

120

**Circular
Técnica**Campina Grande, PB
Junho, 2008**Autores****Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão**Eng. agrôn. D.Sc. da Embrapa
Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143,
Centenário, 58.428-095, Campina
Grande, PB. E-mail:
napoleao@cnpa.embrapa.br**Maria Isaura Pereira de Oliveira**Bióloga, D.Sc., estagiária da
Embrapa Algodão.
E-mail: oliveira_mip@yahoo.com.br**José Fidelis Filho**Meteorologista, D.Sc., da EMEPA,
Estrada da Imbaúba, Km 3, CEP:
58117-000, Lagoa Seca, PB. E-mail:
fidelesfilho@uol.com.br**Giovani Greigh de Brito**Eng. agrôn. D.Sc. da Embrapa
Algodão
E-mail: giovani@cnpa.embrapa.br

Enfoque Agrometeorológico para Cultura da Mamoneira



A mamona (*Ricinus communis* L.) tem o maior centro de diversidade na região entre a Etiópia e o leste da África, ocorrendo em regiões de clima tropical e subtropical (entre os paralelos 40°N e 40°S). Pertence à família Euphorbiaceae e as subespécies *R. sinensis*, *R. zanzibariensis*, *R. persicus* e *R. africanus* são as mais conhecidas,

englobando 25 variedades botânicas, compatíveis entre si (SAVY FILHO, 2005).

No período compreendido entre 1978 e 2005 a Índia, a China e o Brasil vêm se mantendo como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área colhida como na quantidade produzida. Em relação ao óleo de mamona, a Índia, o Brasil e a China são também, os maiores produtores mundiais de óleo em todo o período considerado (SANTOS et al. 2007). Na safra 2006/07 a área plantada no Brasil foi de 153.241 ha e a produção foi de 87.071 toneladas de grãos ou bagas de mamona. As estimativas para a safra 2007/08 são de 179.464 ha, um incremento de 17,1%, e uma produção de 156.099 toneladas, incremento de 53,2% (ESTATISTICA, 2008).

A região Nordeste é responsável por 85% da área plantada com a cultura no país e por mais de 78% da produção nacional de grãos (BRASIL, 2007). O estado da Bahia respondeu por 84% da área plantada com mamona na safra 2007/2008, com 141 mil hectares, 15% mais que na safra anterior, com expectativa de colheita de 90 mil toneladas, contra 76 mil toneladas da safra anterior, um incremento de 18% (BAHIA, 2008).

Da industrialização da mamona, obtém-se, como produto principal, o óleo, que tem utilidades industriais na fabricação de tintas, vernizes, sabões, fibras sintéticas, plástico, corantes, anilina e lubrificantes (SANTOS et al. 2001). Atualmente há um novo mercado no campo energético, a produção de biocombustíveis, em especial a fabricação do

diesel vegetal ou biodiesel. O uso do óleo de mamona como matéria-prima na produção de biodiesel certamente exigirá demanda por melhores tecnologias de produção desta cultura no Brasil e, em especial no Nordeste, de modo a possibilitar a utilização de todo o seu potencial.

O principal constituinte do óleo de mamona é o ácido ricinoléico, o qual se caracteriza por conter um ácido graxo predominante em sua composição, o que não ocorre com os outros óleos vegetais, devendo conter no mínimo 85% do triglicerídeo do ácido ricinoléico. É único ácido graxo hidroxilado, o que o torna solúvel em álcool a baixa temperatura e permite a síntese de um grande número de derivados, razão de sua versatilidade (ICOA, 2008).

1. Crescimento e Desenvolvimento da Planta

A vida de qualquer organismo começa por meio de um processo reprodutivo. Esse processo é seguido por um desenvolvimento vegetativo, incluindo o crescimento e a formação dos órgãos e, em seguida ocorre novamente o evento da reprodução originando a nova geração (LARCHER, 2000).

A mamona é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica, apresenta crescimento dicotômico, do tipo indeterminado, além de fortemente alométrico (relação altura-planta que permite crescimento em altura sem comprometimento da estabilidade mecânica, evidenciando uma estratégia de adaptação à sua própria sustentação) com desenvolvimento do tipo heteroblástico, com forma juvenil diferente da forma adulta (BELTRÃO; AZEVEDO, 2007).

O desenvolvimento pode ser compreendido como: "modificações observadas na forma, bem como o estado de complexidade adquirido por um organismo". Trata-se de um fenômeno qualitativo. Já o crescimento é o aumento irreversível de tamanho que ocorre nos seres vivos. É consequência não apenas da multiplicação celular, mas, também, da distensão celular. O estudo sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal é de suma importância para o manejo adequado uma vez que, estes

processos estão associados às condições bióticas e abióticas que lhes são oferecidos.

Na Figura 1, pode ser visto um campo de mamoneira fora do seu ótimo ecológico. Embora a planta tenha crescido muito, seu desenvolvimento não foi qualitativo (conforme a fenologia da planta), ou seja, não acompanhou as fases ou estádios do desenvolvimento. Dentre os fatores desfavoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento da mamoneira, se destacam: baixa disponibilidade de água nas fases iniciais de desenvolvimento, alta umidade do ar, intensa nebulosidade, alta concentração de sais no solo ou na água de irrigação, baixa disponibilidade de oxigênio nas raízes seja por encharcamento ou por compactação do solo. A falta de correção do solo também é um fator fundamental para o pleno desenvolvimento da planta.



Foto: Amanda M. A. de Lucena

Fig. 1. Mamoneira BRS Paraguaçu que por falta de água, completou o ciclo reprodutivo sem ter crescido. Fazenda Estivas, Garanhuns, PE 2008.

O crescimento da mamoneira apresenta alometria (Figura 2), com proporcionalidade entre as taxas de crescimento e os diversos órgãos da planta. O crescimento e desenvolvimento são aparentemente antagônicos, porém para rendimentos satisfatórios da produtividade econômica (grãos) tem-se que haver o equilíbrio (Figura 3) entre o crescimento e o desenvolvimento, ou seja, a planta deve crescer bem para suportar as estruturas de reprodução (STREET; OPIK, 1979).

