

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L) é a quarta maior fonte de óleo vegetal comestível do mundo, após a soja, a palma e a canola (FERNÁNDEZ-MARTINEZ et al., 2008). É cultivado em todos os continentes, em uma área de cerca de 24 milhões de hectares (FAO, 2007). Apesar de ainda pouco expressiva, a cultura de girassol, no Brasil, vem sendo praticada nos Estados do Centro-Oeste, Sul, Sudeste e Nordeste.

O México é considerado o centro de origem e domesticação do girassol (LENTZ et al., 2001), a partir do qual se espalhou pelos Estados Unidos, Espanha e Leste Europeu, tendo chagado à Rússia por volta de 1830, onde passou a ser explorado, comercialmente, como planta produtora de óleo (PUTT, 1997; CÂMARA, 1998; UNGARO, 2000). A partir do sucesso do girassol como cultura oleaginosa no leste europeu, tal cultura foi sendo difundida no mundo inteiro.

No Brasil, a cultura foi trazida pelas primeiras levas de colonos europeus, no final do século XIX. Inúmeras foram as tentativas de fomentar e expandir seu cultivo, em diferentes regiões do País, a partir do início do século XX. Em 1998, por iniciativa de indústrias e cooperativas ligadas ao setor de óleos vegetais e, neste século, a partir de 2003, com o Programa Nacional do Biodiesel, o girassol voltou a constar na pauta de oleaginosas destinadas à alimentação humana e à energia veicular.

A demanda mundial por óleo de girassol vem crescendo, em média, 1,8% ao ano, enquanto a demanda interna cresce num ritmo de 13%, obrigando o Brasil a se posicionar como importador, principalmente da Argentina. Essa realidade tem exigido ações de pesquisa e de desenvolvimento voltadas ao fortalecimento e ao planejamento organizado da expansão do cultivo do girassol.

Atualmente, o girassol é, reconhecidamente, utilizado como planta medicinal, melífera, produtora de silagem e de forragem, como adubação verde, melhoradora do solo e ornamental. Mas, a maior utilização do girassol está no aproveitamento dos grãos (aquênios-sementes), os quais constituem a matéria-prima para a obtenção de uma série de subprodutos de elevada importância econômica, que podem ser utilizados diretamente no consumo humano, torrados ou crus, ou na alimentação de aves e pássaros. Os grãos são bastante ricos em óleo, entre 30 e 56%, dependendo da cultivar, do ambiente edafoclimático e das tecnologias adotados no seu cultivo. O óleo apresenta alta qualidade nutricional para o consumo humano e caracteriza-se, dentre tantas e importantes propriedades, por resistir a baixas temperaturas sem se congelar e nem se enturvar, e por ser semi-secativo, apresentando um índice de iodo que pode variar entre 110 e 143 (DUNN, 2006), dependendo das condições ambientais, durante a fase de enchimento de grãos.

A torta, subproduto da extração do óleo, pode ser utilizada na alimentação animal, como substituto do farelo de soja, e na alimentação humana, na forma de farinha e “leite” de girassol. Devido ao seu elevado teor de nitrogênio e fósforo, constitui-se em excelente fonte desses nutrientes na adubação do solo.

Por sua importância na alimentação humana e animal, e como biocombustível, o girassol vem merecendo atenção especial no que respeita aos mecanismos de fomento, objetivando a expansão de seu cultivo no território Nacional, de forma racional e controlada. Para isso, busca-se ajustar as exigências bioclimáticas e edáficas da espécie às disponibilidades das distintas regiões do Brasil,

1- Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, Instituto Agronômico de Campinas, Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas, SP. E-mail: ungaro@iac.sp.gov.br

2- Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, EMBRAPA – Soja. E-mail: ccastro@cnpso.embrapa.br

3- Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, EMBRAPA – Soja. E-mail: jrenato@cnpso.embrapa.br

4- Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, FEPAGRO. E-mail: nidio-barni@fepagro.rs.gov.br

5- Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, EMBRAPA – Meio Ambiente. E-mail: npramos@cnpma.embrapa.br

6- Eng. Agrônomo, Dr., Professor, ESALQ/USP. E-mail: pcsentel@esalq.usp.br

através do zoneamento agroclimático de risco.

1.1 Fenologia e desenvolvimento

O crescimento e desenvolvimento do girassol, da semente à maturação (ciclo biológico ou biociclo), é um processo fundamentado numa seqüência de alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas que se sucedem na planta, convenientemente consideradas como fases fenológicas, separadas por estádios fenológicos (CONNOR & HALL, 1997). A duração de cada fase é regulada pela ação do comando genético, extrínseco da cultivar, interagindo com as condições de ambiente (edafoclimáticas naturais, somadas ao nível tecnológico adotado) no qual o cultivo é realizado.

Embora existam várias escalas para descrever o desenvolvimento do girassol, adota-se, neste capítulo, a escala proposta por SCHNEITER & MILLER (1981), em que o desenvolvimento da planta é dividido em dois subperíodos: vegetativo (V) e reprodutivo (R).

As fases de desenvolvimento do girassol são as seguintes:

Emergência	Nº de folhas maiores que 4 cm			Desenvolvimento da inflorescência		Floração		Enchimento de aquênios		Maturação fisiológica
VE	V1	V2	VN...	R1...	...R4	R5	R6	R7	R8	R9
Fases vegetativas				Fases reprodutivas						

Figura 1. Descrição esquemática das fases de desenvolvimento do girassol, segundo SCHNEITER & MILLER (1981). (Fonte: CASTRO & FARIAS, 2005)

Para uma discussão mais objetiva sobre as influências dos fatores ambientais no desenvolvimento da cultura, cada fase será abordada individualmente.

Semeadura (S) - Emergência (E)

A fase de semeadura-emergência, na verdade, engloba dois eventos distintos: 1) germinação, que compreende o início da embebição até a profusão da raiz primária e, 2) emergência, quando a radícula aparece e o gancho hipocotiledonar desponta acima da superfície do solo (BEWLEY & BLACK, 1985) apud CONNOR & HALL (1997).

No caso do girassol, a capacidade germinativa dos embriões é obtida cerca de 6 dias após a polinização, aumentando sensivelmente até os 30 dias, quando atinge valores próximos de 100% (MAEDA et al., 1987), podendo entrar em dormência nos próximos 16 dias. Baixas porcentagens de germinação, em consequência da dormência, podem ser obtidas sob temperaturas abaixo do ótimo (CORBINEAU et al., 1990).

Há diferenças no nível de dormência decorrentes do genótipo e da época de semeadura e, conseqüentemente, da colheita. Nesse sentido, UNGARO et al. (1992) encontraram uma grande variação no nível e na velocidade de superação dessa dormência entre genótipos de girassol, semeados, mensalmente, e colhidos na maturação fisiológica. Na média, colheitas entre dezembro e abril mostraram maiores valores de dormência, para os três genótipos avaliados. Nas demais épocas, o nível de dormência foi menor, com maior variação entre genótipos. Por analogia com outras espécies, o grau de dormência deve estar relacionado às condições prevalentes durante a formação da semente (FENNER, 1991).

A germinação é influenciada diretamente pela disponibilidade de água, temperatura e oxigênio, sendo a luz um fator de superação de dormência e, não exatamente, indispensável para a germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). A temperatura é o principal fator que afeta a germinação do girassol em solos com água e aeração adequadas (CONNOR & HALL, 1997). Assim, estimativas da

temperatura mínima para germinação de girassol situam-se entre 3 e 6°C, com ótimo ao redor de 26°C, e máxima em 40°C (MAEDA & UNGARO, 1985; GAY et al., 1991). Estes valores podem ser afetados pela composição do óleo nas sementes (DOWNES, 1985), onde, quanto maior o teor de ácido linoléico, maior a germinação em sementes sob baixas temperaturas. Quanto à água, há necessidade de volumes suficientes para a embebição dos tecidos internos, para a retomada da respiração e para outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes para o crescimento do eixo embrionário. Segundo BURCH & DELOUCHE (1959), quanto maior o teor de proteína, maior volume de água é necessário e mais rápida ocorre a absorção.

Com relação à emergência das plântulas, pode-se afirmar que o sucesso deste processo está relacionado, além do ambiente onde a semente será depositada, ao seu vigor, o qual é determinado por aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e de sanidade (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Assim, as condições pelas quais as sementes passaram, anteriormente à sementeira, influenciam significativamente seu desempenho no campo. Isto indica, claramente, a necessidade de se utilizar sementes de qualidade, para que se possa atingir um potencial produtivo satisfatório, levando ao sucesso, a atividade agrícola.

Assim como ocorre na germinação, a temperatura é um fator determinante para a emergência do girassol. VILLALOBOS et al. (1994) encontraram relação entre a emergência e a soma térmica de 12°C/dia acima de 4°C, que seria a temperatura base, por centímetro de profundidade de solo. Vários autores referem, como temperatura base para o crescimento e desenvolvimento do girassol, valores entre 4°C a 8,5°C (ROBINSON et al., 1967; SADRAS & HALL, 1988; MERRIEN, 1992; VILLALOBOS & RITCHIE, 1992; BARNI et al., 1993^a; SENTELHAS et al., 1994). A temperatura base de uma cultura é definida como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve ou, quando o faz, é em proporções muito reduzidas. O conceito de graus-dia baseia-se no fato de que a planta necessita de determinada quantidade de energia, representada pelo somatório de temperaturas acima de um valor base, para completar determinada fase fenológica ou mesmo o biociclo (MASSIGNAM, 1987; BARNI et al., 1993b).

