**AJUSTE E COMPARAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO DA
PRODUTIVIDADE PARA A DETERMINAÇÃO DO RISCO
CLIMÁTICO DA CULTURA DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **PAULO CESAR SENTELHAS**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia, Área de Concentração: Física
do Ambiente Agrícola

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil

Março / 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Rolim, Glauco de Souza

Ajuste e comparação de modelos de simulação da produtividade para a determinação do risco climático da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) / Glauco de Souza Rolim. - - Piracicaba, 2000.
125 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Climatologia 2. Fotoperiodismo 3. Girassol 4. Modelo matemático 5.
Produtividade agrícola 6. Risco I. Título

CDD 633.39

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho a meus pais Celio e Lourdes

pelo amor e apoio que vocês sempre me ofereceram.

A minha noiva Samira pelo amor e carinho que nos une.

As minhas irmãs Cecilia e Ligia pelo amor e amizade
e ao Pepê que sempre nos traz muitas alegrias.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas pela orientação, amizade e apoio constante durante a elaboração do trabalho;
- À pesquisadora do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) Dra. Maria Regina Gonsalves Ungaro pela permanente disponibilidade em nos receber e pelas valiosas contribuições em todas as fases do trabalho;
- Aos Professores do Departamento de Ciências Exatas-Área de Física e Meteorologia: Nilson, Angelocci, Pereira, Sérgio, pelos ensinamentos e pela amizade;
- Ao Prof. Dr. Barbieri pela orientação anterior ao presente trabalho, pelos ensinamentos e pela amizade;
- Ao Prof. Dr. Sílvio Sandoval Zocchi do Departamento de Ciências Exatas-Área de Matemática e Estatística (ESALQ-USP) pelas sugestões durante a calibração dos cultivos;
- Ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Centro de Ecofisiologia e Biofísica e ao Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, pela concessão dos dados;
- Ao acadêmico Matheus Oliveira Chaves pela amizade e apoio com o programa DSSAT;
- Ao colega Jean Dalmo Marques pela amizade e apoio com os dados de solos das localidades;
- A(o)s colegas Karen, Sylvia, Késia, Luciana, Jeane, Fábio, Rafael, Evandro, Juan pela amizade e o ótimo convívio durante o curso;
- Ao Robinson Luiz Tuon pela amizade e apoio constante com os equipamentos de informática;
- Aos Funcionários do Departamento de Ciências Exatas-Área de Física e Meteorologia pelo apoio;
- A CAPES pela concessão da bolsa, sem a qual não teria sido possível a obtenção do título;
- E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso deste trabalho;

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 CULTURA DO GIRASSOL.....	4
2.1.1 <i>Introdução</i>	4
2.1.2 <i>Influência do clima na cultura</i>	6
2.1.2.1 <i>Temperatura e Fotoperíodo</i>	6
2.1.2.2 <i>Água</i>	8
2.2 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CULTURAS	9
2.2.1 <i>Conceitos e definições</i>	9
2.2.2 <i>Importância do uso de modelos de simulação da produtividade agrícola</i>	14
2.2.3 <i>Emprego de Modelos de Simulação no planejamento agrícola</i>	15
2.2.4 <i>Modelos de simulação da fenologia e produtividade da cultura do girassol</i> ..	15
2.2.5 <i>Modelo FAO</i>	22
2.2.6 <i>Modelo DSSAT / OILCROP-SUN</i>	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. LOCAL E DADOS UTILIZADOS PARA CALIBRAÇÃO.....	26
3.2 MODELOS DE SIMULAÇÃO DA CULTURA DO GIRASSOL	27
3.2.1 <i>Modelo FAO</i>	27
3.2.1.1 <i>Produtividade Potencial (Método da Zona Agroecológica)</i>	28
3.2.1.2 <i>Produtividade Real (Doorenbos & Kassam, 1979)</i>	30
3.2.2 <i>DSSAT / OILCROP-SUN</i>	33
3.2.2.1 <i>Fenologia</i>	34
3.2.2.2 <i>Aparecimento e expansão foliar</i>	37
3.2.2.3 <i>Senescência foliar</i>	37
3.2.2.4 <i>Profundidade e densidade do sistema radicular</i>	38
3.2.2.5 <i>Interceptação de radiação solar e acúmulo de biomassa</i>	38
3.2.2.6 <i>Partição da Biomassa</i>	39
3.2.2.6 <i>Determinação da produção de grãos</i>	40
3.2.2.7 <i>Balanço de nitrogênio na cultura</i>	41
3.2.2.8 <i>Calibração do Modelo OILCROP-SUN para os cultivares estudados</i>	42
3.3 COMPARAÇÃO DOS MODELOS	43

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO DSSAT/OILCROP-SUN PARA OS CULTIVARES EM MONTE ALEGRE DO SUL, SP	47
4.1.1 <i>Cultivar IAC-Anhandy</i>	47
4.1.2 <i>Cultivares Contisol-621 e VNIIMK</i>	53
4.2 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DSSAT /OILCROP-SUN E FAO PARA AS LOCALIDADES NO ESTADO DE SÃO PAULO E NO PARANÁ	56
4.2.1 <i>Duração do ciclo total</i>	56
4.2.2 <i>Produtividade Potencial</i>	59
4.2.3 <i>Produtividade Real</i>	70
4.2.4 <i>Quebra Relativa de Produtividade</i>	82
5. CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de informações que representa o conhecimento atual sobre a modelagem em girassol (modificado de Steer et al., 1993).	22
Figura 2 - Exemplo de arquivo do sistema DSSAT com informações sobre as características físico-químico-hídricas do solo Podzólico Vermelho Amarelo Ortoclásico, da área experimental em Monte Alegre do Sul, SP (Legenda no Anexo 2) (Fonte: Rotta et al. 1971).	27
Figura 3 - Determinação da profundidade de semeadura ideal em relação à duração da subfase semeadura - emergência, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	47
Figura 4 - Resultado final da calibração da profundidade de semeadura (SDEPTH), para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	47
Figura 5 - ERRO decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	48
Figura 6 - Coeficiente linear (a) decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	49
Figura 7 - Coeficiente angular (b) decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	49
Figura 8 - Coeficiente de correlação (r^2) decorrentes de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	50
Figura 9 - Resultado final da calibração dos coeficiente P1 e P2, em relação à duração da fase emergência - primeira antese, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	51
Figura 10 - Calibração do coeficiente de duração do preenchimento dos grãos (P5) feito em relação à duração do ciclo total da cultura do girassol, cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	51
Figura 11 - Resultado Final da calibração do coeficiente P5, em relação à duração do ciclo total da cultura, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.	52

Figura 12 - Calibração da profundidade de semeadura (SDEPTH) para os cultivares Contisol-621 (a) e VNIIMK (b), feito em relação à duração da fase semeadura- emergência (A), em Monte Alegre do Sul, SP.....	53
Figura 13 - Resultado final da calibração dos coeficientes: P1 e P2 (em relação à duração da fase emergência - primeira antese) (a), P5 (em relação à duração do ciclo total da cultura) (b), para o cultivar Contisol-621, em Monte Alegre do Sul, SP.....	54
Figura 14 - Resultado final da calibração dos coeficientes: P1 e P2 (em relação à duração da fase emergência - primeira antese) (a), P5 (em relação à duração do ciclo total da cultura) (b), para o cultivar VNIIMK, em Monte Alegre do Sul, SP.....	54
Figura 15 - Relação do número de dias do ciclo total médio determinado pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares de girassol, IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK nas localidades de Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.	56
Figura 16 - Relação do número de dias do ciclo total médio determinados pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares de girassol IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK nas localidades de Ponta Grossa (PG) e Paranavaí (PA), no Estado do Paraná.	57
Figura 17 - Produtividade Potencial (PP) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.....	59
Figura 18 - Produtividade Potencial (PP) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranavaí (b), no Estado do Paraná.....	60
Figura 19 - Temperatura do ar (a), radiação solar global (b), precipitação (c) e fotoperíodo (d) mensais para as localidades de Piracicaba, de Ribeirão Preto, e de Manduri, no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa e de Paranavaí, no Estado do Paraná.....	62
Figura 20 - Frequência Relativa de Produtividades Potenciais (PP) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.....	65

Figura 21 - Frequência Relativa Produtividades Potenciais (PP) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeaduras analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranavaí (b), no Estado do Paraná.	66
Figura 22 - Relação entre as Produtividades Potenciais (PP) médias simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.	68
Figura 23 - Relação entre as Produtividades Potenciais (PP) médias simuladas pelo modelo FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Ponta Grossa (PG) e Paranavaí (PA), no Estado do Paraná.	69
Figura 24 - Produtividade Real (PR) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.	70
Figura 25 - Produtividade Real (PR) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranavaí (b), no Estado do Paraná.	71
Figura 26 - Extratos dos balanços hídricos climatológicos normais mensais, segundo Thorthwaite & Mather (1955), para CAD igual a 50 mm, das localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b), e de Manduri (c), no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa (d) e de Paranavaí (e), no Estado do Paraná.	73
Figura 27 - Frequência Relativa das Produtividades Reais (PR) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.	76
Figura 28 - Frequências Relativa das Produtividades Reais (PR) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranavaí (b), no Estado do Paraná.	77
Figura 29 - Relação entre as Produtividades Reais (PR) médias simuladas pelo modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RB) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.	79

Figura 30 - Relação entre as Produtividades Reais (PR) médias simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol e VNIIMK para Ponta Grossa (PG) e Paranavaí (PA), no Estado do Paraná.....	80
Figura 31 - Quebra Relativa de Produtividade média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC- Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simulada pelos modelos FAO e DSSAT, nas cidades de Piracicaba (a), Ribeirão Preto (b) e Manduri (c), no Estado de São Paulo.....	81
Figura 32 - Quebra Relativa de Produtividade média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC- Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simulada pelos modelos FAO e DSSAT, nas cidades de Ponta Grossa (a) e Paranavaí (b), no Estado do Paraná.	83
Figura 33 – Frequências Relativa da Quebra Relativa de Produtividade simulada pelo modelo FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas cidades de Piracicaba (a), Ribeirão Preto (b) e Manduri (c), no Estado de São Paulo.....	85
Figura 34 – Frequências Relativa de Quebra Relativa de Produtividade simulada pelo modelo FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas cidades de Ponta Grossa (a) e Paranavaí (b), no Estado do Paraná.	86
Figura 35 - Relação entre as Quebras Relativas de Produtividade simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção Mundial, em milhões de toneladas, das principais culturas de plantas oleaginosas, no período de 1991 a 1997.	5
Tabela 2 - Dados iniciais da cultura do girassol para uso no modelo FAO.....	31
Tabela 3 - Valores Médios da soma térmica, em °C.dia, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, para o ciclo total e para cada subperíodo (1- Estabelecimento, 2- Desenvolvimento Vegetativo, 3- Florescimento, 4- Frutificação, 5- Maturação), levando-se em consideração as diferentes temperaturas-base, determinadas por Sentelhas et al. (1994).	32
Tabela 4 - Coeficientes da estimativa de kc em função de graus-dia (equação 13) para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK.	32
Tabela 5 - Fases e sub-fases usados no modelo OILCROP-SUN.....	34
Tabela 6 - Localidades utilizadas nas simulações dos modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN.....	44
Tabela 7 - Valores calibrados dos coeficientes genéticos P1 (coeficiente da duração do período juvenil), P2 (coeficiente fotoperiódico) e P5 (coeficiente da duração da fase primeira antese - maturidade fisiológica) para o modelo DSSAT/OILCROP-SUN dos cultivares, IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK.	53
Tabela 8 - Produtividade Potencial média dos cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK nas localidades de Piracicaba, de Ribeirão Preto, e de Manduri, no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa e de Paranavaí, no Estado do Paraná, simuladas pelo modelo FAO e DSSAT.	63
Tabela 9 - Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Produtividade Potencial simulados pelos modelos FAO e DSSAT para as localidades analisadas.	67
Tabela 10 - Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Produtividade Real simulados pelos modelos FAO e DSSAT para as localidades analisadas.	78
Tabela 11- Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Quebra Relativa de Produtividade simuladas pelos modelo FAO e DSSAT para cada localidade.....	87

**AJUSTE E COMPARAÇÃO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO DA
PRODUTIVIDADE PARA A DETERMINAÇÃO DO RISCO CLIMÁTICO DA
CULTURA DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

Autor: GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Orientador: Prof. Dr. PAULO CESAR SENTELHAS

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar as melhores épocas de semeadura para a cultura do girassol em condições irrigadas e de sequeiro, nas localidades de Piracicaba, Ribeirão Preto, Manduri, no Estado de São Paulo e Ponta Grossa e Paranavaí, no Estado do Paraná. Para esta determinação foram comparadas as Produtividades Potencial e Real e a Quebra Relativa de Produtividade, simuladas por dois modelos, sendo um complexo, pertencente ao Sistema DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), chamado OILCROP-SUN e outro, mais simples, preconizado pela FAO (Produtividade Potencial - Método da zona agroecológica e Produtividade Real (Doorenbos & Kassam, 1979)).

Para a utilização do modelo DSSAT/OILCROP-SUN, primeiramente foi feita a calibração dos coeficientes genéticos para os cultivares, com dados fenológicos, climáticos e de solo, medidos em Monte Alegre do Sul, SP. A calibração foi feita testando-se diversos valores para cada coeficiente, procurando-se a minimização da soma do quadrado dos erros (coeficiente linear mais próximo a zero e o coeficiente angular mais próximo a 1) entre os dados medidos e os simulados. Os resultados dos coeficientes genéticos P1 (coeficiente da duração do período juvenil), P2 (coeficiente fotoperiódico) e P5 (coeficiente da duração da fase primeira antese - maturidade fisiológica) foram respectivamente: 265 °C.dia, 0,3 dia.hora⁻¹, 780 °C.dia, para o cultivar

IAC-Anhandy; 235 °C.dia, 1 dia.hora⁻¹, 560 °C.dia, para o híbrido Contisol-621 e 260°C.dia, 1dia.hora⁻¹, 560 °C.dia, para o cultivar VNIIMK. Outros coeficientes como G2 (número máximo de grãos por capítulo, medido em condições ótimas de crescimento), G3 (taxa de crescimento potencial da amêndoa, mg.dia⁻¹) e, por fim, O1 (conteúdo máximo de óleo na amêndoa, %) foram considerados iguais a , 2800, 1,7 e 65 respectivamente, adotando-se os mesmos valores para todos os cultivares.

Depois de concluída a fase de calibração, foi possível a simulação da produtividade pelos dois modelos, em semeaduras decendiais, em diferentes números de anos para cada localidade.

Observou-se, então, que as maiores diferenças ocorreram nas estimativas da Produtividade Potencial, evidenciando que os modelos levam em consideração diferentes variáveis em seus cálculos. Já as estimativas de Produtividade Real e a Quebra Relativa de Produtividade foram muito próximas entre os modelos, com exceção de Paranavaí (PR). De forma geral, pode-se afirmar que, apesar das diferenças dos valores entre os dois modelos, eles determinaram aproximadamente as mesmas épocas de semeadura para a obtenção das maiores produtividades, tanto em condições irrigadas como de sequeiro.

As melhores épocas de semeadura para a produção em sequeiro determinadas pelos dois modelos para todos os cultivares, estão entre 01/10 e 20/01 em Piracicaba, Ribeirão Preto e Manduri, no Estado de São Paulo. No Estado do Paraná, as melhores épocas de semeadura são 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, estão entre 01/04 e 01/09 nas localidades do Estado de São Paulo e em Ponta Grossa (PR) e entre 10/07 e 01/02 em Paranavaí (PR).

**ADJUST AND COMPARISON OF YIELD SIMULATION MODELS FOR
DETERMINATION OF THE CLIMATIC RISK IN SUNFLOWER
(*Helianthus annuus* L.) CROP**

Author :GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Adviser: Prof. Dr. PAULO CESAR SENTELHAS

SUMMARY

This work was developed aiming the determination of the sunflower crop best sowing dates in irrigated and rainfed conditions at Piracicaba, Ribeirão Preto, Manduri in São Paulo State, and at Ponta Grossa and Paranavaí in Paraná State. For this, the Potential and Real Yield and the Relative Yield Loss were compared by two models; one of them is complex and belong to the DSSAT system (Decisioning Support System for Agrotechnology Transfer), called OILCROP-SUN, and the other, more simple, developed by FAO (Potential Productivity – agroecological zone method and Real Productivity – Doorenbos & Kassam , 1979).

For the utilization of DSSAT/OILCROP-SUN model, it was firstly made the calibration of the genetic coefficients for the cultivars with fenological, climatic and soil data mesured in Monte Alegre do Sul, SP. The calibration was made testing various values for each coefficient, aiming the minimization of the square summation error (linear coefficient close to zero and angular coefficient close to 1) between mesured and simulated data. The results of genetic coefficient P1 (juvenile phase duration coefficient), P2 (fotoperiodic sensitive coefficient) and P5 (duration of the first anthesis – fisiological maturity coefficient) were respectively: 265 °C.day, 0,3 day.hour⁻¹, 780 °C.day for the Anhandy cultivar; 235°C.day, 1day.hour⁻¹, 560°C.day for the Contisol-621 hybrid and 260 °C.day, 1 day.hour⁻¹, 560 °C.day for the VNIIMK cultivar. Other

coefficients such as G2 (maximum number of grain per head, measured in optimal conditions and low plant population density), G3 (rate of potential kernel growth, mg.day^{-1}) and O1 (Maximum kernel oil content, %) were considered equals to 2800, 1,7 and 65 respectively, being used the same values for all cultivars.

After concluding the calibration phase, it was possible simulate the crop yield by both models for 36 sowing dates per year for each region.

So, it was observed that the major differences happened in estimatives of Potential Yield, showing that the models consider different variables in their simulations. Otherwise, the Real Yield and Relative Yield Loss estimatives were similar between the models, excepting Paranavaí (PR). In general sense, despite of the differences between the two models, in irrigated and rainfed conditions, both determined the same sowing periods for obtention of the highest yield.

The best sowing periods for rainfed conditions determined by both models for all cultivars were from 01/10 to 20/01 in Piracicaba, Ribeirão Preto and Manduri, in São Paulo State. In Paraná State, the best sowing periods were from 01/04 to 01/10 in Ponta Grossa and from 01/07 to 20/11 in Paranavaí. Otherwise, in irrigated conditions, the best sowing periods were from 01/04 to 01/09 in locations of São Paulo and Ponta Grossa (PR) and from 10/07 to 01/02 in Paranavaí (PR).

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, ou seja, a capacidade de um sistema produtivo conservar-se no mercado, preservar o ambiente e ter bons retornos financeiros, é frequentemente ameaçada por fatores de risco.

Dentre os fatores de risco na agricultura, destaca-se o climático que pode ser decorrente de variações na disponibilidade hídrica, de eventos climáticos extremos ou inadequados, além de sua influência na incidência de pragas e doenças.

Desse modo, estudos tornam-se necessários para trazer respostas ou técnicas adequadas para a minimização desse risco. Todavia, muitas vezes o conhecimento já adquirido pode ser prontamente transferido para outras regiões, evitando novos e dispendiosos experimentos.

A modelagem de culturas é uma das formas de como o conhecimento pode ser transferido e utilizado para o alcance de diferentes objetivos. Por exemplo, pelos agricultores, na determinação do melhor cultivar e data de semeadura mais adequada, e na escolha de melhor estratégia no manejo da irrigação; pelas empresas rurais, no planejamento do uso dos campos e na previsão de metas a serem cumpridas nos seus diversos níveis hierárquicos; pelo governo, no zoneamento agroecológico, na determinação de políticas regionais e nacionais, e na estocagem ou venda dos produtos agrícolas para a regulação dos preços; pelos pesquisadores, na busca do entendimento dos sistemas agrícolas nos seus diversos níveis de especialização.