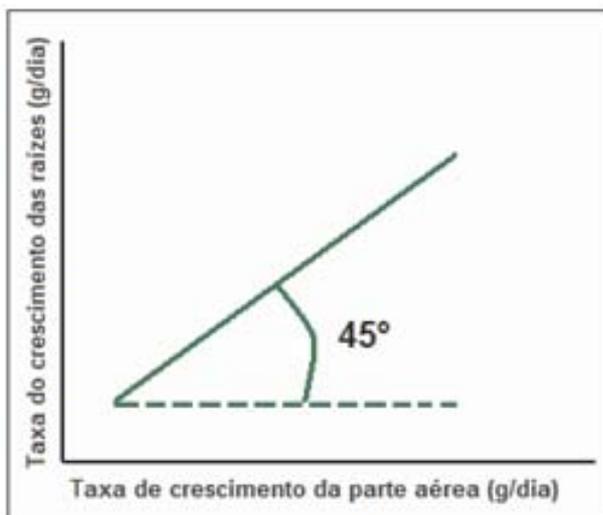


Fig. 2. Relação alométrica do crescimento da mamoneira. Alometria de 45°C. Adaptada de Street e Opik, (1979).

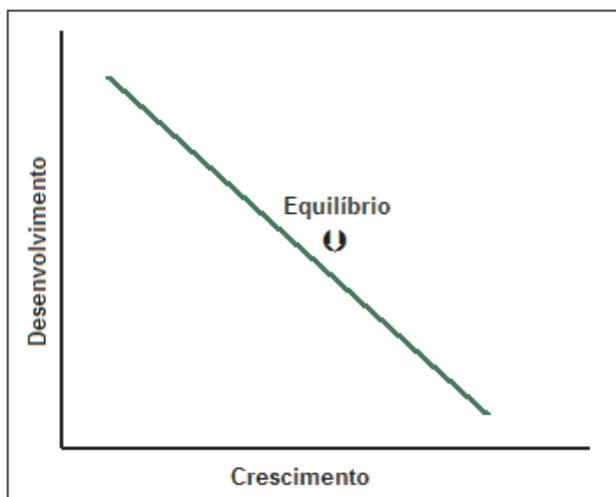


Fig. 3. Antagonismo entre o crescimento e o desenvolvimento. Adaptada de Street e Opik (1979).

2. Ecofisiologia da Cultura

A mamoneira tem crescimento do tipo indeterminado. A haste principal cresce verticalmente, sem ramificações, até o surgimento da inflorescência. O nó, no qual o primeiro racemo aparece é uma importante característica agrônômica, associada à precocidade da planta. O ramo lateral surge, cresce e desenvolve-se da axila da última folha, logo abaixo de cada inflorescência. À semelhança da haste principal, todos os ramos de 2ª, 3ª e 4ª ordens apresentam crescimento limitado, terminando sempre em uma inflorescência,

formando uma estrutura simpodial (BELTRÃO et al. 2001; MAZZANI, 1983a).

Nas regiões tropicais, algumas cultivares de mamoneira podem apresentar ciclo de até 250 a 300 dias, embora o florescimento (1º cacho) inicie com 50 a 60 dias após a emergência. Para uma produtividade média de 1.500 Kg.ha⁻¹ de grãos, a planta produz cerca de 5-7 cachos, de diversas ordens, podendo o cacho principal representar até metade da produção, dependendo do ambiente e da população de plantas por área (BELTRÃO et al. 2007).

A maturidade é desuniforme e a cultura pode reiniciar o crescimento, conforme as condições ambientais (MOSHKIN, 1986a). Dessa forma, mesmo atingindo a maturação dos cachos algumas partes da planta continuam crescendo, e assim não há determinação nem do período vegetativo nem reprodutivo, e a maturação depende da ordem de surgimento de cada cacho da planta.

A organogênese da mamoneira envolve 12 estádios do desenvolvimento, considerando desde a germinação até a completa maturidade de cada cacho. A duração de cada estágio depende da cultivar e do ambiente, em especial da temperatura e da precipitação pluvial. No final do primeiro ano, com a chegada do período seco, a planta entra em senescência total, perde a maioria das folhas e entra em dormência. Logo após o início das chuvas do ano seguinte, sem ou com poda (recepagem ou de 30 cm a 50 cm de altura), ela rebrota e fornece outra safra.

A probabilidade que a segunda safra seja inferior a primeira é grande e que pode ser compensatório sob o ponto de vista econômico, em alguns casos, já que não haveria custos com a implantação da safra e as plantas produziram antes das que ainda seriam semeadas. Do ponto de vista agrônômico, quase nunca é uma prática vantajosa, já que aumenta a possibilidade de pragas e doenças, no caso da mamona há problemas sérios com *Macrophomina* e *Fusariose* - doenças de solo de difícil controle, a possibilidade de que a segunda safra seja maior é pequena, se não houver poda a planta produz cachos cada vez menores, a proteção do solo fica

prejudicada, entre outros. Além disso, há o problema cultural, já que na maioria dos locais onde se cultiva a mamona o uso de adubação é muito pequeno na primeira safra, na segunda então é praticamente inexistente.

A mamoneira apresenta intensa taxa de respiração nas folhas, e, como as folhas são geralmente planofilares (cultivares locais ou mais antigas), recebem, em geral, menos luminosidade do que o requerido para elevadas taxas de fotossíntese. Apresenta cerca de 2,8 mg/dm² de clorofila nas folhas, tendo taxa fotossintética de 18 mg de CO₂/dm². A mamona tem elevada resistência, elevada difusão do CO₂, apesar de ter uma média de 117 estômatos em cada milímetro quadrado de superfície foliar (DAI et al. 1992). Beltrão et al. (2003), trabalhando com a cultivar BRS Paraguaçu em condições controladas verificaram que em condições sem estresse ambiental, em especial estresse hídrico e térmico a fotossíntese foi de 16,58 imoles/m²/s, e a respiração mitocondrial nas mesmas condições, atingiu valores em média 4 vezes menor. Os autores também verificaram que no exsudado do xilema ocorre uma elevada concentração de potássio e nitratos, além de outras substâncias químicas.

