

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATEUS CASSOL TAGLIANI

**PROPAGAÇÃO DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) POR SEMENTES E
MINIESTACAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas

**Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler
Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira
Dr. Ivar Wendling**

CURITIBA

2011

DEDICO

Aos meus pais Dulce e Carlos, que sempre apoiaram meus sonhos;

A minha esposa Fernanda pelo amor, carinho, compreensão e apoio incondicional;

Ao meu filho Antônio por me trazer serenidade e iluminar meu caminho.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora e amiga Profa. Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas, pela confiança depositada em mim, amizade, paciência e atenção constante, durante esses anos de parceria;

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Henrique Soares Koehler por ser meu “tutor” no início da jornada, Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira pelos conhecimentos passados no laboratório de sementes e ao Dr. Ivar Wendling, pela parceria e auxílio durante a realização deste trabalho;

À Profa. Dra. Cleusa Bona, pela utilização do Laboratório de Botânica Estrutural e pela gentileza na revisão da análise anatômica do material; ao funcionário do Depto. de Botânica, Nilson, pela disponibilidade em sempre ajudar.

À colega do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo Lucimara Antunes, sempre pronta para resolver as pendências acadêmicas com eficiência e simpatia;

Aos amigos da Embrapa Florestas Vero, Joel e Alemão pela ajuda nas instalações dos experimentos;

A todos os Zuffelletes que, durante esses dois anos, ajudaram de alguma forma a enriquecer minha dissertação;

À Fundação Araucária pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa;

Aos meus pais, Dulce e Carlos, por me dar o amparo necessário para a realização dos meus sonhos e por toda a dedicação, amor e zelo;

Aos sogros Gilberto e Carminha pela torcida e apoio;

A minha amada Fernanda, que sempre esteve ao meu lado me incentivando, apoiando e aturando nas horas difíceis e compartilhando as alegrias dos momentos bons que esses dois anos nos trouxeram, principalmente na chegada no nosso filho Antônio.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE FIGURAS	8
RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Caracterização e importância da espécie	14
2.2 Tecnologia de sementes	15
2.3 Germinação	16
2.4 Dormência.....	19
2.4.1 Métodos para superação de dormência.....	20
2.5 Propagação vegetativa por miniestaquia	21
2.5.1 Fatores internos relacionados ao enraizamento de estacas.....	23
2.5.2 Fatores externos relacionados ao enraizamento de estacas.....	24
2.5.3 Reguladores vegetais	25
REFERÊNCIAS.....	28
3 CAPÍTULO 1: TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.) SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E TEMPERATURAS	35
3.1 INTRODUÇÃO.....	37
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.2.1 Condutividade elétrica	40
3.2.2 Germinação	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.3.1 Condutividade elétrica	43
3.3.2 Germinação	45
3.4 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52
4 CAPÍTULO 2: MÉTODOS PARA A SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.)	56
4.1 INTRODUÇÃO.....	58
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.4 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65
5 CAPÍTULO 3: MINIESTAQUIA DE PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.) EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA.....	67
5.1 INTRODUÇÃO.....	69
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.2.1 Miniestaquia.....	72
5.2.2 Análises anatômicas.....	74
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.3.1 Miniestaquia.....	78
5.3.1.1 Porcentagem de enraizamento e de miniestacas com calos.....	78
5.3.1.2 Número e comprimento médio das raízes formadas	82
5.3.1.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade de miniestacas	85
5.3.1.4 Produtividade de brotações	87

5.3.2	Análises anatômicas.....	88
5.4	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS.....	92
6	CONCLUSÕES FINAIS.....	96

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA O PERCENTUAL DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO, COMPRIMENTO DA RADÍCULA (cm), IVG E MORATLIDADE, SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E A DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA	45
TABELA 2 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E A DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA... 46	46
TABELA 3 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO COMPRIMENTO DA RAIZ PRIMÁRIA (cm) EM PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO ORIUNDAS DE SEMENTES SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E NOS SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA.....	47
TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE GERMINAÇÃO (IVG), MORTALIDADE E COMPRIMENTO DA RADÍCULA (cm) DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO OBTIDOS PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010.....	61
TABELA 5 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG), MORTALIDADE E COMPRIMENTO DA RADÍCULA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS PARA A QUEBRA DA DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010	62
TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DAS PORCENTAGENS DE ENRAIZAMENTO E DE CALOS EM MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010).....	78
TABELA 7 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO ENRAIZADAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	79

TABELA 8 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO COM CALOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	81
TABELA 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DO COMPRIMENTO MÉDIO DAS TRÊS MAIORES RAÍZES POR MINIESTACA (cm) E DO NÚMERO DE RAÍZES FORMADAS EM MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	83
TABELA 10 - MÉDIA DO NÚMERO DE RAÍZES POR MINIESTACA DE PINHÃO MANSO OBTIDOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010.....	83
TABELA 11 - MÉDIAS DO COMPRIMENTO MÉDIO DAS TRÊS MAIORES RAÍZES FORMADAS POR MINIESTACA (cm) DE PINHÃO MANSO OBTIDOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010.....	84
TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DO PERCENTUAL DE SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	85
TABELA 13 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO VIVAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	86
TABELA 14 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO MORTAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010	86
TABELA 15 - PRODUTIVIDADE DE BROTAÇÕES DE PINHÃO MANSO POR MINICEPA, EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009 E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010.....	87

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE DOIS LOTES (A e B) DE PINHÃO MANSO SUBMETIDOS AO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA MINÚSCULA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE TUKEY A 5% DE PROBABILIDADE ($P < 0,05$). 43
- FIGURA 2 - COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA EM PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO ORIUNDAS DE SEMENTES SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C, E EM DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL (RP), VERMICULITA (VRM) E ENTRE AREIA (EA) 48
- FIGURA 3 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C, E DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL (RP), VERMICULITA (VRM) E ENTRE AREIA (EA)..... 49
- FIGURA 4 - INCIDÊNCIA DE FUNGOS EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TRÊS TEMPERATURAS DE CONSTANTES DE INCUBAÇÃO, 20°C, 25°C e 30°C, UTILIZANDO-SE VERMICULITA COMO SUBSTRATO..... 50
- FIGURA 5 - NÚMERO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO GERMINADAS NO DECORRER DO TEMPO, SOB TRÊS TEMPERATURAS DE CONSTANTES, 20°C, 25°C e 30°C..... 50
- FIGURA 6 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TRATAMENTOS PRÉ GERMINATIVOS (T1: TESTEMUNHA, T2: ESCARIFICAÇÃO COM LIXA, T3: IMERSÃO EM ÁGUA 25°C (24H), T4: IMERSÃO EM ÁGUA A 75°C (24H) E T5: IMERSÃO EM ÁGUA A 96°C (24H)) PARA SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010..... 63
- FIGURA 7 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Jatropha curcas* L. 73
- FIGURA 8 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA A DESCRIÇÃO ANATÔMICA DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, SENDO A: COLETA E ARMAZENAMENTO DAS ESTACAS; B: PREPARO PARA INFILTRAÇÃO; C: INFILTRAÇÃO; D e E: CONFECÇÃO DOS BLOCOS; F: PREPARAÇÃO DOS CORTES; G: CORTES; H e I: COLORAÇÃO; J: CONFECÇÃO DAS LÂMINAS; K: LÂMINAS 77

- FIGURA 9 - EFEITO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE IBA (0, 250, 500 E 1000 mgL⁻¹) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO (A) , SETEMBRO (B) E NOVEMBRO (C) DE 2009, E ABRIL (D) DE 2010).....80
- FIGURA 10 - MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, VIVAS, SEM RAÍZES, MAS COM FORMAÇÃO DE MASSA CELULAR INDIFERENCIADA NA BASE (CALOS), COLETADAS EM MARÇO (a), SETEMBRO (b) E NOVEMBRO (c) DE 2009, E ABRIL DE 2010 (d)82
- FIGURA 11 - MORTALIDADE DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO EM MARÇO (a), SETEMBRO (b) E NOVEMBRO (c) DE 2009 E ABRIL (d) DE 2010, 60 DIAS APÓS O PLANTIO.....87
- FIGURA 12 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010. VISTA GERAL EVIDENCIANDO A EPIDERME UNISSERIADA (e), A REGIÃO CORTICAL COM CAMADAS DE CÉLULAS COLENQUIMÁTICAS ANGULARES (cca), CÉLULAS PARENQUIMÁTICAS CLOROFILADAS (cpc) E AMPLA CAMADA DE CÉLULAS PARENQUIMÁTICAS HETEROGÊNEAS (cph).....89
- FIGURA 13 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010, DEMONSTRANDO FLOEMA (FI), CÂMBIO (C), XILEMA PRIMÁRIO (XLp), SECUNDÁRIO (XLs) E MEDULA PARENQUIMÁTICA (Mp).....89
- FIGURA 14 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010. PRESENÇA DE LATICÍFEROS (a) E CÉLULAS SECRETORAS COM CONTEÚDO FENÓLICO (b) DETECTADO PELO TESTE MICROQUÍMICO COM CLORETO FÉRRICO90

RESUMO

Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae) popularmente conhecida como pinhão manso é uma planta arbustiva, perene, e de crescimento rápido, podendo atingir de três a cinco metros de altura, ramificando-se desde a base em ramos compridos, com folhas verdes e em forma de palma e fruto capsular ovóide, com cerca de três a quatro sementes. A espécie desponta como uma das mais importantes e promissoras oleaginosas para fornecer matéria prima para produção de biodiesel. Por ser uma planta ainda em processo de domesticação, e devido à escassa informação sobre a propagação da espécie, tanto sexuada como assexuada, a presente dissertação teve como objetivos estimar os parâmetros de germinação da espécie, verificar as respostas de enraizamento de miniestacas coletadas em quatro épocas do ano, a produtividade de brotações nesse período e analisar detalhadamente sua descrição anatômica. Em relação à propagação sexuada, foram realizados experimentos de condutividade elétrica, quebra de dormência e germinação, em que se estudou a interação entre 3 temperaturas (20°C, 25°C e 30°C) e 3 substratos (rolo papel, vermiculita e entre areia), bem como a determinação do grau de umidade e do peso de mil sementes, todos conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba-PR. Para testar a viabilidade da propagação assexuada foram realizados experimentos com miniestacas oriundas de brotações juvenis de minicepas coletadas em março, setembro e novembro/2009 e abril/2010 para o estudo do enraizamento, bem como a análise anatômica de segmentos de caule da espécie. Os experimentos foram instalados no Laboratório de Macropropagação da Embrapa Florestas, em Colombo-PR, onde as miniestacas foram submetidas a tratamentos com ácido indol butírico (IBA) nas concentrações de 0, 250, 500 e 1000 mg L⁻¹. Foram avaliadas as porcentagens de miniestacas enraizadas, com calos, vivas e mortas, em um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x4 (concentrações do regulador vegetal x épocas de coleta). Os testes de germinação revelaram que as sementes de pinhão manso não apresentam dormência e que o potencial máximo de germinação foi obtido sob a temperatura de 25°C em rolo papel e 30°C em quaisquer dos substratos testados. Em relação a propagação vegetativa da espécie, as maiores porcentagens de enraizamento foram obtidas no tratamento sem a aplicação de IBA, em março/2009 (83,33%), setembro/2009 (78,13%) e abril/2010 (85,0%), e com a aplicação de 250 mg L⁻¹ em novembro/2009 (86,25%). Deste modo, conclui-se que a aplicação de IBA torna-se desnecessária. A produção de miniestaca/minicepa/coleta variou de 1,18 a 2,16 em recipientes contendo 1800 cm³ de substrato. A análise anatômica revelou a presença de compostos fenólicos por meio do teste realizado com cloreto férrico nos cortes transversais de segmentos de caule da espécie; contudo, nem lipídios e nem amido foram identificados nas amostras pelos testes com sudam e lugol, respectivamente.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, regulador vegetal, anatomia.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae), popularly known as Physic nut, is an arbustive, perennial plant that grows fast, reaching from three to five meters of height, branching from the base in long branches, with green and palm shaped leaves. The fruit is an ovoid capsule with about three to four seeds. However, the species is emerging as one of the most important and promising oleaginous plants to provide feedstock for biodiesel production. As it is a plant that is still in the process of domestication, and because of the little information about the propagation of the species, both sexual and asexual, this paper aimed to establish species germination parameters, check the rooting response of the cuttings in the four seasons the year, the productivity of shoots during this period, and analyze in detail its anatomic description. In relation to sexual propagation, experiments of electrical conductivity, break dormancy and germination were carried out, as well as the determination of the moisture content and weight of a thousand seeds, all conducted at the Laboratory of Forest Seed Analysis of the Department of Forest Sciences of Federal University of Parana in Curitiba-PR. In order to test the viability of asexual propagation, experiments were conducted with mini-cuttings derived from juvenile shoots of mini-stumps collected in march, september and november/2009 and april/2010 to study the rooting. The experiments were conducted at the Macropropagation Laboratory of Embrapa Forests, in Colombo-PR, where the mini-cuttings were subjected to treatment with indole butyric acid (IBA) at concentrations of 0, 250, 500 and 1000 mg L⁻¹. Were evaluated the percentage of rooted mini-cuttings with callus, alive and dead, in a completely randomized experimental design with factorial arrangement 4x4 (concentrations of plant growth regulator x seasons of the year). Germination tests revealed that the seeds of *Jatropha curcas* L. have no dormancy and that the potential maximum germination was obtained under the temperature of 25°C on paper roll and 30°C on any substrate. Regarding the propagation of the species, the highest percentages of rooting were obtained in the treatment without the IBA application, in the march/2009 (83.33%), september/2009 (78.13%) and april/2010 (85.0%), and with the application of 250 mg L⁻¹ in november/2009 (86.25%). Thus, we conclude that the application of IBA is unnecessary. The production of mini-cutting / mini-stump / collection ranged from 1.18 to 2.16 in containers containing 1800 cm³ of substrate. The anatomical analysis revealed the presence of phenolic compounds through the test with ferric chloride in transverse sections of stem segments of the species, however, not lipids and starch were not identified in tests with samples lugol and sudam, respectively.

Key words: Euphorbiaceae, plant growth regulator, anatomy.

1 INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis são a fonte de energia mais utilizada pela sociedade para sua locomoção, no entanto, sua combustão libera uma grande quantidade de CO₂, o que contribui para o aquecimento global (Beltrão; Cartaxo, 2006).

As nações do mundo buscam sua segurança energética por meio da redução da dependência do petróleo, pela diversificação energética e expansão dos biocombustíveis, visando atender a demanda de energia no setor de transporte. Há uma previsão de crescimento na demanda de 40% até 2020, levando assim, ao desenvolvimento do agronegócio (Almeida, 2006).

Com o surgimento da utilização de fontes energéticas renováveis em substituição aos combustíveis fósseis como o diesel, o biodiesel tende a ser cada vez mais utilizado como fonte alternativa de combustível (Santos et al., 2007). Os avanços em pesquisas e tecnologias que visam encontrar uma alternativa para substituição dos antigos combustíveis fósseis estão crescendo em larga escala, seja pelo fato da temida escassez do petróleo, seja pelo seu alto custo (Melo et al., 2007; Ungaro; Neto, 2007).

Nesse contexto, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), na expectativa de que o potencial do país ao cultivo dessa oleaginosa atenda a demanda por combustíveis de fontes renováveis, gerando empregos e renda na agricultura familiar e contribuindo para a economia de divisas (Brasil, 2007). O biodiesel é um combustível de queima limpa e trata-se de uma alternativa viável para o Brasil uma vez que o país apresenta potencial para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, em virtude a dispor de área apta ao plantio e clima adequados ao cultivo de oleaginosas (Saturnino et al., 2005).

Com a iniciativa do Programa Brasileiro de Biodiesel, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) foi incluído como uma alternativa de matéria-prima, baseando - se na expectativa de que a planta possua alta produtividade de óleo e tenha baixo custo de produção, por ser perene e segundo Saturnino et al. (2005), extremamente resistente ao estresse hídrico. Contudo, a produção de mudas da espécie ainda está em estudo, pois a cultura não possui tradição de cultivo em

nenhum país, onde os plantios comerciais estão sendo feitos sem validação técnica, resultando em lavouras de baixa produtividade e rentabilidade (Severino et al., 2007).

Assim, devido à escassez de informações sobre o pinhão manso, a presente dissertação teve como objetivo geral estabelecer um protocolo para os testes de superação de dormência e germinação em laboratório, visto que a espécie ainda não apresenta recomendações técnicas para a metodologia dos testes nas Regras para Análise de Sementes (RAS). E busca estudar também, a viabilidade da propagação vegetativa pela resposta de enraizamento em experimentos de miniestaquia com a utilização do ácido indol butírico (IBA) em quatro épocas de coleta, bem como a descrição anatômica da espécie.

A presente dissertação foi dividida em capítulos:

No primeiro capítulo foi verificado o vigor das sementes de pinhão manso pelo teste de condutividade elétrica e também a influência de diferentes temperaturas e substratos no desempenho germinativo das sementes de pinhão manso, com o objetivo de estabelecer uma metodologia adequada para os testes de germinação da espécie;

O segundo capítulo trata da superação de dormência das sementes de pinhão manso, com o objetivo de estudar diferentes tratamentos para superar a dormência em sementes da espécie;

O terceiro capítulo discute a viabilidade da propagação vegetativa da espécie via miniestaquia, onde foram realizados quatro experimentos em diferentes épocas do ano, utilizando-se diferentes concentrações de IBA, bem como a produtividade nas sucessivas coletas no minijardim clonal e também aborda a descrição anatômica da espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização e importância da espécie

O pinhão manso é uma espécie introduzida no Brasil há séculos e está dispersa em grande parte do território nacional. Apesar disso, ainda encontra-se em processo de domesticação e somente nos últimos anos começou a ser pesquisada de forma mais intensa (Severino et al., 2007).

Pertencente à família Euphorbiaceae, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), também conhecido popularmente como purgueira, pinha de purga, pinhão-paraguaio e pinhão de cerca. É uma das 8.000 espécies que compõem esta família, sendo possivelmente originária da América Central (Nobre et al., 2007).

A espécie apresenta caule liso, cinza esverdeado com diâmetro médio de 25 cm, e com tendência a se ramificar desde a base. As folhas são decíduas, alternadas a subopostas, apresentando filotaxia em espiral, com coloração vermelho-vinho, e à medida que se expandem tornam-se verdes, brilhantes e glabras, com nervuras esbranquiçadas e salientes em sua face inferior (Peixoto, 1973).

O ciclo produtivo do pinhão manso é variável, conforme o plantio seja realizado por propagação sexuada ou assexuada. Por ser uma planta dióica de fecundação cruzada e entomófila, resulta em uma grande variação entre indivíduos da espécie. Apresenta ciclo perene e possui ótima produtividade, podendo produzir de uma a seis toneladas de óleo por hectare, dependendo principalmente da idade da planta, que começa a produzir aos 10 meses, sendo produtiva até os 50 anos de idade (Severino et al., 2007).

A espécie tem despertado grande interesse por suas propriedades medicinais, terapêuticas, biocida e combustível. Há diversos relatos da utilização do óleo em lamparinas na iluminação pública no Rio de Janeiro e arredores, por ser inodoro e sua queima não fazer fumaça (Saturnino et al., 2005).

Nas últimas décadas, o óleo do pinhão manso vem sendo utilizado também pelas suas propriedades medicinais, sendo utilizado como vermífugo para animais,

sua seiva possui poder cicatrizante e é utilizada em ferimentos (Tominaga et al., 2007). E ainda, na 2ª Guerra Mundial, principalmente na África e na Ásia, o óleo de suas sementes foi amplamente utilizado como combustível em motores (Saturnino et al., 2005).

Para Purcino e Drummond (1986), o pinhão manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Apresenta boa conservação da semente colhida, além de ser uma cultura que pode se desenvolver em pequenas propriedades, com mão-de-obra familiar. É um arbusto de crescimento rápido, podendo alcançar até cinco metros de altura, considerada uma espécie rústica, de boa adaptabilidade, capaz de produzir óleo nas mais diferentes condições edafoclimáticas (Carnielli, 2003; Drummond et al., 2007).

O pinhão manso é considerado promissor por seu elevado teor de óleo (25 a 40%), superior ao da maioria das oleaginosas utilizadas no mercado de biocombustíveis. Apresenta variações pouco significativas de acidez, além de possuir melhor estabilidade à oxidação do que a soja e a palma, e boa viscosidade se comparado ao da mamona (Arruda et al., 2004; Tapanes et al., 2007).

2.2 Tecnologia de sementes

Assim como para diversas espécies, o insumo semente tem função imprescindível no êxito da cadeia produtiva do pinhão manso. As qualidades genética, física, fisiológica e sanitária das sementes surgem como importantes áreas a serem pesquisadas, garantindo que este seja realmente um meio pelo qual os avanços tecnológicos possam chegar até o agricultor (Nobre et al., 2007).

