

## 1. INTRODUÇÃO

A duração do ciclo da cultura do girassol e sua produtividade são afetados pela temperatura do ar, radiação solar, precipitação, fotoperíodo (Goynes et al., 1978) e quantidade de nitrogênio no solo (Villalobos et al., 1996). Particularmente, em relação aos elementos climáticos, a temperatura e o estresse hídrico são considerados como os de maior influência (Rawson & Hidmarch, 1982). Na ausência de estresse hídrico, a radiação e a temperatura tornam-se os elementos de restrição à produtividade (Monteith, 1990).

A utilização de modelos de simulação de culturas são importantes pois integram de uma forma consistente, o conhecimento de várias disciplinas como agrometeorologia, fisiologia vegetal e ciência do solo, possibilitando simulações acuradas da dinâmica do crescimento de culturas e de sistemas agrícolas (Jame & Cutforth, 1996).

O modelo orientado a processos OILCROP-SUN, desenvolvido por Villalobos et al. (1996), simula o efeito da temperatura, da radiação solar e da disponibilidade de água no crescimento e no desenvolvimento de girassol. Para tanto, o modelo simula a biomassa e conteúdo de nitrogênio dos órgãos (raízes, caule, folhas e capítulo), o índice de área foliar e o balanço de água e de nitrogênio no solo em escala diária. Simplificadamente, o modelo calcula taxas potenciais, ou ótimas, dos processos que ocorrem na planta, que são depois penalizadas por variáveis escalares para quantificar os efeitos de fatores limitantes, como o estresse hídrico e de nitrogênio. A lei dos mínimos é aplicada para determinar o mais limitante dos fatores que controlam o crescimento da cultura e dos seus órgãos a cada dia.

O DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer; IBSNAT, 1989) vem se configurando como um importante sistema que engloba vários modelos para diferentes culturas (trigo, arroz, milho, cevada, sorgo, milheto, feijão soja, amendoim, grão-de-bico, batata, mandioca, cana-de-açúcar, tomate, pastagem e girassol), pois possibilita a análise de diferentes estratégias de manejo para uma cultura. A análise da performance de uma cultura pode ser feita para diferentes tipos de solo, cultivares, datas de semeadura, densidade de semeadura e irrigação/fertilização, para a minimização dos riscos da atividade agrícola (Jame & Cutforth, 1996).

O presente trabalho foi, então, desenvolvido com o objetivo de minimizar os riscos na produção da cultura do girassol, com a determinação das melhores épocas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contissol-621 e VNIIMK, em condições irrigadas e de sequeiro, nas localidades do Estado de São Paulo e do Paraná. Para tanto foram determinadas as produtividades potencial e real pelo modelo OILCROP-SUN, em semeaduras decendiais ao longo de diferentes números de anos para cada localidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos diários das localidades (Tabela 1) utilizados no estudo foram temperatura máxima e mínima do ar (°C); precipitação (mm), insolação (horas) e radiação global (estimado a partir da insolação com a equação de Angström-Prèscott, dado em MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) coletados de postos agrometeorológicos.

Foram utilizados também, dados relativos aos diferentes solos de cada região como cor, albedo, curva-número, pH, % fósforo, umidade no ponto de murcha permanente, capacidade de campo, saturação, condutividade hidráulica saturada, densidade global, % carbono, % argila, % silte, % areia, % nitrogênio, em diferentes profundidades no perfil.

O sistema DSSAT calcula o balanço hídrico estimando a evapotranspiração potencial pelo método de Priestley & Taylor (1972) e a transpiração da planta, a evaporação e os fluxos de água em um perfil uni-dimensional de solo dividido em várias camadas, conforme os trabalhos de Jones & Ritchie (1990) e Ritchie et al. (1990). Estipulou-se condições iniciais que foram comuns em todas as datas de semeadura. Primeiramente, o espaçamento entre linhas foi de 50 cm, com uma densidade populacional de 10 plantas.m<sup>-2</sup>. Para os cálculos da produtividade potencial foram estipuladas irrigações automáticas sempre que a umidade do perfil chegasse a 50% da capacidade de campo. Já no caso dos cálculos da produtividade real, o fornecimento de água foi somente pela chuva, condicionado, portanto, pelas condições climáticas da região, sendo também considerado que, na semeadura o solo teria a quantidade ideal de nitrogênio para a cultura, o mesmo ocorrendo durante o seu crescimento.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, para todos os cultivares, que as produtividades potenciais (PP) médias mais elevadas ocorreram por volta de 4.000 a 4.500 kg.ha<sup>-1</sup> em semeaduras entre julho e fim de agosto em todas as cidades (Figura 1). Esses resultados estão de acordo com experimentos realizados pela EMBRAPA (1983), que concluiu ser possível para o girassol chegar até 6.000 kg.ha<sup>-1</sup> nos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, sob condições irrigadas.