Quanto à disponibilidade de água para a emergência, SOMERS et al. (1983) encontraram variabilidades, entre genótipos de girassol, quanto à tolerância ao baixo potencial de água, sendo que, durante o período de emergência da plântula, há um consumo médio de 0,5 a 0,7mm/dia (CASTRO & FARIAS, 2005). O não atendimento da demanda leva à redução, atrasos e desuniformidade na emergência, que resultam em populações de plantas variáveis e mal distribuídas na área de cultivo. Assim, a qualidade da semente, a uniformidade de distribuição, durante a sementeira, e as condições do leito de sementeira têm efeito marcante sobre estabelecimento da lavoura. CARDINALI et al. (1985) encontraram o mesmo nível de produtividade de grãos de girassol, em diferentes populações de plantas, desde que sob estandes com distribuição uniforme. Isto se deve, muito provavelmente, à plasticidade da planta de girassol, que tem a capacidade de compensar um maior espaço, aproveitando para aumentar o sistema radicular e o desenvolvimento das folhas (SADRAS et al., 1989). No entanto, sob estande desuniforme, MERRIEN & MILAN (1997) encontraram reduções de até 43% na produção de grãos.

Emergência (E) – Início da floração (FI) (FI = R4, na Escala de Schneiter & Miller, 1981)

A duração do subperíodo E a FI, para muitos, se não para a maioria dos genótipos, é dependente da temperatura e do fotoperíodo (VILLALOBOS et al., 1994).

A temperatura é considerada o fator do ambiente de maior influência no desenvolvimento fenológico do girassol (ROBINSON, 1978; MASSIGNAM, 1987; BARNI et al., 1995a), sendo a espécie apontada como de dias curtos ou insensível ao fotoperíodo (ROBINSON et al., 1967). Mas, existem cultivares que se comportam como planta de dias curtos e outras como planta de dias longos. Temperaturas baixas aumentam o ciclo da cultura, atrasando a floração e a maturação (BARNI, 1994; BARNI et al., 1995a). Quando tais temperaturas ocorrem após o início da floração, podem afetar significativamente o rendimento.

Diferentes genótipos mostram respostas quantitativas características de plantas de dias longos, neutros e curtos, para a duração do subperíodo E-FI (GOYNE & SCHNEITER, 1988).

Sem dúvida, o fotoperíodo e a temperatura são os principais fatores que afetam a duração do subperíodo E-FI, mas a redução na radiação solar, como ocorre no inverno, em relação ao verão, acaba por atrasar o início da floração, facilmente observável em experimentos de épocas de plantio (SENTELHAS et al., 1993). A exposição à baixa disponibilidade de N (STEER & HOCKING, 1987) também pode atrasar a FI.

Iniciação Floral (FI) – Início da Antese (R5)

A duração do subperíodo FI-R5 é afetada pela temperatura (RAWSON et al., 1984), fotoperíodo (RAWSON et al., 1984), e cultivar (VILLALOBOS et al., 1994). Exposição a dias curtos torna o processo mais lento (SENTELHAS et al., 1994) em algumas cultivares, mas não em todas (MARC & PALMER, 1981) e alguns desses efeitos podem ser devidos à redução do subperíodo de florescimento (MARC & PALMER, 1981). Esta resposta a dias curtos, exibida por algumas cultivares, contrasta com a resposta a dias longos encontrada durante o subperíodo E-FI (RAWSON & HINDMARSH, 1982). A resposta oposta, nas fases E-FI e FI-R5, pode classificar uma cultivar como neutra ao fotoperíodo, ou mesmo de dias curtos, quando se mede somente o subperíodo E-R5 (RAWSON & HINDMARSH, 1982).

O girassol apresenta um rápido desenvolvimento da área foliar, atingindo o estágio R1, da escala proposta por SCHNEITER & MILLER (1981), com 50% da área foliar expandida (VRANCEANU, 1977), e área foliar máxima, na antese (SAUGIER, 1976; ENGLISH et al., 1979; RAWSON & HINDMARSH, 1983; BARNI et al., 1995a). A área foliar na antese apresenta alta relação com a produção final de aquênios (VRANCEANU, 1977; RAWSON et al., 1980; BARNI et al., 1995b,c), sendo importante considerar-se, também, a atividade fotossintética, por unidade de área, e a duração da área foliar (MITCHEL, 1970; GOOD & BELL, 1980). O tamanho final da folha é influenciado por sua posição na planta, bem como pela temperatura, N, água e estresse de radiação (CONNOR; HALL, 1997), sendo também sensível à zona de aeração das raízes (KRIEDEMANN et al., 1983 apud CONNOR & HALL (1997)) e à salinidade (RAWSON & MUNNS, 1984). Os efeitos da densidade de plantas sobre a área foliar, por planta, é importante e provavelmente inclui efeitos tanto na expansão quanto na senescência.

Início da Antese (R5) – Final da Antese (R6)

O florescimento, propriamente dito, começa pela periferia do capítulo em direção ao centro do mesmo, com abertura de 3 a 4 círculos de flores por dia, dependendo da temperatura. Com uma média de temperatura de 20°C, o processo leva 10 dias (RAWSON, 1984) e é pouco afetado pela densidade de plantas ou pela cultivar (VILLALOBOS et al., 1994), apesar de poder ser diferente em capítulos muito pequenos. É uma fase que depende de água, cuja demanda aumenta com a temperatura, o vento e a baixa umidade do ar. Cultivos com baixa disponibilidade hídrica, nesta fase, restringem a expansão das células e, por conseguinte, a expulsão das anteras, a deiscência do pólen e a extensão do estigma, bem como diminuem sua receptividade. Esses acontecimentos contribuem para a infertilidade, a qual é extrema sob severa falta de água (CONNOR & HALL, 1997).

Por outro lado, pode existir o efeito direto de altas temperaturas em cultivos irrigados. O fenômeno tem sido observado quando a temperatura do ar se aproxima dos 40°C, e a magnitude do dano depende da duração do período de alta temperatura. Um único dia de alta temperatura pode danificar entre dois e quatro círculos florais, mas, com a queda da temperatura, o florescimento continua normalmente. Esses efeitos causam pequenas diminuições na produção de grãos, entre 5 e 10%, mas, com a continuação dos mesmos, até as flores imaturas podem ser afetadas (CONNOR & HALL, 1997). Os efeitos da alta temperatura podem agravar-se sob condições de falta de água.

CHIMENTI & HALL (2001) mostraram que baixas temperaturas, durante a iniciação floral, aumentam o número de flores diferenciadas, apesar de também diminuir a viabilidade posterior destas flores.

Por sua vez, condições proporcionadas pelo excesso de chuvas e dias nublados, na fase de floração do girassol, podem resultar em considerável quebra de produção (UNGARO, 1986).

Final da Antese (R6) – Maturação Fisiológica (R9)

Tanto o genótipo quanto a temperatura afetam a duração deste subperíodo. Este subperíodo também é afetado pela radiação (RAWSON et al., 1984) e pode (HALL et al., 1985) ou não (WHITFIELD et al., 1989) ser encurtado pelo estresse hídrico. A massa de matéria seca formada a partir da antese é praticamente toda utilizada no enchimento de grãos de girassol (SAUGIER, 1976; ENGLISH et al., 1979). Assim, neste subperíodo, deve haver a absorção máxima da radiação para a maximização do rendimento de aquênios (SHIBLES & WEBER, 1966).