O conhecimento das condições ideais para germinação de sementes é de fundamental importância, principalmente pelas respostas diferenciadas que estas podem apresentar em função de diversos fatores. A viabilidade, dormência, condições de ambiente, água, luz, temperatura, oxigênio, e ausência de agentes patogênicos são alguns deles (Brasil, 1992; Carvalho; Nakagawa, 2000).

A cultura do pinhão manso é propagada principalmente por sementes obtidas a partir de plantas matrizes selecionadas e por estaquia. Têm-se relatos de que plantas oriundas de sementes são mais resistentes, de maior longevidade, enquanto

que as provenientes de estacas são de vida mais curta e sistema radicial menos vigoroso, no entanto apresentam a vantagem de começar a produzir mais cedo (Saturnino, 2005; Drumond et al., 2007).

Um dos aspectos favoráveis do pinhão manso consiste na preservação das sementes durante longos períodos de tempo. Este aspecto resulta em menores custos de produção agrícola, certamente bem inferiores aos de outras culturas oleaginosas, como dendê ou macaúba, que exigem processamento no máximo 48 horas após serem coletadas (Abbruzzini et al., 2007).

Dessa forma, de acordo com Piña-Rodrigues et al. (2004), para um bom aproveitamento dos recursos que a sementes oferecem, a avaliação da sua qualidade pelo teste de germinação realizado em laboratório torna-se fundamental, uma vez que se propiciam as condições necessárias para que a semente expresse seu máximo poder germinativo. Contudo, a espécie ainda não apresenta recomendações técnicas para a metodologia do teste de germinação nas Regras para Análise de Sementes (RAS).

Ainda de acordo com o mesmo autor, a RAS, é fundamentada nas Regras Internacionais da ISTA (International Seed Testing Association, 1981), e também na AOSA (Association of Official Seeds Analysis, 1983), que regulam o mercado internacional de análises de sementes. Na RAS encontram-se os padrões e metodologias a serem utilizados para cada espécie em qualquer teste a ser realizado, como os de viabilidade, vigor, pureza, sanidade, germinação, entre outros, bem como as condições específicas de temperatura, tipos de substratos ou qualquer condição especial no tratamento das sementes (Brasil, 2009).

2.3 Germinação

O objetivo principal de um teste germinativo em laboratório é estabelecer o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, uma vez que em condições de campo os resultados nem sempre são satisfatórios pela variação das condições ambientais (Brasil, 2009). O teste de germinação para um lote de sementes confere uma boa medida de viabilidade e indica, satisfatoriamente, o potencial do lote para a semeadura (Santos et al., 2007).

Em laboratório, a germinação pode ser definida como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua capacidade em produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (Brasil, 2009). Contudo, a metodologia que vem sendo utilizada para o teste de germinação do pinhão manso, atualmente, é apenas uma adequação aos testes utilizados para as espécies da mesma família, como a mamona (*Ricinus communis*).

O potencial produtivo da espécie e sua adaptação a diferentes ambientes têm gerado uma demanda crescente no comércio de sementes, o qual exige informações concretas para a condução dos testes de germinação. Neves et al. (2009), trabalhando com pinhão manso, não chegaram a resultados conclusivos em relação à padronização do teste de germinação, uma vez que os percentuais de germinação obtidos foram baixos (20%), mesmo em temperaturas consideradas ótimas para a espécie.

A germinação das sementes é um processo que envolve o reinício e a continuidade das atividades metabólicas, promovendo o desenvolvimento das estruturas do embrião, com a formação de uma plântula (Novembre et al., 2007). Além disso, é afetada por uma série de condições intrínsecas e extrínsecas, sendo o conjunto dessas condições essencial para que o processo se realize normalmente, já que a ausência de uma delas pode impedir a germinação da semente (Carvalho; Nakagawa, 2000).

O processo germinativo está diretamente ligado à capacidade da semente em absorver água, a fim de reativar suas atividades metabólicas, fornecendo energia para o crescimento do eixo embrionário. A semente submetida a embebição em água apresenta um típico padrão trifásico de hidratação e absorção de água, onde fatores como tamanho da semente, capacidade de absorção de oxigênio e permeabilidade do tegumento influenciam diretamente esse processo (Bewley; Black, 1985; Carvalho; Nakagawa, 2000).

Em linhas gerais, a fase inicial da embebição é rápida, onde o potencial matricial da semente controla a entrada de água. Em seguida são ativados diversos processos metabólicos para o crescimento do embrião, em que a temperatura exerce papel fundamental, uma vez que controla o início e o final dessa fase. Finalmente, a semente aumenta seu conteúdo de água, há divisão celular, alongamento embrionário e a protrusão da radícula (Bradford, 2004).

Contudo, as sementes só germinam em uma faixa de temperatura específica para cada espécie, a qual influencia na germinação tanto por agir sobre a velocidade de absorção de água, como também sobre as reações bioquímicas que determinam o processo. Tais reações irão desdobrar, ressintetizar e transportar para o eixo embrionário as substâncias de reserva (Bewley; Black, 1994; Carvalho; Nakagawa, 2000; Andrade et al., 2006; Neves et al., 2009).

A temperatura ótima para a germinação da semente de uma determinada espécie é a combinação entre a porcentagem e a velocidade de germinação e pode ser configurada como aquela na qual a mais alta porcentagem de germinação é obtida dentro de um espaço de tempo (Bilia et al., 1998). Temperaturas altas aumentam a velocidade de germinação, entretanto apenas as sementes mais vigorosas conseguem germinar (Carvalho; Nakagawa, 2000). Por outro lado, a redução da temperatura gera efeitos fisiológicos e bioquímicos na semente que provocam a diminuição da germinação, possivelmente pela diminuição da velocidade de embebição e mobilização de reservas (Marcos Filho, 2005).

Durante o teste padrão de germinação, a utilização da temperatura mais favorável à espécie contribui de forma significativa para o bom desempenho do lote de semente analisado. Diversos autores, entre eles Carneiro; Pires (1983), Albrecht et al. (1986) e Andrade et al. (2000) discutem a questão da temperatura relacionada à germinação. Segundo os referidos autores, existe uma faixa adequada de temperatura para a germinação de uma grande gama de espécies subtropicais e tropicais, que varia entre 20 e 30°C, por serem, na época propícia à germinação, as temperaturas encontradas nas suas regiões de origem.

O substrato é outro fator importante que deve ser considerado, uma vez que influencia diretamente a germinação. Um bom substrato deve proporcionar uma boa capacidade de retenção de água, aeração e baixo grau de infestação de patógenos, podendo favorecer ou prejudicar a germinação das sementes (Figliolia et al., 1993).

O equilíbrio desses fatores torna-se essencial para o sucesso do processo germinativo, uma vez que um bom substrato é aquele que proporciona condições adequadas à germinação e ao desenvolvimento do sistema radicular. Não deve, por exemplo, ser umedecido em excesso a fim de evitar que a película de água envolva completamente a semente, restringindo a entrada e absorção de oxigênio e nem umedecido de menos, evitando o ressecamento da semente (Popinigis, 1977; Vazquez-Yanes; Orozco-Segovia, 1982).

Na RAS estão descritos diversos materiais a serem utilizados como substratos nos testes de germinação, como papel mata-borrão, papel filtro, papel toalha e areia. A sua escolha deve ser feita levando-se em consideração o formato e o tamanho da semente, sua exigência em relação à quantidade de água, sua sensibilidade ou não à luz e a facilidade que oferece para realização das contagens e avaliação das plântulas (Brasil, 1992).

2.4 Dormência

Algumas sementes não germinam mesmo colocadas sob condições ambientais favoráveis. Tais sementes são classificadas como dormentes, fenômeno que ao mesmo tempo se constitui num mecanismo eficiente para garantir a sobrevivência e a perpetuação da espécie, mas também pode levar ao atraso e a desuniformidade na germinação, uma vez que as sementes apresentam algum tipo de restrição (Filho et al., 1987; Cardoso, 2004).

Taiz e Zeiger (2004) acreditam que a dormência em sementes é resultante do balanço hormonal entre ácido abscísico (ABA) e giberelinas (GAs). Sendo que, nas fases intermediária e tardia da embriogênese, ocorre um pico nas concentrações de ABA e um declínio nos níveis de GA, contribuindo para o efeito total.

Nesse contexto, entende-se como dormência o estado fisiológico no qual uma semente viável não germina quando colocada em condições de ambiente admitidas como adequadas (Roberts, 1972). A dormência pode ser classificada, conforme Kerbauy (2004), como primária, quando já se encontra instalada na semente, ainda na planta matriz no estágio final de maturação, ou como secundária, quando a semente encontra uma situação de estresse ambiental, sendo mais comum em altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), a dormência primária é caracterizada como um fenômeno programado para surgir junto com a semente, geralmente aliado à redução do teor de água e aumento da matéria seca, ou seja, parte final do desenvolvimento impedindo, precocemente, a germinação das sementes no período final de maturação na planta. Já Cardoso (2004) relata que a

dormência primária previne que todas germinem ao mesmo tempo, ainda que não se conheça quais fatores estejam envolvidos nesse processo.

Hilhorst (1998) e Cardoso (2004) indicam que a dormência secundária é induzida nas sementes após a sua dispersão, quando essas se encontram em ambiente desfavorável ou estressante, ou mesmo quando não recebem um conjunto de sinais externos como água, luz, temperatura e oxigênio.

As causas da dormência podem estar relacionadas, de forma geral, com a presença de embriões imaturos, não totalmente estruturados e com desequilíbrio entre promotores e inibidores da germinação. Tais fatos podem estar relacionados a restrições mecânicas, onde a expansão do embrião é limitada pelo tegumento da semente, pela presença de substâncias inibidoras, ou ainda por tegumentos impermeáveis, ou seja, pela composição química e estrutural do tegumento (Popinigis, 1977; Bewley; Black, 1994; Marcos Filho, 2005).

2.4.1 Métodos para superação de dormência

A dormência pode ser superada com a utilização de tratamentos pré germinativos, uma vez que são aplicados às sementes para estimular seu metabolismo e promover o processo de germinação (Roversi et al., 2002). Foram desenvolvidos diversos métodos em laboratório para superar a dormência em sementes. Mas no entanto, todos apresentam vantagens e desvantagens. Fatores como custo e praticidade na execução devem ser levados em consideração (Eira et al., 1993).

A escarificação mecânica se constitui em um método simples e de baixo custo. É realizada pelo atrito da semente com uma superfície abrasiva, geralmente uma lixa, e tem por objetivo rasurar ou enfraquecer o tegumento, permitindo, desta forma, a entrada de água para o início do processo de germinação (Smiderle; Souza, 2003).

O choque térmico em água fria ou quente é outro método eficiente na quebra da dormência em algumas espécies, sendo de fácil manuseio e baixo custo. É uma técnica freqüentemente utilizada e constitui a opção mais prática e segura para

pequenos agricultores. No entanto, deve-se evitar que o umedecimento excessivo cause danos ao embrião e diminua a germinação (Jacob Júnior, 2004).

2.5 Propagação vegetativa por miniestaquia

A formação, procedência genética, vigor e sanidade das mudas são fatores essenciais para a obtenção de plantas adultas com boa produtividade. A propagação vegetativa é a oportunidade da seleção de material genético com as características desejadas oriundas de um processo de melhoramento (Nunes, 2007).

A propagação vegetativa baseia-se na multiplicação assexuada de partes de plantas. É um método para produção de mudas no qual se utilizam segmentos vegetativos como caules, folhas ou raízes, não havendo recombinação gênica (Hartmann et al., 2002; Ferrari, 2004).

Assim, por não incluir meiose, as brotações juvenis originadas são geneticamente idênticas à planta matriz, podendo haver variações fenotípicas entre brotações de um mesmo clone. Tais variações são causadas provavelmente por fatores ambientais ou relacionados ao próprio propágulo, como o tamanho da estaca, período em que as estacas são coletadas e condições em viveiro (Higashi et al., 2000).

A miniestaquia surge como uma inovação da estaquia, viabilizando a produção de mudas de espécies onde a estaquia convencional não apresenta bons resultados. O rejuvenescimento de células e tecidos é, provavelmente, um dos mais importantes aspectos para o sucesso dessa nova técnica (Titon et al., 2002).

A técnica da miniestaquia tem sido empregada com a finalidade de rejuvenescer espécies de interesse, buscando um incremento na produção de mudas, pois é considerada uma forma de reverter as plantas do estágio maduro para o juvenil, restaurando, sua competência ao enraizamento (Ferriani, 2009).

A propagação vegetativa somente é possível devido à totipotência das células, ou seja, a capacidade que a célula vegetal possui em ter toda a informação genética necessária para o desenvolvimento de uma nova planta completa (Taiz; Zeiger, 2004). A estaquia é uma das principais técnicas de propagação vegetativa,

que visa atender aos objetivos do processo clonal, sendo a técnica de maior utilização na produção de plantas em larga escala, por ser de simples execução (Xavier, 2002).

A utilização dessa técnica é uma realidade em várias empresas de viveiros, onde é considerada estratégica por aliar a qualidade da muda à redução dos custos de produção. Esse tipo de tecnologia torna-se fundamental para a multiplicação de genótipos desejados em um curto espaço de tempo (Santos et al., 2005). Suas desvantagens incluem a dificuldade de se induzir a produção de raízes adventícias em muitas espécies, bem como a diminuição da capacidade de enraizamento (Neves et al., 2005).

Dessa forma, o sucesso desse tipo de propagação depende fundamentalmente do processo de enraizamento ser bem sucedido. O princípio fisiológico do enraizamento adventício é a capacidade das células em retornar à condição meristemática pelo processo denominado de desdiferenciação e produzir novas raízes (Vasil; Hildebrandt, 1965).

Assim, a injúria decorrente do corte na região basal da estaca acarreta um desequilíbrio fisiológico, proporcionando a formação de um tecido de cicatrização pela desdiferenciação celular e pela retomada da atividade mitótica, estimulada pelo aumento das taxas respiratórias e dos teores de auxinas e carboidratos. Sendo o resultado, um aglomerado de células denominado de calo, que são pequenos grupos de células que continuam sua divisão, e podem vir a se converter em primórdios radiciais (Hartmann et al., 2002).

Afirma-se que o calo cicatricial é essencialmente um tecido que resulta da ação das auxinas endógenas as quais apresentam interação com as condições ambientais pré-determinadas para o enraizamento (Kerbauy, 2004). Sendo a indução do sistema radicial provocada pela ação do ácido indol acético (IAA) uma auxina natural, que atua em conjunto com carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas (Taiz; Zeiger, 2004).

Vários autores, entre eles Salisbury e Ross (1992), Fachinello et al. (1995) e Hartmann et al. (2002) afirmam que diversos aspectos influenciam o enraizamento de estacas, entre eles, fatores endógenos, como o estado fisiológico da planta matriz e o balanço hormonal. E fatores exógenos, como a época do ano, luz, temperatura e umidade, sendo a facilidade ou não de uma espécie em enraizar explicada pelo conhecimento desses fatores.

2.5.1 Fatores internos relacionados ao enraizamento de estacas

Com relação aos fatores endógenos vinculados ao enraizamento de estacas, a ação de diversos hormônios vegetais desempenha papel fundamental no processo. Nesse contexto destaca-se as auxinas, responsáveis por inúmeros efeitos fisiológicos na planta, dentre os quais, a formação de raízes adventícias (Alvarenga; Carvalho, 1983).

As auxinas estimulam a divisão celular nos meristemas primários e secundários, contribuindo para o subsequente alongamento das células, em virtude de sua influência sobre as membranas celulósicas, que se tornam plásticas e facilmente extensíveis (Nachtigal et al., 1999).

O grupo hormonal mais conhecido são as auxinas e foram os primeiros hormônios descobertos. O ácido indol acético (IAA) foi a primeira auxina isolada, uma auxina natural promotora do crescimento das plantas. É sintetizada principalmente em regiões meristemáticas, ápices caulinares e radiculares, flores, frutos e folhas jovens e translocada para outros tecidos por um mecanismo de transporte polar, participando do seu crescimento e diferenciação (Kerbaudy, 2004).

As concentrações de auxina na planta são controladas por variações nos mecanismos de biossíntese, inativação, conjugação, destruição e transporte, sendo que a quebra do IAA faz com que a regulação da taxa hormonal dependa de uma nova síntese (Zuffellato-Ribas; Rodrigues, 2001; Taiz; Zeiger, 2004).

Taiz e Zeiger (2004) relatam que o aminoácido triptofano é o provável precursor para a biossíntese do IAA, e descrevem diversas vias para a transformação deste aminoácido na auxina, sejam elas dependentes ou não do triptofano, como a rota do ácido indol 3-pirúvico, sendo a mais comum das rotas dependentes. Há também a rota das triptaminas, do indol-3-acetonitrila e a rota bacteriana; contudo, nas rotas independentes do triptofano, o ponto precursor da ramificação da biossíntese ainda é duvidoso.

Ainda de acordo com os mesmos autores, as auxinas podem ser encontradas naturalmente nos vegetais sob a forma livre ou conjugada, sendo a forma livre a biologicamente ativa do hormônio, a qual pode ser utilizada imediatamente pela planta. No entanto, a maioria é encontrada na forma conjugada, considerada como

hormônio inativo servindo como reserva e atuando na regulação dos níveis de auxinas livres.

Dessa forma, estacas apicais devem ser priorizadas, uma vez que apresentam concentrações endógenas de auxinas mais elevadas, por serem de brotações rejuvenescidas e em pleno crescimento e desenvolvimento (Fachinello et al., 1995; Hartmann et al., 2002).

2.5.2 Fatores externos relacionados ao enraizamento de estacas

Os fatores exógenos também podem influenciar no processo de enraizamento, tais como a época de coleta das estacas, temperatura, disponibilidade de água, luminosidade, substrato, dentre outros (Zuffellato-Ribas; Rodrigues, 2001; Hartmann et al., 2002). Assim, a coleta de material nas diferentes épocas do ano se justifica, ao passo que, a formação do sistema radicial em estacas está diretamente relacionada à intensidade luminosa, principalmente com relação à fotossíntese e a degradação de compostos como as auxinas (Zuffellato-Ribas; Rodrigues, 2001).

A temperatura tem por característica regular o metabolismo. Quando elevadas, aumentam o processo de transpiração e, portanto devem ser evitadas, entretanto quando muito baixas, cessam a atividade metabólica fazendo com que a planta entre em repouso (Hartmann et al., 2002).

A perda de água é uma das principais causas da mortalidade de estacas, sendo a manutenção da umidade relativa do ar fator fundamental para o sucesso da propagação vegetativa, o que pode ser obtido por meio de um sistema de nebulização, reduzindo a transpiração e mantendo as estacas túrgidas, evitando a desidratação e a queda das folhas (Paiva; Gomes, 1993; Kämpf, 2000). A utilização da nebulização intermitente provoca a formação de uma película de água na superfície das folhas mantendo-as ativas e funcionais por mais tempo (Grolli, 2000).

2.5.3 Reguladores vegetais

A formação de raízes adventícias está ligada a todas as classes de reguladores vegetais, como o ácido abscísico, auxinas, citocininas, etileno e giberelinas. Mas também com co-fatores de enraizamento, retardantes, inibidores, poliaminas e compostos fenólicos (Hartmann et al., 2002).

Assim, quando uma espécie não apresenta níveis endógenos de auxinas suficientes para enraizar, faz-se necessária a complementação exógena para otimizar o processo pela aplicação de um regulador vegetal (Hinojosa, 2000). São empregadas na propagação vegetativa diversas substâncias sintéticas que induzem a formação de raízes adventícias, sendo o ácido indol butírico (IBA) considerada a auxina mais eficiente para essa finalidade, seguido do ácido naftaleno acético (NAA) (Fachinello et al., 1995; Hartmann et al., 2002).

A ação dessas substâncias tornou-se tão segura que seu uso é amplamente difundido na propagação vegetativa. A porcentagem de enraizamento aumenta num curto espaço de tempo, gerando raízes vigorosas e uniformes, podendo acelerar o processo de formação de mudas, características que podem variar de espécie para espécie (Wendling; Xavier, 2005).

Entre as auxinas sintéticas promotoras do enraizamento, destaca-se o ácido indol butírico. Diversos trabalhos têm mostrado a contribuição deste regulador para o sucesso do enraizamento, sendo este o mais utilizado para a grande maioria das espécies (Finardi, 1998).

Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), relatam que algumas plantas necessitam de um estímulo na base de suas estacas para enraizarem, processo pelo qual se mergulha a base dessas em solução ou em talco que contenham reguladores vegetais para a otimização do enraizamento.

De acordo com Hartmann et al. (2002) a aplicação do IBA pela via líquida é, geralmente, mais efetiva que a aplicação em talco, pois apresenta tratamentos e resultados mais uniformes. Seu efeito pode ser observado em experimentos realizados por Fochesato et al. (2006), onde a aplicação de 2000 mg L⁻¹ de IBA tornou viável a propagação vegetativa do loureiro (*Laurus nobilis* L.), proporcionando um maior número de raízes.