A altitude pode influenciar a planta da mamoneira por diversos fatores, como nebulosidade, umidade e pressão de oxigênio, mas principalmente pela temperatura, a qual tende a decrescer à medida que a altitude aumenta. A temperatura tem grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influencia diversas reações bioquímicas ligadas a esses dois processos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A altitude tem sido um dos critérios utilizados para a realização do Zoneamento da Mamoneira, no qual se considera que o ótimo ecológico em que a planta pode expressar seu potencial produtivo está na faixa de 300 a 1.500 m de altitude (BELTRÃO et al., 2003).

Os genótipos com produtividade de 1.500 kg ha⁻¹ são considerados adequados para o cultivo de mamona no semi-árido do Nordeste, sendo o valor estabelecido como referência para as duas cultivares (BRS Nordestina e BRS Paraguaçu)

desenvolvidas pela Embrapa Algodão para esta região (CARTAXO et al. 2004).

No estado do Piauí, por exemplo, 50% de seu território apresentam altitude inferior a 300 m, condição restritiva para o cultivo das variedades recomendadas pelo zoneamento da mamona para o estado do Piauí (ANDRADE JÚNIOR et al. 2004). Foi observado, nas condições climáticas de Teresina, PI, com altitude de 74 m, que as linhagens CNPAM 2000-73 e CNPAM 2000-47 apresentaram produtividades de grãos superiores a 1.000 Kg.ha⁻¹ e o componente de produção que mais influenciou no aumento da produtividade de grãos foi o número de racemos por planta (MELO et al. 2004a). Melo et al. (2004b), avaliando genótipos de mamona em baixa altitude, no município de Teresina, PI, com altitude de 74 m, obtiveram produtividades variando de 654 a 1.210 kg ha⁻¹, apresentando, também uma correlação positiva entre o número de racemos por planta e a produtividade de grãos de mamona.

Severino et al. (2006) obtiveram produtividade média de 993 kg.ha⁻¹ em Carnaubais-RN (60 m de altitude), 1.682 kg.ha⁻¹ em Maranguape-CE (140 m de altitude) e 1.531 kg.ha⁻¹ em Quixeramobim-CE (280 m de altitude) e o teor de óleo na semente não diferiram entre os locais, sem ter considerado as diferenças de solo e principalmente de precipitação pluvial.

3. Condicionantes Agrometeorológicos da Produtividade

3.1 Disponibilidade hídrica

Solos de textura argilosa e com drenagem deficiente, ocasionam a morte da raiz pivotante e emissão de raízes laterais que se situam próximo à superfície do solo devido a sensibilidade da mamoneira a hipoxia (deficiência de oxigênio). Estas alterações na arquitetura e distribuição radicular no perfil do solo poderão predispor a mamoneira ao déficit hídrico durante veranicos que podem ocorrer durante o seu ciclo (Figura 4).

Variáveis agrometeorológicas tais como disponibilidade hídrica, temperatura, radiação solar, fotoperíodo e ventos também podem determinar o rendimento de mamoneira. Embora apresente

Foto: Liv Soares Severino

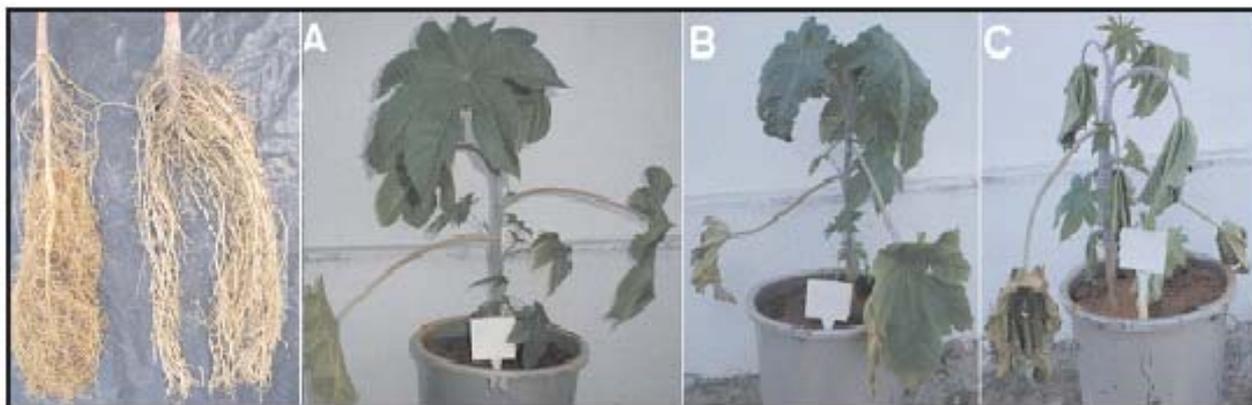


Fig. 4. Raízes de mamoneira com desenvolvimento normal (à esquerda) e submetido à hipoxia (à esquerda) por déficit hídrico. A, B e C, referem-se a três, quatro e seis dias sob déficit hídrico respectivamente.

tolerância ao déficit hídrico requer durante o seu ciclo, precipitação de pelo menos 500 mm e o rendimento desta cultura é influenciado pela disponibilidade hídrica especialmente, a partir do início da fase reprodutiva, que ocorre, em média a partir de 60 dias após a semeadura e se estende até cerca de 160 dias, dependendo do genótipo. Os resultados obtidos a partir de vários estudos evidenciam alterações morfofisiológicas da mamoneira frente ao déficit hídrico. Têm sido conhecido que a taxa de crescimento declina rapidamente em resposta ao déficit hídrico muitas vezes anterior à redução da taxa de fotossíntese líquida. Partes em crescimento da planta são altamente sensíveis às alterações ambientais, e podem determinar o comportamento da planta inteira por regulação de enzimas envolvidas no metabolismo primário (KRAPP et al. 1998).

Entretanto, a divisão celular em resposta ao déficit hídrico tem sido debatida por vários autores (CLOUGH; MILTHORPE, 1975; YEGAPPAN; PATTON, 1982). Em contraste às monocotiledôneas, o crescimento de folhas de dicotiledôneas é caracterizado por padrão espacial e temporal de divisão e alongação celular (MAKSYMOWYCH, 1963), aumentando o seu grau de complexidade se comparado às monocotiledôneas que apresentam zonas de crescimento organizadas linearmente (SILK, 1992). Assim, o crescimento foliar em dicotiledôneas é caracterizado pelo desenvolvimento simultâneo de estruturas citológicas e fisiológicas. Estudos têm sido conduzidos para verificar o desenvolvimento citológico em folhas de mamoneira submetidas ao

déficit hídrico e os resultados evidenciam que, embora haja redução do crescimento da parte aérea, a relação dos componentes celulares, tais como espessura da camada de tecido paliçádico, densidade celular e de estômatos, entre plantas estressadas e o tratamento controle foram inalterados (HECKENBERGER et al. 1998). Tem sido verificado por vários grupos de pesquisa que o impacto do déficit hídrico sobre os processos de crescimento celular depende do estágio de desenvolvimento da célula, da severidade do estresse e do modo como o fator de estresse é imposto.