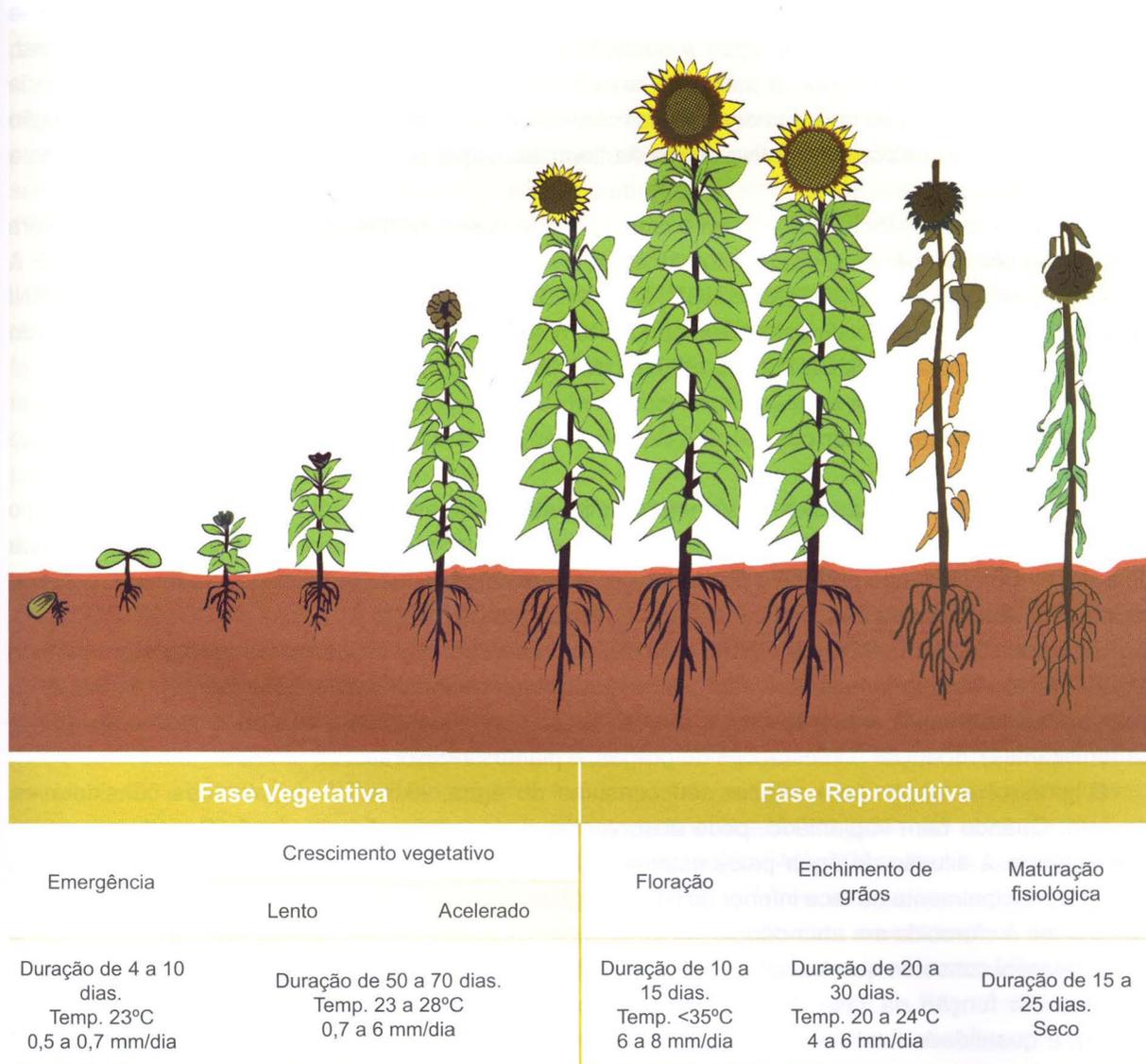


Figura 1. Representação esquemática da duração das principais fases de desenvolvimento do girassol, com as respectivas exigências térmicas e hídricas. (FONTE: CASTRO & FARIAS, 2005)

2. CONDICIONANTES AGROMETEOROLÓGICOS DA PRODUTIVIDADE

O conhecimento sobre o controle da parte aérea e do sistema radicular do girassol, em termos de tamanho, funcionalidade e duração, é um pré-requisito importante para entender como a cultura captura ou dissipa a água, os nutrientes e a radiação solar (HALL, 2004). DARDANELLI et al. (1997) comparam a funcionalidade do sistema radicular em relação à profundidade de enraizamento de girassol, soja, milho, amendoim e lucerne, confirmando a capacidade do girassol em estender seu sistema radicular, não só mais profundamente, como mais rapidamente que as demais culturas, extraindo água também

mais rapidamente, em uma dada camada de solo. Medidas da transpiração das raízes no campo, feitas por HALL et al. (1990), sugerem uma diminuição gradual da massa e da funcionalidade das raízes, após o florescimento da planta.

GOMES et al. (2008) encontraram que, sob condições de severo estresse hídrico, ocorreu um aumento acentuado no número de raízes na profundidade 30cm a 80cm; além disso, também houve um aprofundamento dessas raízes.

O aparecimento das folhas, sua expansão e senescência são processos realizados para a criação e para a extinção do dossel da cultura. A associação da capacidade fotossintética das folhas, com sua variação no dossel e entre campos de cultura, além de sua resposta ao estresse hídrico, determina a capacidade da cultura em interceptar a radiação solar e fixar o CO₂ (HALL, 2004). Durante, talvez, dois terços do ciclo da cultura, o índice de área foliar (LAI) é fortemente afetado pela senescência das folhas, um processo que começa em dosséis que se encontram próximos à total interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, antes da floração, e que se torna o fator predominante após a floração (HALL, 2004).

Os elementos climáticos que afetam o crescimento e desenvolvimento do girassol (ciclo da cultura ou biociclo) são: temperatura do ar, radiação solar, precipitação pluviométrica e fotoperíodo (GOYNE & HAMMER, 1982; UNGER, 1990; MASSIGNAM & ANGELOCCI, 1993; SENTELHAS et al., 1994; BARNI et al., 1995a). Na ausência de estresse hídrico, a temperatura e a radiação tornam-se os elementos de restrição à produtividade (MONTEITH, 1990; CHAPMAN et al., 1993).

2.1 Disponibilidade hídrica

A adaptação do girassol a diferentes ambientes é favorecida pelo sistema radicular do tipo pivotante que, sem impedimento físico ou químico, explora camadas mais profundas do solo em busca de água e nutrientes. Isto permite à planta tolerar melhor os períodos de deficiência hídrica e realizar a reciclagem de nutrientes.

Segundo DOORENBOS & PRUIT (1975), os fatores mais importantes que determinam o requerimento de água pela cultura são: clima, cultura (características de crescimento), umidade do solo, práticas agrícolas e de irrigação, e outros fatores que influenciam a taxa de crescimento (como os fertilizantes), doenças e infestações de pragas, e plantas invasoras.

O girassol é inapto para regular seu consumo de água, extraindo quantidades consideráveis do solo. Quando bem implantado, pode absorver água de uma profundidade de 2 metros ou mais. A resistência à difusão de água pelos estômatos é baixa; os estômatos são grandes, numerosos e densos, principalmente na face inferior do limbo. O girassol apresenta uma tendência de esbanjar água quando lhe é oferecida em abundância (MERRIEN, 1992; DIAS, 1995).

O girassol consome quantidades significativas de água durante o seu ciclo, com exigências hídricas distintas em função da fase de desenvolvimento da planta. Segundo DOORENBOS & KASSAM (1979), a quantidade total de água requerida pelo girassol varia entre 600 a 1000mm, dependendo, fundamentalmente, do clima e da cultivar, os quais determinarão a duração da estação de crescimento e a demanda evaporativa da atmosfera. Por sua vez, DIAS (1995), estudando o consumo de água pelo girassol, na região de Lavras, Estado de Minas Gerais, registrou um consumo de 508,8 mm, com média diária de 5,35mm. A evapotranspiração aumenta, nesta cultura, do estabelecimento à floração, podendo atingir, durante este subperíodo, valores máximos acima de 10mm diários (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

Para RAWSON e CONSTABLE (1980), o girassol é uma espécie muito vigorosa, com habilidade de obter água, alcançar taxas de fotossíntese muito altas e manter suas atividades sob moderados estresses hídricos. Quando cultivado sob diferentes regimes hídricos, o girassol apresenta uma constância no pico de fotossíntese, por unidade de área foliar.

Dependendo do conteúdo de umidade do solo, as plantas terão maior ou menor facilidade em extrair a água e, portanto, em atender às suas necessidades. À medida que o solo seca, torna-se cada vez mais difícil às plantas absorverem água. Isso porque vai aumentando a força de retenção enquanto

diminui a disponibilidade hídrica no solo. Por isso, nem toda a água que o solo consegue armazenar é disponível às plantas (BERGAMASCHI, 1992).

A profundidade efetiva do sistema radicular foi definida como sendo a correspondente a 80% da quantidade de raízes acumuladas ao longo do perfil do solo, segundo BERNARDO (1982) e ARRUDA (1989). Para fins de monitoramento da irrigação, a profundidade efetiva do sistema radicular do girassol é de 20cm, segundo GOMES (2005). O mesmo autor refere que a planta desenvolvida sob marcante estresse hídrico tende a produzir raízes em maior número e se aprofundar mais no solo que aquela sem restrição hídrica. Acrescenta ainda que há maior concentração de raízes no horizonte superficial do solo, até 20cm, independentemente da disponibilidade de água. Em solos arenosos, a profundidade das raízes é maior do que em solos argilosos.

O acúmulo de matéria seca nos aquênios requer a produção de assimilados nas folhas, a translocação dos assimilados para o fruto, o movimento dos assimilados através do floema do pericarpo para as células dos cotilédones e a síntese de várias substâncias de reserva. A quantidade de matéria seca acumulada dependerá da taxa de acúmulo e da duração do período de acúmulo (MECKEL et al., 1984).

A necessidade de água para o girassol aumenta com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 mm/dia a 0,7 mm/dia, durante a fase da semeadura à emergência, para um máximo de 6 mm/dia a 8 mm/dia, na floração e no enchimento de grãos, decrescendo, após esta fase, até a maturação fisiológica (Fig. 2). Em semeaduras de novembro e dezembro, quando ocorrem taxas de crescimento elevadas e curto espaço de tempo para recuperações e compensações dos componentes do rendimento, os efeitos restritivos de déficits hídricos são mais fortemente evidenciados pela cultura (BARNI, 1994).

Embora o consumo de água seja baixo no início do ciclo, uma adequada disponibilidade de água, durante a fase de germinação e emergência, é fundamental para o estabelecimento uniforme da lavoura, com a população de plantas desejada.