O modelo OILCROP-SUN estabeleceu 4 períodos distintos nas estimativas da PP; primeiramente nas datas de semeadura entre o início de outubro e o início de fevereiro, o modelo simulou valores intermediários de PP, decorrentes de estresse térmico que afeta todo o ciclo da cultura, apesar da boa disponibilidade de radiação global (Figura 1). A precipitação nesse período normalmente é alta, o que provoca redução da insolação, promovendo também uma queda na PP devido à diminuição da taxa fotossintética dos cultivares. Este fato foi também confirmado por Ungaro (1986) que constatou que o excesso de chuva e dias nublados durante o florescimento levaram à diminuição da produtividade da cultura.

Com a queda acentuada da temperatura e da radiação solar a partir de março, as semeaduras do 2º decênio de fevereiro até o fim de março, resultaram nas menores simulações de PP em relação às outras datas de semeadura. Isto deve-se ao fato de que as fases de florescimento e de frutificação coincidem com os períodos mais frios ou mesmo sujeitos às geadas. Além disso, Pelegrini (1985) constatou que a produtividade do girassol também poderá ser prejudicada se baixas temperaturas ocorrerem no período em que a cultura estiver no estágio de 6 a 8 folhas. Particularmente na cidade de Paranavaí, esse período se estendeu até fim de julho ocasionado pela menor insolação.

Tabela 1. Localidades utilizadas nas simulações do modelo OILCROP-SUN

	Latitude (°Sul)	Longitude (°Oeste)	Altitude (m)	Num. de anos	Fonte
<b>São Paulo</b>					
Piracicaba	22,71	47,63	490	69	ESALQ/USP
Ribeirão Preto	21,18	47,8	521	33	IAC
Manduri	23,17	49,33	589	35	IAC
<b>Paraná</b>					
Ponta Grossa	25,22	50,01	880	32	IAPAR
Paranavaí	23,08	52,43	480	24	IAPAR