3.2 Temperatura

Durante a germinação de sementes ricas em lipídeos, a exemplo da mamona, as reservas armazenadas são convertidas em carboidratos os quais sustentam o crescimento inicial. Várias enzimas envolvidas neste evento localizam-se no glioxissomo. A hidrólise de triglicerídeos, β -oxidação e o ciclo do glioxilato são mediados por enzimas glioxissomais. A energia consumida durante a germinação e o crescimento inicial de plântulas é fornecida via coenzimas reduzidas (flavina e pirimidina nucleotídeos) produzidas a partir da β -oxidação e reações do ácido tricarbóxico no glioxissomo e mitocôndria, respectivamente (DAI et al. 1992). Grande número dessas sementes ricas em lipídeos são severamente injuriadas pela sua exposição à temperaturas extremas. Sob temperaturas baixas, ocorre redução da atividade de enzimas envolvidas na glicogênese. Adicionalmente, ocorre alteração da composição lipídica da membrana em plantas sensíveis. Estas alterações podem contemplar mudanças

conformacionais em enzimas associadas à membrana e resultar em injúrias ao tecido vegetal. Os estudos efetuados, utilizando *Ricinus communis* como organismo modelo, evidenciam sua sensibilidade à temperaturas baixas. Nesta condição, as plantas apresentam como sintomas, redução do crescimento do sistema radicular e da mobilização de substâncias de reserva. Entretanto, enzimas glioixissomais envolvidas na gliconeogênese não apresentam alteração na atividade ou velocidade de reação indicando que provavelmente não exista relação funcional entre estas enzimas e a membrana do glioixissoma. A temperatura base inferior para o processo de germinação é de 14° C. Adicionalmente, temperaturas baixas prolongam o período de germinação e, conseqüentemente a permanência das sementes no solo predispondo-as ao ataque de microrganismos e insetos-praga. Por outro lado, temperaturas supra-ótimas também influenciam negativamente os eventos relacionados a este processo (considera-se que a temperatura máxima para a germinação está ao redor de 36° C). Temperaturas ao redor de 31° C são consideradas como ótimas para o sucesso deste evento (BREIDENBACH et al. 1974).

A mamoneira necessita acumular entre 2.000 e 3.800 graus-dias para alcançar rendimentos viáveis economicamente (MOSHKIN, 1986b). Temperaturas médias entre 20 e 30° C e precipitação pluvial de pelo menos 500 mm anual constituem a base do zoneamento agroecológico da mamoneira na Região Nordeste. Temperaturas noturnas elevadas, próximas a 30° C, de comum ocorrência em regiões litorâneas, conduzem ao aumento da fotorespiração, conseqüentemente, reduzindo a fotossíntese líquida, a produção de biomassa, o número de frutos por cacho, aumento do número de flores masculinas e promovendo a taxa de aborto de flores femininas (BELTRÃO et al. 2007). Temperaturas diurnas superiores a 40° C, provocam reversão sexual de flores femininas em masculinas durante o processo de divisão celular para formação dos cachos (menor número de flores femininas é indicativo de menor produtividade porque os grãos se formam a partir das flores femininas) e redução substancial do teor de óleo nas sementes (BELTRÃO; SILVA, 1999). Tem sido verificado que o teor de óleo presente nos

grãos é proporcional à soma do calor recebido pela planta em todo o seu ciclo vegetativo. Embora se adapte facilmente à regiões subtropicais, o acúmulo insuficiente de calor conduzirá a redução do teor e modificações na composição do óleo produzido (KUMAR et al. 1999). Quando submetidas a temperaturas ao redor de 10° C, as plantas não produzem grãos em decorrência da perda de viabilidade do pólen (TÁVORA, 1982).

3.3 Radiação solar

Em dias ensolarados, folhas situadas no topo do dossel recebem intensidades luminosas que excedem sua capacidade fotossintética. A co-evolução sob estas condições tem permitido às várias espécies vegetais aperfeiçoarem o aparato fotossintético com ênfase sobre os mecanismos que auxiliam a fotoproteção. Embora, de modo simplificado, sob irradiância elevada, outros fatores, tais como a manutenção do status hídrico muitas vezes conduz a alterações fisiológicas maximizando a fotossíntese (ORT; BAKER, 1988). Desse modo, a regulação da fotossíntese foliar tem sido considerada como um balanço dinâmico no qual a fotoproteção é reversivelmente trocada pela eficiência fotossintética. A dissipação térmica de luz absorvida dependente de gradiente de pH constitui-se em mecanismo central na fotoproteção. Não obstante, a fotoproteção global é constituída por um conjunto diverso de processos que incluem estratégias de movimento foliar e de cloroplasto, destoxificação de moléculas reativas produzidas no processo de fotossíntese por meio de intrincadas vias bioquímicas, variados processos reparadores os quais impedem o acúmulo de moléculas potencialmente reativas e a utilização da luz absorvida em excesso, sob níveis baixos de CO₂, por um arranjo alternativo de aceptores de elétrons.