DOORENBOS & KASSAN (1979) apresentaram uma distribuição percentual mais definida do consumo de água, para condições de clima temperado, nas diferentes fases, a qual foi referendada pela FAO (2004), isto é, 20% durante o subperíodo vegetativo, 55% da diferenciação do primórdio floral ao final da antese e, os 25% restantes, durante a fase de enchimento de grãos. O coeficiente de cultura (K_c) é de 0,3 a 0,4 durante as fases iniciais de germinação, emergência das plantas e estabelecimento da cultura (20 a 25 dias), de 0,7 a 0,8 durante as fases vegetativas (35 a 40 dias), de 1,05 a 1,2 durante a floração (40 a 50 dias), de 0,7 a 0,8 durante a fase de enchimento de grãos (25 a 30 dias) e, de 0,4, na maturação fisiológica (DOORENBOS & KASSAM, 1979; FAO, 2004). No entanto, GOMES (2005) encontrou valores bem mais elevados de K_c em todas as fases, em um experimento repetido durante três anos, no Estado de São Paulo, o que chama a atenção para a necessidade de maiores estudos em regiões tropicais. Segundo BARNI (1994), o girassol apresenta elevada associação entre o rendimento de grãos e o índice hídrico E_{Tr}/E_{To} , no subperíodo reprodutivo (R1 a R6), o mais sensível (período crítico), seguindo-se o vegetativo, e, em terceiro lugar, a fase de final de enchimento de grãos e maturação (R8 e R9). O mesmo autor acrescenta que as cultivares precoces são mais sensíveis ao estresse hídrico, enquanto os tardios apresentam tendência de maior estabilidade, não oscilando tanto entre ambientes favoráveis e limitados.

Sob condições de adequado suprimento de água, a fotossíntese, após a antese, é o maior contribuinte para o rendimento de grãos. Por sua vez, a contribuição dos assimilados da pré-antese, para o rendimento de grãos, é usualmente menor do que 20% (WARDLAN e PORTER, 1967; RAWSON e EVANS, 1971). Entretanto, sob condições de estresse, os assimilados movem-se para o fruto, a partir das folhas mais baixas, colmos e raízes (WARDLAW, 1967), e os assimilados da pré-antese contribuem, numa proporção maior do total dos assimilados, para os grãos. A proporção do peso do grão, que pode ser atribuída à fotossíntese da pré-antese, armazenada e mais tarde transferida para o grão, dependerá, claramente, da duração e da severidade do estresse e da redução da fotossíntese, após a antese. Tem sido relatado ser elevado, da ordem de 50% a 67%, em culturas severamente estressadas (GALLAGHER et al., 1976; PASSIOURA, 1976).

Para quantificar as relações entre produção das culturas e déficit hídrico, tem sido proposto o fator K_y , definido pela relação entre déficit de produção relativa ($1 - Y_r/Y_m$), em que Y_r e Y_m são a produção real e a máxima obtida, respectivamente, e déficit de evapotranspiração relativa ($1 - E_{Tr}/E_{Tm}$), em que E_{Tr} e E_{Tm} são, respectivamente, a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima, como indicador da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (DOORENBOS & KASSAN, 1979). O fator de resposta K_y é variável em função das diferentes fases de desenvolvimento da cultura (estabelecimento, vegetativo, floração, formação de frutos, maturação e colheita). Esse fator K_y é útil no planejamento e operação de áreas irrigadas, pois permite quantificar a água de irrigação e sua utilização, em termos de rendimento e produção total da cultura para toda a área irrigada. A quantificação do efeito do déficit hídrico sobre os dados de produção e o número de frutos foi feita mediante a relação entre a queda de rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração relativa, dada pelo coeficiente de resposta K_y , sendo: $(1 - Y_r/Y_m) = K_y (1 - E_{Tr}/E_{Tm})$, em que, Y_r - rendimento real obtido; Y_m - rendimento potencial obtido; K_y - coeficiente de resposta da cultura; E_{Tr} - evapotranspiração real, e E_{Tm} - evapotranspiração máxima. O rendimento potencial (Y_m) e a evapotranspiração máxima (E_{Tm}) são obtidos do tratamento correspondente à reposição de 100% da água consumida.

2.2 Temperatura

A germinação é inibida com temperaturas de solo de 3 - 4 °C. A velocidade de germinação e emergência das plantas aumenta, exponencialmente, com a temperatura subindo de 3 para 30°C. Mas, temperaturas acima de 35°C (37 a 40°C) prejudicam, sensivelmente, a germinação (MACCHIA et al., 1985; GAY et al., 1991) e as sementes não germinam com 45°C (CORBINEAU et al., 2002). Abaixo de 4 - 5°C, considera-se que o girassol não apresenta atividade fisiológica. O girassol desenvolve-se bem em temperaturas variando entre 20°C e 25°C, embora estudos, em condições controladas, indicam que, 27°C a 28°C parecem ser as temperaturas ótimas (WARREN-WILSON, 1966), o que está de acordo com ROBINSON (1978) e UNGER (1990).

Temperaturas baixas também aumentam o ciclo da cultura, atrasando a floração e a maturação (BARNI, 1994; BARNI et al., 1995a). Quando ocorrem após o início da floração, podem afetar significativamente o rendimento. Por outro lado, altas temperaturas, durante a formação do botão floral até o final do florescimento, associadas ao estresse hídrico, afetam a polinização e a fecundação, resultando em sementes chochas (ANDREI, 2004), cuja intensidade de dano varia entre genótipos.

Vários trabalhos tem determinado o efeito da temperatura sobre o ciclo do girassol, em termos de graus-dia necessários para que a cultura complete seu ciclo. BARNI et al. (1993a), estudando nove cultivares (híbridos e populações), em 80 ambientes, no Estado do Rio Grande do Sul, determinaram uma temperatura base de 4°C, para todo o ciclo do girassol. A soma térmica efetiva (graus-dia) para o período emergência-maturação exigiu, na média das nove cultivares, 1620°Cdia, com dispersão entre 1380°Cdia, para os genótipos mais precoces, e 2010°Cdia, para os mais tardios (BARNI et al., 1993b). Por sua vez, SENTELHAS et al. (1994) e Sentelhas e Ungaro (1998) determinaram que a soma térmica, da emergência à colheita, foi da ordem de 1743°Cdia para a cultivar IAC-Anhandy, 1713°Cdia para o híbrido Contisol 621 e, 1848°Cdia, para a linhagem VNIIMK, considerando-se uma temperatura base de 4,2°C.

2.3 Radiação solar

A radiação solar é a fonte de energia para os processos bioquímicos e fisiológicos das plantas. A energia radiante é convertida em energia química nas folhas e armazenada pelas plantas, para usos posteriores. A agricultura é a exploração da energia solar, viabilizada através de um adequado suprimento de água e nutrientes minerais, para manter o crescimento da planta (MONTEITH, 1958). A absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), pelos dosséis das culturas, é estreitamente associada ao índice de área foliar (IAF). BARNI (1994) observou, em girassol, uma eficiência energética (eficiência de uso da radiação) variando de 2,27g a 2,44g de fitomassa seca aérea por Mj (Megajoule)

de PAR absorvida acumulada. O valor ajustado alcançou 2,457g de fitomassa seca aérea por Mj de PAR absorvida (BARNI et al., 1995c).

O aproveitamento da luz visível, por uma cultura como o girassol, está na dependência do seu IAF e dos parâmetros físicos, biológicos e geométricos, os quais determinam a estrutura do dossel, que condiciona a absorção da radiação incidente, que é determinada pelos fatores posição solar, estrutura da planta, geometria e tamanho da folha, ângulo de distribuição e idade das folhas, arranjo de plantas no campo, altura da planta, época do ano, nebulosidade e outros (VARLET-GRANCHER e BONHOMME, 1979, citados por VARLET-GRANCHER et al. 1989; ROOS, 1981).

A assimilação de carbono pela cultura depende, principalmente, do estabelecimento da área foliar, mais do que da taxa de fotossíntese e, uma compreensão, de como a área foliar é controlada, torna-se o primeiro fator para o entendimento do crescimento da cultura (RAWSON et al., 1980). O girassol apresenta um rápido desenvolvimento da área foliar, atingindo o estágio R1, da escala proposta por SCHNEITER e MILLER (1981), com 50% da área foliar expandida (VRANCEANU, 1977) e, na antese, atinge área foliar máxima (RAWSON e HINDMARSH, 1983; BARNI, 1994; BARNI et al., 1995b). A área foliar máxima, na antese, apresenta alta relação com a produção final de aquênios (VRANCEANU, 1977; RAWSON et al., 1980; RAWSON e TURNER, 1982a; BARNI, 1994; BARNI et al., 1985b), sendo importante considerar-se, também, a atividade fotossintética por unidade de área e a duração da área foliar (MITCHEL, 1970; Jones apud SAUGIER, 1976; GOOD e BELL, 1980).

Sombreamento durante a iniciação floral muda o hábito de desenvolvimento das sementes, ou seja, o desenvolvimento das folhas cessa, reduzindo a área foliar, o número de aquênios é reduzido (GRIMM et al., 2004) e a produção de grãos pode ser seriamente afetada (UNGARO & NOGUEIRA, 1988).

O girassol classifica-se, do ponto de vista de seu metabolismo fotossintético, como uma espécie de ciclo C-3, à semelhança do trigo e outros cereais de inverno. Este tipo de espécies possui, em geral, taxas fotossintéticas comparativamente menores que as espécies que apresentam metabolismo fotossintético tipo C-4, como ocorre com milho e sorgo (JENSEN e BAHR, 1976; OGREN, 1976; MOOS, 1984).