Norberto et al. (2001) trabalhando com a estaquia de figueira (*Ficus carica* L.) constataram que o sucesso do enraizamento depende da época de coleta das estacas. As coletadas entre abril e maio (precoces) tiveram um maior percentual de enraizamento, e o IBA além de estimular eficientemente o enraizamento, aumentou também o peso de matéria seca das raízes.

Nos trabalhos conduzidos por Rosa e Pinheiro (2001), os tratamentos com IBA em suas diversas concentrações afetaram o enraizamento de estacas provenientes de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex. Ducke). Houve um incremento de 30 a 40% no enraizamento se comparado às estacas controle, nas concentrações de 2000 e 4000 mg L⁻¹.

Noor Camellia et al. (2009), observaram que estacas lenhosas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) respondem melhor ao tratamento com IBA se comparadas às estacas semilenhosas e herbáceas. Nas condições em que foi desenvolvido o trabalho, as concentrações de 10000 e 20000 mg L⁻¹ proporcionaram maiores percentuais de enraizamento.

Contudo, a aplicação exógena do regulador vegetal não garante o sucesso do enraizamento na propagação vegetativa de diversas espécies. Aspecto pelo qual pode ser explicado pela concentração endógena de auxinas ser suficiente para a promoção das raízes adventícias, conforme constatado por Hinojosa (2000).

Em experimento realizado com estacas de ameixeira (*Prunus salicina* Lindl.), Kersten et al. (1993) não constataram efeito do IBA no enraizamento da espécie. No entanto, ressaltam que a época de corte das estacas exerce influência significativa nas porcentagens de estacas enraizadas, sendo o outono e o verão as épocas mais propícias para a coleta do material.

Miniestacas de *Eucalyptus grandis* não apresentam reação favorável ao tratamento com IBA, ao contrário, foram observadas características de toxidez em níveis acima de 500 mg L⁻¹, conforme relatado por Wendling e Xavier (2005). O mesmo foi observado por Alcântara et al. (2008), trabalhando com a miniestaquia de *Pinus taeda* L., onde a porcentagem de enraizamento diminuiu com a aplicação de IBA, apresentando efeito tóxico, uma vez que há o aumento da mortalidade das miniestacas com o aumento da concentração do regulador vegetal.

Nesse contexto, Hartmann et al. (2002) classificam as espécies em três categorias: as fáceis de enraizar, que são aquelas que possuem endogenamente as concentrações de auxinas suficientes para a promoção do enraizamento. As

relativamente fáceis de enraizar, que não apresentam auxinas endógenas suficientes para promover o enraizamento, no entanto têm co-fatores, assim quando tratadas com auxinas enraizarão. E as difíceis de enraizar, que, apesar de possuírem as auxinas endógenas, não apresentam os co-fatores e, mesmo quando tratadas com auxinas, não reagem à aplicação destas.

REFERÊNCIAS

- ABRUNZZINI, T.F.; BESSA, O.R.; GONTIJO, V.S.; DOURADO, D.C.; NETO, P.C.; FRAGA, A.C. Avaliação da densidade de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha-MG. **Anais**: Varginha-MG, 2007. p. 1652-1655.
- ALBRECHT, J.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C. de L.F.; SILVA, V.S. de M. e. Influencia da temperatura e do tipo de substrato na germinação de sementes de cerejeira. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 8, n. 1, p. 49-55, 1986.
- ALCANTARA, G.B. de.; RIBAS, L.L.F.; HIGA, A.R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Efeitos do ácido indol butírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L.. **Scientia Forestalis**, Belo Horizonte-MG, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.
- ALMEIDA, A.F.S. de. **A importância dos biocombustíveis na matriz energética de transporte rodoviário do Brasil**. 197p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- ALVARENGA, L.R.; CARVALHO, V.D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Scientia Forestalis**, Belo Horizonte-MG, v. 9, n. 101, p. 47-55, 1983. Informe Agropecuário.
- ANDRADE, A.C.S.; PEREIRA, T.S.; FERNANDES, M.J.; CRUZ, A.P.M.; CARVALHO, A.S.R. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 41, n. 3, p. 517-523, 2006.
- ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 15, n. 3, p. 609-615, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**, (Handbook on seed testing, Contribution, 32), Zürich, 88p., 1983.
- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E. de M.; ANDRADE, A.P. de.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande-PB, v. 8, n. 2, p. 789-799, 2004.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. **Embrapa: CNPA**, Campina Grande-PB, Doc. n. 98, 2006. Comunicado Técnico.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology and development and germination. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology and development. 1. ed. New York: Plenum Press, 1985. 252p.

BILIA, D.A.C.; BARBEDO, C.J.; MALUF, A.M. Germinação de diásporas de canela (*Ocotea corymbosa* (meissn) mez-lauraceae) em função da temperatura, do substrato e da dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 20, n. 1, p. 189-194, 1998.

BRADFORD, K.J.; CASTRO, R.D. de.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F.. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre-RS: Artmed, 2004. p. 149-162.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Palestra. Biodiesel: o novo combustível do Brasil, Governo Federal, 2007.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F.. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre-RS: Artmed, 2004. p. 95-108.

CARNEIRO, J.W.P.; PIRES, J.C. Influencia da temperatura e do substrato na germinação de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 5, n. 3, p. 127-131, 1983.

CARNIELLI, F. O combustível do futuro. 2003. Disponível em: <www.ufmg.br/boletim/bol1413>. Acesso em: 05/10/2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2000. 588p.

DRUMOND, M.A.; MARTINS, J.; ANJOS, J.B.; MORGADO, L.B. Germinação de sementes de pinhão manso em condições de viveiro no semi-árido pernambucano. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina-PI. **Anais**: Teresina-PI, 2007. p. 42.

EIRA, M.T.S.; FREITAS, R.W.A.; MELLO, C.M.C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) morong.-leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 15, p. 177-182, 1993.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas RS: Ufpel, 1995. 178p.

FERRARI, M.P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, doc n. 94, 2004.

FERRIANI, A.P. **Miniestaquia e quantificação de polifenóis em *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex. Malme**. 86P. Tese (Doutorado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná-PR, 2009.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.. **Sementes florestais tropicais**. Brasília-DF: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FILHO, J.M.; KOMATSU, V.H.; BARZAGHI, L. Métodos para superar a dormência de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 9, n. 2, p. 65-74, 1987.

FINARDI, N.L. Métodos de propagação e descrição de porta enxertos. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M. do C.B.. **A cultura do pessegueiro**. Brasília-DF: Embrapa-SPI, 1998. p. 100-129.

FOCHESATO, M.I.; MARTINS, F.T.; SOUZA, P.V.D.; SCHWARZ, S.F.; BARROS, I.B.I. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indol butírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu-SP, v. 8, n. 3, p. 72-77, 2006.

GROLLI, P.R. Propagação de plantas ornamentais. In: PERRY, C.. **Plantas ornamentais: aspectos para a produção**. Passo Fundo-RS: UPF Editora Universitária, 2000. p. 41-51.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JÚNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant Propagation: principles and practices**. 7. ed. New York: Englewoos Clippis, 2002.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V. de A.; GONÇALVES, A.N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no brasil. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, São Paulo-SP, n. 192, 2000. p. 19. Circular Técnica, Esalq/USP.

HILHORST, H.W.M. The regulation of secondary dormancy. the membrane hypothesis revisited. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 8, p. 77-90, 1998.

HINOJOSA, G.F. Auxinas. In: CID, L.P.B.. **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília-DF: 2000. p. 15-53. Embrapa recursos genéticos e biotecnologia.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA, **Handbook of Vigour Test Methods**. Zurich, Switzerland, ISTA. 72f, 1981.

KÄMPF, A.N. Temperatura. In: KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba-RS: Agropecuária, p. 115-123, 2000.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

KERSTEN, E.; LUCCHESI, A.A.; GUTIERREZ, I.E. Efeitos do boro e zinco no teor de carboidratos solúveis, aminoácidos totais e no enraizamento de estacas de ramos de ameixeira (*Prunus salicina* Lindl.). **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 13-18, 1993.

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

MELO, P.C. de.; EVANGELISTA, A.W.P.; OLIVEIRA, E.L. de.; FRAGA, A.C.; NETO, P.C.; FARIA, M.A. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) pela aplicação de fertilizante organo-minerais-marinho + biotech®. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha-MG. **Anais**: Varginha-MG: 2007. p. 1538-1543.

NACHTIGAL, J.C. **Obtenção de porta-enxertos 'okinawa' e de mudas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) utilizando métodos de propagação vegetativa**. 165p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 1999.

NEVES, C.S.V.I.; MEDINA, C. de C.; AZEVEDO, M.C.B. de.; HIGA, A.R.; SIMON, A. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção das mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de cácia-negra.. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 897-905, 2005.

NEVES, J.M.G.; SILVA, H.P. da.; JÚNIOR, D. da S.B.; MARTINS, E.R.; NUNES, U.R. Padronização do teste de germinação para sementes de pinhão manso. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 76-80, 2009.

NOBRE, D.A.C.; ANDRADE, A.S.; DAVID, A.M.S. de S.; RESENDE, J.C.F. de.; FARIA, M.A.V.R.; DAVID, D.A. Germinação de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes condições de temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha-MG. **Anais**: Varginha-MG: 2007. p. 720-724.

NOOR CAMELLIA, N.A.; THORIRAH, L.A.; ABDULLAH, N.A.P.; MOHD KHIDIR, O. Improvement on rooting quality of *Jatropha curcas* L. using indole butyric acid (IBA). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Malasya, v. 5, n. 4, p. 338-343, 2009.

NORBERTO, P.M.; CHALFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R.D.; PEREIRA, G.E.; MOTA, J.H. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 25, n. 3, p. 533-541, 2001.

NOVEMBRE, A.D.; FARIA, T.C.; PINTO, D.H.V.; CHAMMA, H.M.C.P. Teste de germinação de sementes de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. - Fabaceae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 29, n. 3, p. 17-21, 2007.

NUNES, C.F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Lavras-MG: [s.n.], 2007. 78p..

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 1993. 40p.

PEIXOTO, A.R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo – SP, NOBEL, 1973. 284p.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. (ed.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre-RS: Artmed, 2004. p. 283-297.

POPIGINIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília-DF: Agiplan, 1977. 289p.

PURCINO, A.A.C.; DRUMMOND, O.A. Pinhão Manso. **Epamig**, Belo Horizonte-MG, 7p., 1986. Coletânea.

ROBERTS, E.H. Oxidative processes and the control of seed germination. **Seed Ecology**, Pennsylvania State University, v. 13, p. 189-218, 1972.

ROSA, L. dos S.; PINHEIRO, K.A.O. Propagação vegetativa de estacas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) obtidas de material juvenil e imersas em ácido indol-3- butírico. **Revista Ciência Agrária**, Belém-PA, v. 2, n. 35, p. 79-88, 2001.

ROVERSI, T.; MATTEI, V.L.; SILVEIRA JÚNIOR, P.; FALCK, G.L. Superação da dormência em sementes de acácia negra (*Acacia mearnsii* Willd.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 8, n. 2, p. 161-163, 2002.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. California: Wadsworth Publishing Company, 1992. p. 341-453.

SANTOS, S. dos.; JÚNIOR, E.J.F.; PIRES, B.; NETTO, A.P. da C. Efeito e diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha-MG. **Anais**: Varginha-MG: 2007. p. 547-554.

SANTOS, A.P. dos.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, M.L. de.; REIS, G.G. do. Efeito da estaquia, miniestquia, microestquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n. 68, p. 29-38, 2005.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Produção de oleaginosas para biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005.

SEVERINO, L.V.; LIMA, R. de L.S. de.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação de mudas de pinhão manso em recipientes de diferentes volumes. **Embrapa**, Campina Grande-PB, n. 81, p. 16, 2007. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento.

SMIDERLE, O.J.; SOUZA, R. de C.P. de. Dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Ppapilionidae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 25, n. 2, p. 48-52, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2004. 719p.

TAPANES, N.O.; ARANDA, D.A.G.; CARNEIRO, J.W. de M. Transesterificação dos glicerídeos do óleo de *Jatropha curcas* L.. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2007**. p. 241-246.

TITON, M.; XAVIER, A. OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.

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

UNGARO, M.R.G.; NETO, A.R. Métodos de propagação e germinação de sementes de *Jatropha curcas* L.. In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. **Anais Varginha-MG: 2007**. p. 720-724.

VASIL, V.; HILDEBRANDT, A.C. Differentiation of tabaco plants from single isolated cells in microculture. **Science**, New York, n. 150, p. 881-892, 1965.

VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of a tropical rain forest pionner tree (*Heliocarpus donnell Smithii*) in response to diurnal fluctuations of temperature. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 56, p. 295-298, 1982.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e de miniestquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, p. 921-930, 2005.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa-MG: UFV, 2002. 64p.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001.

3 CAPÍTULO 1: TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E TEMPERATURAS

RESUMO

O pinhão manso é considerado uma espécie com grande potencial em fornecer matéria prima para produção de biodiesel, uma vez que sua semente possui elevado teor de óleo. Assim, gerou-se o interesse econômico e científico em estudos com a espécie. Em laboratório, o teste padrão de germinação é empregado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes. Porém, apenas um tipo de teste não é satisfatório. Dessa forma, visando desenvolver uma metodologia que auxiliasse a cadeia produtiva do pinhão manso, foram realizados testes de vigor e germinação em laboratório. Comumente utilizado para avaliar o vigor das sementes, o teste de condutividade elétrica é caracterizado por ser rápido, eficaz e de fácil execução e serve como parâmetro para complementar os testes de germinação. Para a realização do teste, foram utilizados dois lotes de sementes de procedências distintas, um oriundo do banco de germoplasma da Embrapa Agroenergia de Brasília (A), e outro do banco de sementes da Universidade Estadual de Goiás (B). Os lotes foram separados em amostras de 200 sementes e divididos em quatro repetições de 50 sementes, posteriormente foram imersas em 150 mL de água destilada e colocadas em repouso por 24h a 25°C. O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação tipo Mangelsdorf, utilizando-se amostras de 200 sementes, submetidas a temperaturas constantes de 20°C, 25°C e 30°C, sob iluminação contínua, em diferentes substratos como o papel germiteste (rolo papel), entre areia e vermiculita. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial de 3 x 3 (temperaturas x substratos) com 4 repetições de 50 sementes. A leitura da condutividade elétrica foi feita no condutímetro Digimed DM-3 e os resultados foram expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Os resultados demonstraram que o lote A é um lote com alto potencial fisiológico. Observou-se que o potencial máximo de germinação das sementes de pinhão manso foi obtido sob a temperatura de 25°C em rolo papel e 30°C em qualquer substrato utilizado. Os melhores resultados para o índice de velocidade de germinação foram obtidos com semeadura em rolo papel sob a temperatura de 30°C. O período de germinação estabeleceu-se entre o 2º e o 8º dia.

Palavras-chave: propagação sexuada, potencial fisiológico, vigor.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SEED GERMINATION OF *Jatropha curcas* L. IN DIFFERENT SUBSTRATES AND TEMPERATURES

ABSTRACT

Physic nut is considered a species with great potential to provide feedstock for biodiesel, a biofuel produced from natural renewable sources such as vegetable oils. The *Jatropha* seed has high level oil content, which explains the economic and scientific interest in studies of the species. In the laboratory, the standard germination test is used to evaluate the physiological quality of seeds. However, only one test is not satisfactory. In order to develop a methodology which would help the production chain of this species, vigor and germination tests were performed in laboratory. The electrical conductivity is characterized by being fast, efficient and easy to execute, commonly used to assess the vigor and serves as a parameter to complement the germination tests. For testing, we used two seed lots of distinct origins, one derived from the germplasm bank of Embrapa Agroenergia from Brasília (A), and another from the seed bank at the State University of Goiás (B). The lots were divided into samples of 200 seeds and divided into four 50 seeds, were subsequently immersed in 150 mL of distilled water and rest for 24 h at 25°C. The germination test were conducted in a germination chamber like Mangeldorf, using samples of 200 seeds, subjected to constant temperatures of 20°C, 25°C and 30°C under continuous illumination, and as substrates germtest paper (paper roll), sand and vermiculite. The experimental design used was completely randomized with a factorial 3 x 3 (temperatures x substrates) with 4 replications of 50 seeds. The reading of electrical conductivity in the conductivity was Digimed DM-3 and the results were expressed in $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. The results showed that Lot A is lot with high physiological potential. It was observed that the maximum potential germination of seeds of *Jatropha curcas* was obtained under the temperature of 25°C in paper roll and 30°C on any substrate used. The best results for the germination speed index were achieved with sowing on paper roll under a temperature of 30°C. The germination period was established between the 2nd and 8th day.

Key words: Sexual propagation, physiological potential, germination, vigor.

3.1 INTRODUÇÃO

Diversas espécies vegetais no Brasil podem ser utilizadas na produção do biodiesel, no entanto, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) vem ganhando destaque no cenário nacional. É uma planta rústica, resistente à seca, tem altos índices de produtividade de óleo por hectare e apresenta fácil adaptabilidade a diferentes regiões (Saturnino et al., 2005).

É uma planta arbustiva, perene, de crescimento rápido, podendo alcançar de três a cinco metros de altura (Drummond et al., 2008). O fruto é capsular ovóide contendo de três a quatro sementes lisas, escuras e achatadas, onde se encontra a amêndoa rica em óleo (Santos et al., 2009).

O óleo extraído das sementes de pinhão manso pode ser utilizado para a fabricação do biodiesel uma vez que possui todas as qualidades necessárias para tal, como estabilidade à oxidação, viscosidade, variações pouco significativas em acidez (Tapanes et al., 2007). É considerado um óleo de queima limpa, pois não produz fumaça ou odor (Saturnino et al., 2005).

Contudo, a cultura ainda carece de informações básicas em relação às técnicas de cultivo, a fim de viabilizar plantios comerciais com alguma validação científica. Assim, torna-se fundamental o conhecimento das condições ótimas de germinação, como temperatura, substrato e umidade (Beltrão; Cartaxo, 2006).

O mercado nacional de sementes baseia-se em parâmetros qualitativos para a comercialização, baseados principalmente nos resultados de germinação e vigor. Tais testes são comumente realizados por laboratórios de análises de sementes credenciados pelo Ministério da Agricultura, os quais buscam reproduzir o potencial máximo de germinação em condições consideradas ideais para cada espécie (Brasil, 2009).

Dessa forma, a fim de selecionar o melhor material genético, tem-se a necessidade das informações fornecidas pelo teste de vigor. Este permite identificar os lotes de sementes que possam expressar o melhor desempenho germinativo avaliando a qualidade das sementes pelo seu grau de deterioração (Martins et al., 2002).

Entre os fatores que afetam a qualidade das sementes, destacam-se os danos mecânicos causados e o processo de secagem conduzido inadequadamente. Tais eventos provocam uma desorganização estrutural das membranas celulares, prejudicando o processo de permeabilidade seletiva do tonoplasto e da plasmalema (Bewley; Black, 1985). O teste mais comumente utilizado para a avaliação do vigor em sementes é o teste de condutividade elétrica (Dutra; Vieira, 2006), que se caracteriza por ser um método rápido, eficiente e de fácil execução (Andrade et al., 1995).

Este teste avalia o estado de desorganização dos sistemas de membranas celulares das sementes (Rodo et al., 1998), baseado na medição da quantidade de eletrólitos lixiviados pela semente na água de embebição, os quais são diretamente proporcionais a sua permeabilidade (Vieira, 1994; Krzyzanowski et al., 1999). O vigor das sementes é inversamente proporcional à leitura da condutividade elétrica (Vieira, 1994). Altos valores de condutividade elétrica são característicos em sementes de maior peso e tamanho, pois liberam maiores quantidades de solutos na solução e, portanto, menor vigor (Nayeem; Deshpande, 1987).

O teste de vigor, por outro lado, é um complemento ao teste de germinação, onde a temperatura e o substrato são dois fatores que exercem grande influência no comportamento germinativo das sementes (Piña-Rodrigues; Vieira, 1988; Marcos Filho, 2005). A temperatura influencia diretamente a germinação de uma semente, apresentando comportamento variável de espécie para espécie. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), para a maioria das espécies vegetais, a temperatura ótima para germinação pode ser definida como a que expressa o potencial máximo de germinação de um lote de sementes no menor espaço de tempo e que, de forma geral, encontra-se entre 20 e 30°C. Pode, assim, atuar na determinação do potencial máximo de germinação da semente, induzindo ou excluindo a dormência (Bewley; Black, 1985).

Já o substrato propicia o suporte para as sementes, mantendo as condições adequadas para germinação e desenvolvimento das plântulas, como aeração, capacidade de retenção de água e pureza microbiológica (Barbosa et al., 1985; Brasil, 2009).