A mamoneira apresenta taxas elevadas de fotossíntese quando suas exigências ecológicas são atendidas. Sob baixo déficit de pressão de vapor de água (3 milibares), temperaturas médias diurnas ao redor de 30° C, alta intensidade luminosa (1800 micromol quanta.m⁻².s⁻²) sua taxa de fotossíntese alcança em média 61 micromoles de (CO₂.m⁻².s⁻¹), valor cerca de 50% superior ao apresentado por

espécies como tabaco (C_3) e milho (C_4) sob as mesmas condições mencionadas. Tem sido sugerido que o maior conteúdo de clorofila, proteínas solúveis totais e de ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase por área foliar em mamoneira, se comparado ao tabaco e milho, exerçam influência na maior taxa de fotossíntese constatada (DAI et al. 1992). Entretanto, a mamoneira apresenta resposta evidente às variações ambientais, a exemplo de resistência elevada a difusão de CO_2 , mesmo apresentando densidades média de 117 estômatos por milímetro quadrado de área foliar. Sob condições edafo-climáticas da Rússia, empregando cultivares de ciclo médio, a taxa de fotossíntese varia de 6,5 a 6,9 $g.m^{-2}.dia^{-1}$, que em conjunto com o índice de área foliar, definem a produtividade primária da cultura (DAI et al. 1992). Resultados obtidos sob condições controladas evidenciam que o tratamento controle, constando de plantas mantidas em capacidade de campo e na ausência de estresse térmico, medidas por sonda de oxigênio apresentou valores médios de 16,58 $moles.m^{-2}.s^{-1}$ (BELTRÃO et al. 2003).

Respostas da mamoneira à luz (30° C, baixo déficit de pressão de vapor, ou seja 3 milibar e condições atmosféricas natural têm permitido verificar que há um aumento gradativo da taxa fotossintética com o aumento da intensidade de luz até 1800 $\mu mol quanta.m^{-2}.s^{-1}$, enquanto sob elevado déficit de pressão de vapor (30 milibares) a fotossíntese é saturada ao redor de 800 $\mu mol quanta.m^{-2}.s^{-1}$ declinando em intensidades superiores. Sob esta condição, a taxa de fotossíntese líquida foi inferior a 50%, comparada às plantas mantidas sob baixo déficit de pressão de vapor, especialmente nas maiores intensidades luminosas avaliadas. Sob baixo déficit de pressão de vapor, incrementos na taxa de fotossíntese (60 $\mu mol CO_2.m^{-2}.s^{-1}$) ocorreram até intensidades luminosas ao redor de 2000 $\mu mol quanta.m^{-2}.s^{-1}$, equivalente ao brilho solar. Sob condições desfavoráveis à fotorespiração e elevado déficit de pressão de vapor, a taxa de fotossíntese permaneceu alta e saturou ao redor de 800 $\mu mol quanta.m^{-2}.s^{-1}$ (DAI et al. 1992). Em condições favoráveis à fotorespiração e baixo déficit de pressão de vapor, a condutância estomática aumentou drasticamente quando a intensidade

luminosa variou de 100 a 800 $\mu mol quanta.m^{-2}.s^{-1}$ (Figura 5a). Entretanto, mantendo-se as condições favoráveis à fotorespiração e déficit de pressão elevado, os valores de condutância são mantidos em níveis muito baixos sob todas as intensidades luminosas avaliadas. Em condições desfavoráveis à fotorespiração (concentração de CO_2 elevada e baixo O_2) e sob baixo déficit de pressão de vapor, a condutância estomática foi inferior a mensurada sob condições favoráveis a fotorespiração. Sob condições desfavoráveis à fotorespiração, os valores de condutância estomáticas são mantidos muito baixos independente dos níveis de déficit de pressão de vapor imposto (3 a 30 milibares). Em condições fotorespiratórias favoráveis e déficit de pressão de vapor elevado, tem sido verificado que o aumento da intensidade luminosa conduz a inibição relativa da fotossíntese, entretanto, este processo ocorre em menor grau sob déficit de pressão de vapor menos elevado, diferenças que podem estar relacionadas as variações na concentração de C_i (concentração de interna de CO_2) decorrentes de alto e baixo déficit de pressão de vapor sob as diferentes intensidades luminosas (Figura 5b) (DAI et al. 1992).

Para a mamoneira, embora existam vários estudos relacionando as respostas desta espécie às variáveis ambientais, na maioria deles, as abordagens são pontuais. Assim, o planejamento de estudos que abordem de forma mais ampla aspectos básicos desta cultura ainda necessitam ser realizados para se obter conhecimentos básicos cruciais ao seu manejo racional.

3.4 Fotoperíodo

No início do século XX, pesquisadores descobriram que o florescimento é controlado pelo fotoperíodo, ou seja pelo tempo de exposição à luz. Subseqüentemente, novas elucidções foram efetuadas as quais permitiram constatar que o fotoperíodo regula o florescimento em muitas espécies de plantas e então introduziram o termo fotoperiodismo, definido como uma resposta ao tempo de exposição à luz e a obscuridade. Plantas nas quais o florescimento ocorria em condições de crescimento sob noites longas e dias curtos passaram a ser classificadas de plantas de dias-curto e aquelas em que o florescimento ocorria em noites