Embora o girassol possua taxas fotossintéticas inferiores ao milho e ao sorgo, suas taxas são levemente superiores às de outras espécies de ciclo C-3, como o trigo e os cereais de inverno. Isto pode ser explicado pelas folhas do girassol, que apresentam características desejáveis em termos de fotossíntese, como o elevado ponto de saturação de luz (HESKETH & MOOS, 1963), e pelos movimentos fototrópicos (SHELL & LANG, 1976), que colocam as folhas, do terço superior da planta, em uma posição mais adequada para a captação da radiação solar.

2.4 Fotoperíodo

Com relação à reação da planta ao fotoperíodo, o girassol é classificado como espécie insensível. Entretanto, algumas variedades comportam-se como plantas de dia curto e outras como de dia longo. As variedades de dia longo fazem a diferenciação floral quando o dia tem mais de 12 horas de luz. Por isso se adaptam melhor aos cultivos de verão. As variedades de dia curto fazem a diferenciação floral quando a duração diária de horas luz é inferior a 12, florescendo mais rapidamente no inverno e no início da primavera. Existem, ainda, variedades indiferentes ou neutras, que podem ser cultivadas em quaisquer épocas do ano.

Ainda há muito que se estudar para que, nas condições brasileiras, se possa estabelecer descrições confiáveis sobre a resposta, à época da floração, dos diferentes genótipos, em condições diferenciadas de temperatura e fotoperíodo.

Trabalhos sobre fotoperíodos, artificialmente estendidos, em combinação com sementeiras de primavera e final de verão, em outros países, vêm demonstrando que a resposta dos genótipos é muito mais complexa do que parecia. O aumento do fotoperíodo pode afetar a duração do período entre a indução da iniciação floral e a formação do botão floral visível. Mas, também pode afetar a duração de fases posteriores, incluindo a duração do intervalo entre o início e o final da diferenciação floral. Alguns genótipos mostram respostas opostas, dependendo da época em que são sementeiras, sugerindo a possibilidade da interação temperatura - fotoperíodo (SENTELHAS et al, 1994; HALL, 2004).

A insensibilidade ao fotoperíodo pode ser verificada pela ampla dispersão, no território nacional, dos híbridos e variedades testadas na Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, analisando os resultados obtidos, desde o Rio Grande do Sul até Roraima (CARVALHO et al., 2004; SMIDERLE e tal., 2004; BARNI et al., 1989; 1995a).

2.5 Vento

Os ventos apresentam aspectos favoráveis, quando moderados, e desfavoráveis, quando intensos. Os efeitos favoráveis são redistribuição de calor, dispersão de gases e poluentes, suprimento de CO₂ para a fotossíntese, transpiração moderada e dispersão de sementes e de pólen. Por sua vez, os efeitos desfavoráveis são eliminação de insetos polinizadores, aumento da transpiração, fechamento dos estômatos, redução da área foliar, deriva de pulverizações e dano mecânico às plantas (acamamento e quebra).

Os ventos excessivos e constantes (acima de 10 km/h) apresentam algumas conseqüências que reduzem o rendimento, tais como, redução do crescimento e atraso no desenvolvimento das plantas, internódios menores e em menor número, nanismo da parte aérea das plantas, menor número de folhas, folhas grossas e menores, menor número de estômatos por folha e menor tamanho dos mesmos.

Especificamente, no girassol, o efeito das velocidades do vento de 0,45 m/s, 4,0 m/s, 8,5 m/s e 15 m/s, durante 30 dias, segundo SCHOFFEL (2008), determinaram área foliar menor, em plantas expostas a maiores velocidades de vento, massa seca da parte aérea inversamente proporcional à velocidade do vento, massa seca das raízes proporcional à velocidade do vento, menor crescimento (menor área foliar) e redução da estatura da planta (menor comprimento dos internódios).

O vento é um dos fatores determinantes da demanda evaporativa da atmosfera, juntamente com a radiação solar, temperatura e umidade do ar. O efeito do vento na evaporação é exercido pela remoção e renovação do ar logo acima da superfície evaporante. Normalmente, o vento retira, da camada acima da superfície evaporante, o ar saturado ou próximo à saturação, ficando, sobre a mesma superfície, ar mais seco, o que determina a manutenção do processo evaporativo. A relação entre o vento e a evaporação é, entretanto, limitada. Acima de uma determinada velocidade do vento, a evaporação torna-se independente (BERLATO & MOLION, 1981). Para pequenas áreas, uma brisa leve (2m/s = 7,2km/h) já é suficientemente eficaz. Para grandes superfícies de água, pesquisas mostram que 32 a 40 km/h seria um valor limite da velocidade do vento, acima da qual não mais exerceria influência. Em geral, regiões com maior ocorrência de ventos determinarão maior necessidade de água para suprir a evapotranspiração da comunidade vegetal.

3. EVENTOS ADVERSOS

3.1 Granizo e chuva intensa

O granizo pode causar injúrias nas folhas e, mesmo, no caule, favorecendo a introdução de patógenos; no período reprodutivo, pode resultar em perda total da produção.

Chuvvas pesadas, durante o subperíodo de enchimento de grãos, podem prejudicar a produção de grãos (MAGRIN et al., 1998; CHAPMEN & De La VEJA, 2002, apud TRÁPANI et al., 2004). Se ocorrerem em solos pesados, argilosos, o estrago é maior porque o encharcamento, ao redor das raízes, tende a demorar mais para se normalizar, impedindo a aeração das mesmas. A duração da área foliar, na fase de enchimento de grãos, também pode ser reduzida, o que explica, ainda que em parte, a redução na produção de grãos (TRÁPANI et al, 2004). O problema se agrava em solos com “pé de grade”, que são áreas de adensamento de sub-superfície.

3.2 Seca e veranico

O estresse por deficiência de umidade é, sem dúvida, o principal determinante do rendimento do girassol, principalmente, em razão de seus efeitos sobre a área foliar (GOYNE et al., 1978). Entretanto,

o estresse hídrico e a temperatura estão intimamente ligados e, em experimentos de campo, é muito difícil separar os efeitos desses dois parâmetros sobre o crescimento (RAWSON e HINDMARSH, 1982).

A expansão foliar e a senescência são conhecidas como muito sensíveis ao déficit de água. Muitos estudos têm demonstrado os dramáticos efeitos que modestos estresses de água determinam sobre a expansão foliar (GALLAGHER e BISCOE, 1979; RAWSON et al., 1980; TURNER e BEGG, 1981; RAWSON e TURNER, 1982b, 1983). A maioria das evidências sugere que a expansão foliar é muito mais sensível ao déficit de água do que a fotossíntese, sob condições de campo (TURNER e BEGG, 1981; RAWSON e TURNER, 1983; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Em períodos de estresse hídrico, os diferentes órgãos da planta apresentam uma diminuição da turgescência. As raízes perdem a maior quantidade de água (74%), seguidas pelas folhas (18%) e pela haste (8%), segundo MERRIEN (1992). Além disso, a superfície foliar se ajusta, perfeitamente, à disponibilidade de água, ou seja, se o estresse hídrico é precoce, o desenvolvimento foliar é moderado, ocorrendo uma redução do vigor da planta e do número total de folhas e, se tardio, ocorre uma redução da superfície foliar, como decorrência da aceleração da senescência das folhas. Como o rendimento de grãos e a área foliar na antese são positivamente correlacionados (MURIEL e DOWNES, 1974; RAWSON et al., 1980; MERRIEN, 1992; BONA et al., 2000; GOMES, 2005), o estresse hídrico tardio resulta em baixos rendimentos.

Apesar de o girassol produzir pequena área foliar, sob condições de estresse de água, esta planta tem uma grande habilidade de regenerar a área foliar, tão logo o estresse seja eliminado. Mais importante é que, independente da fase de desenvolvimento em que a recuperação ocorre, o rendimento de sementes é estreitamente correlacionado com a máxima área foliar alcançada. A extensão do aumento na área foliar, após a recuperação do estresse, é principalmente dependente dos dias que ainda restam antes da antese (RAWSON e TURNER, 1982a).

Embora a senescência foliar não pareça ser tão sensível ao déficit de água na folha quanto o é a expansão foliar (LUDLOW, 1975), a taxa de senescência aumenta com o déficit de água, em muitas espécies, incluindo o girassol (MERRIEN, 1992).

CHIMENTI et al. (2004) mostraram que, em girassol, a adaptação osmótica pode trazer uma contribuição substancial à manutenção da produção, sob condições de seca prolongada, tanto nas fases pré quanto pós-antese. Esta pesquisa também estabelece a ligação entre capacidade de ajuste osmótico, extração de água do solo em profundidade e manutenção da duração da área foliar ativa, durante e após um período de seca. Plantas com maior capacidade de ajuste osmótico apresentaram maior extração de água do solo, as quais mantiveram o número de grãos por capítulo, bem como reduziram menos a duração da área foliar comparativamente às plantas com menor capacidade de ajuste osmótico. Como a água nas plantas de maior ajuste osmótico era extraída de camadas mais profundas no solo, isto sugere um desenvolvimento radicular mais agressivo em profundidade. O número de grãos por capítulo provou estar associado com a duração da área foliar durante a antese, enquanto o tamanho do grão e a produção de grãos estiveram associados com a duração da área foliar após a antese.

