0,87	1,57	1,24	1,29	1,41	2,19	1,32	0,86	1,21
Diâmetro do caule (cm)	4,26	4,57	4,29	4,40	4,23	3,96	4,62	4,74	4,17	4,69	4,15	4,13
Comprimento médio do internódio (cm)	5,75	5,25	7,50	5,75	7,75	6,75	7,25	7,50	9,00	7,25	5,75	7,00
Comprimento da folha (cm)	41,53	41,20	41,46	39,56	39,95	39,88	40,84	41,97	40,62	41,49	39,10	41,85
Comprimento da semente (mm)	16,67	16,22	17,24	17,53	15,90	17,54	16,94	17,02	16,80	17,98	17,15	17,34

“Tabela 19, conclusão”

Características	EBDA 35	EBDA 41	EBDA 45	EBDA 34	EBDA 37	EBDA 38	EBDA 43	EBDA 31	EBDA 40	EBDA 26	EBDA 11	EBDA 18
Largura da semente	13,11	12,69	13,40	13,36	12,58	13,78	14,23	13,43	13,16	13,91	13,61	13,47
Espessura da semente (mm)	7,90	7,82	8,35	7,66	7,65	8,22	8,39	8,13	7,76	8,65	7,85	7,90
Peso de 100 sementes (g)	58,20	62,60	56,97	58,14	56,05	58,01	48,52	54,67	48,71	64,21	63,92	62,19
Produtividade total (kg)	1430,6	1237,6	1050,9	1845,1	1618,7	1341,6	950,1	1741,9	1391,5	1782,2	1447,9	1507,0
Número de racemos	4	3,5	3,75	4,5	3,5	4	3,5	3,75	4	3,75	4,75	4
Ciclo vegetativo (dias)	40	40,5	40,75	33,50	42,5	43,75	43,5	43,75	46,75	38,75	32,75	40,50
Teor de óleo	30,98	31,13	29,13	28,25	25,15	34,75	36,08	38,79	40,25	37,93	36,93	29,65

REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. G. C. do. **Variabilidade genética para características agronômicas entre progênies autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) cv Al Guarany 2002**. 2003. 59 p. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2003.
- ANJANI, K. Purple-coloured castor (*Ricinus communis* L.). A rare multiple resistant morphotype. **Current Science**, Columbus, v. 88, n. 2, p. 215-216, 2005.
- ARRUDA, G. de. Repellence of natural and synthetic substances to the consuming wild mammals of *Araucaria angustifolia* (Bertol.). Kuntze seeds at field sowing. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1-2, p. 75-84, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88p.
- AZEVEDO, D. M. P. de et al. Efeito de população de plantas no rendimento do consórcio de mamona com culturas alimentares. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 193-202, set./dez. 1998.
- AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. amp. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 506 p.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350 p.
- BAJAY, M. M. **Desenvolvimento de marcadores microssatélites e caracterização do germoplasma de mamona (*Ricinus communis* L.)** 96 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.
- BALIZA, D. P. et al. Extração do óleo fixo da torta oriunda da extração industrial de sementes de mamona (*Ricinus Communis*) cultivar guarani. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 2004, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. CD ROM.

BANZATTO, N. V.; ROCHA, J. L. V. Florescimento e maturação das cultivares de mamoneira “IAC 38” e “Campinas”. **Bragantia**, Campinas, v. 24, p. 29-31, 1965. (Nota 4).

BELTRÃO, N. E. de M. et al. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.

BELTRÃO, N. E. de M. et al. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149 Nordeste na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 659-664, jan./abr. 2003.

BELTRÃO, N. E. de M. et al. **Ordenamento ambiental e época de plantio da mamoneira (*Ricinus communis* L.) para a Região Norte de Minas Gerais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 207).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre o sistema de produção utilizados na ricinocultura na região Nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 6 p. (Comunicado Técnico, 213).

BERTOZZO F. **Avaliação da seleção para o aumento da porcentagem de flores pistiladas em mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2009. 43 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: CLAV/DNDV; SNAD/MA, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 jan. 2005. Disponível em: <<https://legislacao.planalto.gov.br/legislacao/nsf>>. Acesso em: 10 maio 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**. Edição nº42. Junho/2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

BRETTING, P. K.; WIDRLECHENER, M. P. Genetic markers and horticultural germplasm management. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 7, p. 1349-1355, 1995.