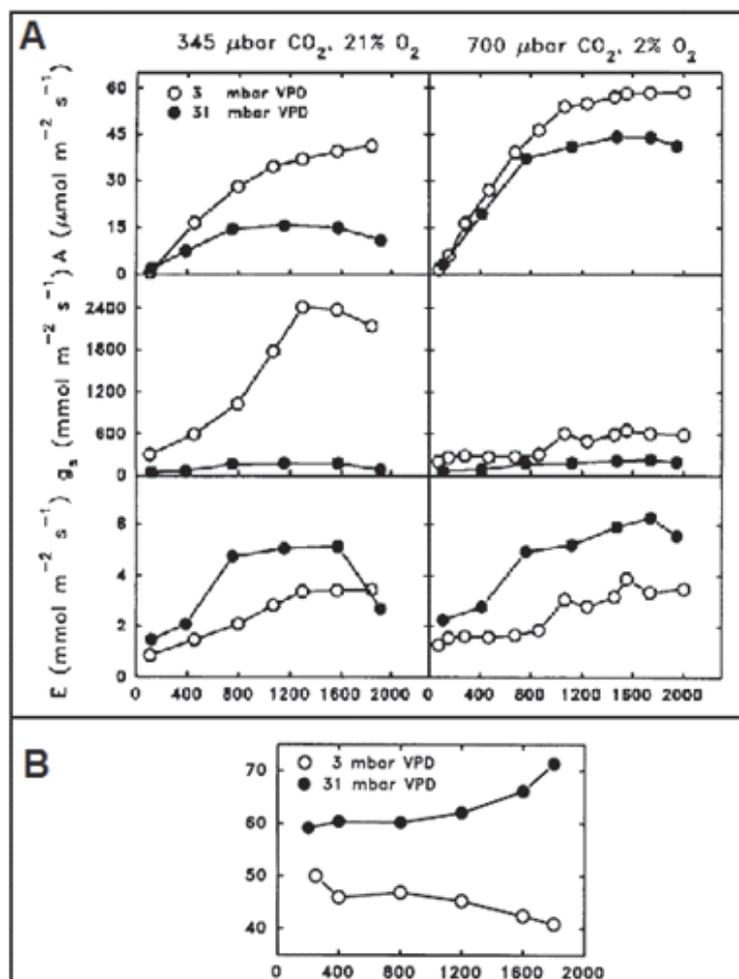


Fig. 5. (A) As respostas de A (taxa fotossintética líquida), g_s (condutância estomática) e E (taxa transpiratória) sob intensidades luminosas, à 30° C sob condições favoráveis à fotorespiração (345 $\mu\text{bar CO}_2$ e 21% de O_2) versus condições desfavoráveis (700 $\mu\text{bar CO}_2$ e 2% de O_2) sob dois VPD (Déficit de pressão de vapor) ($3 \pm 0,7$; 31 ± 2 μbar) em mamoneira. **(B)** Inibição percentual da taxa fotossintética em mamoneira em resposta às condições fotorespiratórias favoráveis (A_{FR} mensurada a 345 $\mu\text{bar CO}_2$ e 21% de O_2) versus condições desfavoráveis (A_{FRN} mensurada a 700 $\mu\text{bar CO}_2$ e 2% de O_2). Adaptada de Dai et al. (1992).

curtas e dias longos foram agrupadas como plantas de dias-longo. Entretanto existem variações onde se incluem plantas que florescem em respostas a dias longos seguido por dias curtos e plantas que florescem quando expostas a dias curtos seguido de dias longos (TAIZ; ZEGGER, 2004).

A mamoneira é considerada de dias-longo, entretanto adapta-se às regiões de dias-curto, desde que haja pelo menos nove horas de luz. O desenvolvimento é favorecido em áreas com elevado brilho solar, com cerca de 12 horas de luz.dia⁻¹ (BELTRÃO; SILVA, 1999), como na região Nordeste. Dias longos conduzem a formação de flores femininas enquanto dias-curto favorece a emissão de flores masculinas (MOSHKIN, 1986a).

3.5 Vento

A polinização é o mecanismo inicial de fecundação das plantas superiores pelo qual o pólen (que se diferenciam nos órgãos masculinos das flores, os estames) é levado ao contato do órgão feminino de uma flor em outra planta (às vezes da mesma flor ou da mesma planta). Existem dois mecanismos básicos de polinização, a autopolinização e a polinização cruzada (FERRI, 1971).

Na mamona, prevalece a polinização cruzada por existir protoandria, por se tratar de uma planta normalmente monóica, onde as flores unissexuais masculinas e femininas ocorrem numa mesma inflorescência de cada planta (MACÊDO; EWAGNER, 1984). A taxa de alogamia chega a mais

de 40%, em plantas de porte alto (acima de 2,5 m). Em plantas de porte anão (até 1,5 m) ou médio (2,0 m), a taxa de fecundação cruzada é de aproximadamente 25%. Estes índices podem, também, ser afetados pelo tipo de ramificação, aberta ou fechada (SAVY FILHO, 2005).

Macêdo e Ewagner (1984) afirmam que a explosiva deiscência da antera permite lançar o pólen a grandes distâncias. Este mecanismo da planta favorece a polinização cruzada, a qual é obra principalmente do vento, devido à leveza e grande produção de pólen. Segundo Mazzani (1983b), a porcentagem de polinização cruzada é variável e raras vezes menor que 30%.

Os grãos de pólen são pequenos e ovais e cada flor chega a ter mais de 60 mil grãos de pólen. Para Távora (1982), a liberação do pólen na mamona é máxima nas horas mais quentes do dia, podendo o grão de pólen permanecer viável, em condições ambientais, durante 48 horas; já o estigma das flores femininas permanece receptivo pelo período de 5 a 10 dias, quando as flores masculinas estão localizadas na base da inflorescência, enquanto as femininas são posicionadas no seu ápice.

Os problemas resultantes da velocidade do vento tem sido da maior importância na determinação das características agrícolas em muitas regiões do mundo.

O vento afeta o crescimento das plantas sob três aspectos: transpiração, absorção de CO₂ e efeito mecânico sobre as folhas e ramos.

Experimentos controlados comprovam que a transpiração aumenta com a velocidade do vento até certo ponto, além do qual não se verificam modificações significativas. O exato relacionamento entre o vento e a transpiração, entretanto, varia grandemente com as espécies. O efeito do vento sobre a transpiração pode também variar com a temperatura e a umidade do ar que incide sobre as plantas, podendo atingir cerca de 6% da perda total de água de uma cultura anual, porém com valores maiores, sob condições áridas, provocando rápido secamento das plantas (ASSIS, 2008).

A fotossíntese aumenta com o suprimento de CO₂, que por sua vez é favorecido pela turbulência do vento. Altas velocidades são prejudiciais ao crescimento das plantas. Folhas danificadas pelo vento têm reduzido a sua capacidade de translocação e fotossíntese (ASSIS, 2008).

Determinações de umidade nas folhas mostraram que a inibição da fotossíntese não foi devido à perda de água. Uma vez que as plantas não reagem da mesma maneira aos ventos fortes, sendo que Whitehead (1957), classificou-as em três grupos:

a. As que escapam à ação do vento

São plantas comumente pequenas, cuja parte aérea não cresce acima de uma camada de ar relativamente fina, próxima ao solo e, sendo assim, são menos afetadas pelos ventos fortes.

b. As que toleram os ventos

Plantas deste grupo apresentaram uma marcada diminuição da produção de matéria seca com o aumento da velocidade do vento, porém em menor proporção do que as plantas do grupo a seguir.

c. As sensíveis ao vento

Plantas destas espécies são afetadas pelos ventos fortes de tal maneira que não podem sobreviver. Tanto a altura da planta como a produção de matéria seca decrescem rapidamente com o incremento da velocidade do vento.