Os modelos de simulação usam o conhecimento já adquirido pelos resultados dos experimentos a campo e, principalmente, propicia uma extrapolação para novas condições ambientais, desde que devidamente ajustados, pois integra informações de vários ramos do conhecimento como, por exemplo, agrometeorologia, solos, genética,

fisiologia, economia e entomologia, para a resolução dos problemas que afetam a produtividade agrícola, identificando os pontos de estrangulamento que irão afetar sobremaneira a sustentabilidade em determinada região.

No Brasil, grande ênfase no uso da modelagem está sendo dada nos estudos de zoneamento climático nos Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, nas regiões Centro-Oeste, Nordeste (Assad, 1999; Thomé et al. 1999) e em sistemas de monitoramento ambiental como no Estado do Paraná (Faria, 1999).

Uma das culturas ainda pouco estudadas no Brasil, com relação à aplicação de modelos de simulação, é a do girassol. Esse fato é decorrente da pouca exploração econômica atual da cultura. Todavia, o desenvolvimento e a utilização de modelos para ela é importante, pois a cultura tem um grande potencial de expansão, sendo, atualmente, a que mais cresce no Brasil, devido a alta qualidade de seu óleo e a sua fácil extração industrial, utilização na alimentação animal, especialmente na forma de silagem, além de ampla adaptação à diferentes condições climáticas.

A modelagem da cultura do girassol vem sendo feita em diversas partes do mundo: Estados Unidos (Goyne et al., 1989), Austrália (Steer et al., 1993) e Europa (Villalobos & Ritchie, 1992), onde, normalmente, tem grande interesse econômico; resultando em modelos que estão sendo usados para os mais diversos fins.

Em função do exposto, o presente trabalho tem por objetivo utilizar dois modelos de simulação para a cultura do girassol o OILCROP-SUN (Villalobos et al., 1996), complexo e adaptado ao sistema DSSAT; e o modelo FAO de previsão de produtividade potencial e real (Doorenbos & Kassam, 1979), mais simples, para três cultivares de girassol, nas seguintes etapas:

- a) Calibrar o modelo DSSAT/OILCROP-SUN para os cultivares de girassol IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK;
- b) Comparar a performance dos modelos OILCROP-SUN e FAO com relação à estimativa da produtividade potencial, real e quebra relativa de produtividade, para os cultivares acima citados, em cidades dos Estados de São Paulo e do Paraná.

- c) Aplicar os modelos OILCROP-SUN e o modelo FAO em várias localidades dos Estados de São Paulo e do Paraná, para a determinação das épocas de semeadura com menores riscos, para as condições de sequeiro e irrigada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Girassol

2.1.1 Introdução

O girassol é originário da América do Norte, mais precisamente do norte do México e do Estado de Nebraska nos EUA. Inicialmente foi domesticado e disseminado por todo o continente americano pelos ameríndios, que selecionaram preferencialmente plantas com uma única haste. Posteriormente, o girassol foi levado pelos colonizadores para o continente europeu, por volta do século XVI, como planta ornamental. A cultura foi introduzida na Rússia no século XVIII, e por volta de 1830, teve início a produção de óleo de girassol em escala comercial. A importância da planta em escala mundial, como fonte de óleo comestível, surgiu após a 2ª Guerra Mundial (Câmara, 1998).

A utilização mais tradicional da cultura refere-se ao consumo *in natura* de seus frutos (aquênios) por humanos e aves. Mas atualmente, mais de 90% da produção mundial destina-se à produção industrial de óleo comestível (Câmara, 1998).

Roessing (1997) mostrou que o girassol foi a quinta maior produtora de grãos em utilização no mundo no período de 1991 a 1997 (Tabela 1), sendo explorada, praticamente, em todos os continentes (Cobia & Zimmer, 1978). Atualmente, a Argentina, a Rússia, a Ucrânia, a França e os EUA são responsáveis por 56% da produção mundial, com um total de 20,9 milhões de hectares. A produtividade tem sido superior em regiões de clima temperado, embora exista excelente potencial nos climas tropicais, desde que seja desenvolvida tecnologia adequada. O Brasil ocupa a 45ª posição mundial, com uma produção de 30.000 ton ano⁻¹, numa área de 60.000 hectares.

Tabela 1 - Produção Mundial de grãos, em milhões de toneladas, das principais culturas de plantas oleaginosas, no período de 1991 a 1997.

Oleaginosas	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97
Soja	107,13	116,72	113,61	137,83	127,54	133,99
Algodão	36,60	31,53	29,72	32,99	35,20	34,05
Colza	27,87	25,36	27,01	30,22	31,94	30,63
Amendoim	22,24	23,17	23,46	26,45	25,43	26,14
Girassol	21,56	21,25	20,91	23,05	23,71	24,14
Copra	4,73	4,73	4,66	4,96	4,88	5,33
Palm Kernel	3,41	4,00	4,36	-	-	-
TOTAL	223,54	226,76	223,73	255,50	248,70	254,28

Fonte: Roessing (1997).

No Brasil, uma grande parte do território é considerada apta para o cultivo de girassol por apresentar condições climáticas satisfatórias (Ungaro, 1986). Na prática costuma-se dizer que quando as condições são boas para o milho, também são para o girassol.

Na década de 80, os Estados com maior potencial para a cultura eram São Paulo e Paraná, em especial este último, onde o girassol era plantado em sucessão à soja (Reyes et al., 1985). Atualmente, apesar da região Centro-Oeste ser considerada como a mais promissora para o desenvolvimento da cultura do girassol, está retornando ao Estado de São Paulo como uma alternativa para a rotação com a cultura de cana-de-açúcar (Câmara, 1997), principalmente, como uma opção para produção de silagem na safrinha.

Os principais problemas para o cultivo são: cultura relativamente nova no Brasil e falta de informações aos agricultores; poucas indústrias, levando a inseguranças quanto aos preços; pouca disponibilidade de genótipos resistentes às principais doenças; baixa tolerância a pequenos níveis de boro e acidez dos solos tropicais, fazendo com que a cultura seja mais exigente em fertilidade do solo; impedimentos de natureza química e física do solo; por fim, a elevada propensão ao ataque de pássaros na maturação final (Ungaro, 1986; Câmara, 1998).

Apesar desses problemas, a cultura do girassol apresenta elevado potencial de produtividade e bom retorno financeiro, pois possui ampla adaptação a diferentes condições climáticas, ampla flexibilidade quanto às épocas de semeaduras, além de ampliar a possibilidade de uso de terras ociosas e permitir a utilização dos mesmos equipamentos destinados à cultura do milho, sorgo ou soja (semeadora e colhedora) com poucas adaptações; ela ainda é uma opção para sistemas de produção do tipo consorciação e rotação de culturas (Câmara, 1998).

Como o óleo de girassol possui melhores características em comparação as outras oleaginosas, existe um grande potencial para a cultura, visto que é crescente a demanda por produtos de melhor qualidade. O óleo de girassol é diferenciado por possuir uma alta concentração em ácido graxo linoléico (importante para prevenir e combater doenças cardiovasculares), alta capacidade de conservação por períodos prolongados, alto rendimento industrial e facilidade de extração do óleo, além da presença de vitaminas A, D e E (Rossi, 1997; Ungaro, 1981).

2.1.2 Influência do clima na cultura

2.1.2.1 Temperatura e Fotoperíodo

A duração do ciclo da cultura do girassol é afetada pelos seguintes elementos climáticos: temperatura do ar; radiação solar, precipitação e fotoperíodo (Goyne et al., 1978; Goyne & Hammer, 1982; Rawson et al., 1984; Unger, 1990; Massignam & Angelocci, 1993a; Sentelhas et al. 1994). Entretanto, a temperatura e o estresse hídrico são considerados como os fatores de maior influência no desenvolvimento e rendimento da cultura (Goyne et al., 1978; Robinson, 1978; Rawson & Hidmarsh, 1982). Na ausência de estresse hídrico, a radiação e a temperatura tornam-se os elementos de restrição à produtividade (Monteith, 1990; Chapman et al., 1993).

Considera-se que a temperatura média ideal para o desenvolvimento total da cultura varia de 15 a 30°C (El-Sharkawy & Hesketh, 1964; Anderson, 1977; Robinson, 1978 e Silva, 1981).

A variação de temperatura afeta de forma diferenciada cada sub-período de desenvolvimento da cultura. Recém-germinada, a planta resiste a -4 a -5°C (Pelegriani, 1985), todavia Schuster & Boye (1971) verificaram que a exposição de seedlings às baixas temperaturas atrasa a época de florescimento. A ocorrência de geadas nos períodos de início do florescimento e de formação dos aquênios, causa o abortamento das flores, afetando a produtividade (Pelegriani, 1985).

As temperaturas diurnas e noturnas são igualmente importantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura (Angelocci & Villa Nova, 1985). A temperatura durante a floração afeta diretamente a fertilidade. Com temperaturas noturnas do ar superiores a 18°C e temperaturas diurnas ao redor de 25°C, a secreção de néctar é mais abundante, facilitando a polinização por abelhas (Langridge & Goodman, 1974). Harris et al. (1978) verificaram que altas temperaturas, particularmente à noite, causaram visível redução na qualidade de óleo, devido à desnaturação de enzimas que produzem o ácido linoléico, o que também foi verificado em condições brasileiras por Ungaro et al. (1997). Além das altas temperaturas, outros fatores podem ser responsáveis pela diminuição da quantidade de óleo: estresse hídrico (Talha e Osman, 1975); doenças (Brown et al., 1974); altos níveis de nitrogênio no solo (Onishchenko, 1968) e alta densidade populacional (Stoyanova, 1974).

A temperatura também interfere na taxa fotossintética uma vez que esta aumenta linearmente entre 0°C e 20-25°C (Paul et al., 1990), fica constante, por volta de 1,05 g(CO₂).MJ⁻¹(PAR), entre 24°C a 37°C (Chapman et al., 1993), e entre 37°C e 48°C, decresce linearmente até zero (El-Sharkawy & Hesketh, 1964).

Robinson (1978) e Sentelhas et al. (1994), consideram o girassol pouco sensível ao fotoperíodo, por florescer numa larga faixa de comprimento do dia. Entretanto, existem discordâncias sobre o fotoperíodo adequado para o desenvolvimento da cultura após a iniciação floral. Alguns autores consideram que o desenvolvimento é promovido por dias curtos (Dyer et al., 1959; Schuster & Boye, 1971), e outros por dias longos (Goyne et al., 1977; Anderson et al., 1978a;). Todavia, muitos destes trabalhos foram desenvolvidos em locais onde a temperatura e o fotoperíodo são fortemente

correlacionados; nesta situação se torna difícil a observação dos efeitos puramente fotoperiódicos na cultura (Goyne et al. 1977).

Experimentos em ambientes controlados, foram desenvolvidos por Marc & Palmer (1981) que, estudando a sensibilidade fotoperiódica na cultura do girassol, não encontraram diferenças significativas, no período de iniciação floral, em fotoperíodos entre 12 e 18 horas, sendo que, com 11 horas, o desenvolvimento dos primórdios foliares foi encurtado levando a uma antese precoce. Goyne & Hammer (1982) constataram que, em fotoperíodos entre 10 e 12 horas houve uma redução no número de dias nos sub-períodos emergência-aparecimento do botão floral e emergência-primeira antese, ^{PS} no número de folhas e na altura da planta na primeira antese. Em baixas temperaturas o cultivar Sunfola 68-2 apresentou resposta como neutro e o cultivar Hysun 30 como de dias longos. Em altas temperaturas ambos os cultivares apresentaram respostas como de dias curtos. Esses resultados demonstram que, no geral, a resposta ao fotoperíodo, depende da temperatura e do material genético utilizado.

Apesar da pouca sensibilidade ao fotoperíodo, tudo indica que o florescimento do girassol é governado por fatores ambientais, tais como temperatura e fotoperíodo conjuntamente (Goyne et al., 1977; Anderson et al. 1978b; Marc e Palmer, 1981; Goyne e Hammer, 1982), estresse hídrico (Mark & Palmer, 1976), e fatores da própria planta, como a formação de no mínimo 12 a 13 pares de folhas (Habermann & Wallace, 1958).

O fotoperíodo longo tende a diminuir o período de florescimento e induz ao alongamento do caule. Fotoperíodos curtos agem de modo oposto, aumentando o período de florescimento e diminuindo o alongamento do caule (Dyer et al., 1959).

2.1.2.2 Água

A cultura tem necessidade hídrica de 600 a 1000 mm durante o seu ciclo, dependendo, fundamentalmente, do clima e da cultivar (Doorenbos & Kassam, 1979). Da totalidade de água absorvida pela planta durante seu ciclo vegetativo, em média 22,4% são gastos desde a emergência até o início da formação do capítulo; cerca de 60%

são absorvidos no período entre a formação do capítulo e início da floração e os 17,6% restantes, usados entre a floração e a colheita (Almeida, 1970).

Goyne et al. (1978) verificaram que o estresse hídrico é o principal fator de perda de rendimento do girassol, principalmente devido aos efeitos sobre a área foliar. Todavia, o excesso de chuvas e dias nublados durante o florescimento também são prejudiciais, podendo acarretar considerável quebra de produção (Ungaro, 1986).

Apesar do girassol produzir satisfatoriamente em condições de deficiência hídrica, em razão de seu sistema radicular denso e profundo (Robinson, 1978), existem três fases críticas que podem ser consideradas (Birch, 1982):

a) condições desfavoráveis de umidade no solo na semeadura poderá resultar em aumento excessivo no sub-período semeadura-emergência, com redução da população inicial de plantas;

b) restrição hídrica entre a diferenciação floral até o final da antese, causará quebras de produtividade de grãos (Talha & Osman, 1975; Doorenbos & Kassam, 1979; Ungaro, 1981);

c) estresse hídrico entre o enchimento de grãos e maturação, ocasionará perdas na quantidade e qualidade de óleo.

Além destas fases críticas, quebras de produtividade podem ocorrer, também, devido à presença de mancha de alternária (*Alternaria helianthi*, Hansf.), a principal doença da cultura. Sentelhas et al. (1996), trabalhando com os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, constataram que essa doença está diretamente relacionada à quantidade de chuva e a temperatura mínima do ar durante o ciclo.

2.2 Modelagem e Simulação da Produtividade de culturas

2.2.1 Conceitos e definições

Modelo é a representação matemática de um sistema e modelagem é o processo de desenvolvimento desta representação (Jones et al., 1987). Em um sentido mais geral, pode-se dizer que modelo é o mesmo que hipótese (Jones et al., 1987) ou teoria

(Philip, 1991). Como tais, devem ter pressupostos claros e produzir respostas que possam ser testadas (Boote et al., 1996). Normalmente, os modelos de simulação de culturas dão enfoque orientado a processos. Os processos são encaixados em três categorias: transporte ou fluxo, transformação e armazenamento de massa ou energia, as quais são descritas por variáveis extensivas ou intensivas (Jones et al., 1987).

Os trabalhos sobre interceptação de luz, fotossíntese e respiração, realizados por Loomis & Williams (1963), De Wit (1965), Duncan et al. (1967) e de Wit et al. (1978), possibilitaram os primeiros passos na modelagem de culturas, pois o crescimento e a produtividade potencial tornaram-se quantitativamente relacionados ao total de energia do ambiente e ao total de biomassa das plantas.

A modelagem computadorizada, para simulação de culturas, surgiu por volta da década de 70, quando sistemas de análise e computadores apresentaram-se como novas ferramentas de trabalho para os pesquisadores (Bowen et al., 1973; de Wit & Goudriaan, 1974).

Atualmente, o conhecimento de várias disciplinas como fisiologia vegetal, agrometeorologia, ciência do solo e agronomia são integradas de uma forma consistente, possibilitando simulações acuradas da dinâmica do crescimento de culturas e de sistemas agrícolas (Jame & Cutforth, 1996). Normalmente, para se agregar todas estas áreas do conhecimento, os modelos são compartimentalizados em sub-modelos (Boote et al., 1996).

O uso de modelos de simulação de culturas na pesquisa tem aumentado substancialmente, o que é decorrente da melhoria de técnicas de modelagem e da maior capacidade dos computadores na realização de cálculos (Hanks & Ritchie, 1991; Penning de Vries et al. 1991).

Apesar disso, a modelagem está ainda em um estágio inicial de desenvolvimento, uma vez que muitos modelos simulam apenas os principais fatores que afetam as culturas, como por exemplo, clima, água, disponibilidade de nitrogênio no solo e carbono para a fotossíntese. Avanços na modelagem poderão incluir novos componentes como os efeitos do preparo da terra, pragas, doenças, ervas daninhas, salinidade do solo, excesso de água, entre outros (Jame & Cutforth, 1996).

Dois tipos distintos de modelos (ou sub-modelos) surgiram logo nos primeiros trabalhos: um essencialmente prático, que se baseava em análises de regressões para prever o desenvolvimento da cultura e outro, que procurava aumentar o conhecimento científico, procurando estabelecer as causas e os efeitos dos processos físicos e biológicos que ocorriam nas plantas e no ambiente (Passioura, 1973). Essas duas visões correspondem ao que Addiscott & Wagenet (1985) chamaram de modelos funcionais e mecanísticos. Atualmente, segundo Monteith (1996), os modelos funcionais passaram a ser chamados de empíricos.

O uso de correlações e análises de regressões aplicadas em modelos empíricos fornecem um entendimento qualitativo das variáveis e suas interrelações, ou seja, mostram quais elementos do clima têm um maior poder de interferência sobre determinado processo na planta. Já as informações quantitativas, obtidas deste tipo de análise, são muito específicas para o local estudado, podendo esses modelos somente ser em usados em outras regiões se as condições climáticas, de solo e de manejo da cultura forem similares (Jame & Cutforth, 1996; Passioura, 1996). Entretanto, com a devida calibração, alguns modelos empíricos vêm provando sua utilidade (Passioura, 1996).

Já os modelos mecanísticos procuram obter um melhor entendimento das relações de causa e efeito, visando uma melhor interpretação quantitativa e qualitativa do sistema. (Jones et al., 1986; Passioura, 1996). Um modelo desse tipo possui um forte embasamento físico e biológico, incluindo os mais importantes processos que governam o crescimento e o desenvolvimento da planta: fases fenológicas, desenvolvimento do dossel, ontogenia dos órgãos da planta, taxa de fotossíntese, alocação de assimilados e balanço de água, nitrogênio e carbono (Jame & Cutforth, 1996). Por terem essas características, geralmente são mais adaptáveis para usos em diferentes condições climáticas e promovem uma síntese do conhecimento sobre os diversos aspectos que governam o desenvolvimento e a produtividade de determinada cultura (Boote et al. 1996).

Segundo Costa (1997), existem ainda outras subdivisões para a classificação dos modelos: os modelos determinísticos e os estocásticos. Modelos determinísticos são aqueles que as respostas, ou os resultados obtidos, são fornecidos sem nenhum grau de

probabilidade. Normalmente, o determinismo da resposta é uma característica dos modelos mecanísticos. Modelos estocásticos são aqueles que apresentam algum grau de probabilidade associado à sua resposta, característica comum dos modelos empíricos.

Na realidade, a maioria dos modelos de simulação de culturas são uma mistura de empiricismo e mecanicidade. Mesmo os mais mecanísticos dos modelos usam empiricismo em algum nível hierárquico de sua estrutura (Boote et al., 1996).