BUZZETTI, A. R. Falta estímulo à produção de mamona. **Óleos & Grãos**, São Caetano do Sul, v. 8, n. 47, p. 39-45, 1999.

CARVALHO, B. C. L. **Manual de cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65 p.

CARVALHO, M. L. M.; ALVES, R. A.; OLIVEIRA, L. M. Radiographic analysis in castor bean seeds (*Ricinus communis*L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 170-175, 2010.

CÉSAR, A. S.; BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: a difficult reality. **Energy Policy**, v. 38, p. 4031-4039, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.027>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CLAASSEN, C. E.; HOFFMAN, A. The inheritance of the pistillate character in castor and its possible utilization in production of commercial hybrid seed. **Agronomy Journal**, Madison, n. 42, p. 79-82, 1950.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de safras**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>>. Acesso em: 8 jul. 2012.

CRISÓSTOMO, J. R.; SAMPAIO, H. S. V.; RODRIGUES, E. M. **Produtividade das principais variedades de mamoneira (*Ricinus communis* L.) de porte alto cultivadas na Bahia**. Salvador: EMBRAPA, Representação do Estado da Bahia, 1975. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 11).

CRISÓSTOMO, J.R.; SILVA, J.M. da. **Comportamento das variedades SIPEAL de mamoneira nos municípios de Iraquare e Itaeté, Bahia**. Salvador: EMBRAPA, Representação no Estado da Bahia, 1975. 10 p. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 13).

DAÍ, Z. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 99, n. 4, p. 1426-1434, 1992. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/content/99/4/1426.short>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

DIAS, A. C. C. **Propagação in vitro e caracterização molecular de cultivares de *Ricinus communis* L.** 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, p. 13-15, 1990.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética.** 3. ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220 p.

FIGUEIREDO NETO A. et al. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.

FREIRE, E. C. et al. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Algodão; Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 169-194.

FREITAS, S. M. de; FREDO, C. D. Biodiesel à base de óleo da mamona: algumas considerações. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 37-42, 2005.

FUFA, H. et al. Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars. **Euphytica**, Wageningen, v. 145, p. 133-146, 2005.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

GONÇALVES, N. P. et al. Cultivares de mamona. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 31-33, 1981.

GOULART, A. C. P. Doenças iniciais do algodoeiro: identificação e controle. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes: qualidade fitossanitária.** Viçosa, MG: UFV/DFP, 2005. 502 p.

GRANER, E. A.; GODOY, J. C. **Culturas da fazenda brasileira.** São Paulo: Melhoramentos, 1967. 461 p.

GURGEL, J. T. do A. **Estudos sobre a mamoneira** (*Ricinus communis* L.). 1945. 70 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1945.

HEMERLY, F. X. **Mamona**: comportamento e tendências no Brasil. Brasília: Embrapa – Departamento de Informação e Documentação, 1981. 63 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, 1995. 117 p.

KRUG, C. A.; MENDES, P. T.; SOUZA, G. F. de. Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.) III. Primeira série de ensaios de variedades (1937/38 – 1938/39). **Bragantia**, Campinas, v. 3, n. 5, p. 85-122, 1943.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 2, p. 1-24.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MALONE, G. et al. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 61-67, 2007.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 3, p.1-24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas: târtago. In: _____. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p. 277-360.

MEHTA, D. R.; VASHI, P. S. Correlation and path analysis of seed yield and its components in castor. **Indian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 32, n. 3, p. 160-164, Mar. 1998.

MILANI, M. **Descritores de mamona utilizados pela Embrapa Algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 39 p. (Embrapa Algodão, Documentos, 192).

MOREIRA, L. L. et al. Variabilidade de acessos de mamona para peso e teor de óleo das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA – ENERGIA E RICINOQUIMICA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Seagri/Embrapa, 2008. p. 56.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. 315 p.

MOSHKIN, V. A.; PERESTOVA, T. A. Morfology and anatomy. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor**. New Delphi: Amerinda, 1986. p. 28-33.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.

NÓBREGA, M. B. de M. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Algodão, 2001. p.257-281.