Na regra de análises de sementes (RAS) são descritos diversos materiais para utilização como substrato, destacando-se o papel (mata-borrão, toalha e o de filtro), areia e solo. De acordo com Popinigis (1985), tais substratos são destinados a

manter a proporção ideal entre a disponibilidade de água e aeração, sendo sua escolha em função das exigências de cada semente.

Em função de tais aspectos, neste estudo objetivou-se empregar o teste de vigor em dois lotes distintos de pinhão manso, no sentido de avaliar o potencial fisiológico dos lotes. E, por ainda não apresentar recomendações técnicas para a metodologia do teste de germinação da espécie nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), objetivou-se, também, estabelecer a temperatura e o substrato mais adequados para a germinação das sementes de pinhão manso.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba-PR.

3.2.1 Condutividade elétrica

Foram utilizados dois lotes de sementes de pinhão manso (lote A e lote B) com procedências diferentes em duas amostras de 200 sementes.

As sementes do lote A, oriundas do Banco de Germoplasma de Pinhão Manso da Embrapa Agroenergia de Brasília-DF, foram colhidas entre os meses de fevereiro e julho de 2009, sendo secas ao sol por dois dias e armazenadas em embalagens de papel em temperatura ambiente ($27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 12 meses, e encontravam-se com 11,78% de umidade no momento do início dos testes.

O lote B é originário do Banco de Sementes da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ipameri-GO e foi colhido entre os meses de dezembro de 2008 e janeiro de 2009, armazenadas em embalagens de papel, em câmara seca, com temperatura controlada em torno de $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, e 45% de umidade relativa do ar. No momento do início dos testes, encontrava-se com 7,35% de umidade.

As sementes foram separadas em quatro repetições de 50 sementes, pesadas em balança de precisão de 0,01g e colocadas para embeber em copos plásticos contendo 150 ml de água destilada, os quais foram mantidos em germinador durante o período de embebição (24h), a 25°C (ABREU, 2010*). As leituras da condutividade elétrica foram realizadas em condutivímetro Digimed DM-3, e os valores médios obtidos para cada lote expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}$.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, realizando-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Comunicação pessoal do autor: Daniela C. Abreu (05 de junho de 2010).

3.2.2 Germinação

As sementes utilizadas foram oriundas do Banco de Germoplasma de Pinhão Manso da Embrapa Agroenergia de Brasília-DF. O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação tipo Mangelsdorf, sob iluminação contínua.

Os tratamentos utilizados foram:

» Substratos:

- Entre areia (EA)
- Entre vermiculita (EVRM)
- Papel germiteste (RP)

» Temperaturas constantes:

- 20°C
- 25°C
- 30°C

Primeiramente foi realizada a preparação dos substratos, conforme descrito na Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009), procedendo-se a esterilização do papel em estufa a 105°C por duas horas. A areia foi previamente lavada em água corrente por 30 minutos e colocada em estufa a 105°C por 24 horas para esterilização, logo após, peneirada em malha 1mm. A vermiculita utilizada foi de granulometria média, proveniente da empresa Eucatex e não passou por nenhum tipo de tratamento, já que é um produto comercial amplamente utilizado na produção de mudas. Posteriormente o papel germiteste e a areia foram umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e a vermiculita umedecida com cinco vezes o peso do substrato seco (Brasil, 2009).

Foram utilizadas amostras de 200 sementes distribuídas em quatro repetições de 50 sementes. Previamente à instalação do experimento, as sementes foram imersas em água destilada (temperatura ambiente) por 24h estabelecendo-se como um tratamento pré germinativo. Para os substratos entre areia e vermiculita, as sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas transparentes (gerbox) com tampa, e para o papel germiteste foram utilizadas 2 folhas na base e 1 folha cobrindo as sementes para posteriormente confeccionar os rolos.

As variáveis analisadas foram:

- Porcentagem de germinação (PG): foi calculada como o percentual de sementes germinadas (radícula maior que 1 mm) obtidas até a última contagem;
- Comprimento de raiz primária (CRP): foram medidas as raízes primárias das plântulas normais com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, aos 10 dias;
- Índice de velocidade de germinação (IVG): foram avaliados diariamente o número de sementes normais germinadas, sendo o índice obtido conforme proposta de Maguire (1962) apud Carvalho e Nakagawa (2000).
- Mortalidade das sementes.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial de 3 x 3 (temperaturas x substratos). Os resultados foram submetidos a análise de variância (teste F). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas médias apresentaram diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Condutividade elétrica

Os resultados da condutividade elétrica nos dois lotes analisados permitiram verificar que houve diferença significativa entre eles ($p < 0,05$), indicando o potencial fisiológico superior do lote A ($51,41 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}$) em relação ao lote B ($81,82 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}$), conforme pode ser observado na Figura 1.

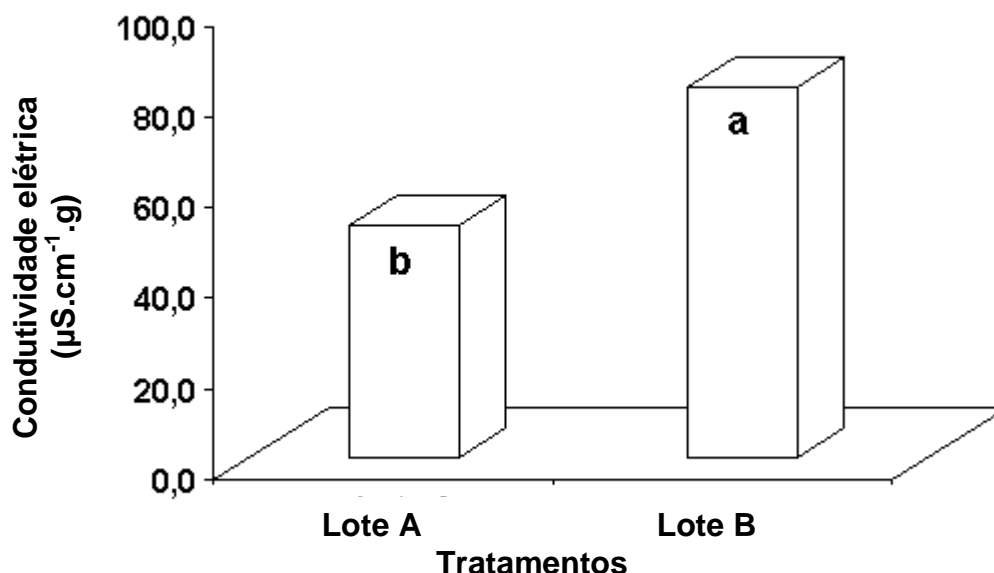


FIGURA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE DOIS LOTES (A e B) DE PINHÃO MANSÓ SUBMETIDOS AO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA MINÚSCULA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE TUKEY A 5% DE PROBABILIDADE ($P < 0,05$).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com essa técnica em diferentes espécies, viabilizando o método para a diferenciação da qualidade fisiológica entre lotes de sementes (Rodo et al., 1998; Gaspar; Nakagawa, 2002; Costa; Carvalho, 2006; Alves; Sá, 2009). Um teste de vigor, para ser considerado eficiente, deve detectar as diferenças mais sutis na qualidade dos lotes de sementes do que o teste de germinação, visto que a redução no poder germinativo é considerada o último

evento a ocorrer durante o processo de deterioração das sementes antes da sua morte (Valadares; De Paula, 2008).

Com base nos resultados obtidos (Figura 1), o lote A apresentou maior vigor em comparação ao lote B. Houve menor liberação de eletrólitos na água de embebição, revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células.

De acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999), o teste de condutividade elétrica avalia indiretamente a qualidade das sementes pela medição da quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água de embebição. Os menores valores correspondem à menor liberação de exsudados, indicando um alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células. Aspecto verificado nas sementes de pinhão manso do lote A, oriundo do Banco de Germoplasma da Embrapa Agroenergia de Brasília.

De acordo com Vanzolini e Nakagawa (1999), o processo de lixiviação é consequência da ruptura física e consequente morte de células da camada cotiledonar, por ocasião do início do processo de embebição, ou ainda pela baixa velocidade de reorganização do sistema de membranas celulares de sementes com baixo teor de água.

As sementes do lote B apresentavam um teor de umidade bem inferior ao lote A, 7,35% e 11,78%, respectivamente. Dessa forma, de acordo com Bewley e Black (1985), quanto menor o teor de umidade das sementes, maior a desorganização da membrana celular, consequentemente, maior o tempo necessário para a membrana se reestruturar e reduzir a lixiviação de solutos, tais como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas e íons inorgânicos. Talvez por isso, observou-se um valor bem mais elevado para a condutividade elétrica do lote B.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vanzolini e Nakagawa (1999) trabalhando com sementes de Amendoim (*Arachis hypogaea* L.) onde as sementes com 5% de teor de umidade tiveram os maiores valores de condutividade, quando comparadas com as de 8% e 9%. Caliari e Marcos Filho (1990), trabalhando com sementes de ervilha (*Pisum sativum*), também observaram que sementes com menor teor de umidade apresentavam maiores valores de condutividade elétrica, e por consequência, menor vigor.

O armazenamento por longos períodos de tempo contribui para que o teor de umidade nas sementes diminua. Nesse contexto, o período de estocagem das sementes em câmara seca deve ser controlado e restrito, ao passo que facilmente sob essas condições de armazenagem as sementes atingem valores de umidade baixos, em torno de 5 a 7% de teor de água, e embora estejam mais protegidas no armazenamento, são particularmente suscetíveis a estresses durante a absorção de água, caso verificado nas sementes do lote B, sob estas condições de armazenagem.

3.3.2 Germinação

Segundo os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que há interação ($p < 0,01$) entre os fatores estudados, indicando que a germinação das sementes de pinhão manso em laboratório depende da temperatura em que são submetidas e ao tipo de substrato utilizado para o teste.

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) PARA O PERCENTUAL DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO, COMPRIMENTO DA RADÍCULA (cm), IVG E MORATLIDADE, SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E A DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio			
		Germinação (%)	Comprimento da radícula (cm)	IVG ¹	Mortalidade (%)
Temperaturas (A)	2	15769,00**	27,66**	754,58**	208,33**
Substratos (B)	2	376,333**	10,73**	43,79**	325,33**
Interação A x B	4	264,333**	9,91**	6,01**	18,66**
Erro	27	28,407	0,54	1,34	23,29
Total	35				
Coefficiente de variação (%)		8,39	23,43	11,46	41,97
Teste de Bartlett (X^2)		7,195 ^{ns}	32,44*	25,69*	4,69 ^{ns}

^{ns} Não significativo

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

¹ Dados na forma de índice

Em relação à porcentagem de germinação (Tabela 2), sob a temperatura de 20°C em qualquer substrato utilizado, foram observadas as menores médias de germinação em relação às demais temperaturas utilizadas, descartando, dessa forma, essa temperatura como preferencial para a germinação das sementes da espécie em questão. Esses dados corroboram com Oliveira et al. (2005) que, trabalhando com sementes de sapota preta (*Diospyros ebenaster* Retz), observaram as menores taxas de germinação sob a temperatura de 20°C, e com Zucareli et al. (2007), que não evidenciaram germinação de sementes de fruta do conde (*Annona squamosa* L.) sob essa mesma temperatura.

No entanto, os melhores percentuais de germinação foram verificados sob temperaturas constantes de 25°C em rolo papel e em vermiculita e 30°C em qualquer substrato utilizado, conforme verificado na Tabela 2. Resultados semelhantes foram mencionados por Albrecht et al. (1986) com sementes de cerejeira (*Eugenia uniflora* L.). Machado et al. (2002), trabalhando com sementes de ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson), Pacheco et al. (2007) com sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou*), onde os maiores valores de germinação foram obtidos quando as mesmas foram submetidas a temperatura constante de 30°C, em areia ou sobre papel. Oliveira et al. (1998) evidenciaram que a temperatura constante de 25°C proporcionou melhores condições para a germinação das sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), assim como Andrade et al. (1999), estudando a germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.), Santos et al. (2006) com sementes de mamona (*Ricinus communis*) e Lone et al. (2007) com sementes de coroa de frade (*Melocactus bahiensis*).

TABELA 2 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E A DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA

Temperaturas	Substratos		
	Rolo Papel	Vermiculita	Entre Areia
20°C	31,5 b A	7,0 b B	26,5 c A
25°C	90,5 a A	83,5 a AB	75,5 b B
30°C	86,0 a A	84,0 a A	87,0 a A
Coeficiente de variação (%)	8,39		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Com a função de propiciar à semente estrutura, aeração, boa retenção de água e minimizar o grau de infestação por patógenos, o substrato acaba por desempenhar papel fundamental no processo germinativo, podendo favorecer ou prejudicar a germinação (Barbosa et al., 1990; Carvalho; Nakagawa, 2000), bem como a temperatura, existindo uma faixa ótima para a germinação das sementes, abaixo ou acima da qual pode haver estímulo ou impedimento do processo germinativo (Sacco, 1974; Rêgo; Possamai, 2004).

Embora não tenha sido evidenciada diferença significativa entre as temperaturas de 25°C e 30°C para o percentual de germinação das sementes de *Jatropha curcas* L., nos substratos rolo papel e vermiculita (Tabela 2), podem ser verificadas na Figura 2 diferenças no vigor das plântulas, sendo aquelas que se desenvolveram em rolo papel na temperatura de 30°C e entre areia em 25°C apresentaram maiores comprimentos de raiz, 6,90cm e 5,27cm, respectivamente (Tabela 3).

TABELA 3 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO COMPRIMENTO DA RAIZ PRIMÁRIA (cm) EM PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO ORIUNDAS DE SEMENTES SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C E NOS SUBSTRATOS, ROLO PAPEL, VERMICULITA E ENTRE AREIA

Temperaturas	Substratos		
	Rolo Papel	Vermiculita	Entre Areia
20°C	1,38 c A	1,42 a A	1,38 c A
25°C	3,70 b B	2,69 a B	5,27 a A
30°C	6,90 a A	2,26 a B	3,27 b B
Coefficiente de variação (%)	23,43		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

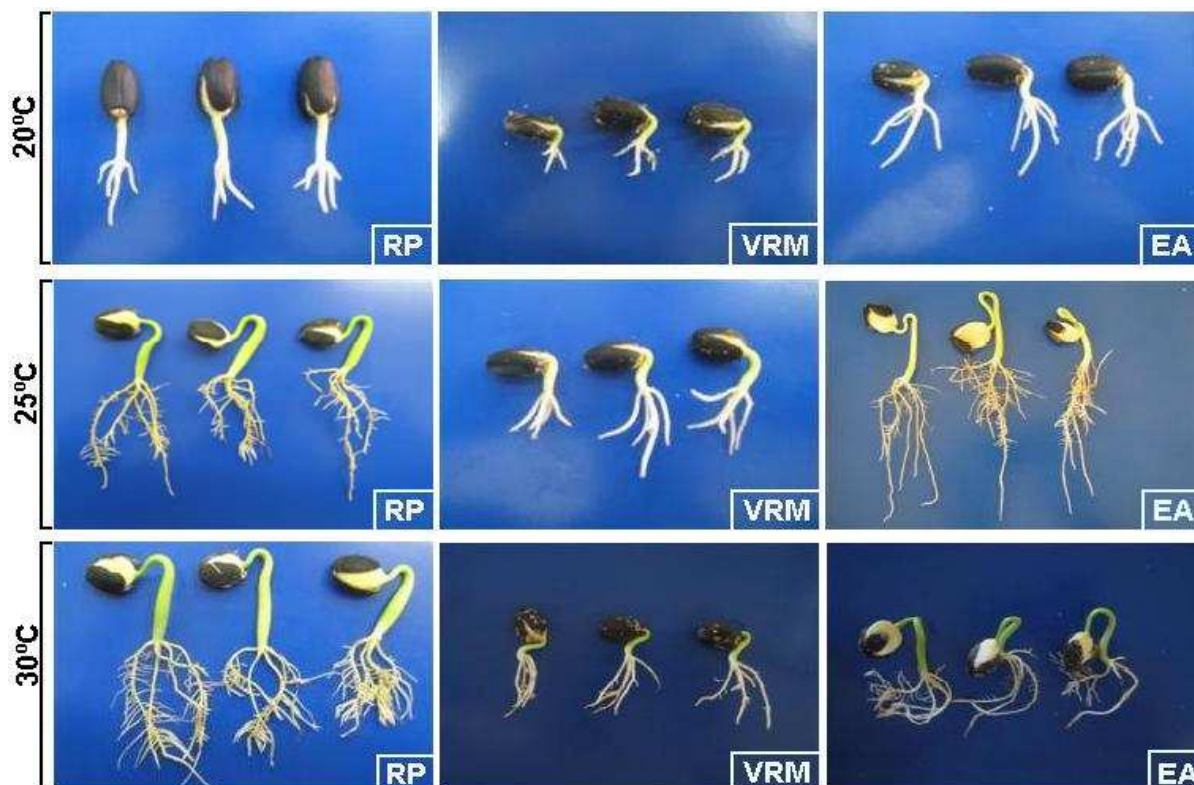


FIGURA 2 - COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA EM PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO ORIUNDAS DE SEMENTES SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C, E EM DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL (RP), VERMICULITA (VRM) E ENTRE AREIA (EA)

Em relação ao índice de velocidade de germinação (Figura 3), os maiores valores foram obtidos quando se utilizou a temperatura de 30°C. Nas demais temperaturas estudadas houve redução significativa na velocidade de germinação. Quanto aos substratos, observou-se que o rolo papel proporcionou maior velocidade de germinação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pacheco et al. (2007) com sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou*), sob temperaturas constantes de 30°C e 35°C, em papel mata borrão, areia e pó de coco, Pivetta et al. (2008) em seus trabalhos com palmeira real (*Archontophoenix cunninghamii*) observaram que a vermiculita proporcionou maior IVG em temperaturas constantes de 25°C e 30°C, Lone et al. (2007) ressaltam que o IVG para as sementes de coroa de frade (*Melocactus behienseis*) estabeleceu-se sob a temperatura de 25°C sobre papel e sobre areia.

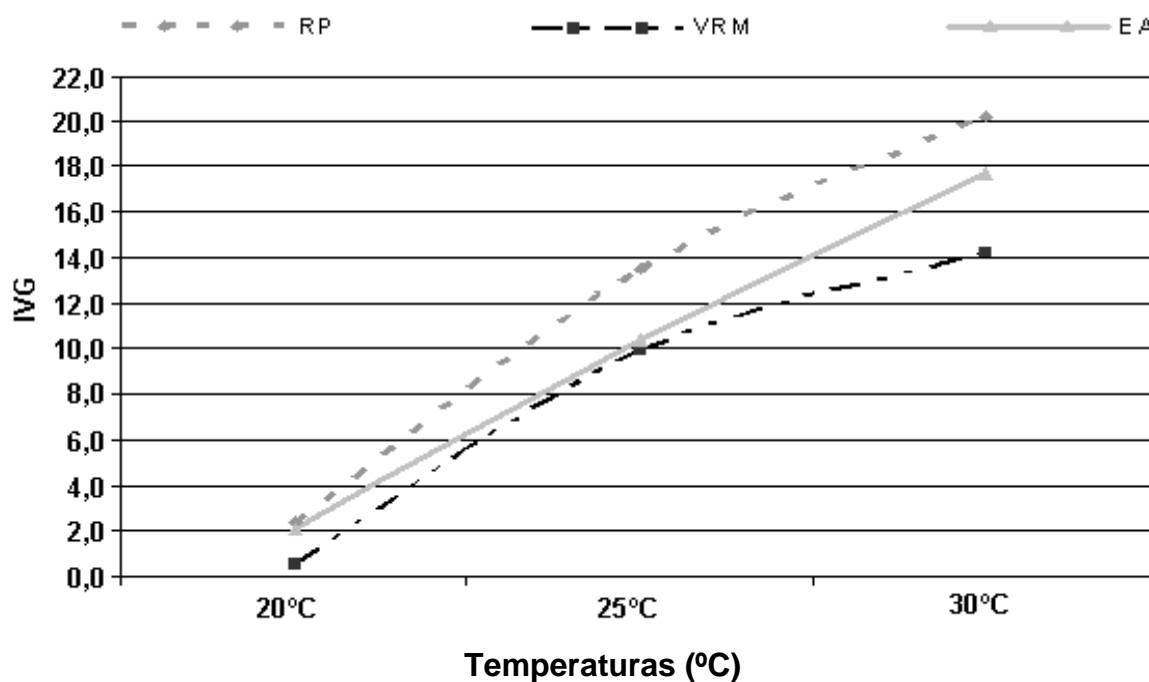


FIGURA 3 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS CONSTANTES DE 20°C, 25°C E 30°C, E DIFERENTES SUBSTRATOS, ROLO PAPEL (RP), VERMICULITA (VRM) E ENTRE AREIA (EA)

Carvalho e Nakagawa (2000) ressaltam que a germinação é resultado de uma sequência de reações bioquímicas as quais desencadeiam processos de síntese, transporte e desdobramento das substâncias de reserva armazenadas para o eixo embrionário, sendo estimuladas pela influência direta da temperatura, onde tanto mais rápida e eficiente será quanto maior for a temperatura até um determinado limite.