Monteith (1981) constatou que não existe melhoria na previsão de produtividade com o aumento da complexidade dos modelos, independentemente do seu tipo. Devido a isto, alertou que as pesquisas deveriam fazer esforços para condensar seus modelos, removendo componentes que contribuam somente com 'ruídos', ou seja, aqueles que não trazem melhorias significativas nas previsões numéricas nos resultados finais (Monteith 1996).

Existe um grande número de exemplos em que modelos altamente detalhados ou reducionistas tiveram um desempenho pior do que modelos simples na previsão de produtividade. Por exemplo, na cultura do algodão, um modelo de balanço hídrico simples foi superior aos modelos COTTAM e GOSSYM (Asare et al., 1992). Uma equação empírica teve melhor desempenho que o modelo CERES na previsão da produtividade potencial do trigo no México (Bell & Fischer, 1994). O modelo SOYGRO foi inferior à uma simples média ponderada na previsão de produtividade de soja (Colson et al. 1995). Entretanto, muitas vezes deve-se considerar as limitações dos modelos empíricos, como já discutido anteriormente.

A estimativa e a exploração dos limites da produtividade das culturas é uma das prioridades da maioria dos programas de pesquisa agrícola e, a partir disso, a modelagem e o teste de modelos em novos ambientes têm sido uma prática constante (Barni et al. 1995). Segundo Jones et al. (1987), as etapas na modelagem e/ou a utilização de um modelo para novas condições ambientais compõem-se de:

a) Desenvolvimento: criação de um modelo teórico e a elaboração de um programa;

b) Verificação: é o processo pelo qual a lógica da programação é comparada com o modelo teórico proposto;

c) Calibração: é o ajuste feito nos parâmetros do modelo para dar a melhor acurácia entre os dados medidos e os simulados. Nos modelos empíricos, a calibração é o único meio pelo qual os coeficientes do sistema podem ser determinados. Apesar da calibração ser contrária ao princípio dos modelos mecanísticos, ela é necessária na adaptação de um modelo existente para uma nova região. Este procedimento pode ser descartado somente quando um modelo mecanístico 'perfeito' é desenvolvido, o que atualmente é impossível (Monteith, 1996). A calibração deveria ser conduzida usando poucos e bem definidos experimentos no qual o solo, as condições climáticas e os detalhes do crescimento da cultura fossem cuidadosamente monitorados, caso contrário, muito tempo seria perdido no processo de tentativa-e-erro para o ajuste de curvas específicas (Jame & Cutforth, 1996; Boote et al. 1996).

Na etapa de calibração dos modelos, comumente são usados critérios estatísticos para determinar o grau de ajuste entre os dados simulados e os medidos; como: a linha simulada passando dentro de uma certa faixa de desvio padrão; a minimização da soma dos quadrados dos erros dos dados simulados; alto valor de r^2 , preferencialmente próximo à linha 1:1 com intercepto em zero (Boote, 1994). Às vezes, é necessário o uso de meios mais avançados na calibração, como a utilização das técnicas de regressão linear e não-linear. Por exemplo, o método simplex 'dowhill', foi usado para estimar os parâmetros fenológicos na cultura da soja, minimizando o erro do quadrado da soma entre os dados observados e simulados (Grimm et al., 1993). Villalobos et al. (1996) utilizou a técnica de otimização multivariada para a determinação dos coeficientes do modelo OILCROP-SUN na cultura do Girassol.

d) Validação: é a determinação se o modelo trabalha bem com dados totalmente independentes, isto é, se ele prevê acuradamente o crescimento, produção e outros processos, usando dados que não foram previamente utilizados nas etapas de desenvolvimento e calibração (Jones et al., 1987). Normalmente, os resultados do processo de validação são usados para refinar o modelo ou guiar os pesquisadores a mais experimentos que produzirão um modelo melhor.

Oreskes et al. 1994 propuseram ser possível invalidar um modelo, jamais "torná-lo válido" pois, como observado por Costa (1997), um modelo é uma teoria científica e

como tal, pode ser falsificada mas nunca validada. A partir disto, o último autor propõe o termo "teste" do modelo.

De acordo com Monteith (1996), os pesquisadores se preocupam em demasia com rigorosas calibrações e validações, esquecendo que o conhecimento dos processos físicos e biológicos de certas culturas, muitas vezes, é incipiente.

2.2.2 Importância do uso de modelos de simulação da produtividade agrícola

A elaboração de modelos matemáticos de previsão do rendimento de uma cultura oferece uma série de vantagens pois: (i) o modelo resume, convenientemente, grande quantidade de informações; (ii) a modelagem estimula novas idéias e novas linhas de investigação científica; (iii) a elaboração de um modelo ajuda a detectar áreas onde o conhecimento é limitado; (iv) o modelo permite interpolações e previsões; (v) informações sobre diferentes processos fisiológicos podem ser reunidas em um único modelo para se ter idéia da cultura como um todo; (vi) a base matemática para as hipóteses adotadas permite compreender, quantitativamente, a natureza das interações ambiente-planta; (vii) possui uma forte aplicabilidade no ensino de qualquer nível, e, por fim, (viii) explorar estratégias para o gerenciamento e diminuição dos riscos na agricultura (Thornley, 1976). As novas idéias, advindas da modelagem, podem ser úteis para futuras ações, mesmo quando os resultados do modelo não foram ainda testados (Sinclair & Seligman, 1996).

Possivelmente, o mais promissor uso de modelos de simulações será como ferramenta para a educação de agricultores. Eventualmente, os modelos de simulação se tornarão o principal agente para a transferência de tecnologia, juntamente com os serviços de extensão, cursos rápidos e boletins técnicos (Jame & Cutforth, 1996). Bons agricultores são, geralmente, bons observadores do que está acontecendo nos seus campos; o envolvimento deles com modelos pode aumentar sua capacidade de observação (Hearn & Brook, 1989). Atualmente, com o advento da Internet, a rapidez e o baixo custo poderão ser um agente na disseminação da utilização de modelos (Peart & Curry, 1998).

2.2.3 Emprego de Modelos de Simulação no planejamento agrícola

Modelos de crescimento de culturas têm sido usados como ferramentas de manejo para implementar e verificar a produtividade potencial de culturas em novas localidades (Aggarwal & Penning de Vries, 1989; Muchow et al., 1991), para estimar a sensibilidade da produção em mudanças climáticas (Williams et al., 1988), para prever a produtividade antes da colheita (Duchon, 1986; Antunes et al., 1997; Camargo et al., 1999; Moraes et al., 1999; Ortolani et al., 1996; Barros et al., 1999), melhorar técnicas de manejo (van Keulen & Wolf, 1986), otimizar a data de semeadura (Cardoso et al., 1999), melhorar a densidade de plantio, ajustar o espaçamento entre linhas, auxiliar na escolha de cultivares e aplicação adequada de fertilizantes para diferentes tipos de solos (Egli & Bruening, 1992; Keating et al., 1993; Sing, 1993).

Dois exemplos interessantes de modelos que simulam a fenologia da cultura e que são usados para o controle de pragas são: o modelo SIRATAC para algodão na Austrália (Ives & Hearn, 1987) e o modelo EPIRE para trigo na Holanda (Rabbinge & Rijdsdijk, 1983). Para os agricultores se beneficiarem do modelo, é necessário a afiliação ao sistema computacional; para tanto devem pagar uma taxa mensal e fornecer dados de suas glebas para o sistema. No centro de processamento, simulações são feitas para prover os agricultores de informações atualizadas do manejo para aquele período. Nos dois casos, há um constante crescimento de produtividade resultado de um manejo adequado de pragas. Entretanto, ambos os sistemas sofrem com a perda de membros depois dos sucessos iniciais. Este declínio na participação não é devido à insatisfação com o modelo, mas resulta do fato de que os agricultores aumentaram sua capacidade de observação de suas glebas, tornando-se autosuficientes em suas decisões (Weiss, 1994).

2.2.4 Modelos de simulação da fenologia e produtividade da cultura do girassol

A determinação da duração de eventos fenológicos em culturas é de extrema importância para a boa performance de modelos, principalmente para detectar o efeito de

diferentes ambientes (Ritchie, 1980). Isto se deve ao fato de que cada evento, no desenvolvimento das plantas, possui uma sensibilidade própria aos diversos estímulos do ambiente (Anderson, 1978b).

Siddiqui et al. (1975) desenvolveram uma classificação dos estágios de desenvolvimento do girassol; mas esta destinava-se à avaliação de doenças sendo muito detalhada para o uso em modelos de produtividade. Uma descrição mais apropriada para uso em modelos foi desenvolvida por Robinson (1978). Entretanto, não atendia às exigências dos modelos, podendo ser melhorada para dar uma definição mais acurada de alguns estágios descritos. Schneiter & Miller (1981) desenvolveram, então, um sistema acurado e de fácil utilização. Eles dividiram a fenologia da cultura em duas grandes fases: 1ª a vegetativa (V), subdividida em emergência até primeira folha e desenvolvimento posterior contabilizado pelo número de folhas verdadeiras (maiores que 4cm de comprimento); 2ª a reprodutiva (R), dividida em nove estágios baseados no desenvolvimento da inflorescência até a maturidade fisiológica das sementes.

O índice térmico, desenvolvido pelas idéias de Reáumur em 1735 (Wang, 1960), tem sido o método mais usado para previsões da duração de eventos fenológicos em culturas. Originalmente, ele assumiu que existia uma relação linear entre a taxa de desenvolvimento e a temperatura do ar. Atualmente, o conceito do índice térmico baseia-se no fato de que para uma planta atingir certo grau de desenvolvimento ela necessita de uma certa quantidade de energia. Esta energia é representada pelo somatório diário de temperaturas dentro da faixa das temperaturas-base no período considerado (Cross & Zuber, 1972).

A validade biológica deste conceito tem sido questionada por diversos autores, como Went (1957) e Wang (1960), e sua utilização tem sido modificada para levar em consideração, por exemplo, a não-linearidade de respostas da taxa de crescimento (Gilmore & Rogers, 1958; Massignam & Angelocci, 1993) e a influência do fotoperíodo e estresse hídrico na resposta à temperatura (Brown & Chapman, 1960; Thompson, 1969; Anderson et al., 1978b, Massignam & Angelocci, 1993a). Apesar de suas limitações, Sentelhas & Ungaro (1997) mostraram que o conceito do índice térmico foi o que apresentou menor variabilidade quando aplicado a diferentes cultivares de girassol.

O índice térmico pressupõe a existência de uma temperatura-base inferior, que é aquela abaixo da qual a planta não se desenvolve e se o fizer, será em taxas muito reduzidas (Massignam & Angelocci, 1993b). Ela pode ser calculada pelos seguintes métodos: método da minimização da variabilidade do coeficiente de variação, método do desvio padrão, método da regressão e método de intersecção da abscissa. Existem discordâncias na avaliação do melhor método (Arnold, 1959; Massignam & Angelocci, 1993a), haja visto que muitas vezes a temperatura-base encontrada não tem representatividade fisiológica mas meramente estatística.

Goyne et al. (1989), classificaram 16 cultivares em grupos de respostas à temperatura. Quatro grupos distintos, em relação à duração do sub-período emergência - aparecimento do botão floral foram classificados em: super-precoce, precoce, médio e tardio.

As temperaturas-base dos cultivares IAC-Anhandy, VNIIMK e do híbrido Contisol-621 foram determinadas por Sentelhas et al. (1994) como sendo iguais a 4,7°C; 3,7°C; 4,1°C respectivamente. Num estudo posterior com estes mesmos genótipos, no qual foram testados vários índices bioclimáticos, concluiu-se que o índice térmico foi o mais adequado para a estimativa da duração do ciclo total. O somatório de graus-dia para se completar o ciclo dos cultivares foram iguais a 1738 °C.dia para o IAC-Anhandy, 1714 °C.dia para o Contisol-621 e 1851 °C.dia para o VNIIMK (Sentelhas & Ungaro, 1997), utilizando-se uma temperatura-base de 4,2 °C para os três cultivares.

Além da temperatura, outra variável importante para a determinação da duração dos estágios vegetativos e/ou reprodutivos na cultura é o fotoperíodo.

Muitas vezes, os trabalhos não identificam a interferência do fotoperíodo no desenvolvimento da cultura pela estreita relação existente entre ele e a temperatura (Massignam et al., 1993; Sentelhas et al., 1994).

Goyne et al. (1989) concluíram que modelos usados para prever o desenvolvimento do girassol poderão ser baseados somente na temperatura se o fotoperíodo estiver entre 14,5 a 16,2 horas. Para prever o desenvolvimento fora desta faixa, o fotoperíodo deverá ser incluído nos modelos.

Modelos matemáticos baseados na variação de temperatura e fotoperíodo têm sido desenvolvidos para a previsão de sub-períodos na cultura do girassol. Anderson et al. (1978a) usando técnicas de análises estatísticas, desenvolveram um modelo de regressão múltipla, o qual incorporava a temperatura, o fotoperíodo e a umidade do solo, mostrando-se superior aos modelos de Keefer et al. (1976) e Goyne et al. (1977), que utilizavam unicamente o somatório de graus-dia para a previsão de vários sub-períodos da cultura.

O modelo de Hammer et al. (1982), que utiliza também o fotoperíodo e a temperatura, mostrou-se adaptável a diferentes condições climáticas e acurado para a previsão da antese na Austrália.

No caso da produtividade, outro importante componente em um modelo de crescimento de culturas é a modelagem da área foliar, a qual tem uma grande influência nas taxas de fotossíntese e transpiração (Warrington & Kanemasu, 1983; Villalobos e Ritchie, 1992). A área foliar no girassol exerce grande influência no acúmulo de biomassa, portanto, o conhecimento de como a área foliar é controlada torna-se importante fator para o entendimento do crescimento da cultura. Para isto, deve-se considerar o número de folhas, a duração e a taxa de expansão de folhas individuais (Rawson & Turner, 1982).

A taxa de aparecimento foliar em girassol é afetada pela temperatura e fotoperíodo conjuntamente (Rawson e Hindmarch, 1982), pelo estresse hídrico (Takami et al., 1981) e pela radiação solar (Rawson e Hindmarch, 1983). A taxa de desenvolvimento da área foliar depende, também, de condições ambientais durante os estágios iniciais do desenvolvimento da planta (Villalobos e Ritchie, 1992).

Estudos em casa de vegetação mostraram que a temperatura-base para a taxa de aparecimento de folhas foi igual a 4°C e que ela aumenta com temperaturas superiores a 27°C. No mesmo estudo, o índice térmico em graus-dia por folha, ficou entre 20 e 25 °C.dia (Villalobos & Ritchie, 1992).

Barni et al. (1995), confirmando resultados prévios de outros autores, demonstraram que é possível a previsão do índice de área foliar pelo somatório de graus-dia e, a partir disto, a previsão do rendimento máximo. Observou, também, que a

absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa é estreitamente associada ao IAF e à estrutura da vegetação, resumida pelo coeficiente de extinção.

O estresse hídrico é uma das variáveis ambientais de penalização da produtividade na cultura do girassol. Os primeiros trabalhos que relacionaram a produção de matéria seca com a quantidade de água transpirada foram realizados por Briggs e Shantz (1913)¹, citados por Hanks & Rasmussen (1982). Estes autores constataram a existência de relação linear entre as duas variáveis, para diversas culturas.

Para Monteith (1965), a estreita relação entre produção de matéria seca e transpiração pode ser explicada pelo fato de que o saldo de radiação (que determina em grande parte a intensidade de transpiração) e a radiação solar fotossinteticamente ativa (que determina a fotossíntese) são relacionados de forma linear.

A evapotranspiração relativa, relação entre evapotranspiração real e potencial, foi usada por Barni et al. (1996) no modelo multiplicativo de Jensen (1968) para a estimativa da produtividade de grãos de girassol. Os resultados mostraram uma elevada associação entre o rendimento de grãos e a evapotranspiração relativa no sub-período reprodutivo, para todos os cultivares avaliados. O modelo de Jensen (1968) pressupõe que existe relação do rendimento relativo de grãos e a evapotranspiração relativa em distintos sub-períodos do desenvolvimento da cultura.

O modelo de Smith et al. (1978), baseado em regressões múltiplas, simula o crescimento e a produtividade do cultivar Peredovik, o mais plantado na Austrália na época. Este modelo utiliza dados de umidade do solo, temperatura média diária e radiação solar, e foi usado para analisar dados semanais médios de 455 estações ao redor da Austrália, para definir áreas de potencial de produção sem irrigação. Uma das deficiências do modelo é a falta de simulação de doenças em áreas costeiras, onde há condições de umidade elevada. Apesar desta ressalva, o modelo fez boas previsões quando comparado com dados medidos em campo. A análise também mostrou a importância do nível de armazenamento de água no solo na simulação da produtividade nas áreas secas do interior da Austrália.

¹ BRIGGS, L.; SHANTZ, H. L. The water requirement of plants. I. Investigations in the Great Plains in 1910 and 1911. Bull. n° 284. U.S. Plant Ind., Washington, D. C., 1913.

O cálculo do balanço hídrico pode ser usado para determinar se o ambiente é limitado energeticamente (suprimento hídrico pelo ambiente > demanda hídrica pela cultura) ou limitado hidricamente (demanda hídrica pela cultura > suprimento), oferecendo meio simples para calcular a produção de biomassa, por considerar tanto a radiação interceptada e o uso eficiente da radiação em uma situação de limitação energética quanto a transpiração e a eficiência da transpiração em uma situação de limitação hídrica. Os coeficientes de uso eficiente de radiação e transpiração são constantes para uma cultura, não variando entre os diferentes ambientes (Monteith, 1981).

O modelo QSUN, desenvolvido por Chapman et al. (1993) para a cultura do girassol, usa a teoria de suprimento / demanda hídrica e energética, estimando o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de grãos. Dados diários de temperatura e fotoperíodo levam o sub-modelo de fenologia a prever os sub-períodos de emergência, aparecimento do botão floral, 50% da antese e maturidade fisiológica. Usando estes estágios, o sub-modelo de crescimento, juntamente com dados de radiação solar, precipitação e temperatura, estima a produção e senescência da área foliar e a extração de água do solo. A produção de biomassa é calculada do montante de radiação solar interceptada pelas folhas ou pelo montante de água disponível no sistema radicular, dependendo do fator limitante para o crescimento da cultura, radiação ou precipitação. A produtividade de grãos é calculada pela alocação de biomassa para os grãos na antese. A sensibilidade do modelo foi testada em diversos regimes de irrigação, indicando que o modelo QSUN foi mais sensível na razão biomassa produzida / água transpirada e na taxa de extração de água em situações de limitação hídrica.

O acúmulo de biomassa pode ser descrito em função da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) absorvida pelo dossel e a eficiência na qual a energia radiante é transformada em biomassa, ou seja, o montante de matéria seca produzida por unidade de PAR interceptada (Gallanger e Biscoe, 1978; Jones e Kiniry, 1986).

Barni et al. (1995) constataram que a eficiência energética da cultura do girassol é de 2,457 g (matéria seca).MJ⁻¹(PAR) entre a emergência até o final da antese e que é

possível a determinação do rendimento máximo (sem deficiência hídrica) com base na radiação solar e temperatura do ar.

O modelo mecanístico desenvolvido por Steer et al. (1993) simula o crescimento e a produtividade para os cultivares australianos Hysun 30, HY30, SS132H, SS152H e SS25H. Nesse modelo, a taxa de crescimento da cultura está em função do uso eficiente da radiação solar, radiação incidente, coeficiente de extinção e índice de área foliar.