Culturas que passaram por estresse hídrico, antes do florescimento, regulam a transpiração, predominantemente, pela redução da expansão da folha, enquanto, após a floração, é difícil identificar um fator dominante.

As fases do crescimento e desenvolvimento, de máxima sensibilidade das plantas ao déficit hídrico, são, usualmente, chamadas “períodos críticos” da cultura em relação ao fator água, sendo três, segundo BIRCH (1982). O primeiro ocorre durante o estabelecimento da cultura, em condições desfavoráveis de umidade no solo, por ocasião da semeadura, podendo redundar em aumento excessivo na duração da fase semeadura-emergência, com redução da população inicial de plantas. O segundo período crítico, o mais importante para o rendimento de grãos, abrange desde a diferenciação do primórdio floral até o final da antese (DOORENBOS & KASSAM, 1979; MERRIEN, 1992; BARNI et al., 1996a,b; CASTRO, 1999; FLAGELLA et al., 2000; ASRI et al., 2000). Restrições hídricas, durante este período, afetarão de maneira decisiva os processos de fertilização e início de desenvolvimento dos grãos, tendo, como consequência, capítulos de diâmetro reduzido e com elevada percentagem de grãos estéreis, no

centro dos mesmos. O terceiro período crítico envolve a fase do enchimento de grãos e o concomitante acúmulo de óleo (ASRI, 2000; SINGH & SINGH, 2000). O maior efeito da restrição hídrica, neste período, incide sobre a quantidade e a qualidade do óleo produzido.

No entanto, GOMES et al. (2004) irrigaram abundantemente o girassol - somente nesses três períodos críticos - e obtiveram, mesmo assim, uma redução de 17% na produtividade de grãos, o que sugere, para condições tropicais, que nem tudo acontece como nas regiões de clima temperado.

3.3 Vento intenso

O dano causado por vendavais parece estar bastante relacionado à sensibilidade natural do genótipo e ao seu enraizamento adequado. Há vários anos, um ensaio de avaliação de cultivares foi atingido por um vendaval, no Município de Campinas, SP (UNGARO, informações pessoais), e, praticamente, todos os genótipos acamaram, em maior ou menor grau, com exceção do Morgan 742, que permaneceu absolutamente ereto no meio dos acamados. Em geral, em condições de fortes rajadas de vento, o girassol não só acama mas também tem seu caule quebrado e retorcido, com severas ou totais perdas da produção. No girassol, rajadas de vento superiores a 50km/h determinam acamamento e quebra de plantas. O efeito danoso é maior quanto mais próximo da maturação.

3.4 Geadas

Em relação ao efeito do frio, o girassol é mais resistente que o milho, ainda que isso dependa da fase de desenvolvimento da cultura. O girassol é considerado sensível à geada no momento da emergência das plantas e, posteriormente, durante a floração. No entanto, é muito resistente logo depois dos 20 primeiros dias da emergência. Apesar das temperaturas próximas de 0°C não matam as plantas, podem provocar diversos distúrbios fisiológicos. Um problema que pode ocorrer, nos plantios de safrinha, em regiões sujeitas a geada, é sua ocorrência durante a diferenciação floral, o que acarreta a queima da gema apical e a formação de plantas multicapituladas devido à perda da dominância apical, com enormes reflexos negativos na produção de grãos, em especial, quando se trata de híbridos, os quais apresentam maior uniformidade das fases de desenvolvimento e, por conseguinte, todas as plantas podem ser afetadas. A geada também pode ocorrer durante o florescimento, o que leva à infertilidade total das flores dos círculos que abrem no dia da baixa temperatura.

3.5 Chuva excessiva

As chuvas excessivas podem estar relacionadas a doenças, principalmente alternarioses. Para o desenvolvimento da ferrugem do girassol, há necessidade de pelo menos 6 horas de molhamento das folhas. Mas, a severidade só é bastante aumentada quando existir mais de 24 horas de molhamento foliar (GULYA et al., 1997). Chuvas excessivas, durante vários dias, acompanhadas por baixas temperaturas, favorecem o desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Estudos desenvolvidos por SENTELHAS et al. (1996) e DUDIENAS et al. (1998) mostraram que o nível de desenvolvimento da mancha de alternaria, em girassol, é claramente relacionado aos fatores climáticos, especialmente excesso de umidade.

3.6 Chuva na colheita

Chuvas em excesso, na época da colheita do girassol, retardam a perda de água do capítulo e dos aquênios, atrasando a colheita. Este atraso favorece a ocorrência de doenças de final de ciclo, além de agravar as perdas pelo ataque de pássaros. Por sua vez, as doenças de final de ciclo reduzem a qualidade do produto. A indicação é manipular a época de semeadura, para evitar a coincidência da colheita com períodos de chuvas abundantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Teor e composição do óleo nas sementes

Vários fatores são conhecidos pelo seu efeito no conteúdo de óleo nas sementes, destacando-se a característica genética do genótipo e as características ambientais, como deficiência hídrica em determinadas fases do desenvolvimento da cultura (TALHA & OSMAN, 1975), altas e baixas temperaturas, entre 10°C e 26,5°C, sob condições constantes (CANVIN, 1965), doenças (ZIMMER & ZIMMERMAN, 1972) e altos níveis de nutrição com N (COIC et al., 1972).

De acordo com CANVIN (1965), a temperatura, durante a fase de maturação dos aquênios, é um fator importante de variação na composição bioquímica do óleo. Tal fato foi constatado por HARRIS et al. (1978), na cultura do girassol que, ao analisarem a influência da temperatura do ar no teor de óleo e composição de aquênios, sob condições controladas, verificaram que havia um decréscimo no teor total de óleo e no teor de ácido linoléico, sempre que as temperaturas, máxima e mínima, no período compreendido entre o florescimento e a maturação, se elevavam.

Por outro lado, CHOLAKY et al. (1985) observaram uma diminuição no conteúdo de óleo como consequência da queda da temperatura média diária após a antese, indicando assim, que tanto as altas quanto as baixas temperaturas têm influência sobre o teor de óleo dos aquênios de girassol, como já relatado por CANVIN (1965). Outros fatores, indiretamente relacionados à temperatura, como energia solar total e comprimento do dia, podem influenciar o conteúdo e a qualidade do óleo (UNGER & THOMPSON, 1982; SEILER, 1983). No entanto, como discutido por FILIPESCU & STOENESCU (1979), alguns genótipos mantêm um alto conteúdo de ácido linoléico sob diferentes condições de temperatura, podendo vir a ser interessantes para regiões quentes e áridas, onde as condições são menos favoráveis à acumulação do ácido linoléico.

Segundo SENTELHAS et al. (1997), houve respostas distintas, entre cultivares, à temperatura do ar, com relação ao teor de óleo nos aquênios, sendo que alguns foram influenciados pela temperatura mínima do ar no subperíodo “florescimento-maturação”, enquanto um outro mostrou melhor correlação com a temperatura máxima do ar.

Por seu lado, GOMES et al. (2004) encontraram que, sob estresse hídrico severo, houve aumento no teor de proteína e diminuição no teor de óleo nas plantas. O manejo da irrigação modula a relação oléico- linoléico. Um grande déficit hídrico, no período de enchimento de grãos, está associado a uma diminuição no teor de ácido oléico (ROCHE et al., 2008).

A relação entre a concentração de ácido oléico e linoléico é controlada pelas condições de ambiente, principalmente temperatura, e genótipos (CONNOR & HALL, 1997; ROCHE et al., 2004). Assim, existe uma forte relação entre a temperatura e o grau de insaturação dos ácidos graxos. O girassol, cultivado em ambientes de temperaturas menores, durante o período de síntese do óleo, reage, aumentando o teor de ácido graxo linoléico, ao tempo em que reduz o oléico (HARRIS, et al., 1978; SILVER et al., 1984; KABBAJ et al., 1996; CASTIGLIONI, et al., 1997; HANSAN & AHMAD, 2003). Mudanças no nível de ácido oléico, nas sementes, são moduladas pela temperatura média nas fases compreendidas entre a floração inicial (FI) e a maturação fisiológica (MF), segundo ROCHE et al. (2008). RONDANINI et al. (2003) encontraram que, um breve período com temperaturas acima de 35°C, nestas mesmas fases, induz um aumento irreversível no teor de ácido oléico.

4.2 Época de semeadura

A época de semeadura é de fundamental importância para o sucesso no cultivo do girassol. É bastante variável e depende, principalmente, das condições climáticas de cada região. Sendo assim, a época ideal de semeadura é aquela que permite satisfazer às exigências da planta, nas diferentes fases do crescimento e desenvolvimento, reduzindo riscos de doenças, especialmente após a floração, e assegurando uma boa colheita.

Com base nas experiências acumuladas até o momento, as épocas de semeadura mais indicadas

são: Goiás e Centro-oeste, em geral, janeiro a 20 de fevereiro; Paraná, agosto a meados de outubro; Rio Grande do Sul, 21 de julho a meados de outubro; São Paulo, fevereiro e março; novembro em áreas de reforma de cana; agosto a setembro no Sudeste do Estado e nas regiões com inverno chuvoso e frio.