Foram evidenciadas baixas taxas de mortalidade nas sementes de pinhão manso, contudo, de maneira geral, a vermiculita favoreceu a incidência de fungos, afetando a germinação das sementes (Figura 4).



FIGURA 4 - INCIDÊNCIA DE FUNGOS EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TRÊS TEMPERATURAS DE CONSTANTES DE INCUBAÇÃO, 20°C, 25°C e 30°C, UTILIZANDO-SE VERMICULITA COMO SUBSTRATO

O período de germinação das sementes de pinhão manso estabeleceu-se preferencialmente entre o segundo e oitavo dias (Figura 5).

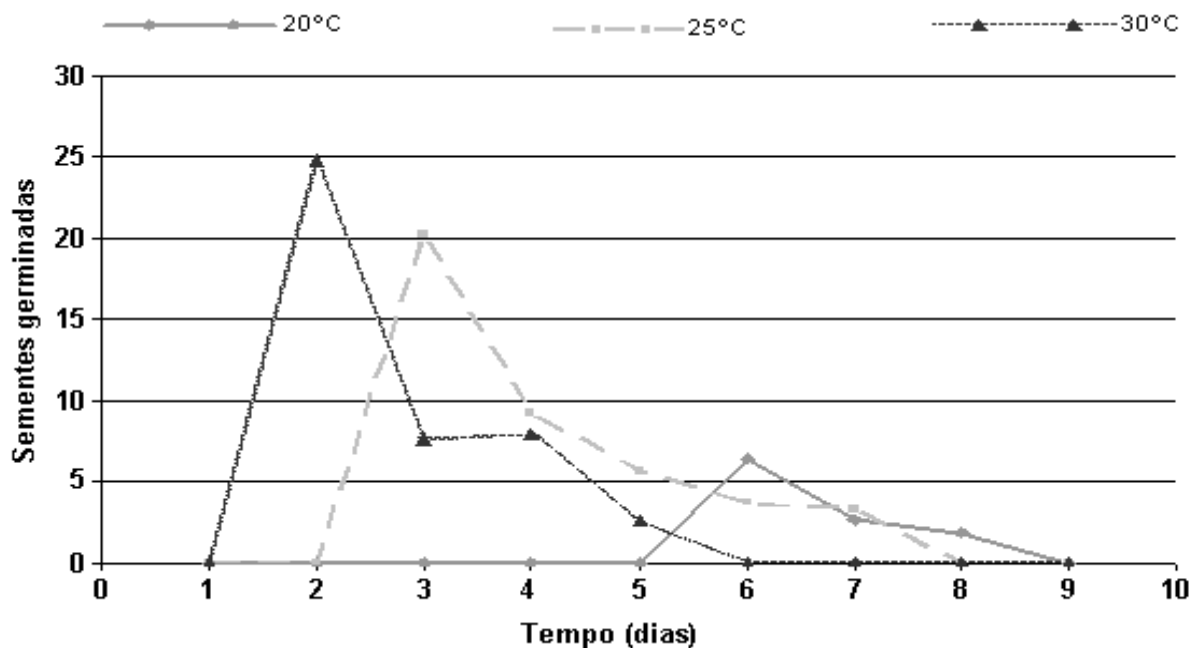


FIGURA 5 - NÚMERO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO GERMINADAS NO DECORRER DO TEMPO, SOB TRÊS TEMPERATURAS DE CONSTANTES, 20°C, 25°C e 30°C

3.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos foi possível concluir que:

O teste de condutividade elétrica foi eficiente para a separação dos lotes de sementes de pinhão manso estudados, demonstrando que o lote A, oriundo do Banco de Germoplasma de Pinhão Manso da Embrapa Agroenergia de Brasília-DF possui maior vigor.

O potencial máximo de germinação das sementes de pinhão manso foi obtido sob a temperatura de 25°C em rolo papel e a 30°C em qualquer dos substratos testados.

Os melhores resultados para o índice de velocidade de germinação foram obtidos com semeadura em rolo papel sob temperatura de 30°C e o período para a contagem de germinação das sementes de pinhão manso estabeleceu-se entre o segundo e oitavo dias.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C. de L.F.; SILVA, V.S. de M. Influência da temperatura e do tipo de substrato na germinação de sementes de cerejeira. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 8, n. 1, p. 49-55, 1986.

ALVES, C.Z.; SÁ, M.E.de. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 31, n. 1, p. 203-215, 2009.

ANDRADE, R. N. B.; SANTOS, D. S. B.; SANTOS FILHO, B. G.; MELLO, V. D. C. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre-RS, v. 1, n. 2, p. 153-162, 1995.

ANDRADE, A.C.S. de.; LOUREIRO, M.B.; SOUZA, A.D.O.; RAMOS, F.N.; CRUZ, A.P.M. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Revista Arvore**, Viçosa-MG, v. 23, n. 3, p. 279-283, 1999.

BARBOSA, J. M. F.; BARBOSA, L. M. M. & PINTO, M. M. Influência do substrato, da temperatura e do armazenamento, sobre a germinação de quatro sementes espécies nativas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 10, n. 1, p. 46-54, 1985.

BARBOSA, J. M.; BARBOSA, L. M.; SILVA, T. S.; FERREIRA, D. T. L. Influência de substrato e temperaturas na germinação de sementes de duas frutíferas silvestres. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 12, n. 2, p. 66-73, 1990.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. **Embrapa Algodão**, Campina Grande-PB, n. 98, 2006. Comunicado Técnico.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology and development**. New York: Plenum Press, 1985. p. 237-252.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

CALIARI, M.E.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina - PR, v.2, n.3, p.52-75, 1990.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2000. 588p.

COSTA, P. de. S.C.; CARVALHO, M.L.M.de. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agroecologia**, Lavras-MG, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

DUTRA, A.S.; VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 28, n. 2, p. 117-122, 2006.

DRUMOND, M.A.; ARRUDA, F.P.; ANJOS, J.B. Pinhão-manso - *Jatropha curcas* L.. **Embrapa Semi Árido**, Petrolina-PE, n. 212, 15p., 2008. Comunicado Técnico.

GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 24, n. 2, p. 70-76, 2002.

LONE, A.B.; TAKAHASHI, L.S.A.; FARIA, R.T. de.; UNEMOTO, L.K. Germinação de *Melocactus bahiensis* (CACTACEAE) em diferentes substratos e temperaturas. **Scientia Agrária**, Curitiba-PR, v. 8, n. 4, p. 365-369, 2007.

MACHADO, C.F.; OLIVEIRA, J.A. de.; DAVIDE, A.C.; GUIMARÃES, R.M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 8, n. 2, p. 17-25, 2002.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

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

MARTINS, C.C.; MARTINELLI-SENEME, A.; CASTRO, M.M.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plemk). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 24, n. 2, p. 96-101, 2002.

NAYEEM, K. A.; DESHPANDE, S. V. Genetic variability and correlation coefficients relating to seed size, seedling vigour and some physico-chemical properties in wheat. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 15, p. 699-705, 1987.

OLIVEIRA, A.P.de.; RAMOS, L.R.M.; MARTINS, C.C. Influência de substratos e temperaturas sobre a germinação e vigor de sementes peletizadas de cenoura (*Daucus carota* L.). **Agropecuária técnica**, Paraíba-PB, v. 19, n. 1, p. 1387-1391, 1998.

OLIVEIRA, I.V. de M.; CAVALCANTE, I.H.L.; BECKMANN, M.Z.; MARTINS, A.B.G. Temperatura na germinação de sementes de Sapota Preta. **Revista de biologia e ciências da terra**, Paraíba-PB, v. 5, n. 2, p. 1519-1535, 2005.

PACHECO, M.V.; MATOS, V.P.; FERREIRA, R.L.C.; FELICIANO, A.L.P. Germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. em função de diferentes substratos e

temperaturas. **Scientia Forestalis**, Curitiba-PR, n. 73, p. 19-25, 2007.

PIVETTA, K.F.L.; SARZI, I.; ESTELLITA, M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. Tamanho do diásporo, substrato e temperatura na germinação de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* (Arecaceae).. **Revista de biologia e ciências da terra**, Paraíba-PB, v. 8, n. 1, p. 1612- 1617, 2008.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; VIEIRA, J.D. Teste de germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.. **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas-SP: Fundação Cargill, 1988. p. 70-90.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília-DF: ABRATES, 1985. 298p.

RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. Efeito do Substrato e da Temperatura sobre a Germinação e Vigor de Sementes do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, n. 127, 2004.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; SAMPAIO, N.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 20, n. 1, p. 29-38, 1998.

SACCO, J. E. **Conceituação e terminologia relacionada à dormência de sementes**. Pelotas-RS: UFpel, 1974. 20p.

SANTOS, D.C. dos.; CARVALHO, L.M. de.; OLIVEIRA, L.M. de.; KATAOKA, V.Y.; NETO, A.L. dos S. Teste de germinação em sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracajú-SE. **Anais** Aracajú-SE: 2006.

SANTOS, R.S. dos.; MACEDO, A.L. de.; PANTOJA, L.; SANTOS, A.S. dos. Caracterização física e centesimal de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) originário da bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS EM PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília-DF. **Anais** Brasília-DF: 2009.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Brasil, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

TAPANES, N.O.; ARANDA, D.A.G.; CARNEIRO, J.W. de M. Transesterificação dos glicérides do óleo de *Jatropha curcas* L.: estudo teórico.. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília-DF. **Anais** Brasília-DF: 2007. p. 241-246.

TORRES, S.B.; CASEIRO, R.F.; RODO, A.B.; MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.) com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 20, n. 2, p. 241-244, 1998.

VALADARES, J.; DE PAULA, R.C. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham (Fabaceae - Faboideae). **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 273-279, 2008.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, vol. 21, no 1, p. 46-52, 1999

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor e sementes**. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, 1994. p. 103-132.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 4 – 26; 1999.

ZUCARELI, V.; FERREIRA, G.; SILVÉRIO, E.R.V.; AMARO, A.C.E. Luz e Temperatura na Germinação de Sementes de *Annona squamosa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v. 5, n. 2, p. 840-842, 2007.

4 CAPÍTULO 2: MÉTODOS PARA A SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)

RESUMO

O pinhão manso é uma espécie nativa provavelmente da América Central, arbustiva, de crescimento rápido, conhecida e cultivada há vários anos, mas que ainda encontra-se em processo de domesticação. É uma espécie com enorme potencial para a produção da matéria prima para a fabricação do biodiesel, pois seu óleo possui variações pouco significativas de acidez, estabilidade à oxidação e boa viscosidade. A presente pesquisa objetivou estudar o efeito de diferentes tratamentos para a superação da dormência em sementes de pinhão manso e foi conduzida no Laboratório de Análises Sementes Florestais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. Os seguintes tratamentos (T) foram utilizados: T1- testemunha, T2- escarificação mecânica (lixa nº 120), T3- imersão em água a 25°C (temperatura ambiente) por 24h, T4- imersão em água a 75°C por 24h e T5- imersão em água a 96°C por 24h. A germinação foi realizada em rolos de papel germiteste acondicionados em câmaras de germinação sob temperatura de 30°C sob iluminação contínua. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições de 40 sementes por unidade experimental. As variáveis analisadas foram o percentual de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Os melhores resultados foram obtidos com a imersão em água a 25°C, seguido da testemunha e da escarificação mecânica, com médias entre 100%, 96,5% e 91,5% de germinação, respectivamente. Os mesmos tratamentos também apresentaram os melhores resultados para o IVG. Já os tratamentos com imersão em água a 75°C e 96°C, tanto para o percentual de germinação quanto para o IVG não tiveram bom desempenho, provavelmente por terem ocasionado a morte do embrião. Conclui-se que as sementes de pinhão manso não apresentam dormência.

Palavras-chave: Velocidade de germinação, vigor, germinação.

METHOD TO OVERCOME THE DORMANCY IN *Jatropha curcas* L. SEEDS**ABSTRACT**

Physic nut is probably a native species of Central America. It is bushy, grows fast, is well known and cultivated for several years, but it is still in the process of domestication. It is a species with a great potential for the production of feedstock for the manufacturing of biodiesel because its oil has minor acidity variations, stability to oxidation and good viscosity. This research aimed to study the effect of different treatments to overcome dormancy in seeds of *Jatropha curcas* L. and was conducted in the Laboratory of Forest Seeds Analysis of Federal University of Parana, Curitiba-PR. The following treatments (T) were used: T1- witness, T2-water immersion at 25°C (room temperature) for 24h, T3-water immersion at 75 ° C for 24h, T4-water immersion at 96°C for 24h and T5- mechanical scarification (sanding n°120). Germination was tested in germtest paper placed in germination chambers at a temperature of 30°C. The experiment was a completely randomized design with three replications of 40 seeds each. The variables analyzed were the germination percentage and the germination speed index (GSI). The best results were obtained with immersion in water at 25°C, followed by the witness and mechanical scarification, with averages between 100%, 96.5% and 91.5% germination, respectively. The same treatments also showed better results for the GSI. On the other hand, the treatments with water immersion at 75°C and 96 C for both the germination percentage, as well as for the GSI did not have a good performance most likely because they caused the death of the embryo. *Jatropha curcas* L. seeds did not exhibit dormancy.

Key words: germination speed, vigor, germination.

4.1 INTRODUÇÃO

O pinhão manso é uma oleaginosa, pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona, mandioca e seringueira. É considerada como matéria prima potencial para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), por possuir características ótimas à obtenção do biodiesel, como altos teores de óleo na semente, bom rendimento de grãos e ótima versatilidade em adaptar-se a diferentes regiões (Durães; Laviola, 2010).

É uma espécie perene, de crescimento rápido, caducifólia, que pode atingir mais de 5 m de altura. Os frutos são do tipo cápsula ovóide, trilocular, contendo via de regra, três sementes, sendo uma semente por lóculo, apresentando teor de óleo com potencial para produzir acima de 1.200 kg de óleo por hectare (Arruda et al., 2004). Contudo, é uma espécie que carece de informações técnicas básicas a fim de superar todos os desafios científicos para sua inserção na cadeia produtiva do biodiesel (Saturnino et al., 2005).

Assim, torna-se fundamental o conhecimento das condições propícias à germinação, sendo que diversas espécies têm sua propagação dificultada pela ocorrência de dormência das sementes. A presença de embriões imaturos e de tegumentos impermeáveis à água ou ao oxigênio, por restrições mecânicas ou pela presença de substâncias inibidoras da germinação, são as principais causas encontradas para tal fato (Popiginis, 1995; Santos et al., 2003)

A dormência é um fenômeno intrínseco da semente, funcionando como mecanismo natural de resistência a fatores adversos do meio. A impermeabilidade do tegumento torna-se um problema sério na medida em que restringe a entrada de água e oxigênio, prejudicando a germinação e a conseqüente formação das mudas (Carvalho; Nakagawa, 2000; Albuquerque et al., 2007).

Entre os métodos mais utilizados para superar a dormência em sementes destaca-se a escarificação mecânica, como sendo uma técnica prática e segura, além de ser um método simples e de baixo custo (Eira et al., 1993; Santos et al., 2004). A imersão em água sob diferentes temperaturas também constitui um método simples, rápido e barato (Brasil, 2009).

Assim, como não existem métodos estabelecidos para o pinhão manso na RAS (Regras de Análise de Sementes) o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes métodos para a superação da dormência em sementes de pinhão manso, fornecendo assim conhecimentos técnico-científicos que permitam a criação de um protocolo de germinação da espécie.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba-PR. Foram utilizadas sementes oriundas do Banco de Germoplasma de Pinhão Manso da Embrapa Agroenergia de Brasília-DF.

Inicialmente foi determinado o grau de umidade das sementes, com o método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, utilizando-se três repetições de 15 sementes e a determinação do peso de mil sementes pelo método proposto na RAS (Brasil, 2009). Posteriormente, as sementes foram submetidas aos seguintes tratamentos pré germinativos:

- T1: Testemunha (sem tratamento)
- T2: Escarificação mecânica (lixa nº120)
- T3: Imersão em água a 25°C (temperatura ambiente) por 24h
- T4: Imersão em água a 75°C por 24h
- T5: Imersão em água a 96°C por 24h

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram submetidas a germinação em papel germiteste (rolo) umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Posteriormente mantidas em câmaras de germinação tipo Mangelsdorf, sob a temperatura de 30°C e luz constante.

As contagens foram realizadas diariamente, computando-se o número de sementes germinadas. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam comprimento radicular maior do que 1mm. As variáveis analisadas foram a porcentagem de germinação (Brasil, 2009), o índice de velocidade de germinação (IVG) conforme proposto por Maguire (1962) apud Carvalho e Nakagawa (2000), o percentual de mortalidade e o comprimento da radícula.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, utilizando-se cinco repetições de 40 sementes. As variáveis cujas médias apresentaram diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de umidade das sementes de pinhão manso encontrava-se em 8,78% e o peso de mil sementes foi de 58,93g. A contagem de sementes germinadas estabeleceu-se entre o terceiro e sétimo dias após a instalação do experimento onde, ao final deste período, todas as sementes já haviam germinado ou encontravam-se mortas.

Pelos resultados obtidos na análise de variância para todas as variáveis analisadas, houve diferença significativa entre os tratamentos para quebra de dormência (Tabela 4).

TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE GERMINAÇÃO (IVG), MORTALIDADE E COMPRIMENTO DA RADÍCULA (cm) DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO OBTIDOS PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Fator de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio			
		Germinação (%)	IVG ¹	Mortalidade (%)	Comprimento da radícula (cm)
Tratamentos	4	3130,250**	46,272**	3130,250**	39,604**
Erro	20	28,875	0,338	28,875	0,513
Coeficiente de variação (%)		6,85	6,25	24,88	14,12

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

¹ Dados na forma de índice

Pelos resultados obtidos no teste de germinação, observa-se que três tratamentos pré germinativos (testemunha, escarificação mecânica com lixa nº 120 e imersão em água 25°C por 24h) foram eficientes em favorecer a embebição do tegumento, resultando em uma maior porcentagem de germinação (Tabela 5).

No entanto destaca-se o tratamento em imersão em água a 25°C por 24h, o qual resultou em 100% de sementes germinadas, mesmo não diferindo significativamente da testemunha (96,5%) e da escarificação mecânica com lixa nº 120 (91,5%), mas por ter germinado mais rapidamente (IVG) e ter apresentado maior comprimento radicular, conforme pode ser observado na Tabela 5.

TABELA 5 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG), MORTALIDADE E COMPRIMENTO DA RADÍCULA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS PARA A QUEBRA DA DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Tratamentos	Germinação (%)	IVG ¹	Mortalidade (%)	Comprimento da radícula (cm)
Testemunha	96,5 a	10,28 b	3,50 c	2,78 c
Lixa nº 120	91,5 a	10,69 b	8,50 c	4,40 b
Água 25°C	100,0 a	13,00 a	0,00 c	9,98 a
Água 75°C	60,5 b	7,37 c	39,5 b	4,08 bc
Água 96°C	43,5 c	5,22 d	56,5 a	4,12 bc
Coefficiente de variação (%)	6,85	6,25	24,88	14,12

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

¹ Dados na forma de índice

Nos trabalhos conduzidos por Stenzel et al. (2003) com sementes de atemóia (*Annona cherimola* Mill.), a imersão em água fria como tratamento pré germinativo aumentou o percentual de germinação quando comparada a testemunha sem nenhum tratamento, bem como o observado por Miclos et al. (2008) em sementes de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* VELL.).

De acordo com Pacheco (2002), a embebição das sementes em água pode propiciar o surgimento de fissuras no tegumento que permitem a entrada da umidade para desencadear o processo germinativo.

Tedesco et al. (2001) trabalhando com a espécie *Adesmia incana* e Santos et al. (2004) trabalhando com sementes de chichá (*Sterculia foetida* L.) verificaram que a escarificação mecânica da semente é um método eficiente, rápido e fácil para a superação da dormência das sementes dessas espécies, confirmando sua utilização para uma germinação uniforme. Tais resultados corroboram com os encontrados com as sementes de pinhão manso.

O atrito da semente com uma superfície abrasiva provoca a ruptura ou enfraquecimento do tegumento propiciando a entrada de água e oxigênio, fatores fundamentais para a germinação.

Assim, mesmo que o percentual de germinação não tenha diferido significativamente da testemunha (sem tratamento) e da escarificação mecânica, o tratamento de imersão em água a 25°C destacou-se dos demais. As sementes germinaram com maior vigor, apresentando um maior comprimento da radícula,

diferindo significativamente nessa variável em relação aos demais tratamentos, conforme pode ser constatado na Tabela 5 e no comparativo visual entre os tratamentos na Figura 6.