Um fator relacionado à concentração de nitrogênio, modula o crescimento da cultura através do seu efeito na taxa de expansão de cada folha e na taxa de senescência foliar depois da antese. Neste sentido, a concentração de nitrogênio nas folhas na iniciação floral e a densidade populacional no campo, afetam a acumulação de matéria seca da cultura. Entretanto, este modelo considera somente situações de culturas irrigadas.

Para o desenvolvimento de modelos mais mecanísticos, além do conhecimento do acúmulo de biomassa, é necessário que se determine como esta é dividida entre os diversos órgãos da planta (raízes, caule, folhas e capítulo) (Ritchie, 1991). Sabe-se que a densidade de plantio ocasiona um efeito na partição de biomassa e na produtividade da cultura (Villalobos et al., 1994). Todavia, ainda é necessário um conhecimento mais profundo sobre os processos fisiológicos que levam à esta partição (Thornley, 1972). Esta situação leva a uma necessidade de descrições quantitativas confiáveis de partição, para que se possa modelar o crescimento e a produtividade da cultura. Os coeficientes de partição, definidos como a taxa de crescimento de cada órgão em relação à taxa de crescimento da planta, são os parâmetros usados em modelos que descrevem esta variação no desenvolvimento de cada órgão em uma planta (Fick et al., 1973).

Hoire (1977) produziu uma descrição complexa da partição de biomassa para o girassol. Seu trabalho requer, entre outros dados, a estimativa da respiração de cada órgão nas fases de manutenção e de crescimento, que resulta em um coeficiente específico para cada órgão, que varia continuamente durante o desenvolvimento da cultura. Trapani et al. (1994) produziram um sistema de cálculo para descrever a partição de matéria seca, simples e robusto. Considerou-se que os coeficientes de partição permaneciam constantes durante cada sub-período da cultura, usando uma

rotina de otimização não-linear para o cálculo de cada valor. Esse sistema foi utilizado, posteriormente, no modelo OILCROP-SUN (Villalobos et al., 1996).

Desse modo, verifica-se que, modelos de simulação da fenologia e da produtividade podem ser desenvolvidos em vários graus de complexidade, por exemplo, desde um modelo de soma térmica até um modelo de balanço de carbono para a partição de biomassa. O nível de complexidade requerido depende do objetivo a ser cumprido. A Figura 1 resume o fluxo de informações usadas por vários modelos aqui discutidos, na construção do conhecimento, na modelagem da cultura do girassol.

Figura 1 - Fluxo de informações que representa o conhecimento atual sobre a modelagem em girassol (modificado de Steer et al., 1993).

2.2.5 Modelo FAO

O modelo FAO para o cálculo da produtividade potencial e real (Doorenbos & Kassam, 1979) é muito utilizado em projetos de sistemas de irrigação pois enfoca justamente a perda de produtividade em decorrência do déficit hídrico.

Este modelo tem a limitação de poder ser usado somente com uma deficiência hídrica relativa de no máximo 50% (Doorenbos & Kassam, 1979). Outro fator que limita sua utilização é quando o coeficiente de sensibilidade (k_y) perde a sua eficácia devido a alterações no nível de manejo ou na tecnologia de produção utilizada, afetando as respostas da cultura em relação ao déficit hídrico. Este fato foi confirmado por Pedro Júnior et al. (1984) que, utilizando o modelo para a cultura da soja em diversas regiões do Estado de São Paulo, constatou que as diferenças de tecnologia foram responsáveis por variações de 8 a 25% nas estimativas de produtividade potencial e real.

Devido a estas limitações, o modelo tem sido modificado para considerar outras variáveis como a penalização da produtividade pelo estresse térmico, excedente hídrico (Camargo et al., 1986; Ferraudo et al., 1995; Ortolani et al., 1996) e variações no índice de área foliar nas diferentes fases fenológicas (Barbieri & Tuon, 1992), para uma melhor estimativa da produtividade.

Outra aplicação do modelo FAO é para a determinação das melhores épocas de semeadura, como realizado por Alfonsi (1996), para a cultura do milho, e por Pezzopane et al. (1997), para a cultura do feijão, ou, ainda, para detectar os efeitos das variações da disponibilidade hídrica na produtividade de diferentes culturas, como para o milho (Matzenauer et al., 1995; Soares, 1996); para o moranguinho (Serrano et al., 1992); e para a soja (Pedro Júnior et al., 1985). Esse modelo também é utilizado na otimização da irrigação, auxiliando na conservação de água em áreas agrícolas, como mostrado por Bernardo et al. (1988).

Poucos trabalhos são encontrados na literatura envolvendo a aplicação do modelo FAO para a cultura do girassol. Marin et al (1999) aplicou o referido modelo na tentativa de caracterizar as melhores épocas de semeadura para a cultura em três locais do Estado de São Paulo, encontrando resultados que confirmam aqueles obtidos em experimentos de campo (EMBRAPA, 1983; Campbell & Athayde, 1988; Bevitóri & Balla, 1997) que determinam o final de fevereiro como data limite à semeadura do girassol.

2.2.6 Modelo DSSAT / OILCROP-SUN

Atualmente, sistemas informatizados de suporte à decisão estão disponíveis, permitindo, aos usuários, combinar o conhecimento da fenologia de uma cultura, às diversas opções de manejo, assim como aos aspectos econômicos. O sistema DSSAT (Tsuji et al., 1994), sistema de suporte à decisão para a transferência de agrotecnologia (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), é um exemplo de ferramenta de manejo que possibilita que administradores rurais combinem requerimentos biológicos de uma cultura às características físicas do ambiente para se obter objetivos específicos (Jame & Cutforth, 1996). Ele foi desenvolvido pelo projeto IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer), rede de referência internacional para a transferência de agrotecnologia.

O DSSAT é essencialmente um gerenciador de diversos modelos de culturas. Ele possibilita aumento nas capacidades de análise dos modelos por permitir (i) entrar, organizar e armazenar modelos e dados; (ii) calibrar e validar modelos de crescimento e (iii) avaliar diferentes técnicas de manejo em uma dada região (iv) realizar análises pontuais ou espaciais, utilizando um sistema de informações geográficas.

O verdadeiro valor do sistema DSSAT para a tomada de decisões se baseia na habilidade para analisar diferentes estratégias de manejo para uma cultura. A análise da performance de uma cultura poderá ser feita para diferentes tipos de solo, diferentes cultivares, datas de semeadura, densidade de semeadura e diferentes estratégias de irrigação e fertilização para a minimização dos riscos (Jame & Cutforth, 1996).

O sistema DSSAT inclui modelos para as seguintes culturas: trigo, arroz, milho, cevada, sorgo, milheto, feijão, soja, amendoim, grão-de-bico, batata, mandioca, cana-de-açúcar, tomate, girassol e pastagem. Pode-se citar como exemplo os modelos das famílias CERES e GRO. O milho (Jones & Kiniry, 1986; Ritchie, 1989) e trigo (Godwin et al., 1990) fazem parte da família CERES e a soja (Jones et al., 1989), amendoim (Boote et al., 1989) e feijão (Hoogenboom et al., 1991) fazem parte da família GRO. Esses modelos simulam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade para cultivares específicos, levando-se em consideração clima, dinâmica da umidade e do

nitrogênio no solo e na cultura, de uma forma mecanística (Jones et al. 1989; Ritchie et al., 1990). Atualmente, os modelos não simulam o efeito de pragas e doenças nem o impacto da falta de nutrientes, com exceção para o nitrogênio (Goodwin et al., 1990). Nesses modelos a habilidade para suportar genótipos específicos é possibilitada pela incorporação de coeficientes genéticos que especificam como um dado genótipo responderá aos fatores ambientais (IBSNAT, 1989).

Em 1996, Villalobos et al. incluíram o modelo orientado a processos OILCROP-SUN no sistema DSSAT, para modelar o crescimento e a produtividade da cultura do girassol, a partir de dados de temperatura, radiação e disponibilidade de água. Para tanto, o modelo simula a biomassa, o conteúdo de nitrogênio dos órgãos (raízes, caule, folhas e capítulo), o índice de área foliar e o balanço de água e nitrogênio no solo na escala diária. Os mesmos autores testaram o modelo com dados fenológicos do cultivar Sungro 380 em plantios na Espanha e Argentina, obtendo boa previsão da duração do subperíodo emergência - primeira antese, IAF, acúmulo de biomassa da parte aérea da cultura e produtividade de grãos, em várias densidades de plantio. Para cultivares e condições edafoclimáticas brasileiras não se tem ainda trabalhos com o modelo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e dados utilizados para calibração

Os dados fenológicos dos cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK foram obtidos em experimentos conduzidos pelas antigas Seções de Fisiologia Vegetal e Oleaginosas do Instituto Agronômico de Campinas, na Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, SP (latitude: 22°40' S; longitude 46°40' W e altitude: 777m).

Os dados coletados foram da duração em dias dos sub-períodos: semeadura - emergência, emergência - fim da iniciação floral, florescimento e maturação, durante o período de 14 de janeiro de 1988 a 15 de dezembro de 1989, totalizando 20 épocas de semeadura (Anexo 1).

Os dados meteorológicos diários coletados foram: temperatura máxima e mínima do ar (°C); precipitação (mm) e insolação (horas). Esses dados foram obtidos no posto meteorológico da Seção de Climatologia Agrícola (atualmente Centro de Ecofisiologia e Biofísica) do Instituto Agronômico, localizado aproximadamente a 1 km da área do experimento. As temperaturas médias diárias (T) foram calculadas em função das máximas e mínimas obtidas em abrigo termométrico.

A radiação global diária (Qg) foi estimada pela equação de Ångström (1924) modificada por Prèscott (1940):

$$Q_g = Q_o \cdot \left(a + b \cdot \frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

sendo Qg a radiação global diária (MJ.m⁻².dia⁻¹); Qo a radiação solar no topo da atmosfera (MJ.m⁻².dia⁻¹); n a insolação (horas); N o fotoperíodo (horas); a e b coeficientes empíricos, determinados pelas seguintes equações, $a = 0,29 \cdot \cos \theta$ (sendo

que θ é a latitude em graus), e $b = 0,52$, como proposto por Glover & McCulloch (1958).

O ensaio foi conduzido em um Podzólico vermelho amarelo ortoclássico (Figura 2). Cada parcela continha 4 linhas com 8 m de comprimento, espaçadas de 0,7 m, com 5 plantas por metro linear. Os tratos culturais utilizados no ensaio foram idênticos para os três cultivares: realização da adubação na semeadura e em cobertura; controle fitossanitário quando necessário e irrigações sempre que o armazenamento hídrico no solo fosse menor que 60% do valor da capacidade de água disponível (CAD) do perfil.

```
*GROD710001 SCS          FSALO  185 PODZOLICO VERMELHO AMARELO ORTO.
@SITE          COUNTRY          LAT      LONG SCS FAMILY
M_ALEGRE SU BRASIL          22.720   46.620 OXIC TROPUDULT
@ SCOM  SALB  SLU1  SLDR  SLRO  SLNF  SLPF  SMHB  SMPX  SMKE
YR      0.14  10.0  0.60   76   1.00   1.00 IB001 IB001 IB001
@  SLB  SLMH  SLLL  SDUL  SSAT  SRGF  SSKS  SBDM  SLOC  SLCL  SLSI  SLCF  SLNI  SLHW  SLHB  SCEC
  9 A1    0.145 0.262 0.346 0.75 -99.0 1.16 2.23 25.0 20.5 2.0 0.19 5.4 4.5 23.0
 16 A2    0.143 0.257 0.347 0.20 -99.0 1.38 1.39 25.5 21.5 7.0 0.13 5.1 4.1 8.1
 29 B1    0.213 0.326 0.352 2.00 -99.0 1.41 0.91 41.0 15.5 4.0 0.08 5.2 4.1 7.7
 50 BA    0.244 0.357 0.372 0.50 -99.0 1.29 0.77 47.5 13.5 2.0 0.07 5.7 5.0 9.6
 70 B2    0.248 0.362 0.377 0.15 -99.0 1.20 0.65 48.0 14.5 1.0 0.05 5.3 4.3 6.7
 95 B3    0.236 0.347 0.362 1.00 -99.0 1.13 0.30 47.0 15.0 6.0 0.03 4.8 4.3 5.7
155 C1    0.192 0.306 0.357 0.35 -99.0 1.27 0.10 37.0 21.5 7.0 -99 5.2 4.3 4.3
185 C2    0.211 0.320 0.349 0.10 -99.0 1.36 0.10 41.5 12.5 7.0 -99 5.2 4.4 3.6
```

Figura 2- Exemplo de arquivo do sistema DSSAT com informações sobre as características físico-químico-hídricas do solo Podzólico Vermelho Amarelo Ortoclássico, da área experimental em Monte Alegre do Sul, SP (Legenda no Anexo 2) (Fonte: Rotta et al. 1971).

3.2 Modelos de simulação da cultura do girassol

3.2.1 Modelo FAO

A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), considera que os processos no sistema solo-planta-atmosfera são complexos; contudo, para aplicação prática, este conhecimento deve ser reduzido para um número manejável de componentes para possibilitar análises significativas do efeito da água sobre a cultura.

3.2.1.1 Produtividade Potencial (Método da Zona Agroecológica)

A metodologia para calcular a produtividade potencial da cultura foi desenvolvida para servir como estimativa em base continental. Contudo, o método também pode ser aplicado em localidades específicas.

Para determinado clima, a produtividade potencial possível de uma cultura padrão é calculada aplicando-se o conceito apresentado por de Wit (1965) a partir de dados de radiação solar, fazendo-se posteriormente correções para determinada cultura. Neste modelo pressupõe-se que as necessidades hídricas, de fertilidade e fitossanitárias da cultura estejam sendo plenamente satisfeitas. A metodologia usada no presente trabalho, emprega adaptações propostas por Barbieri & Tuon (1992), que considera as variações do índice de área foliar durante o ciclo, possibilitando os cálculos para cada período fenológico.

A produtividade potencial (PP, kg.ha⁻¹ de matéria seca) da cultura, é dada pelo somatório da produtividade potencial de cada subperíodo (p). Esta, por sua vez, é dada pela taxa de fotossíntese bruta (Fb, kg.ha⁻¹.dia) corrigida por fatores adimensionais relativos ao índice de área foliar (IAF) específico para a cultura (C_{IAF}), processo de respiração (C_R), à parte colhida da planta (C_C), multiplicado pelo número de dias correspondentes a fase considerada (ND):

$$PP = \sum_{p=1}^n (Fb \cdot C_{IAF} \cdot C_R \cdot C_C \cdot ND) \quad (2)$$

A fotossíntese bruta é igual à soma daquela que ocorre durante o período nublado (Fbn) e da que ocorre durante o período com céu sem nuvens (Fbc), pois a eficiência de aproveitamento da energia radiante é diferente nestas duas situações, devido às diferenças no espectro solar.

$$Fb = Fbn + Fbc \quad (3)$$

Por sua vez, a Fbn é função da radiação solar no topo da atmosfera (Qo) corrigido por um fator de resposta fotossintética à temperatura (cTn), relativo a cada grupo de cultura e razão de insolação (n/N):

$$Fbn = (31,7 + 0,219 \cdot Qo) \cdot cTn \times (1 - \frac{n}{N}) \quad (4)$$

A Fbc pode ser entendida analogamente à Fbn, descrita abaixo:

$$Fbc = (107,3 + 0,36 \cdot Qo) \cdot cTc \times \frac{n}{N} \quad (5)$$

Os fatores cTn e cTc são fatores de resposta fotossintética da cultura em relação à temperatura em dia nublado e sem nuvens, respectivamente. O tipo de cultura define estes fatores, sendo que no caso do girassol temos:

a) Para períodos com temperaturas entre 16,5°C e 37°C:

$$cTn = 0,583 + 0,014 \cdot T + 0,0013 \cdot T^2 - 0,000037 \cdot T^3 \quad (6)$$

$$cTc = -0,0425 + 0,035 \cdot T + 0,00325 \cdot T^2 - 0,0000925 \cdot T^3 \quad (7)$$

b) Em períodos em que a temperatura estiver fora da faixa citada acima:

$$cTn = -0,0425 + 0,035 \cdot T + 0,00325 \cdot T^2 - 0,0000925 \cdot T^3 \quad (8)$$

$$cTc = -1,805 + 0,07 \cdot T + 0,0065 \cdot T^2 - 0,000185 \cdot T^3 \quad (9)$$

em que T é a temperatura média ao longo do ciclo da cultura.

de Wit (1965) considerou, em seus trabalhos, uma cultura padrão com IAF igual a 5. Então para IAFs menores, em uma cultura específica, deve-se aplicar a correção proposta por Barbieri & Tuon (1992):

$$C_{IAF} = 0,0186 + 0,37 \cdot IAF - 0,035 \cdot IAF^2 \quad \text{se } IAF > 5, C_{IAF} = 1 \quad (10)$$

Durante a fotossíntese e crescimento da cultura, parte dos carboidratos são consumidos no processo de fotorespiração e parte na manutenção da matéria viva. Este consumo é fortemente dependente da temperatura, havendo uma relação direta entre temperatura e respiração. Assim a correção para a respiração (C_R) é dada por:

$$C_R = 0,6 \quad \text{se } T \leq 20^\circ\text{C}$$

$$C_R = 0,5 \quad \text{se } T > 20^\circ\text{C}$$

Geralmente, apenas uma parte da matéria seca total é colhida, seja na forma de grão, fibra ou açúcar. A relação entre o rendimento obtido e a matéria seca total é dada pelo índice de colheita (C_C), que no caso do presente estudo foi considerado igual a 0,25 (Barbieri & Tuon, 1992).

O valor de PP obtido pela equação 2 é dado em kg de matéria seca de sementes. Para se levar em consideração o peso úmido deve-se adicionar a porcentagem de umidade do produto final, que no caso do girassol está por volta de 8,0% (Ungaro, 1981).

3.2.1.2 Produtividade Real (Doorenbos & Kassam, 1979)

A relação entre a produtividade de uma cultura e o suprimento de água pode ser entendida da seguinte forma: quando as necessidades hídricas da cultura são atendidas plenamente, a evapotranspiração real (ET_r) é igual à evapotranspiração de cultura (ET_c), não ocorrendo perdas na produtividade. Todavia, quando o suprimento de água é insuficiente, tem-se que ET_r < ET_c, ocasionando uma perda na produtividade, proporcional a este déficit no suprimento hídrico.

A resposta de produtividade da cultura em relação ao suprimento de água é quantificada pelo fator de resposta da cultura (k_y), o qual varia de acordo com as fases fenológicas (Tabela 2), e que relaciona a queda de rendimento relativo ($1 - \frac{PR}{PP}$) com o déficit de evapotranspiração relativa ($1 - \frac{ET_r}{ET_c}$) da seguinte forma:

$$\left(1 - \frac{PR}{PP}\right) = k_y \cdot \left(1 - \frac{ET_r}{ET_c}\right) \quad (11)$$

resultando que a produtividade real final (PR) é dada pelo modelo multiplicativo descrito abaixo:

$$PR = \prod_{i=1}^5 \left[1 - k_{y_i} \cdot \left(1 - \frac{ET_{r_i}}{ET_{c_i}}\right) \right] \cdot PP \quad (12)$$

sendo que i corresponde às fases fenológicas consideradas na Tabela 2.

No presente trabalho, utilizou-se o programa BHCULT (Rolim et al., 1998) versão 6.2, para a planilha Excel (Windows). Este programa faz o cálculo da produtividade potencial e real pelos métodos da FAO, já discutidos, com o cálculo de ET_r proveniente do balanço hídrico, segundo Thorthwaite & Mather (1955). O cálculo do balanço hídrico é feito com modificações propostas por Barbieri et al. (1997) para o

cálculo com a capacidade de água disponível (CAD) variável, para se considerar os efeitos do crescimento do sistema radicular. O método de evapotranspiração potencial utilizado foi o de Thorthwaite (1948).