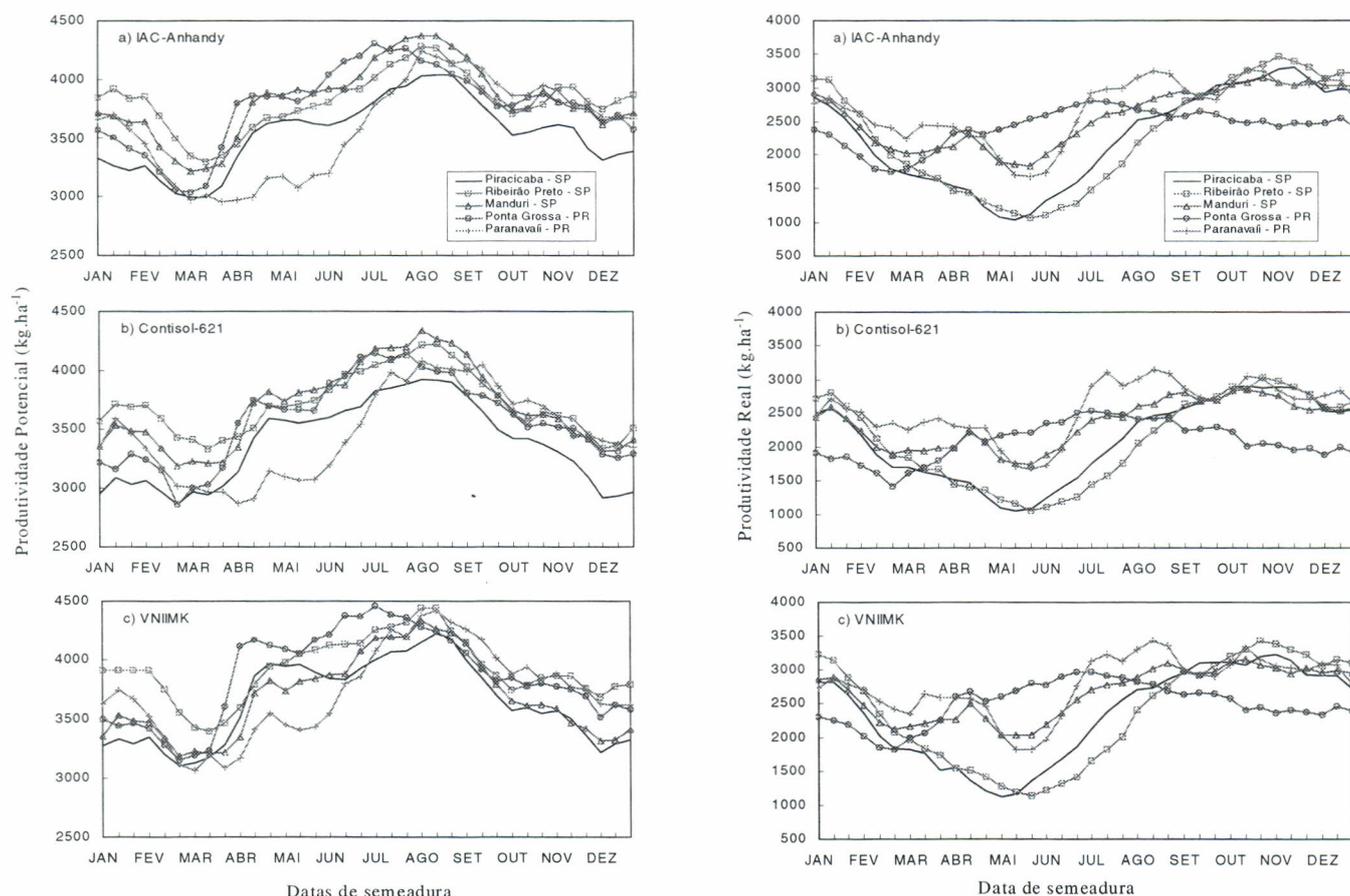


Figura 2 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy (a), Contisol-621 (b) e VNIIMK (c) simulada pelo modelo OILCROP-SUN (DSSAT) nas diferentes localidades

O terceiro período que compreende semeaduras entre 10 de abril até 10 de junho caracterizou-se por uma estabilização de PP por volta de 3.500 a 4.000 kg.ha<sup>-1</sup>, já que nessas datas de semeadura, o ciclo total da cultura é maior em função do maior número de dias com temperaturas mais amenas. Além disso, o fotoperíodo atua no sentido de antecipar a antese, reduzindo o sub-período emergência-antese e aumentando o período entre a floração e maturação dos grãos, aumentando assim a PP.

Por fim, as maiores PP ocorreram nas semeaduras entre julho e fim de agosto, decorrentes do aumento da área foliar simulada pelo DSSAT em função das temperaturas sempre crescentes durante todo o ciclo da cultura.

Observou-se que nas localidades paulistas as produtividades reais (PR) simuladas entre 20 de setembro e 20 de janeiro foram entre 2500 e 3.500 kg.ha<sup>-1</sup>, já nas datas de semeadura entre março e fim de agosto, o modelo gerou PRs aproximadamente entre 1.000 e 2.000 kg.ha<sup>-1</sup>.

Os resultados simulados foram próximos daqueles encontrados na literatura. Por exemplo, em relação ao cultivar IAC-Anhandy, EMBRAPA (1983) mostrou que semeaduras em 1 de fevereiro em Avaré, SP, resultaram em média 2.278 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto que na localidade mais próxima, Manduri, o modelo resultou em 2.400 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 1.d.e.f)

Em relação ao cultivar Contisol-621, em semeaduras em 1 de fevereiro na localidade de Manduri, o modelo simulou PRs médias iguais a 2.250 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 1.d.e.f) enquanto que na localidade mais próxima Avaré, SP, EMBRAPA (1983) obteve PR igual a 2.603 kg.ha<sup>-1</sup>. O mesmo autor, com semeaduras em 20 de novembro em Campinas, obteve uma produtividade de 2.030 kg.ha<sup>-1</sup>. Nesta mesma época de semeadura, na cidade mais próxima, Piracicaba, o OILCROP-SUN simulou PR igual a 2.700 kg.ha<sup>-1</sup>. O modelo, nesta situação, superestimou a PR talvez por não levar em consideração o efeito de ataque de doenças como a Mancha de Alternária, comum no mês de dezembro, por encontrar condições climáticas favoráveis como o alto número de dias com chuva (Sentelhas et. al. 1996).

Os valores mais baixos de PRs, encontrados pelo modelo OILCROP-SUN, ocorreram em semeaduras entre maio e junho, devido ao déficit hídrico no solo durante todo o ciclo da cultura, nas cidades de Piracicaba e Ribeirão Preto. Nas cidades de Manduri e Paranavaí, as mais baixas PRs também ocorreram entre maio e junho, devido à baixa PP e ao déficit hídrico em agosto que atingiu a fase de floração, com efeitos na redução da produtividade pela diminuição da formação de aquênios.