Plantas que tenham crescido em condições de ventos fortes por um longo período, podem desenvolver certas características fisiológicas, como por exemplo, maior proporção de raiz em comparação com a parte aérea, maior largura e espessura das folhas, etc.

4. Eventos Adversos

4.1 Granizo e chuvas intensas

O granizo ocorre com mais frequência nas regiões continentais das médias latitudes, diminuindo em regiões marítimas e equatoriais. Também ocorre com grande frequência em áreas de alta altitude das

regiões tropicais. Teoricamente, o grau de dano causado às plantas depende do tamanho das pedras, da densidade por área, da duração da tempestade, da velocidade de queda e da idade das plantas (MOTA, 1981). Dependendo da intensidade, o granizo pode danificar frutos, folhas e caules da mamoneira, causando enormes perdas ou predispondo a planta à proliferação de doenças. Para avaliar o dano causado pelo granizo, é interessante saber a época em que ocorre, o tamanho e a densidade. Quando a densidade é inferior a dez pedras por 0,10 m² (CARDOSO et al. 2004) usualmente não ocorrem danos apreciáveis. Áreas com alta probabilidade de ocorrência de granizo não devem ser utilizadas para plantio.

4.2 Veranicos

Trata-se de um fenômeno natural, caracterizado pelo atraso das chuvas ou pela sua distribuição irregular, podendo causar reduções de crescimento ou desenvolvimento da cultura da mamoneira.

A precipitação durante o período chuvoso pode ser irregular, havendo dias de chuva intensa intercalados com períodos curtos de estiagem. Tais períodos são conhecidos por 'veranicos' e podem ser danosos ao crescimento da cultura, dependendo de sua duração e da época da sua ocorrência, pode comprometer a produção.

A ocorrência de veranicos no período da floração pode reduzir a produtividade da planta, enquanto que na fase da maturação dos frutos, ocasionará redução na massa dos grãos e no teor de óleo. Quando cultivada em solos mais profundos, os cultivares que apresentam maior desenvolvimento da raiz principal tendem a ter melhor desempenho no período de seca.

4.3 Vento intenso

O efeito físico do vento sobre organismos pode ter importância ecológica. Isto é especialmente verdadeiro em áreas que tendem a ter ventos mais constantes. Em geral, como todos os fatores do ambiente, a magnitude do efeito do vento depende de sua intensidade, duração e época, tais como, dessecação, redução no porte, deformação e danos.

4.3.1 Dessecação

Cada abertura estomatal na folha leva a um espaço de ar no qual a troca gasosa ocorre nas paredes celulares das células circundantes. Esse espaço é saturado de umidade e, desde que os estômatos estejam abertos, o vapor d'água flui de dentro para fora das folhas. Quando não há movimento, de ar saturado para fora dos estômatos cria uma camada limítrofe de ar saturado ao redor da superfície da folha. O movimento do ar remove, aumenta a transpiração e perda total de água da planta. A taxa de dessecação aumenta proporcionalmente com a velocidade do vento, até uma velocidade de cerca de 10 km/h, quando a taxa máxima de perda é alcançada.

A perda normal de água pela planta pode ser prontamente substituída por absorção pelas raízes e transporte subsequente para as folhas. Se a taxa de dessecação exceder à da substituição, pode ocorrer murcha. A murcha excessiva pode afetar seriamente a função normal das folhas, em especial a fotossíntese, acarretando um crescimento mais lento de toda a planta e, inclusive a morte.

4.3.2 Redução no porte

Existe uma correlação direta entre o vento e a relação da estatura da planta. Quando cultivada em áreas com ventos constantes têm, normalmente, uma estrutura menor do que semelhantes cultivadas em área com ausência de ventos. A pequena estrutura é resultado da dessecação constante, que provoca células menores e uma planta mais compacta. Onde os ventos são variáveis, e períodos extensos de calma se alteram com períodos de intensidade, as plantas não tendem a ter redução no porte (GLIESSMAN, 2000).

4.3.3 Deformação

Quando os ventos são relativamente constantes e basicamente oriundos da mesma direção, podem alterar permanentemente a forma de crescimento das plantas de mamona. A deformação pode assumir muitas formas, desde uma indicação permanente na direção contrária do vento até uma forma de bandeira ou hábito prostrado (GLIESSMAN, 2000).

4.3.4 Danos

Se ventos fortes não forem comuns, e se ocorrem especialmente durante chuvas pesadas, podem causar danos as plantas de mamona. As folhas podem ser dilaceradas ou removidas, suas superfícies podem sofrer abrasão, ramos podem ser quebrados e plantas inteiras podem ser arrancadas.

Com relação aos problemas fisiológicos, o efeito de ventos é indireto, pois induz o fechamento dos estômatos, reduzindo a atividade fotossintética e o crescimento, além de poder causar estresse hídrico pelo aumento da demanda evaporativa.

Ventos frios são, também, prejudiciais, pois podem causar danos semelhantes aos das geadas.

4.4 Geadas

A mamoneira é planta heliófila de clima tropical e subtropical, de ampla capacidade de adaptação (AMORIM NETO et al. 2001; MAZZANI, 1983a). Precisa de chuvas regulares principalmente no início da fase vegetativa e de período seco na maturação dos frutos. Mesmo com elevada capacidade de adaptação a mamoneira não tolera geadas durante o seu ciclo de desenvolvimento. O risco de geadas deve ser considerado um fator restritivo ao cultivo da espécie.

5. Considerações Finais

É difundido que essa cultura apresenta resistência a seca e produz em amplas condições edafoclimáticas, mas deve-se atentar para o fato que para se obter uma produção comercial economicamente viável é necessário que seja respeitado o ótimo ecológico dessa cultura. A baixa produtividade obtida atualmente pode ser atribuída a vários fatores como plantio em época não propícia, uso de cultivares em locais de condições edafoclimáticas impróprios, utilização de grãos de baixa qualidade e manejo inadequado.

Há necessidade de estudos com diferentes genótipos de mamoneira em vários picos térmicos, condicionados pela altitude em diferentes latitudes, ou seja, uma rede experimental envolvendo diversos estados do Brasil e países, para a definição das

influências de tais fatores no crescimento, desenvolvimento e produtividade desta espécie, além da qualidade de seu óleo.