Os dados iniciais a serem utilizados no programa BHCULT para a simulação nas diferentes datas de semeadura são os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados iniciais da cultura do girassol para uso no modelo FAO

Fase	kc*	CAD**	ky*	IAF***
1- Emergência	0,30	20	0,0	0,5
2- Desenvolvimento vegetativo	0,70	60	0,3	2,0
3- Florescimento	1,05	80	0,5	3,0
4- Frutificação	0,70	80	1,0	2,5
5- Maturação	0,35	80	0,8	1,0

*Doorenbos & Kassam, 1979; **Fancelli et al, 1980; ***Barni et. al., 1995.

Os dados de IAF, para cada fase da cultura, foram obtidos de Barni et al. (1995), usando os valores da variedade GR-16. Admitiu-se tal aproximação pois foi a variedade que apresentou IAF máximo para o ciclo total, mais próximo dos IAF máximos observados no experimento realizado em Monte Alegre do Sul.

No programa BHCULT, o índice térmico determina a duração do ciclo total da cultura como também a duração de cada fase ou sub-período. Para o ciclo total o somatório de graus-dia utilizado para o cultivar IAC-Anhandy foi igual a 1738 °C.dia, para o Contisol-621 igual a 1715 °C.dia e para o VNIIMK igual a 1850 °C.dia, com temperaturas-base iguais a 4,7°C; 4,1°C; 3,7°C, respectivamente (Sentelhas et al., 1994). Para a determinação da duração das fases, foi, primeiramente, observado o índice térmico médio (entre as diferentes épocas de semeaduras) necessário para se completar cada subperíodo de cada variedade (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores Médios da soma térmica, em °C.dia, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, para o ciclo total e para cada subperíodo (1- Estabelecimento, 2- Desenvolvimento Vegetativo, 3- Florescimento, 4- Frutificação, 5- Maturação), levando-se em consideração as diferentes temperaturas-base, determinadas por Sentelhas et al. (1994).

ΣGD médios	1	2	3	4	5	Cultura
IAC-Anhandy	125	196	651	388	352	1712
Contisol-621	130	173	644	382	393	1723
VNIIMK	139	223	703	444	375	1883

Com esses dados médios descritos na Tabela 3, pode-se ajustar funções que relacionam a soma térmica necessária para cada sub-período, com os valores de Kc (requisito para a utilização do programa). Esta função tem a forma polinomial, seguindo a proposta de Rolim et al. (1997), descrita abaixo:

$$kc = a + b \cdot \sum GD + c \cdot \sum GD^2 + d \cdot \sum GD^3 + e \cdot \sum GD^4 \quad (13)$$

em que os valores dos coeficientes a, b, c, d, e, resultantes do ajuste, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes da estimativa de kc em função de graus-dia (equação 13) para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK.

	a	b	c	d	e
IAC-Anhandy	$1,803 \times 10^{-2}$	$2,714 \times 10^{-3}$	$-1,296 \times 10^{-6}$	$-7,427 \times 10^{-10}$	$3,782 \times 10^{-13}$
Contisol-621	$9,72 \times 10^{-2}$	$3,37 \times 10^{-3}$	$-2,445 \times 10^{-6}$	$-6,495 \times 10^{-11}$	$2,531 \times 10^{-13}$
VNIIMK	-1×10^{-2}	$2,383 \times 10^{-3}$	$-9,998 \times 10^{-7}$	$-5,413 \times 10^{-10}$	$2,413 \times 10^{-13}$

O programa BHCULT, em determinada data, calculará o valor de kc e fará uma comparação deste valor com o valor da Tabela 2, determinando a fase da cultura e os dados pertinentes (CAD, Ky e IAF) naquele período. Por exemplo, se o valor de kc calculado for maior ou igual a zero e menor que 0,3 a cultura estará na fase de emergência, seguindo o mesmo princípio até a fase de florescimento, quando as condições se invertem: se o valor de kc for menor ou igual a 1,05 e maior que 0,7

teremos a fase de frutificação e assim por diante até se completar o índice térmico para o ciclo total da cultura.

As simulações de plantio foram realizadas a cada 10 dias, coletando-se os dados de duração do ciclo total da cultura, produtividade potencial e real de grãos e a quebra relativa de produtividade, para a posterior comparação com os dados do modelo DSSAT/OILCROP-SUN.

3.2.2 DSSAT / OILCROP-SUN

O modelo orientado a processos OILCROP-SUN, desenvolvido por Villalobos et al. (1996), simula o efeito da temperatura, radiação solar e 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 nitrogênio no solo em escala diária.

O modelo é compatível com o sistema DSSAT (IBSNAT, 1989) e, portanto, os formatos de entrada de dados são aqueles especificados para este sistema: climáticos (temperaturas mínima e máxima, radiação solar e chuva), características físico-químicas e conteúdos iniciais de água e nitrogênio no solo.

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.

A taxa de geração de nova biomassa da cultura no modelo pode ser limitada tanto pela temperatura do ar como pelos balanços hídrico e de nitrogênio. Ela pode ser limitada, também, pelo potencial de crescimento e disponibilidade de nova biomassa para cada órgão. Os efeitos da temperatura na taxa de geração de nova biomassa, como também nas taxas de aparecimento e expansão foliar e eficiência do uso da radiação, são quantificadas por curvas de respostas escalares, detalhadas por Villalobos et al. (1996).

O sistema DSSAT calcula o balanço hídrico estimando a evapotranspiração potencial pelo método de Priestley & Taylor (1972) e a transpiração da planta, a evaporação do solo 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).

A variável usada para estimar o grau de estresse hídrico da cultura em um dia, é a razão entre a taxa potencial de absorção de água e a demanda pela transpiração. A taxa potencial de absorção de água depende da distribuição da água que pode ser extraída do solo, da profundidade e da densidade do sistema radicular (SR).

Outro fator importante que decresce as taxas potenciais nos processos da planta é o balanço de nitrogênio. O balanço de nitrogênio usado no sistema DSSAT, detalhado por Godwin & Jones (1991), leva em consideração os processos de movimento do nitrato e uréia no perfil, transformações de nitrogênio no solo (nitrificação da amônia, mineralização da matéria orgânica, denitrificação, hidrólise da uréia e imobilização), efeitos da aplicação de fertilizantes, concentração e absorção de nitrogênio pelas plantas e pelos grãos.

3.2.2.1 Fenologia

O modelo considera três fases no desenvolvimento da cultura: semeadura à emergência, emergência à primeira antese e primeira antese à maturidade fisiológica. Na segunda e terceira fases, foram consideradas subfases que representam estádios importantes no desenvolvimento da cultura (Tabela 3).

Tabela 5 - Fases e sub-fases usados no modelo OILCROP-SUN.

Fases	Subfases		
	Código	Início	Fim
semeadura ⇔ emergência	A	semeadura	→ emergência
emergência ⇔ primeira antese	B	emergência	→ fim da fase juvenil
	C	fim da fase juvenil	→ iniciação floral
	D	iniciação floral	→ fim da iniciação floral
	E	fim da iniciação floral	→ primeira antese
	F	primeira antese	→ início do preenchimento dos grãos
primeira antese ⇔ maturidade fisiológica	G	início do preenchimento dos grãos	→ início da deposição de óleo
	H	início da deposição de óleo	→ maturidade fisiológica

Partindo do pressuposto que o conteúdo de água na profundidade de semeadura é adequado, foi assumido que a duração da subfase semeadura - emergência (t_1) é dependente da temperatura (Angus et al. 1981) e da profundidade de semeadura (Radford, 1977). A equação abaixo é usada para descrever estes efeitos:

$$t_1 = \frac{PA \times PB \times SDEPTH}{T - T_b} \quad (14)$$

em que: t_1 é o tempo da semeadura à emergência (dias); SDEPTH é a profundidade de semeadura (cm); T é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); PA é o índice térmico ($^{\circ}\text{C.dia}$) da subfase semeadura - emergência (ou seja, o início da elongação do hipocótilo); e PB é o índice térmico requerido por centímetro de elongação do hipocótilo ($^{\circ}\text{C.dia.cm}^{-1}$). Temperaturas importantes para o cálculo de índices térmicos em todas as subrotinas do modelo são aquelas estimadas por Villalobos & Ritchie (1992): Temperatura base (T_b) = 4°C ; ótima (TOPT) = 28°C e máxima (TMAX) = 40°C .

Para a equação 14, são utilizados valores ótimos de PA , igual a 66°C.dia , e para PB , igual a $11,9^{\circ}\text{C.dia.cm}^{-1}$, decorrentes de experimentos em câmaras de crescimento com variação de temperatura de $11,2^{\circ}\text{C}$ a $20,2^{\circ}\text{C}$ com sementes de seis cultivares semeadas em profundidades entre 2,5 a 7,5cm (Villalobos et al., 1996). O modelo OILCROP-SUN não permite mudanças nesses valores (PA , PB , T_b , TOPT, TMAX).

A duração da subfase B (t_2) é dependente do índice térmico específico ($P1$) que caracteriza a fase juvenil (subfase B) (Marc & Palmer, 1978, 1981), sendo descrita por:

$$t_2 = \frac{P1}{TT_2} \quad (15)$$

sendo $P1$ a duração da fase juvenil em unidades térmicas ($^{\circ}\text{C.dia}$) específica para o cultivar e TT o índice térmico médio diário ($^{\circ}\text{C.dia.dia}^{-1}$) na subfase.

A duração da subfase C (t_3), sensível ao fotoperíodo, somada ao tempo necessário para que mudanças morfológicas se tornem detectáveis na gema vegetativa apical, é dada por:

$$t_3 = 3 + [(15 - H) \times P2] \quad \text{para } H \leq 15 \quad (16)$$

em que: H é o fotoperíodo, em horas, no início da subfase; e $P2$ (dia.h^{-1}) é o índice de sensibilidade ao fotoperíodo específico para o cultivar. A forma desta equação reflete o

pressuposto de que a maioria dos genótipos de girassol exibe resposta a dias longos na iniciação floral (Rawson & Hindmarsh, 1982) e que o processo de indução é insensível à temperatura (Marc e Palmer, 1978, 1981). O intercepto da equação 16 foi derivado de dados de Marc & Palmer (1981) e Rawson & Hindmarsh (1982) para Sunfola 68-2, e foi assumido ser válido para todos os cultivares. Na falta de informações foi fixado um limite superior de 15 horas para o comprimento do fotoperíodo efetivo.

A duração das subfases D + E (t_4) é função da temperatura e é afetada pela fase juvenil:

$$t_4 = \frac{2 P1}{TT_4} \quad (17)$$

em que TT_4 é o índice térmico médio diário na subfase.

A inclusão de P1 na equação 17 reflete o efeito da fase juvenil nos subperíodos D + E em relação ao número de primórdios foliares acumulados no ápice (Yegappan et al., 1980). O valor de dois multiplicando P1 na equação 17 foi derivada dos dados de Gimeno et al. (1989) e de Sadras & Villalobos (1993).

A equação 17 ignora possíveis efeitos fotoperiódicos na duração da subfase D (Marc & Palmer, 1981; Rawson & Hindmarsh, 1982).

No modelo, a duração da fase primeira antese - maturidade fisiológica (t_5) e de suas subfases (F, G e H) são controladas diretamente pela temperatura e podem variar entre os cultivares (Trapani et al., 1988) e os seus efeitos podem ser descritos por:

$$t_5 = \frac{P5}{TT_5} \quad (18)$$

sendo P5 é o índice térmico específico para o cultivar que define a duração do preenchimento dos grãos (°C.dia) e TT_5 o índice térmico diário como descrito anteriormente.

Análises de dados de diversos experimentos, mostraram que o peso máximo de pericarpo foi conseguido próximo de 270 °C.dia depois da primeira antese (FA), o crescimento da amêndoa começou 170 °C.dia após a FA e a deposição de óleo começou 230 °C.dia depois da FA. Estes valores foram usados no modelo. Existem evidências conflituosas no efeito de seca na duração do subperíodo de preenchimento de grãos

(Anderson et al. 1978; Whitfield et al. 1989). Os possíveis efeitos relacionados à seca em t_5 não são considerados no modelo.

3.2.2.2 Aparecimento e expansão foliar

A expansão foliar potencial por planta, isto é, o incremento diário da área foliar esperada por uma planta crescendo em condições de ótima temperatura, com adequado suprimento de água, nutrientes, radiação e sem competição, depende da taxa potencial de expansão e do número atual de folhas.

O número atual de folhas depende da taxa de aparecimento de folhas e da duração da expansão foliar. No girassol, a taxa de aparecimento de folhas é controlada significativamente pela temperatura, com o modelo usando os seguintes valores: 43 °C.dia para a 1ª até a 6ª folhas, 23 °C.dia para a 7ª folha e acima (Villalobos & Ritchie, 1992). O índice térmico, para a duração da expansão de cada folha, é fixado em 350 °C.dia, uma estimativa proposta pelos dados de Rawson & Dunstone (1986).

A taxa potencial de expansão foliar da planta é dependente do potencial de expansão de cada folha que, por sua vez, varia com o número total de folhas que aparecem naquele nível de inserção no caule, e com o efeito do tamanho das folhas basais.

O valor inicial da área foliar (superfície cotiledonar) por planta na emergência é fixada em 3 cm², crescendo em uma taxa de 2 cm².planta⁻¹.d⁻¹ até o aparecimento da primeira folha, 43°C.dia após a emergência.

3.2.2.3 Senescência foliar

A senescência foliar, sem estresse hídrico, foi considerada ser controlada pelo sombreamento (Cock et al., 1979) durante a pré-antese e pelo conteúdo de nitrogênio nas folhas (Sinclair & de Witt, 1976) na pós-antese. A indução da senescência é iniciada quando o índice de área foliar (LAI) excede 1,2. Um atraso de 12 dias controla a perda

atual das folhas e a taxa de senescência (SENRATE) se torna proporcional à taxa de aumento da área foliar no início do período de atraso ($\Delta LAI_{(t-12)}$), então:

$$SENRATE = -0,0182 + 0,4147 \times \Delta LAI_{(t-12)} \quad (19)$$

Esta aproximação descreve o progresso da senescência foliar na pré-antese em culturas irrigadas e fertilizadas adequadamente que atingiram altos índices de área foliar antes da antese (Giménez, 1985).

3.2.2.4 Profundidade e densidade do sistema radicular

A profundidade do sistema radicular (SR) na germinação é considerada igual à profundidade de semeadura, e a taxa potencial do avanço das extremidades do SR, em camadas do solo com suficiente água e sem nenhum outro impedimento para o crescimento da raiz, é fixado em $2 \text{ mm.}^{\circ}\text{C}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (na $T_b = 4^{\circ}\text{C}$). Esta estimativa é baseada em medidas do avanço da frente de extração de água feito por Alvarez del Toro (1987) e taxas de avanço do SR feito por Sadras et al. (1989). O modelo leva em consideração o efeito da limitação hídrica no desenvolvimento da planta; a taxa de avanço das extremidades do SR é limitada pelo conteúdo de água se esta estiver abaixo de um valor específico (Jones e Kiniry, 1986). O incremento diário do comprimento do SR depende, também, de nova partição de biomassa em relação às raízes finas. É usado um comprimento fixo de raízes finas disponíveis para o incremento ($1,7 \cdot 10^4 \text{ cm.g}^{-1}$), baseado em estimativas de comprimento de raízes (Connor & Jones, 1985) e biomassa (Hall et al., 1990).

Depois da antese, o modelo assume que parte do SR é perdido para o solo em uma taxa diária de 0,5% da biomassa presente em cada camada do solo.

3.2.2.5 Intercepção de radiação solar e acúmulo de biomassa

No modelo, a intercepção da radiação solar é estimada como uma função exponencial em relação ao IAF (Monsi & Saeki, 1953), usando um coeficiente de

extinção (k) que varia com o IAF (Rawson et al., 1984; Trapani et al., 1992), descrito abaixo:

$$k = \frac{\ln\{1 - 1,72 \times [1 - \text{EXP}\{0,863 \times [1 - \text{EXP}(-0,86 \times \text{IAF})]\}]\}}{\text{IAF}} \quad (20)$$

A radiação solar interceptada diariamente é convertida em um novo incremento de biomassa pelo uso de um coeficiente que descreve a eficiência do uso da radiação (RUE, g de biomassa MJ⁻¹ PAR). O modelo considera as mudanças do RUE devido à ontogenia da cultura (Trapani et al., 1992) associadas com mudanças no IAF.

Antes da antese, o modelo assume que RUE aumenta exponencialmente de 1,4 (IAF $\cong$ 0) a 3 (IAF=4). Logo após a antese, o RUE declina rapidamente (Steer et al., 1993). Um valor de 1,3 é assumido para o RUE na subfase antese-início do preenchimento dos grãos (Trapani et al., 1992). A remobilização do nitrogênio foliar para o grão é a causa mais provável da queda do RUE durante o preenchimento dos grãos, que começa algum tempo depois da antese. Quando a amêndoa começa a crescer o valor de 0,33 para o RUE é usado para indicar o início da subfase G. Este valor é resultante do trabalho de Trapani et al. (1992).

3.2.2.6 Partição da Biomassa

No OILCROP-SUN o crescimento das raízes finas, folhas, caule (inclusive pecíolos), capítulo (receptáculo e partes florais somente após antese), pericarpo e amêndoas são simulados.

Na emergência, assume-se que cada “seedling” tem 0,02 g de raízes, 0,01 g de caule e 0,03g de folhas (cotilédones).

Cada dia, o novo incremento de biomassa, calculado em função da radiação solar interceptada como citado anteriormente, sofre partição entre os órgão que estão naquele momento crescendo, utilizando-se dos coeficientes de partição (PC), que é a taxa de incremento diário de biomassa de um órgão dividida pelo incremento diário de biomassa da cultura, que são específicos aos órgãos e para os estádios fenológicos (Trapani et al., 1994).

3.2.2.6 Determinação da produção de grãos

Foi assumido que a produção de grãos é o produto do número e do peso destes na maturidade fisiológica. O número de grãos por capítulo é estimado a partir do coeficiente genético específico G2 (número potencial de grãos por capítulo, medido em plantas sob condições edafo-climáticas ótimas e de baixa densidade de população). Este número potencial de grãos sofre redução devido às condições ambientais durante os estágios iniciais da formação do capítulo até o início do crescimento da amêndoa. Villalobos et al. (1994) mostraram que o número potencial de grãos por capítulo em culturas irrigadas, com 0,5 plantas m⁻², variou de 520 a 3700.

Experimentos envolvendo estresse por falta de água (Hall et al., 1985) e de nitrogênio (Steer et al., 1984), raleamento (Miller & Roath, 1982), sombreamento (Chimenti & Hall, 1992) e desfoliação (Schneider et al., 1987) demonstraram que o número de grãos produzidos pode ser alterado a partir de um período anterior à antese. No modelo, este período vai de 180 °C.dia até 230 °C.dia antes da primeira antese no qual o número atual de grãos por planta é estimado com base na taxa média diária de incremento de biomassa.

Em relação ao peso dos grãos, o modelo OILCROP-SUN utiliza um coeficiente específico do cultivar G3 para simular a taxa de crescimento dos grãos, através da taxa potencial de crescimento da amêndoa em mg.d⁻¹. Deve-se considerar o peso do grão completo, ou seja, pericarpo e amêndoa, e que ele varia entre os genótipos de girassol (Hall et al., 1985; Steer & Hocking, 1984; Trapani et al., 1988; Villalobos et al., 1994). Esta variação é atribuída às diferenças na duração e/ou na taxa de enchimento dos grãos.