NÓBREGA, M. B. de M. **Avaliação de genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.) em cruzamentos dialélicos parciais**. 2008. 77 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

NUNES, G. H. S. et al. Correlações entre características de meloeiro. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 107-112, jan./mar. 2008.

OLIVEIRA, E. M. Avaliação do teor de óleo e peso em sementes de mamona utilizando diversos acessos. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 205-211, jan./mar. 2011.

OLIVEIRA, L. M. et al. Teste de tetrazólio em sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

OLSNES, S. The history of ricin, abrin and related toxins. **Toxicon**, Elmsford, v. 44, p. 361-370, 2004.

OPLINGER, E. S. et al. *Ricinus communis* L. **Field crops manual**, Purdue, 1997. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afem/castor.html>>. Acesso em: 20 maio 2012.

PADILHA, L. et al. Microsatélites fluorescentes na diferenciação de linhagens de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS/EMBRAPA Milho e Sorgo, 2002. p. 1-5

PAQUOT, C. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. 6. ed. Oxford: Pergamon, 1979. 170 p.

PINHEIRO, H. A. Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L) seedlings subjected to salt stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 27, n. 3, p. 385-392, 2008.

PINTO, T. L. F. et al. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 195-201, 2009.

PIRES, M. de M. et al. Biodiesel de mamona: uma avaliação econômica. In: CONGRESSO NACIONAL DA MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerinda, 1986. p. 11-27.

POWELL, W. et al. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 2, n. 3, p. 225-238, 1996.

PRASAD, M. V. R.; MAMEDE, F. B. F. Evaluation of some varieties and hybrids of castor (*Ricinus communis* L.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 15, n. 1/ 2, p. 71-74, dez. 1984.

PRIOLLI, R. H. G. et al. Characterization of Brazilian soybean cultivars using microsatellite markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, p. 185-193, 2002.

QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E. P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. In: CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (Ed.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ-LPV, 2006. p. 81-104.

RAMOS-LOPEZ, M. A. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 9, p. 1359-1365, 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

REDDY, K. R. K.; RAO, G. P.; BAHADUR, B. In vitro morphogenesis from seedling explants and callus cultures of castor (*Ricinus communis* L.). **Phytomorphology**, New Delhi, v. 37, n. 4, p. 337-340, 1987.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da mamoneira**. Viçosa, MG: UFV, 1966. 75 p.

ROHLF, J. F. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system: version 1.70**. New York: Applied Biostatistics, 1992. Software.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A. et al. Mamona: In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. 39 p. (Cati. Documento Técnico, 107).

SAVY FILHO, A. et al. IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.3, p. 449-452, 2007.

SCHULTZ, A. R. **Botânica sistemática**. Rio de Janeiro: Globo, 1963. v. 2, 427p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Aumenta o interesse pela produção de mamona em Minas.** Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/noticias/2150-aumenta-o-interesse-pela-producao-de-mamona-em-minas>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

SEVERINO, L. S. et al. **Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para pesos de sementes de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

SEVERINO, L. S. et al. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.

SILVA, M. A. et al. Crescimento e produção de mamoneira BRS Energia em função das diferentes formas de adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA/SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4., 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB/Embrapa, 2010.

SUSSEL, A. A. B. **Epidemiologia e manejo do mofo-cinzento da mamoneira.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 27 p. (Embrapa Cerrado/ Documentos, 241).

TAVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona.** Fortaleza: EPACE, 1982. 111 p.

TAVORA, F. J. A. F. et al. Comportamento de cultivares de mamona, *Ricinus communis* L. em cinco municípios do Estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 4, n. 1-2, p. 73-78, 1974.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Fitossistemática: famílias de angiospermas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 59 p.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F. Importância socioeconômica e melhoramento genético da mamoneira no Brasil. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro.** 1999. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil. In: REUNIÃO TEMÁTICA DE MATÉRIAS-PRIMA OLEAGINOSAS NO BRASIL: diagnóstico, perspectivas e prioridades de pesquisa, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-

CNPA/MAA/ABIOVE, 1997. p. 139-150. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 63).

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Logman, 1983. 660 p.

ZIMMERMAN, L. H. Castor beans: a new crop for mechanized production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 10, p. 257-288, 1957.

ZUCHI, J. et al. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do local de cultivo e da época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 501-506, mar. 2010.