Os diversos fatores bióticos e abióticos podem exercer influência fisiológicos e/ou anatômica de forma a atingir a planta ou apenas partes isoladas, mas a abordagem analítica é primordial para a compreensão da interação edafoclimáticas e os principais processos fisiológicos que marcam a vida do vegetal.

6. Referências Bibliográficas

ASSIS, S. V. Vento. Disponível em: <http://ufpel.tche.br/~assis/agro/agro_06.doc>, Acesso em: 14 nov. 2008.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e Solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001, p. 63-76.

ANDRADE JUNIOR, A. S.; MELO, F. de B.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. **Zoneamento de aptidão e de risco climático para a cultura da mamona no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. (Documentos, 94).

BAHIA. Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/siga.htm>>. Acesso em: 24 out. 2008.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os Múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu Cultivo no Brasil. In: **Fibras e Óleos**, n. 31, p. 7, Campina Grande, PB, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. LIMA, R. L. S. QUEIROZ, W. N.; QUEIROZ, W. C. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2 ed. rev. amp Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. cap. 2, p. 45-71.

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J. W. dos Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS 149

- nordestina, na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 659-664, 2003.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria nº 201, de 04/12 de 05 de Dezembro de 2006. Aprova o zoneamento agrícola para a cultura de mamona no Estado do Ceará, ano-safra 2006/2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2006. Seção 1, p.29514.
- BREIDENBACH, R. W.; WADE, N.; LYONS, J. L. Effect of chilling temperatures on the activities of glyoxysomal and mitochondrial enzymes from castor bean seedlings. **Plant Physiology**, v. 54, p. 324-327, 1974.
- CARDOSO, N. K. R.; LIMA, F. U.; ASSIS, F. V. Análise da distribuição de Poisson para ocorrência de granizo na região de pelotas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 628-632. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%204_OK/4-47.pdf>, Acesso: 13 nov. 2008.
- CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O. R. R. F. da; SEVERINO, L. S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. **O cultivo da mamoneira no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. (Circular Técnica, 77).
- CLOUGH, B. F, MILTHORPE, F. L. Effect of water deficits on leaf development in tobacco. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 2, p. 291-300, 1975.
- DAI, Z.; EDWARDS, G. E.; KU, M. S. B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, v. 99, p. 1426-1434, 1992.
- ESTATÍSTICA da Produção Agrícola. **Indicadores IBGE**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/lspa_200801caderno.zip>. Acesso em: fev. 2008.
- FERRI, M. G. **Botânica**: morfologia externa das plantas (organografia). 1971, p. 149.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade/UFRG, 2000, 653 p.
- HECKENBERGER, U.; ROGGATZ, U., SCHURR, U. Effect of drought stress on the cytological status in *Ricinus communis*. **Journal of Experimental Botany**. V .49, p. 181-189, 1998.
- ICOA. International Castor Oil Association, 2008. Disponível em: <http://www.icoa.org/ICOA_index.html>. Acesso em: 13 out. 2008.
- KRAPP, A.; HOFMANN, G.; SCHAFER, C.; STITT, M. Regulation of the expression of rccS and other photosynthetic genes by carbohydrates: a mechanism for sink regulation of photosynthesis. **The Plant Journal**, v. 3, p. 817-28, 1993.
- KUMAR, L. S. DNA marker in plant improvement: an overview. **Biotechnology Advances**. v. 17, p. 143-182, 1999.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- MACÊDO, L. R.; WAGNER, W. J. **Revisão bibliográfica sobre a cultura da mamona**. Belém: SUDAM/DSP, 1984. 35 p.
- MAKSYMOWYCH, R. Cell division and cell elongation in leaf development of *Xanthium pennsylvanicum*. **Am. J. Bot.** v. 50, p. 891-901, 1963.
- MAZZANI, B. Almacenamiento y conservación de semillas oleaginosas. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983, p. 73-93.
- MAZZANI, B. Euforbiaceas oleaginosas. Tártago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas**

oleaginosas. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. p. 277-360.

MELO, F. de B.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. de M.; RIBEIRO, V. Q. Competição de genótipos de mamoneira em baixas altitudes: resultados preliminares. In CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. 1 CD-ROM.

MELO, F. de B.; CAVALCANTE, A. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A. **Levantamento detalhado dos solos da área da Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004a. 26 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 89).

MOSHKIN, V. A. Ecology. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor.** New Delhi, Indian: Amerind, 1986a. p. 54-64.

MOSHKIN, V.A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor.** New Delhi: Amerind, 1986b. p. 36-42.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** São Paulo: Livraria Nobel, 1981. 376 p.

ORT, D. R.; BAKER, N. R. Consideration of photosynthetic efficiency at low light as a major determinant of crop photosynthetic performance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 26, p.555-565, 1988.

SANTOS, R. F. dos.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise econômica. In: AZEVEDO, D. M. P de; LIMA, E. F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. E. G. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: **O Agronegócio da Mamona no Brasil.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. cap.1, p. 23-41.

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

SILK, W. Steady form from changing cells. **International Journal of Plant Sciences**, v. 153, n. 3, p. 49-58, 1992.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37. n. 2, p. 188-194, 2006.

STREET, H. E.; OPIK, H. **Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento.** São Paulo: Polígono/Ed. da Universidade de São Paulo, 1974. 315 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

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

WHITEHEAD, F. H. Wind as a factor in plant growth. In: HUDSON, J. P. **Control of The Plant Environment.** London: Butterworths, 1957. 345 p.

YEGAPPAN, T. M., PATTON, D. M. Water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) effects on leaf cells and leaf area. **Annals of Botany**, v. 49, p. 63-68, 1982.

**Circular
Técnica, 120**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58107-720 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br

1ª Edição
Tiragem: 500

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**



**Comitê de
Publicações**

Presidente: Carlos Alberto Domingues da Silva
Secretário Executivo: Valter Freire de Castro
Membros: Fábio Aquino de Albuquerque
Giovani Greigh de Brito
João Luiz da Silva Filho
Maira Milani
Maria da Conceição Santana Carvalho
Nair Helena Castro Arriel
Valdinei Sofiatti
Wirtton Macedo Coutinho

Expedientes: Supervisor Editorial: Valter Freire de Castro
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Geraldo Fernandes de S. Filho
Editoração Eletrônica: Geraldo Fernandes de S. Filho