Os valores de G3 para os cultivares podem ser estimados medindo-se a taxa linear de incremento de massa da amêndoa em baixa densidade de plantas desenvolvidas sob condições ótimas. A taxa de crescimento do pericarpo até o grão inteiro, em condições ótimas de crescimento, é estável (0,23 mg.dia⁻¹) em uma grande faixa de densidade populacional (Villalobos et al., 1996).

Os valores de G2 e G3 utilizados no presente trabalho foram 2800 e 1,7 respectivamente, para todos os cultivares (Villalobos et al., 1994).

A taxa potencial de crescimento do pericarpo é calculada em função dos valores de G3. É assumido um valor inicial de 2mg por pericarpo na antese. O crescimento atual dos componentes do grão ocorre em taxas que são dependentes da disponibilidade de biomassa, da temperatura e da disponibilidade de água. O modelo também produz estimativas do acúmulo de óleo no grão, assumindo uma taxa linear de incremento após o início do acúmulo de óleo.

3.2.2.7 Balanço de nitrogênio na cultura

A absorção de nitrogênio pela cultura é modulada pela disponibilidade de nitrogênio no solo, densidade do SR no perfil e demanda de nitrogênio pela cultura. O modelo segue a aproximação descrita por Godwin & Jones (1991).

No modelo, a concentração de nitrogênio em cada órgão pode variar entre um limite superior (NCRIT) e inferior (NMIN) e varia com a ontogenia da cultura (Angus & Moncur, 1985; Penning de Vries, 1982).

Se a concentração cai abaixo de NMIN, considera-se que a cultura está em algum grau de estresse por falta de nitrogênio, ocorrendo um cessamento do crescimento dos órgãos. Se a concentração estiver entre NMIN e NCRIT a planta estará mantendo o seu nível de biomassa sem nenhum estresse. Por fim, se a concentração estiver acima de NCRIT, haverá um incremento diário de biomassa decorrente desta disponibilidade de nitrogênio. Os níveis de nitrogênio nos "seedlings" são fixadas em 4,6% (raízes), 6,2% (folhas) e 4,4% (no caule).

A demanda por nitrogênio para o crescimento dos grãos é modulada em função da concentração de nitrogênio da parte aérea, detalhado em Villalobos et al. (1996). O requerimento de nitrogênio pela amêndoa pode variar no máximo entre 2,3% a 4,7% da biomassa da própria amêndoa. Esta restrição evita que o modelo leve à uma súbita redução do nitrogênio foliar (superestimando a taxa de senescência foliar).

3.2.2.8 Calibração do Modelo OILCROP-SUN para os cultivares estudados

Os coeficientes genéticos calibrados foram: coeficiente do período juvenil ($P1$, °C.dia, para temperatura-base igual a 4°C), correspondente à duração da fase juvenil; coeficiente fotoperiódico ($P2$, dia.hora⁻¹), referente ao atraso no desenvolvimento da cultura decorrente de um fotoperíodo menor que 15 horas; e o coeficiente da duração do preenchimento dos grãos ($P5$, °C.dia), que corresponde à duração da antese até a maturidade fisiológica.

Os demais coeficientes foram: número máximo de grãos por capítulo ($G2$, medido em plantas com condições ótimas de crescimento) igual a 2800; taxa de crescimento potencial da amêndoa ($G3$, mg dia⁻¹) igual a 1,7; e conteúdo máximo de óleo na amêndoa ($O1$, %) igual a 65, igualmente para os três cultivares (Ungaro², Villalobos et al., 1994).

Para a calibração dos coeficientes genéticos ($P1$, $P2$ e $P5$), primeiramente foi necessário encontrar os valores de t_2 (emergência - fim do período juvenil) e t_3 (fim do período juvenil - início da iniciação floral) para cada época de semeadura, porque não foi feita uma observação a campo para distinguir estas duas subfases. Na determinação da duração das subfases t_2 e t_3 utilizou-se os seguintes procedimentos: a partir da equação 18, tem-se os valores de TT_5 e tem-se a duração desta subfase (t_5), então o valor de $P5$ é conseguido. O mesmo procedimento é utilizado para encontrar o valor de $P1$ nas subfases D + E por meio da equação 17. Com o valor de $P1$ e TT_2 , pôde-se calcular o valor de t_2 , com o uso da equação 15. Subtraindo-se a duração da subfase B (t_2) da emergência-iniciação floral (B+C) têm-se o valor da subfase C (t_3). Com o valor de t_3 e H consegue-se o valor de $P2$ pelo uso da equação 16.

² UNGARO, M. R. G., comunicação pessoal, 1999.

A partir destes procedimentos conseguiu-se os valores de t_2 , t_3 e os valores ótimos de P1, P2 e P5 para cada época de semeadura. Estes valores ótimos foram descartados pois o sistema DSSAT não comporta a utilização de vários valores para um mesmo coeficiente, sendo necessário, então, a calibração para a determinação dos valores ideais para quaisquer datas de semeaduras.

Por fim, a calibração dos coeficientes genéticos foi realizada na planilha Excel 97 (Windows), com a introdução das equações do submodelo de fenologia do OILCROP-SUN. Na planilha, foram confeccionadas listas ou matrizes para se testar vários valores de um mesmo coeficiente e verificar o efeito deste valor na duração de determinada fase. As durações das fases provenientes de dados medidos (Anexo 1) e simulados foram ajustadas da seguinte forma: primeiramente buscou-se a minimização da soma dos quadrados dos erros (ERRO, %), a partir disto o valor de cada coeficiente genético foi mudado buscando-se uma minimização do coeficiente linear (a), uma aproximação do coeficiente angular (b) ao valor 1 e a maximização de r^2 .

A calibração foi realizada levando-se em consideração todas as datas de semeadura nos anos de 1988 e 1989 em Monte Alegre do Sul, SP (Anexo 1).

De forma geral, sempre as subfases consideradas são dependentes das subfases anteriores a ela, por isso, na determinação dos coeficientes genéticos a metodologia usada foi a de diminuir os graus de liberdade, calibrando-se primeiramente a profundidade de semeadura (SDEPTH), os coeficientes P1 e P2 (conjuntamente, pois eles são interdependentes) e finalmente o coeficiente P5, pois este último é dependente dos dois primeiros.

Com os testes de vários valores e combinações dos coeficientes, foi possível, a determinação dos valores ideais para cada coeficiente genético, para cada cultivar.

3.3 Comparação dos modelos

A comparação dos modelos foi feita para diferentes cidades dos Estados de São Paulo e do Paraná, utilizando-se dados de temperatura média, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), insolação (hora) e precipitação (mm). Além desses, o modelo DSSAT/OILCROP-SUN

utiliza, também, dados relativos ao tipo de solo das localidades (Anexo 2). As cidades utilizadas foram, Piracicaba, Ribeirão Preto, Manduri no Estado de São Paulo, Ponta Grossa e Paranavaí no Estado do Paraná (Tabela 6).

Para a execução do programa DSSAT/OILCROP-SUN estipulou-se condições iniciais que foram comuns em todas as datas semeadura. Primeiramente, o espaçamento entre linhas foi de 50 cm, com uma densidade populacional de 10 plantas.m⁻². Para os cálculos da produtividade potencial foram estipuladas irrigações automáticas sempre que a umidade do perfil chegou 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 (recomenda-se uma quantidade de 10 kg de N.ha⁻¹ IAC, 1998), o mesmo ocorrendo durante o seu crescimento.

Tabela 6 - Localidades utilizadas nas simulações dos modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN

	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Piracicaba	-22,71	-47,63	490
Ribeirão Preto	-21,18	-47,80	521
Manduri	-23,17	-49,33	589
Ponta Grossa	-25,22	-50,01	880
Paranavaí	-23,08	-52,43	480

A comparação dos dados simulados pelos modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN foi feita avaliando-se a duração do ciclo total, Produtividade Potencial (PP), Produtividade Real (PR) e Quebra Relativa de Produtividade (Q).

Para cada uma destas avaliações foram usados métodos de descrição paramétrica dos dados como a média absoluta, desvio padrão e coeficiente de variação, nas diferentes datas de semeaduras em todos os anos considerados em cada localidade. Posteriormente, foi calculado, com os dados médios absolutos, a diferença média

absoluta (DMA), máxima (DMAX) e mínima (DMIN) em relação a todas as datas de semeaduras, dado por:

$$DMA = \sum_{i=1}^n |E_{FAO_i} - E_{DSSAT_i}| / n \quad (21)$$

$$DMAX = |E_{FAO_i} - E_{DSSAT_i}|_{MAX} \quad (22)$$

$$DMIN = |E_{FAO_i} - E_{DSSAT_i}|_{MIN} \quad (23)$$

sendo que i varia de 1 a 36 indicando as datas de semeaduras decendiais durante o ano médio; E representa as estimativas de PP, PR e Q; e n é o total de anos analisados

A seguir, também com os dados médios de PP, PR e Q, simulados pelos modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN, foram feitas regressões lineares simples para se verificar a correspondência entre os dois modelos.

Por fim, foram feitas regressões lineares simples com os dados médios de PP, PR e Q, simulados pelos modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN, para a determinação do grau de proximidade entre estes modelos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calibração do modelo DSSAT/OILCROP-SUN para os cultivares em Monte Alegre do Sul, SP

4.1.1 Cultivar IAC-Anhandy

Primeiramente, para o cultivar IAC-Anhandy, calibrou-se a profundidade de semeadura (SDEPTH) que tem influência direta na duração da subfase A (equação 14). Para tanto, foi elaborada uma matriz com os possíveis valores de SDEPTH, começando com 2 até 10 cm, com intervalos de 0,5 cm. Com a introdução de cada um destes valores na equação 14, foi possível a determinação da soma dos quadrados dos erros (ERRO), o coeficiente linear (**a**) e o coeficiente angular (**b**) entre os dados simulados e os medidos com todas as datas de semeaduras entre os anos de 1988 e 1989 em Monte Alegre do Sul (Anexo 1). A variação do valor de ERRO, **a** e **b**, em decorrência dos vários valores de SDEPTH, podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 - Determinação da profundidade de semeadura ideal em relação à duração da subfase semeadura - emergência, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Observou-se, então, que a profundidade de 5 cm foi a ideal, pois foi o valor que apresentou o menor ERRO, tornou o r^2 e o **b** mais próximo de 1, e ainda, minimizou o valor de **a**. O ajuste final desta profundidade de semeadura e os parâmetros estatísticos decorrentes, são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Resultado final da calibração da profundidade de semeadura (SDEPTH), para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

O coeficiente do período juvenil ($P1$, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}$) tem influência direta nas subfases B e (D+E) (equação 15 e 17), todavia, a subfase C, que ocorre entre as duas anteriores, é influenciada pelo coeficiente fotoperiódico ($P2$, $\text{dia} \cdot \text{hora}^{-1}$) (equação 16). Desse modo, as calibrações dos coeficientes $P1$ e $P2$ foram feitas conjuntamente para a posterior

comparação da duração das subfases B, C e (D+E), que corresponde à fase emergência - primeira antese (Tabela 5). Os valores de P1 variaram de 130 a 450 °C.dia a cada 5°C.dia e os valores de P2 (dia.hora⁻¹) variaram de 0,1 até 1, com um incremento de 0,1, e de 1 a 8 com um incremento de 0,5, totalizando 1561 combinações.

Primeiramente, analisaram-se as combinações que forneceram os menores ERRO (Figura 5).

Figura 5 - ERRO decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Pode-se observar que, quanto maior P1 e P2, maiores são os valores de ERRO. Para P2 pequenos (entre 0 e 1) o valor ideal de P1 é por volta de 250 a 300 °C.dia; entretanto, o valor ideal de P1 é reduzido quando se aumenta o valor de P2.

Avaliando-se os outros parâmetros estatísticos, observa-se que *a* é minimizado quando se diminui os valores de P1 e P2 (Figura 6), indicando que os valores de P1 e P2 devem ser pequenos para a calibração do cultivar IAC-Anhandy.

Figura 6 - Coeficiente linear (a) decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

O valor de **b** é maximizado com a diminuição de P2 e com o aumento de P1 (Figura 7), indicando que P1 deve ser elevado e que P2 deve ter valor baixo para que se consiga um **b** próximo a 1.

Figura 7 - Coeficiente angular (b) decorrente de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Observou-se, também, que os valores de r^2 podem-se tornar, no máximo, próximos à 0,7 com a diminuição de P2 e P1 conjuntamente. Pela Figura 8, pode-se notar que o r^2 é mais sensível à diminuição de P2 do que de P1, indicando que o coeficiente fotoperiódico (P2) tem uma grande influência na determinação da duração da fase emergência - primeira antese (B+C+D+E) no modelo DSSAT/OILCROP-SUN.

Figura 8 – Coeficiente de correlação (r^2) decorrentes de diferentes valores de P1 e P2, em relação à determinação da fase emergência - primeira antese, do cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Então, a partir destas observações, considerou-se que os valores ideais de P1 e P2 seriam 265 °C.dia e 0,3 dia hora⁻¹, respectivamente. O resultado final do ajuste destes coeficientes é mostrado na Figura 9, com os respectivos valores dos parâmetros estatísticos.

Figura 9 - Resultado final da calibração dos coeficiente P1 e P2, em relação à duração da fase emergência - primeira antese, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Por fim, o coeficiente P5, que determina a duração da fase primeira antese-maturidade fisiológica (subfases F, G e H, equação 18), foi calibrado em função do ciclo total da cultura. A matriz com os possíveis valores de P5 variou de 300 até 1000 °C.dia, com um incremento de 5 °C.dia, totalizando 141 valores testados.

Pelos resultados apresentados na Figura 10 pode-se observar que quanto maior o valor de P5, maior o **a**, **b** e menor o r^2 . A minimização do ERRO ocorreu entre 740 e 795 °C.dia.

Figura 10 - Calibração do coeficiente de duração do preenchimento dos grãos (P5), feito em relação à duração do ciclo total da cultura do girassol, cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

Levando-se em consideração todos os parâmetros estatísticos, foi considerado que o valor ideal de P5 seria 560 °C.dia. O ajuste final entre os dados medidos e estimados e os referidos parâmetros estatísticos são apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Resultado Final da calibração do coeficiente P5, em relação à duração do ciclo total da cultura, para o cultivar IAC-Anhandy, em Monte Alegre do Sul, SP.

4.1.2 Cultivares Contisol-621 e VNIIMK

O mesmo procedimento apresentado para a calibração dos coeficientes genéticos do cultivar IAC-Anhandy foi utilizado para os cultivares Contisol-621 e VNIIMK.

A profundidade de semeadura ideal, para os cultivares Contisol-621 e VNIIMK, foi igual a 5 cm, semelhante à do cultivar IAC-Anhandy. Os resultados são apresentados, em sua forma final, na Figura 12.

Figura 12 - Calibração da profundidade de semeadura (SDEPTH) para os cultivares Contisol-621 (a) e VNIIMK (b), feito em relação à duração da fase semeadura- emergência (A), em Monte Alegre do Sul, SP.

Tabela 7 - Valores calibrados dos coeficientes genéticos P1 (coeficiente da duração do período juvenil), P2 (coeficiente fotoperiódico) e P5 (coeficiente da duração da fase primeira antese - maturidade fisiológica) para o modelo DSSAT/OILCROP-SUN dos cultivares, IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK.

Cultivares	P1 (°Cdia)	P2 (dia hora ⁻¹)	P5 (°Cdia)
IAC-Anhandy	265	0,3	780
Contisol-621	235	1	560
VNIIMK	260	1	560

A correspondência entre os dados medidos e os estimados pelos coeficientes da Tabela 7, para os cultivares Contisol-621 e VNIIMK, é apresentado nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

Figura 13 - Resultado final da calibração dos coeficientes: P1 e P2 (em relação à duração da fase emergência - primeira antese) (a), P5 (em relação à duração do ciclo total da cultura) (b), para o cultivar Contisol-621, em Monte Alegre do Sul, SP.

Figura 14 - Resultado final da calibração dos coeficientes: P1 e P2 (em relação à duração da fase emergência - primeira antese) (a), P5 (em relação à duração do ciclo total da cultura) (b), para o cultivar VNIIMK, em Monte Alegre do Sul, SP.

Os resultados obtidos para os coeficientes P1, P2 e P5 estão dentro da faixa dos sugeridos pelo sistema DSSAT (Tsuji et al., 1994); cujos valores de P1 devem ficar entre 210 e 450 °C.dia, de P2 entre 0,15 e 12 dia.hora⁻¹ e de P5 entre 550 e 750 °C.dia.

Além disso, os resultados obtidos no presente estudo estão relativamente próximos daqueles encontrados por Villalobos et al. (1996) para os cultivares SH-3000, 894 e Sungro, nos quais os valores de P1 foram 245, 274 e 295 °C.dia e os valores de P2 foram 3,74, 9,33 e 12,32 dia.hora⁻¹ respectivamente. Para o coeficiente P5 também foram encontrados resultados semelhantes ao apresentado por Gimenez (1985), que mostrou que para o cultivar Florasol esse valor é de 600 °C.dia.

4.2 Comparação dos Modelos DSSAT /OILCROP-SUN e FAO para as localidades no Estado de São Paulo e no Paraná

Utilizando-se dados de três localidades paulistas e duas paranaenses, processou-se a comparação entre os resultados de duração do ciclo, produtividade potencial, produtividade real e quebra relativa de produtividade, obtidos pelos modelos para os três cultivares, que são apresentados a seguir.

4.2.1 Duração do ciclo total

Observou-se que os modelos FAO e DSSAT simularam resultados muito próximos em relação à duração do ciclo total médio dos cultivares para todas as cidades, nas diferentes datas de semeadura, evidenciando um bom ajuste dos coeficientes genéticos calibrados (Figura 15 e 16). Foi observado, também, que a duração do ciclo da cultura variou conforme a data de semeadura, de 90 a 110 dias, em datas de semeadura de novembro até março e de 120 a 150 dias nas semeaduras dos demais meses do ano.

Nas localidades do Estado de São Paulo (Figura 15) a duração do ciclo total de todos os cultivares teve no mínimo 90 dias, na maioria das cidades e, um valor máximo de 130 dias nas cidades de Piracicaba e Manduri. Em Ribeirão Preto, devido às altas temperaturas, os cultivares apresentaram no máximo 117 dias.

Nas localidades do Estado do Paraná (Figura 16), a duração do ciclo total, em relação a todos os cultivares, teve o mínimo de 85 dias em Paranavaí, e em Ponta Grossa por volta de 100 dias. Em Ponta Grossa, a cidade com menores temperaturas, o ciclo da

cultura se estendeu até um máximo de 150 dias, enquanto que em Paranavaí o ciclo atingiu no máximo 120 dias.

Figura 15 - Relação do número de dias do ciclo total médio, determinado pelos modelos FAO e DSSAT, para os cultivares de girassol, IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.

Independentemente do Estado, nas situações em que o r^2 foi menor que 0,94, existe a possibilidade do modelo FAO ter sido diferente do DSSAT por este último levar em consideração, além da temperatura, o fotoperíodo, que influencia a duração da subfase C (fim da fase juvenil – iniciação floral). Este mesmo fato explica alguns pontos discrepantes na Figura 16, pois o ciclo total dos cultivares simulados pelo modelo

DSSAT podem ter sido reduzidos pela ação do fotoperíodo, como descrito na equação 16.