Em todas as localidades, as maiores PRs simuladas ocorreram em datas de semeadura entre setembro e fim de janeiro pois, apesar da possibilidade de ocorrência de déficit hídrico no início da cultura, a fase de florescimento ocorre quando existe elevada disponibilidade hídrica no solo. A exceção foi Ponta Grossa, que obteve sua maior PR em semeaduras entre junho e agosto devido à maior produtividade potencial neste período e ao elevado armazenamento de água no solo em todo o ciclo da cultura. No entanto, nessa localidade o excesso hídrico durante praticamente o ano todo pode representar aspecto negativo especialmente com relação à ocorrência de doenças fúngicas.

Observa-se que nas datas de semeadura entre 20 de fevereiro e fim de março houve queda na PR, nas cidades de Manduri, Ponta Grossa e Paranavaí, decorrente da menor produtividade potencial, pois não houve déficit hídrico durante o período da cultura.

Então, resumidamente, com exceção para Ponta Grossa, semeaduras a partir de novembro até o fim de fevereiro, terão as maiores PRs. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Pelegrini (1985) que indicam que no Oeste do Paraná e em São Paulo, as semeaduras deverão ser feitas até o final de fevereiro no máximo, pois esta prática evita que as fases do florescimento e da maturação, mais sensíveis às baixas temperaturas, ocorram em épocas sujeitas a geadas. Entretanto, no Estado de São Paulo, semeaduras entre outubro a dezembro são evitadas pela alta taxa de infecção de doenças como a Mancha de Alternária (Sentelhas et al. 1996), que não é levado em consideração pelo modelo. Por outro lado, semeaduras no fim de fevereiro também devem ser evitadas pois já terão redução significativa de produtividade. Este fato foi confirmado por Ungaro (1986), que constatou que as semeaduras de fim de fevereiro tendem a produzir menos, pela diminuição na disponibilidade hídrica, geralmente entre abril e maio.

#### 4. CONCLUSÕES

As melhores épocas de semeadura para a produção em sequeiro determinado pelo modelo OILCROP-SUN para os cultivares IAC-Anhandy, Contissol-621 e VNIIMK, estão entre 01/10 e 20/01 nas cidades de Piracicaba, Ribeirão

Preto e Manduri, no Estado de São Paulo. Nas cidades do Estado do Paraná, as melhores épocas de semeadura estão entre 01/04 e 01/10 em Ponta Grossa e entre 01/07 e 20/11 em Paranavaí. Já as melhores épocas de semeadura em condições irrigadas são entre 01/04 e 01/09 nas localidades do Estado de São Paulo, entre 01/04 e 01/09 em Ponta Grossa e entre 10/07 e 01/02 em Paranavaí, no Estado do Paraná.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de soja. Indicações técnicas para o cultivo do girassol. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1983. (Documento, 3).
- GOYNE, P. J.; WOODRUFF, D. R.; CHURCHETT, J. D. Environmental causes of yield variation in raingrown sunflower in Central Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, v. 18, p. 129-134, 1978.
- IBSNAT. Decision support system for agrotechnology transfer V2.1 (DSSAT V2.1). Dep. Agron. Soil Sci., Coll. Trop. Agric. Human Resources, Univ. of Hawaii, Honolulu, 1989.
- JAME, Y. W.; CUTFORTH, W. Crop growth models for decision support systems. *Can. J. Plant Sci.*, v. 76, p. 9-19, 1996.
- JONES, J. W.; RITCHIE, J. T. Crop growth models. In: Management of farm Irrigation Systems, eds. G. J. Hoffman, T. A. Howell and K. H. Solomon, 63-89. St. Joseph, MI: ASAE, 1990.
- MONTEITH, J. L. Conservative behaviour in the response of crops to water and light. p. 3-16. IN: R. Rabbinge et al. (editor) Theoretical production ecology: Reflections and prospects. Pudoc, Wageningen, 1990.
- PELEGRINI, B. **Girassol uma planta solar que das américas conquistou o mundo**. Icone Editora. 117p, 1985
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameter. *Monthly Weather Res.*, v. 100, p. 81-92, 1972.
- RAWSON, H. M.; HINDMARSH, J. H. Effects of temperature on leaf expansion in sunflower. *Aust. J. Plant Physiol.*, v. 9, p. 209-219, 1982.
- SENTELHAS, P. C.; PEZZOPANE, J. M.; UNGARO, M. R. G.; MORAES, S. A.; DUDIENAS, C. Aspectos climáticos relacionados à ocorrência da mancha de alternária em cultivares de girassol. *Fitopatologia Brasileira*, v. 21, p. 464-469, 1996.
- UNGARO, M. R. G. **Instruções para a cultura do Girassol**. Boletim Técnico N° 105. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 26 p., 1986
- VILLALOBOS, F. J.; HALL, A. J.; RITCHIE, J. T.; ORGAZ, F. OILCROP-SUN: A development, growth, and yield model of the sunflower crop. *Agronomy Journal*, v. 88, p. 403-415, 1996.