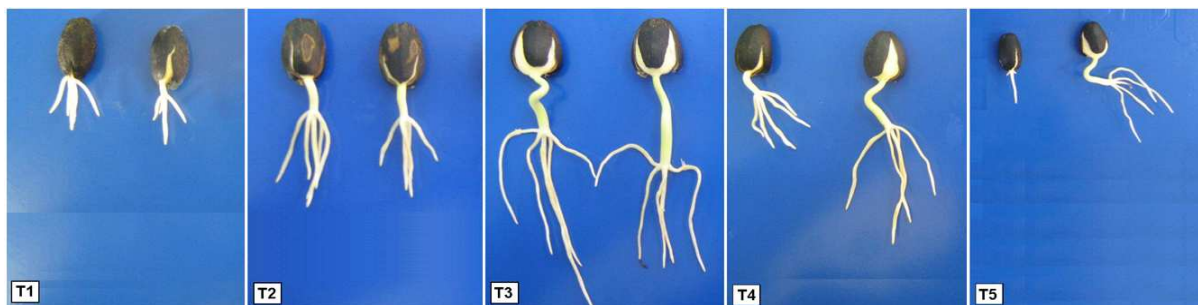


FIGURA 6 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO SUBMETIDAS A TRATAMENTOS PRÉ GERMINATIVOS (T1: TESTEMUNHA, T2: ESCARIFICAÇÃO COM LIXA, T3: IMERSÃO EM ÁGUA 25°C (24H), T4: IMERSÃO EM ÁGUA A 75°C (24H) E T5: IMERSÃO EM ÁGUA A 96°C (24H)) PARA SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA. UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Houve, entretanto, um alto índice de mortalidade nos tratamentos com imersão em água a 75°C e 96°C por 24h, uma vez que a água quente provavelmente deve ter atingido o embrião, causando sua morte e inviabilizando a germinação (Tabela 5). A água, em temperaturas elevadas, é um tratamento físico utilizado para quebrar a dormência de sementes; mas, apesar de ser um método vantajoso pelo baixo custo, os resultados obtidos com sua utilização têm sido contraditórios (Santarém; Áquila, 1995; Teles et al., 2000; Pacheco; Matos, 2009).

Albuquerque et al. (2007) trabalhando com sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* KUNTH.) relatam uma redução drástica na germinação em tratamento com água a 80°C. Em relação ao índice de velocidade de germinação, de acordo com a Tabela 5, observou-se que os maiores índices de velocidade de germinação estão associados diretamente à porcentagem de germinação.

4.4 CONCLUSÃO

As sementes de pinhão manso não apresentam dormência; no entanto, a imersão das sementes em água a 25°C (temperatura ambiente) por 24h como tratamento pré germinativo acelera o processo de germinação e faz com que a protrusão radicular seja mais vigorosa.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E. de M.; ANDRADE, A.P. de.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande-PB, v. 8, n. 3, p. 789-799, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2000. 588p.
- DURÃES, F.O.; LAVIOLA, B.G. Pinhão Manso: Matéria prima potencial para produção de biodiesel no Brasil. **Embrapa Agroenergia**, Brasília-DF, n. 19, 2010. Comunicado Técnico.
- EIRA, M.T.S.; FREITAS, R.W.A.; MELLO, C.M.C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) Morong.-Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 15, n. 2, p. 177-182, 1993.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MICLOS, J.S.; COTRIM, A.T.C.; ARAÚJO, G.P. Avaliação de métodos utilizados para superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) MORONG (tamboril) – LEGUMINOSAE (MIMOSIDAE). In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2008**.
- PACHECO, M.V. **Superação de dormência em sementes de *Caryocar brasiliense* Camb.** 31p. Monografia - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros-MG, 2002.
- PACHECO, M.V.; MATOS, V.P. Método para superação de dormência tegumentar em sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 4, n. 1, p. 62-66, 2009.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília-DF: ABRATES, 1985. 298p.
- SANTARÉM, E.R.; AQUILA, M.E.A. Influência de métodos de superação de dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (COLLADON) IRWIN & BARNEBY (LEGUMINOSAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 17, n. 2, p. 205-209, 1995.
- SANTOS, M.R.A.; PAIVA, R.; GOMES, G.A.C.; PAIVA, P.D.O.; PAIVA, L.V. Estudos sobre superação de dormência em sementes de *Smilax japecanga* GRISEBACH. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 27, n. 2, p. 319-324, 2003.

SANTOS, T.O.dos.; MORAIS, T.G.O.; MATOS, V.P. Escarificação mecânica em sementes de chichá (*Sterculia foetida* L.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2004.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Brasil, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SEIFFERT, N.F. Métodos de escarificação de sementes de leguminosas forrageiras tropicais. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande-MS, n. 13, 1982.

STENZEL, N.M.C.; MURATA, I.M.; NEVES, C.S.V.J. Superação da dormência em sementes de atemóia e fruta-do-conde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 2, p. 305-308, 2003.

TEDESCO, S.B.; STEFANELLO, M.O.; SCHIFINO-WITTMANN, M.T.; BATTISTIN, A.; DALL'AGNOL, M. Superação de dormência em sementes de espécies de *Adesmia* DC. (LEGUMINOSAE). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 7, n. 2, p. 89-92, 2001.

TELES, M.M.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, J.C.G.de.; BEZERRA, A.M.E. Métodos para Quebra da Dormência em Sementes de Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 387-391, 2000.

5 CAPÍTULO 3: MINIESTAQUIA DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA

RESUMO

Pinhão manso (Euphorbiaceae) é uma espécie com grande potencial para suprir a demanda energética do mercado dos biocombustíveis, por ser considerada uma planta rústica e de crescimento rápido, cujo óleo extraído das sementes possui as características necessárias para a fabricação do biodiesel, como viscosidade e estabilidade à oxidação. A miniestaquia é um dos métodos de propagação vegetativa que vem surgindo como alternativa na produção de mudas e as auxinas são os reguladores vegetais mais empregados nesta técnica para estimular a iniciação de raízes adventícias em miniestacas. Uma vez que ainda há carência de informações técnicas sobre a propagação vegetativa da espécie, o presente estudo teve como objetivo verificar a resposta de enraizamento de miniestacas oriundas de brotações juvenis de minicepas coletadas em quatro épocas de coleta (março, setembro e novembro/2009 e abril/2010). Os experimentos foram instalados no Laboratório de Macropropagação da Embrapa Florestas, em Colombo-PR, onde as miniestacas confeccionadas com 4-6 cm de comprimento e um par de folhas com sua área reduzida à metade foram submetidas a tratamentos com ácido indol butírico (IBA) nas concentrações de 0, 250, 500 e 1000 mg L⁻¹ na base das estacas por 10 segundos. Após 60 dias, foram avaliadas as porcentagens de miniestacas enraizadas, com calos, vivas e mortas, em um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x4 (concentrações do regulador vegetal x época de coleta). As maiores porcentagens de enraizamento foram obtidas no tratamento sem a aplicação de IBA, no verão (83,33%), inverno (78,13%) e no outono (85,0%), e com a aplicação de 250 mg L⁻¹ na primavera (86,25%). Assim, conclui-se que a aplicação de IBA apresenta pouca influência no enraizamento de miniestacas de brotações juvenis de pinhão manso, sendo desnecessária sua aplicação.

Palavras-chave: Propagação vegetativa, regulador vegetal, enraizamento.

MINICUTTING OF JATROPHA (*Jatropha curcas* L.) IN FOUR SEASONS OF THE YEAR

ABSTRACT

Physic nut (Euphorbiaceae) is a species with great potential to supply the energy demand of the market for biofuels because it is considered a rustic plant that grows fast, and whose oil extracted from the seeds has the required characteristics for the manufacturing of biodiesel, such as viscosity and stability to oxidation. Minicutting is an alternative of propagation methods in seedling production, and the auxins are the most widely used plant growth regulators in this technique to stimulate the adventitious roots initiation in cuttings. Since there is still a lack of technical information about the propagation of the species, this study aimed to examine the rooting response of cuttings derived from juvenile shoots of mini-stumps collected in the four seasons of the year (march, september and november/2009 and april/2010). The experiments were conducted at the Macropropagation Laboratory of Embrapa Forests, in Colombo-PR, where the cuttings were made with a length of 4-6 cm and a couple of sheets with their area halved underwent treatment with indole butyric acid (IBA) concentrations of 0, 250, 500 and 1000 mg L⁻¹ at the base of the cuttings for 10 seconds. After 60 days, it was evaluated the percentage of rooted cuttings, with callus, living and dead, conducted in a completely randomized design with a factorial arrangement of 4x4 (concentrations x time of the year). The highest rooting percentages were obtained in the treatment without the application of IBA in the summer (83.33%), winter (78.13%) and autumn (85.0%), and the application of 250 mg L⁻¹ in spring (86.25%). Thus, it was concluded that the application of IBA has little effect on the rooting of cuttings from juvenile shoots of *Jatropha curcas* L., and its application is unnecessary.

Key words: Vegetative propagation, plant growth regulators, rooting.

5.1 INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias para suprir a demanda energética vem crescendo em todo o mundo, sendo a utilização de fontes renováveis uma excelente opção (Gontijo et al., 2008), uma vez que a produção dos poços de petróleo entrará em declínio a partir de 2013 (Skrebowski, 2006).

Por possuir características ecologicamente corretas, o biodiesel vem sendo considerado uma importante alternativa para a substituição dos derivados de petróleo. Isso se deve a redução da emissão de gases poluentes, pois é neutro em relação ao gás carbônico e principalmente por ser biodegradável (Gerpen, 2005).

A demanda por matrizes potencialmente produtoras de óleo com características para a fabricação dos biocombustíveis é justificada pela obrigatoriedade da mistura do biodiesel ao óleo diesel originário do petróleo. Atualmente está estabelecido 5% de mistura o que irá gerar um mercado mínimo de 2,6 bilhões de litros/ano (Marques; Ferrari, 2008).

Como consequência, a produção dos biocombustíveis deve aumentar substancialmente, pois permite principalmente em países emergentes, a possibilidade da produção e comercialização de oleaginosas por pequenos produtores, com fixação do homem no campo, geração de renda e inclusão social (Gontijo et al., 2008).

Jatropha curcas L., é uma oleaginosa pertencente a família Euphorbiaceae, com enorme potencial para suprir a demanda crescente do mercado do biocombustível. Possui elevado teor de óleo nas sementes, cerca de 25 a 40% (Arruda et al., 2005), com todas as características necessárias para ser transformado em biodiesel (Tapanes et al., 2007).

É uma espécie amplamente difundida, principalmente explorada na América Central, África e Índia e facilmente adaptada às regiões quentes do Brasil (Saturnino et al., 2005). Apresenta características desejáveis como adaptabilidade, rusticidade e tolerância à seca (Nobre et al., 2007), capaz de atingir uma produção de óleo em torno de 2.200 Kg/ha⁻¹ ano em condições ambientais extremas, sendo uma boa opção para os sistemas de pequenas propriedades com mão de obra familiar (Saturnino et al., 2005).

É um arbusto de crescimento rápido podendo atingir cerca de 5 metros de altura (Avelar et al., 2005), com folhas verdes, esparsas e brilhantes, decíduas, em forma de palma, que caem na estação seca (Drummond et al., 1984; Arruda et al., 2005; Saturnino et al., 2005). Produz um fruto capsular ovóide, contendo cerca de 3 sementes de coloração preta com estrias (Nunes et al., 2008).

No entanto, o fomento dessa cultura no país passa pela necessidade de realização de pesquisas em várias áreas do conhecimento para o estabelecimento da cadeia produtiva da espécie, já que esta ainda apresenta-se em domesticação (Beltrão; Cartaxo, 2006).

A propagação vegetativa é o método mais rápido e eficiente para a produção de mudas em diversas culturas frutíferas, ornamentais e florestais. A obtenção de indivíduos geneticamente idênticos à matriz, uniformidade de populações e precocidade na produção são algumas de suas vantagens (Hartmann et al., 2002; Severino et al., 2007).

A miniestaquia surge como alternativa para a multiplicação de diversas espécies, principalmente aquelas que apresentam algum problema com as sementes ou que apresentam alta variabilidade genética em populações de origem seminal (Neves et al., 2005). Fundamenta-se na capacidade de regeneração dos tecidos, dependendo de duas características básicas, a totipotência e a desdiferenciação celular (Pádua, 1983; Graça; Tavares, 2000).

Contudo, o sucesso da técnica está diretamente atrelado ao desenvolvimento de raízes (Fachinello, 1995), existindo espécies que, naturalmente, não enraízam bem, e só emitem raízes quando tratadas com reguladores vegetais (Silva, 1984). Diversos são os fatores que podem afetar a capacidade de enraizamento de uma espécie, dentre os quais se destaca a época do ano em que são coletadas as estacas, a variação da intensidade luminosa e sua relação com os fotoassimilados (Zuffellato-Ribas; Rodrigues, 2001).

As pesquisas com o pinhão manso ainda são incipientes e pouco se conhece, principalmente em relação à propagação vegetativa. Contudo, Smiderle e Kroetz (2009) constataram que a utilização de estacas lenhosas desenvolvem melhor o sistema radicial, sendo o mesmo verificado por Kockhar et al. (2008) e Noor Camellia et al. (2009), em comparação às estacas semilenhosas e herbáceas. Por outro lado, Araújo et al. (2009), estudando a produção de mudas da espécie,

verificaram que miniestacas lenhosas apresentam potencial mais elevado para a obtenção de mudas que miniestacas herbáceas.

Diante do exposto e pela carência de informações técnicas que viabilizem a propagação da espécie, este trabalho teve como objetivos estudar o enraizamento de miniestacas caulinares de pinhão manso coletadas em quatro épocas de coleta, utilizando-se diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Miniestaquia

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Macropropagação da Embrapa Florestas, em Colombo – PR.

Mudas obtidas a partir de sementes (oriundas do Banco de Germoplasma de Pinhão Manso da Embrapa Agroenergia de Brasília-DF) foram plantadas em recipientes plásticos com volume de 1800 cm³, contendo terra como substrato, onde permaneceram em estufa sem o controle de temperatura e com irrigações diárias e com controle de adubação. Essas mudas sofreram poda apical para se tornarem minicepas, formando um minijardim, composto por 163 minicepas, as quais forneceram brotações juvenis (miniestacas) para o estudo do enraizamento.

A solução básica de nutrição das minicepas continha: sulfato de amônio (4 g L⁻¹), superfosfato triplo: (4 g L⁻¹), FTE BR-12 (1 g L⁻¹) e cloreto de potássio (4 g L⁻¹). Os períodos de coletas das miniestacas foram:

- 05/03/2009
- 13/09/2009
- 26/11/2009
- 12/04/2010

As miniestacas apresentavam diâmetro médio em torno de 0,8cm e foram confeccionadas com um comprimento de 4 a 6cm, com corte em bisel na base e corte reto na porção superior, mantendo-se um par de folhas no ápice com área reduzida à metade. Durante o processo de confecção, as miniestacas foram mantidas em baldes com água para evitar desidratação do material.

Em seguida, as bases das estacas foram imersas em soluções hidroalcoólicas (50% v/v) em diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA), por 10 segundos de imersão conforme os seguintes tratamentos (T):

- T1: 0 mg L⁻¹ (testemunha)
- T2: 250 mg L⁻¹
- T3: 500 mg L⁻¹

- T4: 1000 mg L⁻¹

As estacas do Tratamento 1 (testemunha) foram imersas em água e álcool sem a presença do regulador vegetal. O ácido indol butírico P.A. utilizado foi do laboratório Vetec^R.

O plantio foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 53cm³, preenchidos com vermiculita de granulometria média, e mantidos em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (em torno de 90% UR – umidade relativa e temperatura ao redor de 25°C) do Laboratório de Macropropagação da Embrapa Florestas, em Colombo – PR.

A Figura 7 representa a sequência utilizada no processo de miniestaquia do pinhão manso.

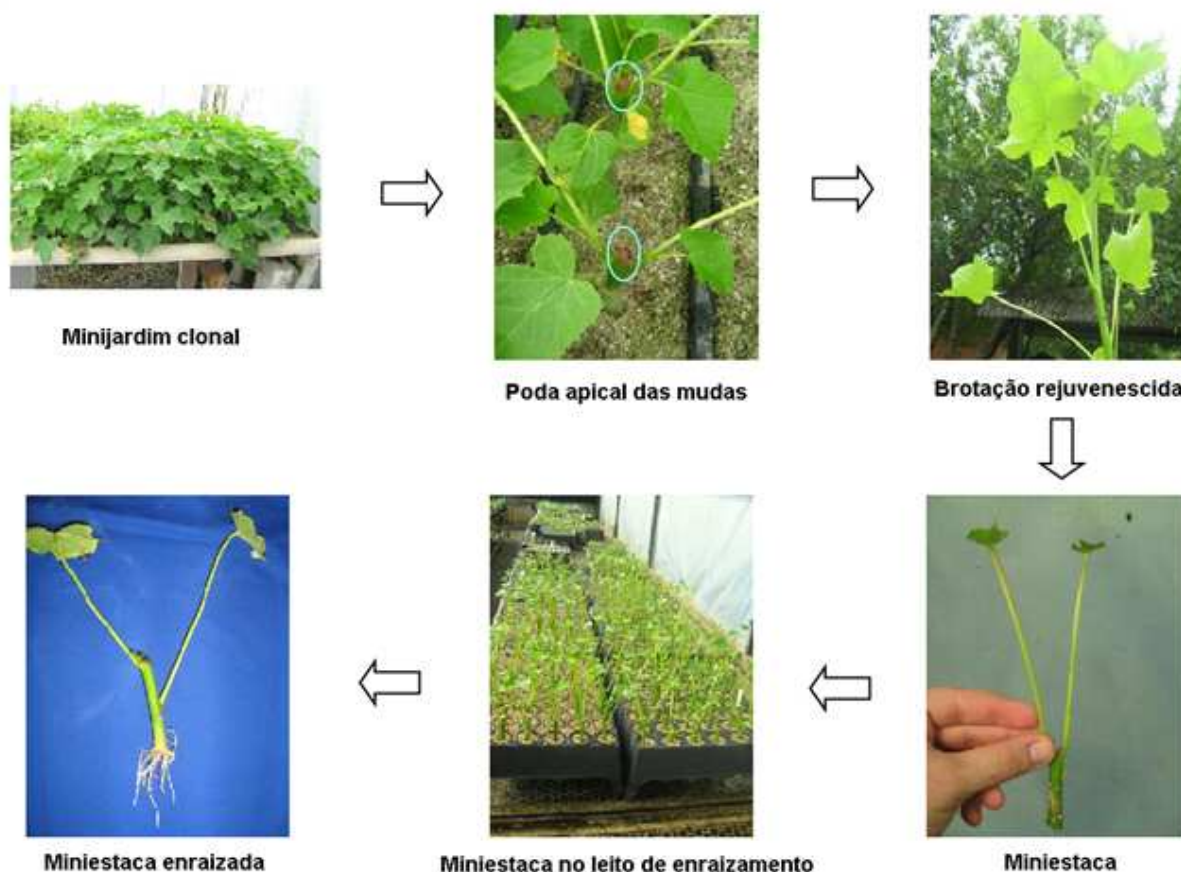


FIGURA 7 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Jatropha curcas* L.

Transcorridos 60 dias após a instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentaram raízes de, pelo menos 1mm de comprimento);

- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Número de raízes por estacas;
- Comprimento das três maiores raízes por estaca (em cm);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados);

Foi realizada ainda a avaliação da produtividade de brotações/minicepa em cada coleta de miniestacas, resultando na produtividade de miniestacas/ minicepa/ coleta e por m².

Os experimentos foram realizados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 4x4 (concentrações do regulador vegetal x períodos de coleta) com 4 repetições de 18 estacas por unidade experimental na primeira coleta (março/2009), 12 estacas na segunda (setembro/2009), 22 estacas na terceira (novembro/2009) e 15 na quarta (abril/2010).

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.2.2 Análises anatômicas

Em junho de 2010, foram coletadas amostras das bases de estacas, com cerca de 3cm de comprimento, para realização da análise e descrição anatômica das mesmas, as quais foram fixadas em FAA a 70% (Johansen, 1940), por 24h e conservadas em álcool 70% (Figura 8A) até o início das atividades no laboratório de anatomia vegetal.

O material destinado à preparação das lâminas foi cortado em fragmentos de 1,5cm, colocado em recipiente individual com o mesmo álcool 70% que estava armazenado mais a adição do polietilenoglicol 1500 (derretido em estufa a 60 °C), na proporção de 1:1, sendo deixado em estufa, em frasco fechado por duas horas,

destampado e deixado por 24 horas e levado ao vácuo durante mais 24 horas para infiltração em um compressor-aspirador (Dia-Pump) modelo CA (Figura 8C). Posteriormente, o volume do frasco foi completado novamente com polietileno, onde permaneceu em estufa a 60°C por mais dois dias, finalizando o processo de infiltração.