Figura 16 - Relação do número de dias do ciclo total médio determinados pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares de girassol IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK nas localidades de Ponta Grossa (PG) e Paranaíba (PA), no Estado do Paraná.

Apesar da boa aproximação entre os dois modelos, pode-se verificar que, para o cultivar VNIIMK, o modelo FAO superestimou os valores do ciclo total em relação ao DSSAT. O contrário aconteceu para o cultivar IAC-Anhandy, excluindo-se a cidade de Ponta Grossa, onde os resultados de um modelo se aproximaram do outro. Esse aumento da estimativa do ciclo total por parte do modelo FAO para o cultivar VNIIMK leva a um aumento na produtividade, pelo fato da cultura ter mais tempo no período do florescimento até a maturação.

Esses resultados estão em concordância com a Contibrazil (1981) que afirma que a cultura semeada entre outubro a fevereiro tem por volta de 88 a 161 dias, dependendo do cultivar, desde os mais precoces até os mais tardios, respectivamente. Os resultados também foram semelhantes a Matsuoka et al. (1999) que, pela avaliação de 13

cultivares, constataram que o ciclo médio dos mesmos foi de 110 dias em semeaduras em dezembro na cidade de Araras, SP.

No Estado do Paraná, os resultados dos modelos também se aproximaram de dados observados, como por exemplo, pela EMBRAPA (1984), que cita que os cultivares IAC-Anhandy e Contisol, semeados entre fevereiro a abril em Londrina, tiveram em média 125 a 131 dias no ciclo total, respectivamente. Enquanto que os modelos FAO e DSSAT em Paranavaí, a cidade mais próxima, simularam no máximo 117 dias para os dois cultivares, subestimando, então, de 8 a 14 dias o ciclo total dos cultivares.

4.2.2 Produtividade Potencial

Analisando-se a Produtividade Potencial (PP) média nas diferentes datas de semeaduras para todos os cultivares, observa-se que as variações do modelo FAO foram diferentes das obtidas com o modelo usado pelo DSSAT (Figuras 17 e 18) para todas as cidades, com exceção de Ponta Grossa, onde houve um melhor ajuste entre elas.

Essas diferenças ocorridas entre os modelos se deveram principalmente às variações do modelo FAO, pois este forneceu as maiores PPs, entre 3.500 a 4.000 kg.ha⁻¹ nas cidades de Piracicaba e Manduri, em semeaduras entre abril e fim de maio. Já em Ribeirão Preto e Paranavaí não houve uma variação considerável da PP, ficando por volta de 3.000 a 3.500 kg.ha⁻¹ e, por fim, em Ponta Grossa, as maiores PPs foram de 4.000 a 4.500 kg.ha⁻¹ em semeaduras também entre abril e fim de maio. O DSSAT, por sua vez, forneceu PPs máximas por volta de 4.000 a 4.500 kg.ha⁻¹ em semeaduras entre julho e fim de agosto em todas as cidades.

Figura 17 - Produtividade Potencial (PP) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.

Figura 18 - Produtividade Potencial (PP) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranaíba (b), no Estado do Paraná.

Esses resultados estão de acordo com experimentos realizados pela EMBRAPA (1983), que concluiu ser possível para o girassol chegar até 6.000 kg.ha⁻¹ nos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, sob condições irrigadas.

Apesar do modelo DSSAT apresentar baixa variação das estimativas de PP em relação às diferentes cidades, ele mostrou-se mais sensível que o modelo FAO por apresentar uma maior variabilidade ao longo das datas de semeadura. Este fato pode ser visualizado nas Figuras 17 e 18, estabelecendo-se 4 períodos distintos; 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 19.b). A

precipitação nesse período foi alta, o que provocou uma baixa 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 do cultivar IAC-Anhandy.

Com a queda acentuada da temperatura e da radiação a partir de março, as semeaduras do 2º decêndio de fevereiro até o fim de março, resultaram nas menores simulações de PP em relação às outras datas de semeadura feitas pelo modelo DSSAT. 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 ficar prejudicada se temperaturas frias ocorrerem no período que a cultura estiver no estágio de 6 a 8 folhas.

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⁻¹, já que nessas datas de semeaduras, 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.

Figura 19 - Temperatura do ar (a), radiação solar global (b), precipitação (c) e fotoperíodo (d) mensais para as localidades de Piracicaba, de Ribeirão Preto, e de Manduri, no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa e de Paranavai, no Estado do Paraná.

Por sua vez, o modelo FAO apresentou uma menor variabilidade nas simulações de PP nas diferentes datas de semeaduras em comparação ao DSSAT (Figuras 17 e 18). Primeiramente, observa-se que o modelo apresentou relação inversa entre a PP e a temperatura média das cidades (Tabela 8), ou seja, nas localidades de maiores temperaturas como Ribeirão Preto e Paranavai, a PP apresentou valores menores. Por outro lado, nas localidades de menores temperaturas como Piracicaba, Manduri e Ponta Grossa, foram estimadas nesta sequência, maiores PP. Tal relação não foi observada nos resultados provenientes do modelo DSSAT.

Tabela 8 - Produtividade Potencial média dos cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Piracicaba, Ribeirão Preto e Manduri, no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa e Paranavaí, no Estado do Paraná, simuladas pelo modelo FAO e DSSAT.

Local	Temperatura média (°C)	Produtividade Potencial Média (kg ha ⁻¹)							
		FAO				DSSAT			
		IAC-Anhandy	Contisol-621	VNIIMK	MÉDIA	IAC-Anhandy	Contisol-621	VNIIMK	MÉDIA
Paranavaí	22,5	3147	3337	3354	3279	3583	3462	3722	3589
Ribeirão Preto	22,4	3362	3445	3453	3420	3813	3712	3921	3815
Piracicaba	21,5	3348	3554	3572	3491	3533	3377	3642	3517
Manduri	21,1	3440	3533	3541	3505	3819	3689	3925	3811
Ponta Grossa	18,8	3712	3952	3973	3879	3768	3576	3861	3735

Essa relação inversa entre a PP e a temperatura média pode ter as seguintes causas: o modelo FAO considera que os cultivares atingem o ponto de saturação fotossintética em valores baixos de temperatura, ou seja, nas cidades mais quentes os cultivares tendem a diminuir a fotossíntese bruta em decorrência de uma temperatura maior do que a ideal. Outra possibilidade é que a taxa de manutenção da cultura, que é função da temperatura e da biomassa total da planta, representada pelo coeficiente de respiração (C_R), pode estar sendo superestimada nos meses mais frios (entre maio e agosto) e subestimada nos meses mais quentes. Por exemplo, nos períodos frios ($T < 20^\circ\text{C}$) o valor de C_R preconizado é de 0,6, significando que 60% da fotossíntese bruta é disponibilizada para o acúmulo de biomassa da cultura; entretanto, este valor pode estar muito alto pois sabe-se que, em épocas de baixa temperatura, a planta tende a diminuir sua taxa de crescimento. Por fim, o modelo FAO pode estar subestimando a PP nas localidades mais quentes pela diminuição do número de dias do ciclo total da cultura.

Observa-se que o modelo FAO simulou baixas produtividades em semeaduras entre novembro e janeiro em todas as cidades, em decorrência dos possíveis problemas acima mencionados, além da baixa insolação causada pela alta quantidade de precipitação, que provoca a queda da taxa fotossintética (Figuras 17 e 18).

As semeaduras em março já obtiveram PPs maiores devido à diminuição da temperatura, saindo dos níveis de estresse. Entretanto, as PPs não foram ainda as

máximas devido à ocorrência de baixas temperaturas, que podem ter afetado as fases de florescimento e frutificação, diminuindo a produção de aquênios.

Semeaduras no início de maio ao final de julho, apresentaram as máximas PPs simuladas pelo modelo FAO. Nestas datas de semeadura, a cultura tem, em média 4 meses, ou seja, ela tem mais tempo para o florescimento, frutificação e maturação e, nos meses que correspondem ao ciclo total da cultura, tem-se temperaturas mais adequadas, promovendo também o aumento da produtividade. Outro fator que propiciou o aumento da PP nessas datas de semeadura, foi a maior insolação disponível, em função da menor precipitação nos meses de junho a agosto, aumentando a fotossíntese bruta dos cultivares, o que aumenta, por sua vez, o acúmulo de biomassa.

Observou-se que as datas de semeadura entre julho e fim de agosto foram as de maiores diferenças entre os modelos FAO e DSSAT. Isto decorreu de um maior índice de área foliar simulada pelo DSSAT (que chegou a $5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), enquanto que no modelo FAO a área foliar máxima foi igual a 3, proveniente de dados experimentais.

Analisando-se as Figuras 20 e 21, onde são apresentadas as frequências da Produtividade Potencial da cultura do girassol, relativas a todos os dados simulados, nota-se que os valores de maior frequência ocorreram entre 3000 a 4000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nas localidades de Piracicaba, Ribeirão Preto e Paranavaí, e entre 3500 a 4500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ em Manduri e Ponta Grossa, para os dois modelos. Observa-se, ainda, que o modelo DSSAT simulou maior número de produtividades até 3000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do que o modelo FAO e que este, por sua vez, suplantou o modelo DSSAT nas frequências de PP entre 3000 a 4500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Figura 20 - Frequência Relativa de Produtividades Potenciais (PP) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.

Figura 21 - Frequência Relativa Produtividades Potenciais (PP) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeaduras analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranavaí (b), no Estado do Paraná.

De forma geral, pode-se notar que nas cidades mais quentes, como Ribeirão Preto e Paranavaí, houve uma concentração de PPs entre 3.000 a 4.000 kg.ha⁻¹ simuladas pelo modelo FAO (Figuras 20.b e 21.b). Por outro lado, nas cidades mais frias, o modelo ampliou os valores de PP para além de 4.000 kg.ha⁻¹, indicando o efeito do aumento do ciclo total na PP. Já o modelo DSSAT apresentou sempre maior distribuição dos valores

de PP em relação ao modelo FAO, indicando ser um modelo mais robusto por utilizar mais dados nas suas simulações, o que evita mudanças repentinas nos valores de PP.

Para quantificação das diferenças entre a PP simulada pelos dois modelos, foi calculado a diferença média absoluta, máxima e mínima entre todos os valores simulados (Tabela 9).

Tabela 9 - Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Produtividade Potencial simulados pelos modelos FAO e DSSAT, para as localidades analisadas.

LOCAL	Diferença	IAC-Anhandy	Contisol-621	VNIIMK	GERAL
		P.P. (kg ha ⁻¹)	P.P. (kg ha ⁻¹)	P.P. (kg ha ⁻¹)	P.P. (kg ha ⁻¹)
Piracicaba	Média Absoluta	339	192	259	263
	Máxima	780	444	728	780
	Mínima	13	18	3	3
Ribeirão Preto	Média Absoluta	452	203	357	337
	Máxima	913	653	853	2419
	Mínima	3	3	27	3
Manduri	Média Absoluta	466	254	186	302
	Máxima	908	643	541	908
	Mínima	6	53	4	4
Ponta Grossa	Média Absoluta	262	255	164	227
	Máxima	535	727	579	727
	Mínima	22	5	15	5
Paranavai	Média Absoluta	537	315	474	442
	Máxima	1093	743	1060	1093
	Mínima	21	20	6	6
GERAL	Média Absoluta	411	244	288	314
	Máxima	1093	743	1060	2419
	Mínima	3	3	3	3

A Tabela 9 mostra que a maior diferença média absoluta entre a PP, estimada pelo modelo FAO e pelo DSSAT, ocorreu em Paranavai, para o cultivar IAC-Anhandy. A PP do cultivar Contisol-621 resultou na menor diferença média absoluta entre os dois modelos na maioria das cidades. Por fim, analisando-se a diferença média absoluta e a diferença máxima, Ponta Grossa foi onde os valores provenientes do modelo FAO se aproximaram mais do DSSAT, seguida por Piracicaba, Manduri, Ribeirão Preto e Paranavai.

Isso mostra que, quando o modelo FAO simulou baixas PP devido às altas temperaturas médias das cidades, as diferenças entre os modelos FAO e DSSAT foram

maiores. Por sua vez, nas cidades onde as temperaturas são mais amenas (Piracicaba, Manduri e Ponta Grossa) os valores simulados de PP pelo modelo FAO foram maiores, levando a uma menor diferença entre os modelos.

Devido a essas diferenças de PP média nas diferentes datas de semeaduras, não existiu concordância consistente entre as estimativas feitas pelos modelos FAO e DSSAT como pode ser observado nas Figuras 22 e 23. Apesar disso, pelos motivos já descritos, pode-se afirmar que ambos os modelos mostraram que, em datas de semeaduras entre abril e fim de agosto (Figuras 17 e 18), culturas irrigadas de girassol obterão maiores produtividades nas cidades analisadas.

Figura 22 - Relação entre as Produtividades Potenciais (PP) médias simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.

Figura 23 - Relação entre as Produtividades Potenciais (PP) médias, simuladas pelo modelo FAO e DSSAT, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, para Ponta Grossa (PG) e Paranaíba (PA), no Estado do Paraná.

4.2.3 Produtividade Real

Analisando-se a Produtividade Real (PR) média nas diferentes datas de semeaduras, observa-se que as variações do modelo FAO foram semelhantes as do DSSAT, com exceção de Paranaíba, como pode ser visualizado nas Figuras 24 e 25.

No entanto, o modelo DSSAT apresentou estimativas com maior variação nas diferentes datas de semeadura em comparação ao modelo FAO, mostrando sua maior sensibilidade às condições ambientais. Essa sensibilidade do modelo DSSAT também pode ser confirmada pelos altos coeficientes de variação (Anexo 2) indicando variabilidade nas estimativas nos diferentes anos.

Figura 24 - Produtividade Real (PR) média, nas diferentes datas de semeadura, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.

Figura 25 - Produtividade Real (PR) média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranaíba (b), no Estado do Paraná.

O modelo DSSAT, normalmente, obteve maiores valores de PR em relação ao modelo FAO, excluindo-se a cidade de Ponta Grossa. Nesta cidade o modelo FAO simulou maiores valores de PR devido a um excedente hídrico que ocorreu em média durante o ano todo (Figura 26.d), ao alto valor de PP e por fim, devido ao aumento do ciclo da cultura decorrente da baixa temperatura (Figura 16.a).

Observou-se que, nas localidades paulistas as PR entre 20 de setembro e 20 de janeiro, simuladas pelo modelo DSSAT, estiveram entre 2500 kg.ha⁻¹ e 3.500 kg.ha⁻¹ enquanto que o modelo FAO, nas mesmas datas, obteve valores entre 1.500 e 2.500 kg.ha⁻¹. Já nas datas de semeadura entre março e fim de agosto, os modelos DSSAT e FAO obtiveram conjuntamente PR aproximadamente entre 1.000 kg.ha⁻¹ e 2.000 kg.ha⁻¹.

Os resultados simulados pelos dois modelos foram próximos daqueles encontrados na literatura. Por exemplo, em relação ao cultivar IAC-Anhandy, EMBRAPA (1983) mostrou que sementeiras em 1 de fevereiro em Avaré, SP, resultaram, em média, 2.278 kg.ha^{-1} , enquanto que na localidade mais próxima, Manduri, os modelos FAO e DSSAT indicaram 1.900 e 2.400 kg.ha^{-1} , respectivamente.

Em relação ao cultivar Contisol-621, em sementeiras em 1 de fevereiro na localidade de Manduri, os modelos FAO e DSSAT simularam PRs médias iguais a 1.900 e 2.250 kg.ha^{-1} , respectivamente, enquanto que na localidade mais próxima Avaré, SP, EMBRAPA (1983) obteve PR igual a 2.603 kg.ha^{-1} . O mesmo autor, com sementeiras em 20 de novembro em Campinas, obteve uma produtividade de 2.030 kg.ha^{-1} . Nesta mesma época de sementeira, na cidade mais próxima, Piracicaba, os modelos FAO e DSSAT simularam PRs de 2.100 e 2.700 kg.ha^{-1} . Os modelos, nesta situação, superestimaram a PR talvez por não levarem 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).

Como pode ser observado na Figura 25, Paranavaí foi a localidade onde houve as maiores diferenças entre os modelos. Entretanto, experimentos realizados por Pelegrini (1985) demonstraram que o modelo FAO simulou bem os dados medidos. O autor obteve, em sementeiras em 30 de outubro, em Londrina, próximo a Paranavaí, uma PR igual a 1.902 e 2.083 kg.ha^{-1} para os cultivares IAC-Anhandy e Contisol, respectivamente, enquanto que os modelos FAO e DSSAT obtiveram PRs, por volta de 1.700 e 3.000 kg.ha^{-1} , respectivamente, para os dois cultivares.

Figura 26 - Extratos dos balanços hídricos climatológicos normais mensais, segundo Thorthwaite & Mather (1955), para CAD igual a 50 mm, das localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b), e de Manduri (c), no Estado de São Paulo, e de Ponta Grossa (d) e de Paranavaí (e), no Estado do Paraná.

Os valores mais baixos de PRs, encontrados pelos dois modelos, ocorreram em semeaduras entre maio e junho (Figura 24 e 25), devido ao déficit hídrico no solo durante todo o ciclo da cultura, nas cidades de Piracicaba e Ribeirão Preto (Figura 26.a e 26.b). 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 (Figura 26.c e 26.e).

Em todas as localidades, as maiores PRs simuladas pelos modelos FAO e DSSAT ocorreram em datas de semeadura entre setembro e fim de janeiro pois, apesar do 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 (Figura 18.a) e ao elevado armazenamento de água no solo em todo o ciclo da cultura (Figura 26.e). No entanto, nessa localidade, o excesso hídrico durante praticamente o ano todo pode representar aspecto negativo especialmente com relação à ocorrência de doenças fúngicas como o mancha de alternária.

Mais detalhadamente, em relação ao modelo DSSAT, 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, (Figuras 24.c, 25) decorrente da menor produtividade potencial (Figuras 17.c, 18), pois não houve déficit hídrico durante o período da cultura (Figura 26.c, 26.d e 26.e).

Então, resumidamente, exceto 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 pelos modelos. 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.

Pela análise da Figura 27 e 28, onde são apresentadas as frequências de Produtividade Real (PR) de sementes de todos os dados simulados, observa-se que os valores simulados de maior frequência pelos dois modelos, ocorreram, de forma geral,

entre 2000 a 3000 kg.ha⁻¹ em Manduri. Em Ribeirão Preto, as frequências foram bem distribuídas, ocorrendo valores entre 500 a 3000 kg.ha⁻¹, aproximadamente iguais para os dois modelos, apesar do modelo FAO simular maior frequência até 500 kg.ha⁻¹ do que o DSSAT e este, por sua vez, apresentar mais datas de semeaduras com produtividades maiores que 3000 kg.ha⁻¹. Nas outras localidades, observou-se diferenças em Ponta Grossa, onde o modelo FAO simulou as maiores frequências entre 2500 a 3500 kg.ha⁻¹ e o modelo DSSAT entre 1500 a 3000 kg.ha⁻¹, em Paranavaí onde as maiores frequências de PR pelo modelo FAO foram entre 1500 a 2500 kg.ha⁻¹ e pelo DSSAT a partir de 2500 kg.ha⁻¹, em Piracicaba, onde ocorreu uma maior diferença pois, o modelo DSSAT simulou produtividades reais com maior frequência entre 500 a 1000 kg.ha⁻¹ e o modelo FAO entre 2000 a 3000 kg.ha⁻¹.

Figura 27 - Frequência Relativa das Produtividades Reais (PR) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas nas localidades de Piracicaba (a), de Ribeirão Preto (b) e de Manduri (c), no Estado de São Paulo.