4.3 Zoneamento agroclimático

Inúmeros estudos têm sido realizados com o objetivo de quantificar os efeitos do ambiente sobre o crescimento de culturas, desenvolvimento e rendimento. Para estes estudos e em modelagem dos efeitos sobre culturas, as três variáveis mais importantes do ambiente são a luz (radiação solar), a disponibilidade hídrica e a temperatura. As exigências bioclimáticas das espécies relacionadas com estas variáveis, somadas às características físicas que definem a capacidade de armazenamento de água no solo, delimitam as épocas e as zonas onde determinada espécie vegetal pode ser cultivada, obtendo-se o máximo rendimento físico, com os menores riscos.

Na definição dos riscos climáticos, para a cultura do girassol, além das três variáveis acima citadas, com influência direta sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, sobre a capacidade produtiva, é importante também caracterizar e considerar as limitações impostas pelas condições atmosféricas sobre a ocorrência das principais doenças que, em muitas regiões, constituem-se no principal fator restritivo à exploração econômica da espécie (FARIAS et al., 2007).

Nos estudos de zoneamento agroclimático, pode-se fazer uso de modernas ferramentas de modelagem e simulação de sistemas agrícolas, como geoprocessamento e geoestatística, sem, contudo, desconsiderar o conhecimento já gerado, fruto de uma imensa rede experimental, com importantes resultados obtidos em distintos locais, épocas e condições edafoclimáticas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, E. J. et al. **Vantagens da utilização da rotação com girassol e outras leguminosas em áreas de reforma de canal em Piracicaba, São Paulo.** Londrina: Embrapa, 2005. p. 92-94. (Documentos Embrapa Soja, n. 261).

ARRUDA, F. B. Necessidade de água nas culturas: elementos de projeto. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3., 1989, Campinas. [Apostilas...]. Campinas: Instituto Agrônômico, 1989. 35 p.

ASRI, M. E. et al. Rendement et qualité des graines du tournesol cultivé sous contrainte hydrique. Resultats des essais en cooperation au Maroc et dans le sud-ouest de la France. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. v. 1, p. C127-C132.

BARNI, N. A. **Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica.** 1994. 249 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia-Agrometeorologia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BARNI, N. et al. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: I. Absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 185-199, 1995b.

BARNI, N. et al. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 201-216, 1995c.

BARNI, N. A. et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: I. Relação entre rendimento e índice hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 7-17, 1996a.

BARNI, N. A. et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: II. Ajuste e validação do modelo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 19-31, 1996b.

BARNI, N. A. et al. Análise de crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 167-184, 1995a.

BARNI, N. A. et al. Determinação da temperatura-base de desenvolvimento fisiológico do girassol no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 1993, Porto Alegre. **Resumos...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1993a. p. 184.

BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; SARTORI, G. Predição da fenologia do girassol em função da temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 1993, Porto Alegre. **Resumos...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1993b. p. 172.

BARNI, N. A. et al. Comportamento de cultivares de girassol em três regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 19-48, 1989.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS, 1992. p. 25-32.

BERLATO, M. A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o estado do Rio Grande do Sul.** 1987. 83 f. Tese (Doutorado)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração.** Porto Alegre: IPAGRO; Secretaria da Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim técnico, 7).

CONNOR, D. J.; HALL, J. A. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production.** Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.113-182.

BIRCH, E. B. Guide lines for top sunflower yields. In: FARMING in South Africa. Pretoria: Department of Agriculture, 1982. p.1-6.

BONA, S. et al. Response of sunflower to progressive water stress. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. v. 1, p. D58-D63.

BURCH, T. A.; DELOUCHE, J. C. Absorption of water by seeds. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v. 49, p. 142-150, 1959.

CÂMARA, G. M. S. **Introdução à cultura do girassol**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998. 10 p. Apostila.

CANVIN, D. T. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oil from several oil seed crops. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 43, p. 63-69, 1965.

CARDINALI, F. J.; ORIOLI, G. A.; PEREYRA, V. R. Influencia del momento de emergencia en el desarrollo y producción de un cultivar de girasol (*Helianthus annuus*, L.). In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASOL, 11., 1985, Mar del Plata. **Actas...** Mar del Plata: ASAGIR/ISA, 1985. t. 1 p. 325-329.

CARVALHO, C. G. P. et al. (Org.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol, 2003/2004 e 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 91 p. (Embrapa Soja. Documentos, 250).

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 650 p.

CASTIGLIONI, V. B. R. et al. Composição de ácidos graxos em girassol e suas variações em diferentes zonas agroecológicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12., 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1997. p. 32-33.

CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. 120 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.

CASTRO, P. R. C. Movimento estomático. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 55, p. 57-61, 1980.

CHIMENTI, C.; GIULIANO, J.; HALL, A. J. Osmotic adjustment, its effects on yield maintenance under drought in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. v. 16, n. 1, p. 261-266.

CHIMENTI, C. A.; HALL, A. J. Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 72, p. 177-185, 2001.

CHOLAKY, L.; GIAYETTO, O.; NEUMANN, E. C. Epocas de siembra: efectos sobre el desarrollo, morfología, componentes del rendimiento y producción de girasoles de ciclos diferenciados. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASOL, 11., 1985, Mar del Plata. **Actas...** Mar del Plata: ASAGIR/ISA, 1985. t. 1, p. 155-160.

COIC, Y.; TENDILLE, F.; LESAIN, C. La nutrition azotée du tournesol (*Helianthus annuus* L.): Action sur le rendement et la composition biochimique de la graine. **Agrochimica**, Paris, v. 16, n. 3, p. 254-263, 1972.

CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A.; SEILER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-182. (Agronomy monograph, v. 35).

CONNOR, D. J.; HALL, A. J.; SADRAS, V. O. Effect of nitrogen content on the photosynthetic characteristics of sunflower leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 20, p. 251-263, 1993.

CORBINEAU, F.; BAGNIOL, S.; CÔME, D. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed dormancy and its regulation by ethylene. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 39, p. 313-325, 1990.

CORBINEAU, F. et al. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 116, p. 489-496, 2002.

DARDANELLI, J. L. et al. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silt loam haplustoll. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 54, p. 29-38, 1997.

DIAS, J. A. A. **Consumo de água do girassol cultivado em evapotranspirômetro de lençol freático constante**. 1995. 50 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, 1995.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma: FAO, 1975, 180 p. (Irrigation and drainage paper, 24).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and drainage paper, 33).

DOWNES, R. W. Factors affecting germination of sunflower under temperatures conditions. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: Asociación Argentina de Girasol, 1985. v. 11, n. 1, p. 87-92.

DUDIENAS, C.; UNGARO, M. R. G.; MORAES, S. A. Alternaria disease development under tropical conditions. **Helia**, Novi Sad, v. 21, n. 29, p. 63-72, 1998.

DUNN, R. O. Propriedades a baixas temperaturas e desempenho do biodiesel. In: KNOTHE, G. et al. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. p. 91-132.

ENGLISH, S. D. et al. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 6, p. 149-64, 1979.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Database**, 2007. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 12 jan. 2008.

FENNER, M. The effects of parent environment on seed germinability. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 1, p. 75-84, 1991.

FERNÁNDEZ-MARTINEZ, J. M.; VELASCO, L.; PÉREZ-VICH, B. Progress in the genetic modification of sunflower oil quality. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 17., 2008, Cordoba. **Proceedings...** Cordoba: Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. v. 17, n. 1, p. 1-14.

FILIPESCU, H.; STOENESCU, F. M. Variability of linoléico ácido content in sunflower oil depending on genotype and environment. **Sunflower Newsletter**, Amsterdam, v. 3, n. 4, p. 23-28, 1979.

FLAGELLA, Z. et al. Effect of supplementary irrigation on seed yield and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown on a sub-arid environment. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. v. 1, p. C139-C144.

FLECK, N. G. Consorciação de culturas. In: GIRASSOL: Indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul: IPAGRO, 1988. p. 67-72.

FLECK, N. G.; SILVA, P. R. F. Efeito da distribuição de plantas na fileira na cultura do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 281-285, 1987.

FRÉRE, M.; POPOV, G. F. **Pronóstico agrometeorológico del rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1986. 194 p. (Estudio FAO: Produccion y proteccion vegetal, 73).

FURLANI, A. M. C.; UNGARO, M. R. G.; QUAGGIO, J. A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol quanto à absorção e uso do boro em campo e em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 187-194, 1990.

GAY, C.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Effects of temperature and oxygen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 31, p. 193-200, 1991.

GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para a irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2005. 117 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos)-Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2005.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Efeitos da suplementação hídrica na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) sobre a produtividade de óleo e proteína dos grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** Campinas: Unicamp, Faculdade de Engenharia Agrícola: Embrapa Informática Agropecuária, 2004. 4 p. 1 CD-ROM.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Sunflower yield and root system development under water stress in tropical conditions. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 17., 2008, Córdoba. **Proceedings...** Córdoba: Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. v. 2, p. 769-774.

GOYNE, P. J.; HAMMER, G. L. Phenology of sunflower cultivars. II. Controlled-environment studies of temperature and photoperiod effects. **Australian Journal of Research**, Sidney, v. 33, p. 251-261, 1982.

GOYNE, P. J.; SCHNEITER, A. A. Temperature and photoperiod interactions with the phenological development of sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 777-784, 1988.

GOOD, N. E.; BELL, D. H. Photosynthesis, plant productivity and crop yield. In: CARSON, P. S. **The biology of crop productivity**. New York: Academic Press, 1980. pt. 1, p. 3-51.