As amostras foram incluídas em caixas de papel contendo o polietileno líquido e deixadas à temperatura ambiente por 24 horas para solidificar (Figura 8D). Em seguida o papel foi retirado e os blocos fixados em um tutor de madeira, levados à geladeira por mais 24 horas.

Após esse período, os blocos (Figura 8E), foram seccionados em micrótomo de rotação (marca Olympus CUT 4055) (Figura 8F) e seccionados com 20 micrometros de espessura. Em seguida, a fita com os cortes foi submergida em água em placa de Petri, para dissolução do polietileno. Alguns dos cortes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de amido; cloreto férrico, para a identificação de compostos fenólicos e Sudam III, para a identificação de lipídios; sendo o restante dos cortes corado com safrablau ou azul de toluidina para a identificação de celulose e lignina. As lâminas teste foram comparadas com uma lâmina padrão sem nenhuma coloração ou reagente.

A metodologia para a coloração dos cortes foi a mesma para todos os testes realizados, mudando apenas o tempo de exposição ao corante, conforme segue:

Na Figura 8H, por exemplo, o corante safrablau foi colocado em um vidro de relógio. Em seguida, com o auxílio de uma peneira, os cortes foram imersos por 2 minutos, após esse período os cortes foram lavados com água destilada por duas vezes para a retirada do excesso (Figura 8I).

As lâminas foram montadas, em gelatina glicerizada e posteriormente vedadas com esmalte incolor. As fotomicrografias foram realizadas em microscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada.



A
Coleta e armazenamento das estacas



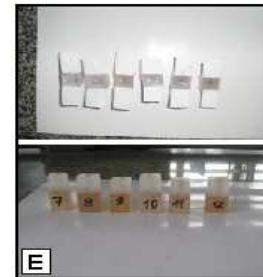
B
Preparo para infiltração



C
Infiltração



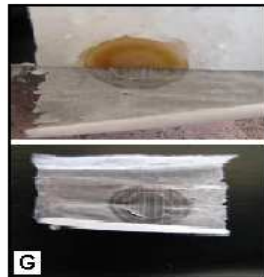
D
Confeção dos blocos 1



E
Confeção dos blocos 2



F
Preparação dos cortes



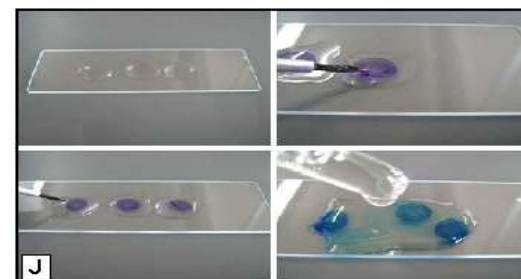
G
Cortes



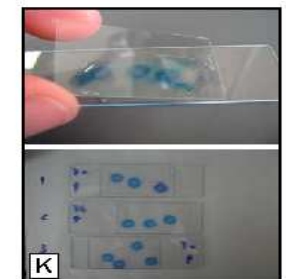
H
Coloração 1



I
Coloração 2



J
Confeção das lâminas



K
Lâminas

FIGURA 8 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA A DESCRIÇÃO ANATÔMICA DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, SENDO A: COLETA E ARMAZENAMENTO DAS ESTACAS; B: PREPARO PARA INFILTRAÇÃO; C: INFILTRAÇÃO; D e E: CONFECÇÃO DOS BLOCOS; F: PREPARAÇÃO DOS CORTES; G: CORTES; H e I: COLORAÇÃO; J: CONFECÇÃO DAS LÂMINAS; K: LÂMINAS

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Miniestaquia

Os resultados e sua respectiva discussão são apresentados por variável estudada, obedecendo a seqüência de porcentagem de enraizamento, porcentagem de estacas com calos, número e comprimento médio das raízes formadas, porcentagem de sobrevivência, mortalidade e produtividade de brotações/minicepa.

5.3.1.1 Porcentagem de enraizamento e de miniestacas com calos

De acordo com a Tabela 6, é possível verificar que há interação significativa entre a época em que foram coletadas as miniestacas e as concentrações de IBA utilizadas. Os melhores resultados para o enraizamento foram obtidos com a testemunha e com a aplicação de 250 mgL⁻¹ (Tabela 7), nas coletas realizadas em março e setembro de 2009, com exceções às coletas realizadas em novembro de 2009 onde os maiores percentuais de enraizamento foram obtidos com a aplicação de 250, 500 e 1000 mgL⁻¹ (Tabela 7). Em abril/2010, a testemunha apresentou a maior porcentagem de enraizamento (85,00%), diferindo estatisticamente das demais concentrações.

TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DAS PORCENTAGENS DE ENRAIZAMENTO E DE CALOS EM MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010)

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	
		Enraizamento	Calos
Época de coleta (A)	3	1625,685**	3841,090**
Concentrações (B)	3	3796,049**	594,361*
Interação A x B	9	1008,203**	895,435**
Erro	48	158,610	198,342
Total	63		
Coeficiente de variação (%)		22,10	66,37
Teste de Bartlett (X ²)		8,495 ^{ns}	

** significativo a 1%

* significativo a 5%

^{ns} Não significativo

Apesar da análise estatística não evidenciar diferença significativa entre a testemunha e a aplicação de 250 mgL⁻¹ de IBA, em março e setembro de 2009, constata-se que, numericamente, as maiores taxas de miniestacas enraizadas de pinhão manso ocorreram sem a necessidade da aplicação do regulador vegetal. Levando-se em consideração uma produção de mudas em larga escala, essa diferença pode tornar-se economicamente importante para o produtor.

TABELA 7 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO ENRAIZADAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Época de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹			
	0	250	500	1000
Março/2009	83,33 a A	61,11 bc AB	45,37 ab B	56,95 a B
Setembro/2009	78,13 ab A	65,63 ab AB	25,00 b C	43,75 abBC
Novembro/2009	56,25 b B	86,25 a A	63,75 a AB	66,25 a AB
Abril/2010	85,00 a A	38,34 c B	30,00 b B	26,67 bB
Coeficiente de Variação (%)	22,10			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A formação do sistema radicial em estacas está relacionada tanto a fatores internos quanto externos. Entre os fatores externos, a coleta de material vegetativo em diferentes épocas do ano, por exemplo, pode influenciar diretamente no processo, gerando diferentes percentuais de enraizamento, o que varia de espécie para espécie, como verificado por Bastos et al. (2004).

Essa influência se justifica já que a indução radicial se relaciona de maneira direta a alguns fatores ambientais, tais como temperatura, luz e umidade. Tais fatores variam conforme as diferentes épocas do ano, e acabam interferindo no estado nutricional e metabólico das plantas (Zuffellato-Ribas; Rodrigues, 2001; Hartmann et al., 2002).

De acordo com Dutra e Kersten (1996), a influência da época de coleta no enraizamento de miniestacas ocorre em virtude das variações no conteúdo dos co-fatores, na formação e no acúmulo de inibidores do enraizamento. Isso provavelmente explique a resposta relativamente efetiva à aplicação do regulador ao longo das épocas estudadas.

É importante salientar que nas miniestacas de pinhão manso, possivelmente os níveis de auxina endógena sejam suficientes para promover o enraizamento, não

havendo a necessidade da aplicação exógena do regulador vegetal (Figura 9), podendo esta ser considerada uma espécie de fácil enraizamento.



FIGURA 9 - EFEITO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE IBA (0, 250, 500 E 1000 mgL⁻¹) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO (A) , SETEMBRO (B) E NOVEMBRO (C) DE 2009, E ABRIL (D) DE 2010)

Contudo, estes resultados não coincidem com os encontrados por Noor Camellia et al. (2009), que constataram um incremento no enraizamento de estacas lenhosas de pinhão manso com a aplicação de 10.000 mg L⁻¹, 60 dias após o plantio, sendo a iniciação radicial observada a partir do oitavo dia, conforme análise anatômica das estacas.

Em relação ao percentual de estacas com calos, percebe-se de acordo com a Tabela 6, que há interação significativa entre os tratamentos com IBA e a época em que foram coletadas as estacas.

Observa-se, na Tabela 8, que há formação de calos em três épocas estudadas (março e novembro de 2009 e abril de 2010), destacando-se, na testemunha, novembro/2009 e abril/2010 como as épocas mais propícias à formação de calos (Figura 10). Na coleta realizada em março/2009 foi verificada diferença significativa entre a testemunha e as demais concentrações utilizadas; em abril/2010, a testemunha diferiu somente da concentração de 250 mgL⁻¹ IBA. Apenas na coleta realizada em setembro/2009 não foi evidenciada a presença de massa celular indiferenciada na base das miniestacas em qualquer concentração testada.

A formação de raízes adventícias e de calos é independente uma da outra. Em função de ambos os processos envolverem divisão celular é que a sua ocorrência pode ser vista simultaneamente (Hartmann et al, 2002).

TABELA 8 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO COM CALOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Época de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹			
	0	250	500	1000
Março/2009	2,78 b B	30,55 ab A	52,31 a A	43,05 a A
Setembro/2009	0,00 b A	0,00 cA	0,00 c A	0,00 bA
Novembro/2009	32,50 a A	5,00 bcA	22,50 bc A	17,50 abA
Abril/2010	15,00 ab B	51,66 a A	31,66 ab AB	35,00 a AB
Coeficiente de variação (%)	66,37			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Dessa forma, conforme a Tabela 8, nas épocas em que foram coletadas as miniestacas, há baixa porcentagem de estacas com calos, o que pode ser justificado pela alta porcentagem de enraizamento, indicando que o período no leito de enraizamento foi suficiente para a formação de raízes, uma vez que a indução

radicial nessa espécie independe da formação de calos, ainda assim, de acordo com a Figura 10 pode ser observado a formação de massa celular indiferenciada na base de algumas estacas nos períodos estudados.

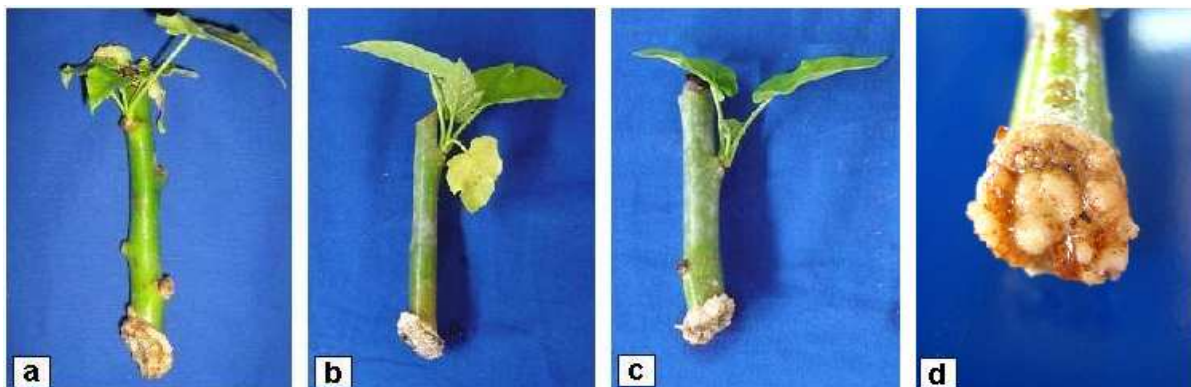


FIGURA 10 - MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, VIVAS, SEM RAÍZES, MAS COM FORMAÇÃO DE MASSA CELULAR INDIFERENCIADA NA BASE (CALOS), COLETADAS EM MARÇO (a), SETEMBRO (b) E NOVEMBRO (c) DE 2009, E ABRIL DE 2010 (d)

Os resultados encontrados corroboram com Fachinello et al. (2005), constatando que, muitas vezes, a formação de calo é observada na base da estaca como resultado do traumatismo causado durante o preparo da mesma. Já em setembro/2009, onde não foi verificada a presença significativa de calos, substâncias inibidoras do enraizamento contidas na planta matriz poderiam ser a razão da ausência de formação de calos (Hartmann et al., 2002).

5.3.1.2 Número e comprimento médio das raízes formadas

De acordo com a Tabela 9, é possível verificar que há interação significativa entre os fatores, demonstrando que estes são dependentes, revelando que o número de raízes e o comprimento médio das três maiores raízes dependem da época do ano em que as miniestacas foram coletadas e das concentrações de IBA.

De acordo com Antunes et al. (1996), o número e o comprimento médio das três maiores raízes/miniestaca são importantes variáveis na produção de mudas, à medida que uma melhor resposta a estas variáveis, corresponderá posteriormente à mudas com melhor desenvolvimento radicial, onde terão maiores índices de sobrevivência quando transplantadas para o campo.

TABELA 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DO COMPRIMENTO MÉDIO DAS TRÊS MAIORES RAÍZES POR MINIESTACA (cm) E DO NÚMERO DE RAÍZES FORMADAS EM MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	
		Comprimento	Nº raízes
Época de coleta (A)	3	62,73**	23,12**
Concentrações (B)	3	25,91**	7,71*
Interação A x B	9	3,06**	5,28*
Erro	48	1,09	2,13
Total	63		
Coeficiente de variação (%)		16,70	25,74
Teste de Bartlett (X^2)		34,86**	13,44 ^{ns}

** significativo a 1%

* significativo a 5%

^{ns} Não significativo

A coleta realizada em abril de 2010, sem a aplicação do regulador vegetal, foi a que propiciou maior número de raízes formadas (9,68) diferindo das demais épocas e concentrações; com a aplicação de 250 mgL⁻¹, a coleta realizada em março/2009 diferiu significativamente das demais sendo evidenciado o pior resultado obtido, diferentemente do observado com a aplicação de 500 mgL⁻¹, onde o pior resultado foi obtido em setembro/2009; já sob a aplicação de 1000 mgL⁻¹ não foi observada diferença significativa entre as épocas de coleta (Tabela 10), corroborando com o observado por Nachtigal (1999), que estacas de fácil enraizamento geralmente emitem um grande número de raízes sem a necessidade de aplicação do regulador vegetal.

TABELA 10 - MÉDIA DO NÚMERO DE RAÍZES POR MINIESTACA DE PINHÃO MANSO OBTIDOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Época de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹			
	0	250	500	1000
Março/2009	4,51 bA	4,21 bA	5,45 abA	5,51 aA
Setembro/2009	6,52 bA	6,00 abA	2,92 b B	4,51 aAB
Novembro/2009	5,37 bA	6,14 abA	4,73 abA	5,01 aA
Abril/2010	9,68 aA	7,32 aAB	6,73 a B	6,09 a B
Coeficiente de variação (%)	25,74			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

No entanto, em outras espécies, diferentes concentrações de IBA influenciam no número de raízes formadas por estaca, como foi observado por Tofanelli et al.

(1997) trabalhando com o enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares copa de pessegueiro, Martins et al. (2001), estudando a clonagem de jambeiro-rosa, Carvalho et al. (2005) com a estaquia semilenhosa de lichieira e Althaus-Ottmann et al. (2006) estudando a propagação vegetativa de manacá.

Como pode ser observado na Tabela 11, independentemente da concentração do regulador vegetal utilizada, a coleta realizada em novembro/2009 promoveu o maior incremento no comprimento médio das três maiores raízes/miniéstacas, no entanto não diferiu significativamente da coleta realizada em abril/2010, na testemunha.

De acordo com Wendling et al. (2005), a aplicação de qualquer regulador vegetal torna-se desnecessária em miniéstacas oriundas de brotações juvenis, o que pode ser evidenciado nos resultados obtidos com o pinhão manso, no presente experimento, até mesmo por se tratar de uma espécie de fácil enraizamento, onde as concentrações endógenas de auxinas são suficientes para a indução radicial.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2003), estudando o enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira na primavera, os quais observaram um aumento no comprimento médio das raízes com a utilização de 3000 mg L⁻¹ de IBA. Já Carvalho et al. (2005) trabalhando com a estaquia semilenhosa de lichieira constataram que a primavera foi a época que proporcionou os maiores comprimentos de raízes.

TABELA 11 - MÉDIAS DO COMPRIMENTO MÉDIO DAS TRÊS MAIORES RAÍZES FORMADAS POR MINIESTACA (cm) DE PINHÃO MANSO OBTIDOS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Época de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹			
	0	250	500	1000
Março/2009	6,07 c A	3,92 bB	5,00 bcAB	4,87 bAB
Setembro/2009	7,19 bcA	4,62 bB	3,56 c BC	2,32 c C
Novembro/2009	9,76 a A	8,40 aA	9,02 a A	8,00 aA
Abril/2010	9,11 abA	6,94 aB	6,26 b BC	4,88 b C
Coeficiente de variação (%)	16,70			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

5.3.1.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade de miniestacas

De acordo com a análise de variância (teste F) apresentada na Tabela 12, verifica-se que há interação entre as épocas de coletas e as concentrações de IBA utilizadas no trabalho, mostrando que estes são fatores dependentes para a sobrevivência das estacas. Assim, o efeito do regulador vegetal sobre a sobrevivência das estacas de pinhão manso, depende da época de coleta em que foram coletadas.

TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA (TESTE F) DO PERCENTUAL DE SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO, COLETADAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.
		Sobrevivência
Época de coleta (A)	3	3797,203**
Concentrações (B)	3	458,803**
Interação A x B	9	485,781**
Erro	48	14,793
Total	63	
Coeficiente de variação (%)		47,14**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade do erro ($p < 0,01$)

Setembro/2009 foi a época de coleta que melhor favoreceu a sobrevivência das miniestacas de pinhão manso (Tabela 13). Na concentração de 1000 mg L^{-1} de IBA foi encontrado o resultado mais expressivo para esta variável (50,0%), diferindo significativamente dos demais tratamentos em qualquer época analisada. Isso pode ser explicado em virtude do menor enraizamento em setembro/2009 e dos altos percentuais de enraizamento encontrados nas demais épocas.

TABELA 13 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO VIVAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Épocas de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹			
	0	250	500	1000
Março/2009	1,39 aA	4,17 bA	0,00 bA	0,00 bA
Setembro/2009	0,00 aC	34,37 aB	40,62 aB	50,00 aA
Novembro/2009	0,00aA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
Abril/2010	0,00aA	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
Coeficiente de variação (%)	47,14			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à mortalidade das miniestacas (Figura 11), não houve interação significativa entre a aplicação do regulador vegetal e a época de coleta, e apesar de não ser possível correlacionar esses fatores, a coleta realizada em abril/2010 propiciou as maiores taxas de mortalidade para as miniestacas de pinhão manso, principalmente nas concentrações de 500 e 1000 mg L⁻¹ (Tabela 14), contudo, não foi evidenciado efeito fitotóxico do regulador.

TABELA 14 - RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PERCENTUAL DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO MORTAS NOS EXPERIMENTOS INSTALADOS EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009, E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Épocas de coleta	Concentrações de IBA mgL ⁻¹				Médias
	0	250	500	1000	
Março/2009	12,50	4,17	2,32	0,00	4,74 a
Setembro/2009	21,87	0,00	34,38	6,25	15,62 a
Novembro/2009	11,25	8,75	13,75	16,25	12,50 a
Abril/2010	0,00	10,00	38,34	38,33	21,66 a
Médias	11,41 A	5,73 A	22,19 A	15,21 A	
Coeficiente de variação (%)	94,77				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.



FIGURA 11 - MORTALIDADE DE MINIESTACAS DE PINHÃO MANSO EM MARÇO (a), SETEMBRO (b) E NOVEMBRO (c) DE 2009 E ABRIL (d) DE 2010, 60 DIAS APÓS O PLANTIO

5.3.1.4 Produtividade de brotações

A Tabela 15 apresenta o resultado das avaliações das quatro coletas de miniestacas realizadas em quatro épocas do ano. Durante este período não houve perda de minicepas.

TABELA 15 - PRODUTIVIDADE DE BROTAÇÕES DE PINHÃO MANSO POR MINICEPA, EM QUATRO ÉPOCAS DE COLETA (MARÇO, SETEMBRO E NOVEMBRO DE 2009 E ABRIL DE 2010). UFPR, CURITIBA, PR, 2010

Coletas	Produção de miniestacas	Produção média de miniestacas/minicepa	Produção de miniestacas/m ²
Março/2009	288	1,96	196
Setembro/2009	192	1,18	118
Novembro/2009	352	2,16	216
Abril/2010	240	1,47	147
Médias	268	1,69	169,2

As maiores produções de miniestacas/minicepa foram observadas nas épocas mais quentes do ano (março e novembro), quando as temperaturas mais elevadas possivelmente favoreceram o maior desenvolvimento das brotações.