GULYA, T. J.; RASHID, K. Y.; MASIREVIC, S. M. Sunflower diseases. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 263-379.

HALL, A. J. et al. Timing of water stress effects on yield components of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: Asociación Argentina de Girasol, 1985. v. 11, n. 1, p. 131-136.

HALL, A. J.; CONNOR, D.J.; WHITFIELD, D. W. Root respiration during grain filling in sunflower: The effects of water stress. **Plant and Soil**, The Hague, v.121, p. 57-66, 1990.

HALL, A. J. Advances in the physiology of the sunflower crop: a ten-year progress report. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo: ISA, 2004. v. 16, n. 1, p. 29-41.

HANSAN, F. U.; AHMAD, R. A. Effects of seasonal variations on oil and fatty acid profile of sunflower. **Helia**, Novi Sad, v. 38, p. 159-166, 2003.

HARRIS, H. C.; McWILLIAN, J. R.; MASON, W. K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 29, n. 4, p. 1203-12, 1978.

HESKETH, J. D.; MOOS, D. N. Variation in response of photosynthesis to light. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 1, p. 107-10, 1963.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, n. 24, p. 519-70, 1973.

KABBAJ, A. et al. Expression d'une stéarate et d'une oléate désaturées chez le tournesol normal et à haute teneur en acide oléique, clonage de fragments génomiques et variabilité chez quelques *Helianthus*. **OCL: Oleagineux Corps Gras Lipides**, Paris, v. 3, n. 6, p. 452-458, 1996.

CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A.; SEILER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-182. (Agronomy monograph, v. 35).

LAGRAVÉRE, T. et al. Effects of temperature variations on fatty acid composition in oleic sunflower oil (*Helianthus annuus* L.) hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: ISA, 2000. v. 15, n. 1, p. 73-78.

MAEDA, J. A.; UNGARO, M. R. G. Study of sunflower seeds dormancy. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 1985. Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: Asociación Argentina de Girasol, 1985. v. 11, n. 1, p. 73-79.

MAEDA, J. A. et al. Estádio de maturação e qualidade de sementes de girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 35-44, 1987.

MARC, J.; PALMER, J. H. Photoperiodic sensitivity of inflorescence initiation and development in sunflower. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, p. 155-164. 1981.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperaturas-bases, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1987. 87 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MASSIGNAM, A. M.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura base e de graus-dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 71-79, 1993.

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETIOM, 1992. 65 p.

MERRIEN, A.; MILAN, M. J. **Physiologie du tournesol**. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 1992. p. 21-27. (Racines et feuilles).

MITCHELL, R. L. **Crop growth and culture**. Ames: Iowa State University Press, 1970. 349 p.

MONTEITH, J. L. The heat balance of soil beneath crops. In: CLIMATOLOGY and Microclimatology. Paris: UNESCO, 1958.

MONTEITH, J. L. Conservative behavior in the response of crops to water and light. In: RABBINGE, R. et al. (Ed.). **Theoretical production ecology**: Relections and prospects. Pudoc: Wageningen, 1990. p. 3-36.

MOSS, D. N. Photosynthesis, respiration, and photorespiration in higher plants. In: TESAR, M. B. (Ed.). **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America, 1984. p. 131-52.

PUTT, E. D. Early history of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 1-19. (Agronomy. Series of monographs, 35).

QUAGGIO, J. et al. Sunflower response to lime and boron. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: ASAGIR/ISA, 1985. v. 11, n. 1, p. 209-215.

RAWSON, H. M.; CONSTABLE, G. A.; HOWE, G. N. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. II. Leaf growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 7, p. 575-586, 1980.

RAWSON, H. M. et al. Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 11, p. 255-65, 1984.

RAWSON, H. M.; MUNNS, R. Leaf expansion in sunflower as influenced by salinity and short term changes in carbon fixation. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 7, p. 207-213, 1984.

RAWSON, H. M.; HINDMARSH, J. H. Light, leaf expansion and seed yield in sunflower. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 10, p. 25-30, 1983.

RAWSON, H. M.; TURNER, N. C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. I. Effects of the timing of water application on leaf area and seed production. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 9, p. 437-448, 1982a.

RAWSON, H. M.; TURNER, N. C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. II. The development of leaf area. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 9, p. 449-460, 1982b.

RAWSON, H. M.; TURNER, N. C. Irrigation timing and relationships between leaf area and yield in sunflower. **Irrigation Science**, New York, v. 4, p. 167-175, 1983.

ROBINSOM, R. G. Adaptation and physiological aspects of the sunflower plant. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p. (Agronomy monographs, 19).

ROBINSON, R. G. et al. Sunflower development at latitudes ranging from 31 to 49 degrees. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 134-37, 1967.

ROCHE, J. et al. Variation on fatty acid content in seeds under scarce water resources for oleic and standard sunflowers. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. v. 2, p. 783-798.

ROCHE, J.; BOUNIOLS, A.; BARRANCO, T. Variation on fatty acid content in seeds under scarce water resources for oleic standard sunflowers. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 2008, Cordoba. **Proceedings...** Cordoba: Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. v. 17, n. 2, p. 783-791.

RONDANINI, D.; SAVIN, R.; HALL, A. J. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 83, p. 79-90, 2003.

SADRAS, V. O.; HALL, A. J. Quantification of temperature, photoperiod and population effects on plant leaf area in sunflower crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, n. 18, p. 185-196, 1988.

SADRAS, V. O. et al. Dynamics of rooting and root length: leaf area relationships as affected by plant population in sunflower crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 22, p. 45-57, 1989.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.

SCHOFFEL, E. R. **Importância agroecológica dos ventos**. [200-?]. Slides apresentados na disciplina Agrometeorologia, na Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/fitotecnia/graduacao/agromet/vento2.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2008.

SEILER, G. J. Effect of genotype, flowering date, and environment on oil content and oil quality of wild sunflower seed. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 1063-1068, 1983.

SHELL, G. S. G.; LANG, A. R. G. Movements of sunflower leaves over a 24-h period. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 16, p. 161-170, 1976.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-58, 1966.

SILVA, P. R. F. Sucessão e rotação de culturas. In: GIRASSOL: Indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul: IPAGRO, 1988. p. 63-66.

SILVER, J. G. et al. Unsaturated fatty acid synthesis during the development of isolated sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 35, n. 159, p. 1507-1514, 1984.

SINGH, D. A.; SINGH, S. M. Impact of irrigation on sunflower productivity. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE TOURNESOL, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Toulouse: International Sunflower Association, 2000. v. 1, p. C109-C114.

SOMERS, D. A.; ULTRICH, S. E.; RAMSAY, M. F. Sunflower germination under stimulated drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 570-572, 1983.

STEER, B. T.; HOCKING, P. J. Characters of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) suited to irrigated production. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 15, p. 369-387, 1987.

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

TALHA, M.; OSMAN, T. Effect of soil water stress and water economy on oil composition in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 84, p. 49-56, 1975.

TRÁPANI, N. et al. Short duration waterlogging events during grain filling in sunflower: effects on yield and its components. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo: ISA, 2004. v. 16, n. 1, p. 281-286.

TURNER, N. C.; BEGG, J. E. Plant-water relations and adaptation to stress. **Plant and Soil**, The Hague, v. 58, p. 97-131, 1981.

UNGER, P. W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, 1990. p. 775-794. (Agronomy series, n. 30).

UNGER, P. W.; THOMPSON, T. E. Planting date effects on sunflower head and seed development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 389-395, 1982.

UNGARO, M. R. G. Preferência de pássaros por diferentes genótipos de girassol. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 78, n. 1, p. 129-138, 2003.

UNGARO, M. R. G. **Comportamento de introduções de girassol plantadas em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 16 p. (Boletim técnico, 103).

UNGARO, M. R. G. **Cultura de girassol**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 36 p. (Boletim técnico, 188).

UNGARO, M. R. G. et al. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 41-48, 1985.

UNGARO, M. R. G.; MAEDA, J. A.; SANTOS, R. R. Relation between planting and harvest dates and sunflowerseed dormancy. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 1992, Pisa, Itália. Pisa: ISA, 1992. v. 13, n. 2, p. 447-452.

UNGARO, M. R. G. et al. Effect of crop rotation on soil chemical conditions and sunflower, soybean and maize production. **Helia**, Novi Sad, v. 23, n. 32, p. 1-18, 2000.

UNGARO, M. R. G. et al. Influência da temperatura do ar no teor de óleo e composição de aquênios de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 351-356, 1997.

VILLALOBOS, F. J.; RITCHIE, J. T. The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. **Field Crops Research**, Amsterdam, n. 29, p. 37-46. 1992.

VILLALOBOS, F. J. et al. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower genotypes. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p. 1-11, 1994.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madrid: Mundi-Prensa, 1977. 379 p.

WHITFIELD, D. M., CONNOR, D. J., HALL, A. J. Carbon dioxide balance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) subjected to water stress during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 65-80, 1989.

ZIEGLER, E.; HEPLER, P. K. Light and stomatal function: blue light stimulates of guard cell photoplast. **Science**, Washington, DC, v. 196, p. 887-889, 1977.

ZIMMER, D. E.; ZIMMERMAN, D. C. Influence of some diseases on achene and oil quality of sunflower. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 859-861, 1972.