A produção de miniestaca/minicepa/coleta variou de 1,18 a 2,16 em recipientes contendo 1800 cm³ de substrato. Tais resultados encontram-se muito próximos aos relatados por Ferriani (2006) para a espécie *Vernonanthura petiolaris*, cuja produção variou de 1,1 a 2,5 miniestacas/minicepa/coleta em recipientes de 1700 cm³. Lima et al. (2009) obtiveram para a espécie *Maytenus ilicifolia* uma

produção média de 3,58 miniestacas/minicepa em recipientes de 3000 cm³, inferindo que o aumento do tamanho do recipiente e, conseqüentemente, da quantidade de substrato, podem promover a produção de maior número de brotações, incrementando a produtividade de miniestacas.

A utilização da fertirrigação favoreceu o bom estado nutricional das minicepas, possibilitando a produtividade de brotações durante o período experimental, não sendo constatada a morte de nenhuma minicepa durante este período.

O estado nutricional é um fator que influencia diretamente na produtividade de miniestacas, ao passo que os macro e micronutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (Paula et al., 2000), conforme pode ser constatado por Cunha et al. (2008) em seus estudos com a propagação vegetativa de eucalipto.

No entanto, Cunha et al. (2008) ressaltam que o manejo da nutrição mineral deve ser específico para cada espécie e para o sistema de minijardim clonal adotado, a fim de explorar o máximo potencial produtivo de cada minicepa.

5.3.2 Análises anatômicas

Na figura 12 observa-se o caule em secção transversal, sendo a epiderme unisseriada de formato tabular, com parede periclinal externa ligeiramente espessada, a região cortical é composta externamente por aproximadamente sete camadas de colênquima angular, sete a oito camadas de células parenquimáticas de tamanho homogêneo, clorofiladas, com pequenos espaços intercelulares (córtex externo) e cerca de 20 camadas de células parenquimáticas de tamanhos heterogêneos (córtex interno).

De acordo com a Figura 13, observa-se que o cilindro central é formado por floema primário e início de floema secundário. A faixa cambial é formada por 4-5 camadas, de células de formato tabular, contínuas, seguidas do início da diferenciação do xilema secundário, e internamente por xilema primário. A medula é parenquimática, com células cristalíferas esparsas e contínuas ocorrendo em diversas camadas.

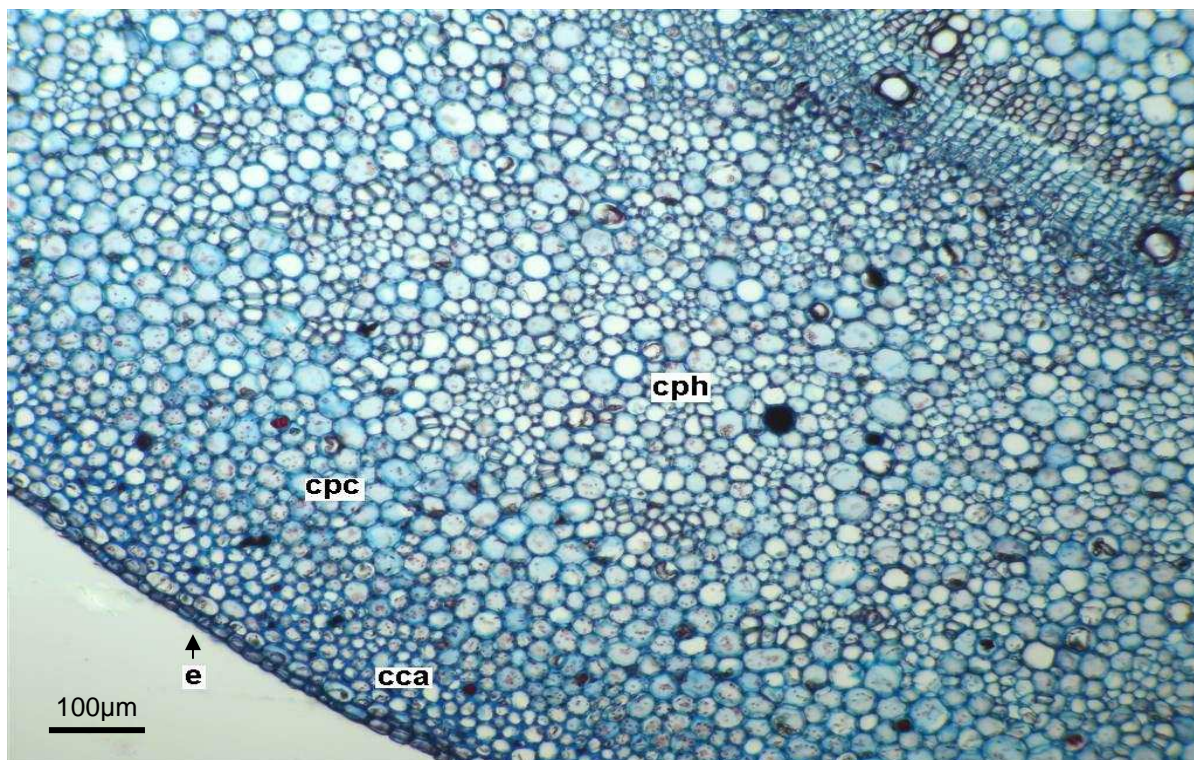


FIGURA 12 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010. VISTA GERAL EVIDENCIANDO A EPIDERMIS UNISSERIADA (e), A REGIÃO CORTICAL COM CAMADAS DE CÉLULAS COLENQUIMÁTICAS ANGULARES (cca), CÉLULAS PARENQUIMÁTICAS CLOROFILADAS (cpc) E AMPLA CAMADA DE CÉLULAS PARENQUIMÁTICAS HETEROGÊNEAS (cph)

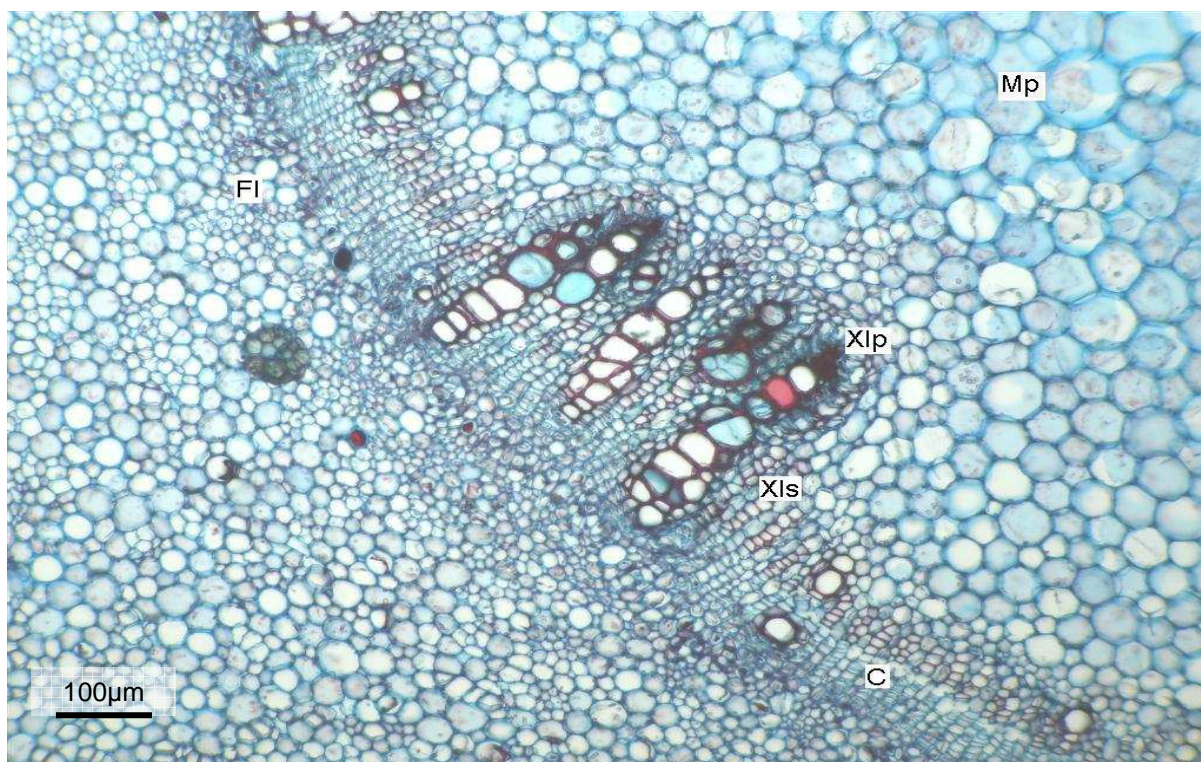


FIGURA 13 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010, DEMONSTRANDO FLOEMA (Fi), CÂMBIO (C), XILEMA PRIMÁRIO (Xlp), SECUNDÁRIO (Xls) E MEDULA PARENQUIMÁTICA (Mp)

Os testes realizados com cloreto férrico foram positivos, portanto foi detectada a presença de compostos fenólicos na miniestaca (Figura 14b).

No córtex externo há concentração de laticíferos (Figura 14a) e poucas células secretoras, já no córtex interno há pouca concentração de laticíferos e um maior número de células secretoras com conteúdo fenólico (Figura 14b). De acordo com Ono e Rodrigues (1996), os compostos fenólicos podem tanto estimular (polifenóis) como inibir (monofenóis) o enraizamento de miniestacas.

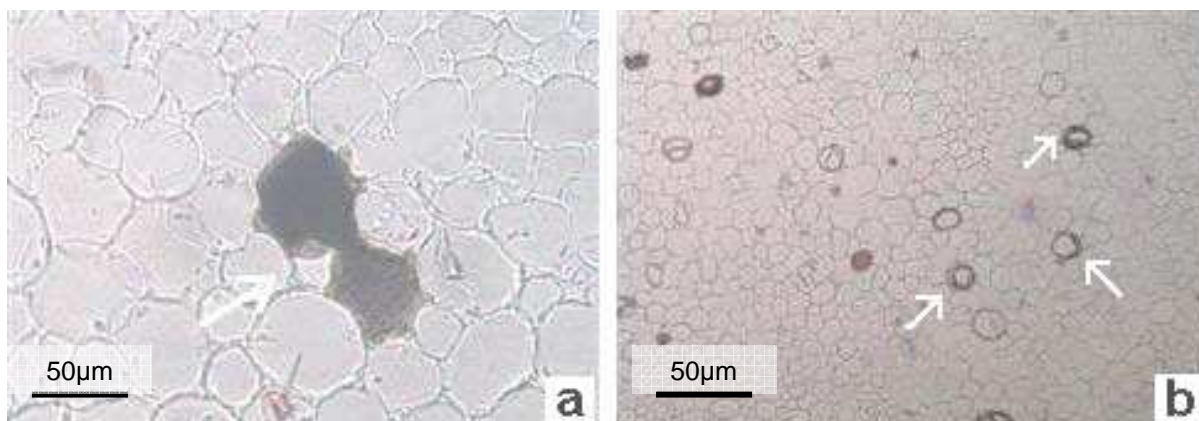


FIGURA 14 - SECÇÃO TRANSVERSAL DE MINIESTACA DE PINHÃO MANSO COLETADA EM JUNHO DE 2010. PRESENÇA DE LATICÍFEROS (a) E CÉLULAS SECRETORAS COM CONTEÚDO FENÓLICO (b) DETECTADO PELO TESTE MICROQUÍMICO COM CLORETO FÉRRICO

Não foi registrada a presença de amido e nem a presença de lipídios; bem como não foi verificada a presença de fibras esclerenquimáticas. Talvez, por esse motivo, exista a facilidade de enraizamento da espécie, pela ausência de barreiras anatômicas que possam dificultar a indução radicial.

De acordo com Hartmann et al. (2002), o material rejuvenescido apresenta, em sua grande parte, parede celular primária e pouco lignificada. Isso pode explicar a facilidade de enraizamento da espécie em questão, já que assim, as raízes adventícias não encontram barreiras estruturais para o seu desenvolvimento.

5.4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizados os experimentos e fundamentando-se nos resultados obtidos nas quatro épocas de coleta das miniestacas de pinhão manso, pode-se concluir que:

- A aplicação de ácido indol butírico (IBA) é desnecessária.
- Em função dos altos percentuais de enraizamento obtidos pela miniestaquia caulinar de pinhão manso a partir de brotações juvenis, essa técnica é viável para a produção de mudas em qualquer época do ano, sendo o pinhão manso considerado uma espécie de fácil enraizamento.
- A alta taxa de sobrevivência das miniestacas e a produtividade de miniestacas/minicepa constatada nos resultados permitem a adoção da miniestaquia como alternativa potencial para a produção de propágulos juvenis visando a produção de mudas da espécie.
- Não foi registrada, nas análises anatômicas, a presença de amido e nem a presença de lipídios; bem como foi verificada a ausência de barreiras anatômicas que possam dificultar a indução radicial.

REFERÊNCIAS

ALTHAUS-OTTMANN, M.M.; LEAL, L.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Propagação vegetativa de manacá (*Brunfelsia uniflora* (Pohl.) D. Don). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas-SP, v. 12, n. 1, p. 31-36, 2006.

ANTUNES, J. A. S.; HOFFMANN, A.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. Efeito do método de aplicação e de concentrações do ácido indol butírico no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 371-376, 1996.

ARAÚJO, E.C.E.; FILHO, C.H.A.M.; AZEVEDO, D.M.P. de. Interação entre doses de reguladores e consistência do ramo no enraizamento de miniestacas de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS EM PINHÃO MANSO, 2., 2009, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2009.**

ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E. de M.; ANDRADE, A.P. de.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino.. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande-PB, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2005.

AVELAR, R.C.; DEPERON JÚNIOR, M.A.; CARVALHO, J.P.F.; CASTRO NETO, P. Produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em tubetes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005, Varginha-MG. **Anais Varginha-MG: 2005.**

BASTOS, D.C.; MARTINS, A.B.G.; JÚNIOR, E.J.S.; SARZI, I.; FATINANSI, J.C. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 26, n. 2, p. 284-286, 2004.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. **Embrapa Algodão**, Campina Grande-PB, n. 98, 2006. Comunicado Técnico.

CARVALHO, C.M.; CUNHA, R.J.P.; RODRIGUES, J.D. Enraizamento de estacas semilenhosas de lichieira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 27, n. 1, p. 95-97, 2005.

CUNHA, A.C.M.C.M. da.; PAIVA, H.N. de.; BARROS, N.F. de.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P. Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203-213, 2008.

DRUMOND, O.A.; PURCINO, A.A.C.; CUNHA, L.H. de. S.; VELOSO, J. de. M. A cultura do pinhão manso. **EPAMIG**, Minas Gerais-MG, n. 131, 86p., 1984. Coletânea.

DUTRA, L.F.; KERSTEN, E. Efeito do substrato e da época de coleta dos ramos no enraizamento de estacas de ameixeira (*Prunus salicina* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 26, n. 3, p. 361-366, 1996.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas-RS: UFpel, 1995. 178p.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. **Propagação de plantas frutíferas**. Pelotas-RS: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. 211p.

FERIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpa angustifolia* Dusén)**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GERPEN, J. V. **PALESTRA: Fuel processing Technology**. 2005.

GONTIJO, T. S.; PEREZ, R.; SARAIVA, M.B.; JÚNIOR, G.S.; FERNANDES, E.A. A volatilidade nos preços do girassol (1980:2008). In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 3., 2008, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2008**.

GRAÇA, M. E. C.; TAVARES, F. R. Propagação vegetativa de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M.. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivas e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo-PR: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 45-62.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: principles and practices**. 7. ed. New York: Englewood Clippis, 2002. 785p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill, 1940. 523 p.

KOCHHAR, S.; SINGH, S.P.; KOCHHAR, V.K. Effect of auxins and associated biochemical changes during clonal propagation of the biofuel plant: *Jatropha curcas* L. **Biomass and bioenergy**, Lucknow-India, n. 32, p. 1136-1143, 2008.

LIMA, D.M.de.; TANNO, G.N.; PURCINO, M.; BIASI, L.A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; ZANETTE, F. Enraizamento de miniestacas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek) em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 33, n. 2, p. 617-623, mar./abr., 2009.

MARQUES, D. de. A.; FERRARI, R.A. O papel das novas biotecnologias no melhoramento genético do pinhão manso. **Biológico**, São Paulo-SP, v. 70, n. 2, p. 65-67, 2008.

MARTINS, A. B. G.; GRACIANO, F. A.; SILVA, A. V. C. da. Clonagem do Jambeiro-rosa (*Syzygium malacensis*) por estaquia de ramos enfolhados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 23, n. 2, p. 365-368, 2001.

NACHTIGAL, J. C. **Obtenção de porta-enxertos 'Okinawa' e de mudas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) utilizando métodos de propagação vegetativa**. 165p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 1999.

NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. de C.; AZEVEDO, M.C.B. de.; HIGA, A.R.; SIMON, A. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção das mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de cácia negra. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 897-905, 2005.

NOBRE, D. A. C.; ANDRADE, A. S.; DAVID, A. M. S. de S.; RESENDE, J. C. F. de.; FARIA, M. A. V. R.; DAVID, D. A. Germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes condições de temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha-MG. **Anais** Varginha-MG: 2007.

NOOR CAMELLIA, N. A., THOHIRAH, L. A., ABDULLAH, N. A. P; MOHD KHIDIR, O. Improvement on Rooting Quality of *Jatropha curcas* Using Indole Butyric Acid (IBA). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Putra-Malasia, v. 5, n. 4, p. 338-343, 2009.

NUNES, C.F.; PASQUAL, M.; SANTOS, D.N.; CUSTÓDIO, T.N.; ARAÚJO, A.G. Diferentes suplementos no cultivo in vitro de embriões de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 43, n. 1, p. 9-14, 2008.

OLIVEIRA, A.F. de.; PASQUAL, M.; CHALFUN, N.N.J.; REGINA, M.de A.; RINCÓN, C.D.R. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2003.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. 1996. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal, FUNEP, 1996.

PADUA, T. de. Propagação de árvores frutíferas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v. 9, n. 101, p. 11-19, 1983.

PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais**. Santa Maria: SBCS/SBM, 2000.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Produção de oleaginosas para biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005.

SEVERINO, L.V.; LIMA, R. de L. S. de.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação de mudas de pinhão manso em recipientes de diferentes volumes. **Embrapa Algodão**, Campina Grande-PB, n. 81, 16p., 2007. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

SILVA, L.C. **Propagação Vegetativa de *Ocotea puberula* Benth & Hook e *Ocotea pretiosa* Nees pelo método de estaquia.** 110p. Dissertação (em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 1984.

SKREBOWSKI, C. GTZ, **World Watch Institute**, 2006.

SMIDERLE, O.J.; KROETZ, V.J. Produção de mudas de pinhão manso por estaquia em área de cerrado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2009.**

TAPANES, N.O.; ARANDA, D.A.G.; CARNEIRO, J.W. de M. Transesterificação dos glicerídeos do óleo de *Jatropha curcas* L.: estudo teórico. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília-DF. **Anais Brasília-DF: 2007.**

TOFANELLI, M. B. D.; CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares copa de pessegueiro em diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 19, n. 2, p. 259-263, 1997.

WENDLING I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-dobanhado por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Comunicado técnico**, Colombo, n.130, p. 1-5, 2005.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos.** Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001.

6 CONCLUSÕES FINAIS

Nas condições em que foram realizados os experimentos em laboratório pode-se concluir que:

O teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente para a separação de lotes de sementes da espécie, permitindo a utilização da técnica para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso.

As sementes de pinhão manso não apresentam dormência; contudo, para que a protusão radicular seja vigorosa faz-se necessária a imersão prévia das sementes em água a 25°C por 24h.

A temperatura constante de 25°C em substrato rolo papel mostrou-se adequada à germinação das sementes de pinhão manso, bem como a temperatura constante de 30°C, utilizando-se os substratos rolo papel, vermiculita e entre areia, que também proporcionaram altos índices de germinação para as sementes da espécie.

Os melhores resultados para o índice de velocidade de germinação foram obtidos com semeadura em rolo papel sob a temperatura de 30°C, sendo que o período preferencial para a germinação das sementes de pinhão manso estabeleceu-se entre o segundo e oitavo dias.

As miniestacas caulinares de pinhão manso oriundas de brotações juvenis não necessitam da aplicação de regulador vegetal para a indução de raízes adventícias, apresentando grande capacidade de enraizamento em qualquer época do ano.

Diante do exposto, é possível considerar o pinhão manso uma espécie de fácil enraizamento, onde a produtividade de miniestacas/minicepa evidenciada nos resultados indicam o potencial do pinhão manso quanto a regeneração vegetativa das minicepas em função de coletas sucessivas de miniestacas, permitindo a adoção da técnica como alternativa para a produção de mudas da espécie.

A análise anatômica revelou a presença de compostos fenólicos em amostras com cortes transversais de segmentos de caule da espécie, mas não revelou a presença de lipídios e nem de amido pelos testes com sudan e lugol, respectivamente.