Figura 28 - Frequências Relativa das Produtividades Reais (PR) simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas nas localidades de Ponta Grossa (a) e de Paranaíba (b), no Estado do Paraná.

De forma geral, pode-se dizer que os valores das PRs foram melhores distribuídos nas localidades onde a estação seca é bem definida durante o inverno, como nos casos de Piracicaba e Ribeirão Preto. Esta estação seca levou à diminuição dos valores das PRs pelos dois modelos, fazendo com que as estimativas feitas pelo modelo FAO se aproximassem daquelas obtidas pelo modelo DSSAT. Por sua vez, quando houve boa distribuição das chuvas ao longo do ano, como nas cidades de Manduri, Ponta Grossa e Paranaíba, as frequências ficaram mais concentradas entre 1500 a 3000 kg.ha⁻¹, ocorrendo maiores diferenças nas estimativas entre os modelos. Essas diferenças, além

dos motivos já citados, foram também devidas às variações nas estimativas da evapotranspiração potencial e real, pois os modelos FAO e DSSAT estimam a ETP por diferentes métodos. O DSSAT utiliza o método de Priestley & Taylor (1972) e o modelo FAO, no presente trabalho, utiliza o método de Thornthwaite (1948). Apesar de Camargo & Sentelhas (1997), nas condições do Estado de São Paulo, demonstrarem que os dois métodos foram muito semelhantes na escala mensal, esses métodos levam a diferentes estimativas de ETP na escala diária, principalmente nas cidades com baixas temperaturas onde existe a diminuição das estimativas feitas pelo modelo de Thornthwaite (1948).

Para uma melhor visualização das diferenças entre os valores de PR, simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, foi realizado o cálculo da diferença média absoluta, máxima e mínima com os dados simulados de todos os anos em todas as localidades (Tabela 10).

Tabela 10 - Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Produtividade Real simulados pelos modelos FAO e DSSAT para as localidades analisadas.

LOCAL	Diferença	IAC-Anhandy	Contisol-621	VNIIMK	GERAL
		P.R. (kg ha ⁻¹)	P.R. (kg ha ⁻¹)	P.R. (kg ha ⁻¹)	P.R. (kg ha ⁻¹)
Piracicaba	Média Absoluta	404	280	404	362
	Máxima	665	542	665	665
	Mínima	21	8	21	8
Ribeirão Preto	Média Absoluta	438	312	397	382
	Máxima	1119	953	1136	3208
	Mínima	5	2	8	2
Manduri	Média Absoluta	734	198	270	401
	Máxima	1458	457	566	1458
	Mínima	170	13	12	12
Ponta Grossa	Média Absoluta	408	842	546	598
	Máxima	857	1281	973	1281
	Mínima	91	608	328	91
Paranavai	Média Absoluta	780	650	754	728
	Máxima	1223	1297	1250	1297
	Mínima	36	21	50	21
GERAL	Média Absoluta	553	456	474	494
	Máxima	1458	1297	1250	3208
	Mínima	5	2	8	2

As menores diferenças ocorreram em Piracicaba e Ribeirão Preto em decorrência da estação seca no meio do ano (Figura 26.a e 26.b), que levou à diminuição das

estimativas de PR pelo modelo DSSAT, aproximando-o do FAO. Já nas localidades de Manduri e Ponta Grossa, onde a estação seca não é bem definida (Figuras 26.c, 26.d), as diferenças entre os modelos foram intermediárias devido ao distanciamento das estimativas entre julho e fim de janeiro em Manduri e entre fevereiro e fim de março em Ponta Grossa. Por fim, em Paranavaí, ocorreu a maior diferença entre os modelos, as altas temperaturas levaram a uma baixa variação da PR simulada pelo modelo FAO em comparação ao DSSAT.

Entretanto, apesar dessas diferenças, pode-se observar que existiu boa relação entre os modelos FAO e DSSAT na estimativa da PR (Figura 29 e 20).

Figura 29 - Relação entre as Produtividades Reais (PR) médias simuladas pelo modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo

Figura 30 - Relação entre as Produtividades Reais (PR) médias simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol e VNIIMK para Ponta Grossa (PG) e Paranavaí (PA), no Estado do Paraná.

De forma geral, observa-se que o modelo DSSAT apresentou maior variação nas simulações de PR em relação ao modelo FAO e que nas cidades do Estado de São Paulo houve boa relação entre os dois modelos nas estimativas, com um r^2 mínimo de 0,78 para o cultivar Contisol-621 em Manduri. Entretanto, para as cidades do Estado do Paraná, a relação entre os modelos diminuiu sendo que, o r^2 mínimo foi o de 0,46 para as duas cidades em relação ao cultivar IAC-Anhandy.

4.2.4 Quebra Relativa de Produtividade

Como pode ser observado na Figura 31, as variações da Quebra Relativa de Produtividade (Q) média simuladas nas diferentes datas de semeaduras pelos modelos FAO e DSSAT, foram semelhantes em todas as cidades do Estado de São Paulo, indicando que as melhores épocas de semeaduras ficam entre outubro e fim de janeiro, para todos os cultivares.

Figura 31 - Quebra Relativa de Produtividade média nas diferentes datas de semeadura, para os cultivares IAC- Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, simulada pelos modelos FAO e DSSAT, nas cidades de Piracicaba (a), Ribeirão Preto (b) e Manduri (c), no Estado de São Paulo

Nessas datas de semeadura o modelo FAO obteve por volta de 25% de Q em todas as cidades, enquanto que o DSSAT apresentou entre 5 e 15%, 10 e 20% e 15 e 25% para as cidades de Piracicaba, Ribeirão Preto e Manduri, respectivamente.

As épocas de maiores Q foram entre maio e fim de junho, chegando a 60% em Piracicaba, 50% em Manduri e 75% em Ribeirão Preto, simuladas pelos dois modelos. Entretanto, vale lembrar que Q maiores que 50% preconizadas pelo modelo FAO não são exatas porque o fator de resposta da cultura à seca (ky), perde sua precisão a partir de 50%. Entretanto, apesar desta limitação, o modelo obteve resultados muito semelhantes ao DSSAT, que não apresenta tal limitação.

Observa-se que na cidade de Ribeirão Preto a Q foi maior do que nas outras cidades porque já em 10 de março houve uma Q igual a 50%, sendo maior que este valor até 01 de setembro. Estes resultados são decorrentes do período prolongado de estiagem desse local (Figura 26.b) que diminui a PR, e também à baixa PP em função das altas temperaturas.

Esses resultados estão de acordo com experimentos de campo realizados por EMBRAPA (1983), Campbell & Athayde (1988) e Ungaro (1997) que mostram que semeaduras posteriores ao fim de fevereiro sofrem redução de produtividade devido ao déficit hídrico e também pela ocorrência de geadas no Estado de São Paulo que atingem a cultura nas fases do florescimento e frutificação.

Nas cidades do Estado do Paraná, observa-se pela Figura 32, que as variações de Q foram semelhantes entre os modelos FAO e DSSAT nas diferentes datas de semeadura para todos os cultivares, apesar dos valores encontrados pelos modelos serem diferentes.

Figura 32 - Quebra Relativa de Produtividade média nas diferentes datas de semeadura para os cultivares IAC- Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK simulada pelos modelos FAO e DSSAT, nas cidades de Ponta Grossa (a) e Paranaíba (b), no Estado do Paraná.

Em Ponta Grossa, devido à ocorrência de excedente hídrico durante praticamente todo o ano, as Q simuladas pelos modelos FAO e DSSAT foram relativamente constantes sendo em média igual a 30%, para o primeiro modelo, e entre 30 e 40%, para o segundo. Os valores das Q simuladas pelo modelo FAO foram maiores que os do DSSAT pelo fato do primeiro apresentar maiores valores de PP em função do aumento

do ciclo da cultura e pelo modelo considerar que a temperatura nessa cidade ser mais próxima do ideal para a cultura.

Em Paranavaí, também devido ao excedente hídrico durante quase todas os meses do ano, não houve variação nos valores das Q, sendo que o modelo FAO apresentou em média Q igual a 45% e o modelo DSSAT por volta de 20 a 30%. Como normalmente ocorre um pequeno déficit hídrico em agosto (Figura 26.e), há aumento da Q nas semeaduras entre maio e metade de junho, chegando a valores entre 40 e 50% pelos dois modelos. Devido às altas temperaturas, o modelo FAO obteve menores PR, ocasionando um aumento das Q em relação ao DSSAT, como pode ser visualizado na Figura 25.b.

Pode-se observar mais detalhadamente pelas Figuras 33 e 34 em relação a todos os dados simulados e para os três cultivares, que o modelo DSSAT simulou mais Q até 10% que o modelo FAO, indicando sua maior sensibilidade às pequenas mudanças no ambiente. Por outro lado, ocorreu muitas Q maiores que 51% simuladas pelo dois modelos, diretamente relacionadas a duração do período de estiagem em cada localidade.

Além disso, observa-se que no Estado de São Paulo os modelos FAO e DSSAT foram semelhantes por apresentarem relativamente as mesmas frequências de ocorrência de Q entre 11 e 50%.

Já no Estado do Paraná, essa aproximação não pode ser verificada pois em Ponta Grossa, devido às baixas temperaturas, o modelo FAO concentrou suas estimativas de Q entre 11 e 30%, enquanto que, o DSSAT chegou a atingir valores superiores a 51%. Na cidade de Paranavaí, o modelo FAO apresentou maiores frequências de Q em valores maiores que 51%, enquanto que, o DSSAT resultou em valores até 10%, para todos os cultivares.

Figura 33 – Frequências Relativa da Quebra Relativa de Produtividade simulada pelo modelo FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas cidades de Piracicaba (a), Ribeirão Preto (b) e Manduri (c), no Estado de São Paulo

Figura 34 – Frequências Relativa de Quebra Relativa de Produtividade simulada pelo modelo FAO e DSSAT para todas as datas de semeadura analisadas, para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, nas cidades de Ponta Grossa (a) e Paranaíba (b), no Estado do Paraná.

Pode-se observar na Tabela 11 que as cidades de Ribeirão Preto e Manduri foram os locais onde ocorreram as menores diferenças médias entre os modelo FAO e DSSAT, da ordem de 5 a 6%, seguida de Ponta Grossa, Piracicaba e Paranaíba onde as diferenças médias foram de 9, 12, 18%, respectivamente.

Tabela 11- Diferença média absoluta, máxima e mínima entre os valores de Quebra Relativa de Produtividade simuladas pelos modelo FAO e DSSAT para cada localidade.

LOCAL	Diferença	IAC-Anhandy	Contisol-621	VNIIMK	GERAL
		Q. (%)	Q. (%)	Q. (%)	Q. (%)
Piracicaba	Média Absoluta	10	12	13	12
	Máxima	18	20	41	41
	Mínima	1	1	0	0
Ribeirão Preto	Média Absoluta	6	6	7	6
	Máxima	13	11	11	30
	Mínima	0	0	3	0
Manduri	Média Absoluta	5	2	6	5
	Máxima	12	8	11	12
	Mínima	1	0	0	0
Ponta Grossa	Média Absoluta	7	12	8	9
	Máxima	13	20	13	20
	Mínima	2	7	1	1
Paranavai	Média Absoluta	18	20	18	18
	Máxima	26	29	26	29
	Mínima	4	8	5	4
GERAL	Média Absoluta	9	10	10	
	Máxima	26	29	41	
	Mínima	0	0	0	

A maior diferença entre os modelos FAO e DSSAT ocorreu na cidade de Piracicaba com o cultivar VNIIMK apresentando uma diferença máxima de 41%.

Em função do exposto e como pode ser visualizado na Figura 35, as cidades do Estado de São Paulo, apresentaram boa relação entre as Q simuladas pelos modelos FAO e DSSAT, resultando em um r^2 mínimo de 0,94 em Manduri para o cultivar Contisol-621. Ainda na Figura 35, pode-se verificar que as Q simuladas pelo modelo FAO tenderam a ser maiores que as do modelo DSSAT, devido às variações da PP (Figura 17) e às constantes superestimativas de PR pelo modelo DSSAT (Figura 24).

Figura 35 - Relação entre as Quebras Relativas de Produtividade simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Piracicaba (PI), Ribeirão Preto (RP) e Manduri (MA), no Estado de São Paulo.

Na Figura 36 observa-se que na cidade de Ponta Grossa não houve boa relação entre os modelos FAO e DSSAT, pela baixa amplitude das Q simuladas pelos dois modelos, decorrente das variações da PP (Figura 18.a) e da baixa PR (Figura 25) simulada pelo modelo DSSAT.

Figura 36 - Relação entre as Quebras Relativas de Produtividade simuladas pelos modelos FAO e DSSAT para os cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK para Ponta Grossa (PG), Paranavaí (PA), no Estado do Paraná.

Já em Paranavaí as relações melhoraram, em comparação à Ponta Grossa, mas devido à baixa variação da Q simulada pelo modelo FAO (Figura 36) os valores de r^2 ficaram entre 0,52 e 0,63.

5. CONCLUSÕES

Devido ao exposto, pode-se concluir que:

- 1) Foi possível a calibração dos coeficientes genéticos, P1, P2 e P5, utilizados pelo modelo DSSAT com os dados simulados e observados na localidade de Monte Alegre do sul, SP.
- 2) Observou-se que as maiores diferenças, entre os modelos FAO e DSSAT/OILCROP-SUN, ocorreram nas estimativas de Produtividade Potencial. Já a simulação de Produtividade Real foi semelhante entre os modelos, tanto para as localidades do Estado de São Paulo como para as do Paraná, com exceção de Paranavaí, onde houve a maior diferença. Por fim, a Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura foi também próxima entre os modelos, com exceção também de Paranavaí. Apesar destas diferenças na cidade de Paranavaí, notou-se que ambos os modelos determinaram as mesmas épocas de semeadura para a obtenção das maiores produtividades, com ou sem irrigação, podendo ser utilizados para estudos agrometeorológicos.
- 3) As melhores épocas de semeadura para a produção em sequeiro determinado pelos dois modelos para os cultivares IAC-Anhandy, Contissol-621 e VNIIMK, são 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 são 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDISCOTT, T. M.; WAGENET, R. J. Concepts of solute leaching in soils: A review of modelling approaches, *J. Soil Sci.*, v.36, p.411-424, 1985.
- AGGARWAL, P. K.; PENNING DE VRIES, F. W. T. Potential and water limited wheat yield in rice-based cropping systems in southeast Asia. *Agric. Syst.*, v.30, p. 49-69, 1989.
- ALFONSI, R. R. Épocas de semeadura para a cultura do milho (*Zea Mays*. L.) baseadas na probabilidade do atendimento hídrico em fases fenológicas críticas para o Estado de São Paulo. Piracicaba, 1996. 137p. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ALLARD, H. A.; GARDNER, W. W. Further observations on the response of various species of plants to length of day. U. S. Dep. Agric. **Tech. Bull.** nº 727, 35p., 1940.
- ALMEIDA, A. P. O girassol e considerações sobre sua cultura em Angola. **Gazeta Agrícola de Angola**, Luanda, v.15, n.1, p. 38-52, 1970.
- ALVAREZ DEL TORO, J. A. Respuesta del girasol (*Helianthus annuus* L.) a un suministro variable de agua de riego y de nitrogenio. Ph.D. diss. ETSIA, Univ. de Córdoba, Spain, 1987.
- ANDERSON, W. K. Some factors influencing yield and adaptation in sunflower. Ph.D. Thesis, University of new England, Armidale, N.S.W., 36p., 1977.
- ANDERSON, W. K.; SMITH R. C. G. McWILLIAM, J. R. A systems approach to the adaptation of sunflower to new environments. II. Effects of temperature and radiation on growth and yield. **Field. Crops Res.**, v.1, p.153-163, 1978b.

- ANDERSON, W. K.; SMITH, R. C. G.; McWILLIAM, J. R. A systems approach to the adaptation of sunflower to new environments. I. Phenology and development. **Field Crops Res.**, v. 1, p. 142-52, 1978a.
- ANGELOCCI, L. R.; VILLA NOVA, N. A. Temperatura do ar e do solo: aspectos físicos e agronômicos. In: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia. Agrometeorologia. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, p.1-27, 1985.
- ÅNGSTRÖM, A.; Solar and terrestrial radiation. **Q. J. Meteor. Soc. London**, v.50, p. 121-126, 1924.
- ANGUS, J. F.; MONCUR, M.W. Models of growth and development of wheat in relation to plant nitrogen. **Aust. J. Agric. Res.**, v.36, p. 537-544, 1985.
- ANTUNES, P. M.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Modelo Matemático para previsão do acúmulo de matéria seca das épocas de florescimento e do ponto de maturidade fisiológica na cultura de milho. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.179-181, 1997.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear leaf unit system. **Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v.74, p.430-445, 1959.
- ASARE, D. K.; SAMMIS, T. W.; ASSADIAN, H. FOWLER, J. F. Evaluating three cotton simulation models under different irrigation regimes. **Agric. Water. Manage.**, v.22, p. 391-407, 1992.
- ASSAD, E. D. Metodologias para o zoneamento de riscos climáticos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p.79-85.
- BARBIERI, V.; TERUEL, D. A.; SILVA, J. G. Balanço Hídrico de Thornthwaite & Mather modificado para estimativa de deficiência nas culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; ESALQ, 1997, p. 587-589.
- BARBIERI, V.; TUON, R.L. **Metodologia para estimativa da produção potencial de algumas culturas**. ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1992. 17 p.

- BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. 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, 1995.
- BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: I. Relação entre rendimento e índice hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, 1996.
- BARROS, A. H. C.; COSTA, L. C. Um modelo para a estimar a produtividade do milho (zea mays L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p.334.
- BELL, M. A.; FISCHER, R. A. Using yield prediction models to assess yield gains: A case study for wheat. **Field Crop Res.**, v.36, p. 161-166, 1994.
- BERNARDO, D. J.; WHITTLESEY, N. K.; SAXTON, K. E.; BASSETT, D. L. Irrigation optimization under limited water supply. **TRANSACTIONS of the ASAE**, v.31, n.3, 712-719p., 1988.
- BEVITÓRI, R.; BALLA, A. J. Estudo de época de semeadura e densidade de plantas de girassol no estado de Goiás. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12, Campinas, 1997. **Resumos**. Campinas: Fundação Cargill, 1997. P57.
- BIRCH, E. B. Guidelines for crop sunflower yields. In: **FARMING in South Africa**. Pretória: Department of Agriculture, p. 1-6, 1982
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; PICKERING, N. B. Potential uses and limitations of crop models. **Agronomy Journal**, v. 88, p.704-716, 1996.
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; WILKERSON, G.G.; JAGTAP, S. S. **PNUTGRO V1.02: Peanut Crop Growth Simulation Model, User's guide**. Fla. Agric. Exp. Stn., Journal no. 8420. University of Florida, Gainesville, 1989.
- BOOTE, K. J.; PICKERING, N. B. Modeling photosynthesis of row crop canopies. **HortScience**, v. 29, p. 1423-1434, 1994.

- BOWEN, H. D.; COLWICK, R. F.; BATCHELDER, D. G. Computer simulation of crop production: Potential and hazards. **Agric. Eng.**, 54(10):42-45, 1973.
- BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. The water requirement of plants. I. Investigations in the Great Plains in 1910 and 1911. Bull. n° 284. U.S. **Bur. Plant Ind.**, Washington, D. C., 1913.
- BROWN, D. M.; CHAPMAN, I. J. Soybean development units for zones and varieties in the great lakes region. **Agron. J.**, v.53, p.306-308, 1961.
- BROWN, J. F.; KAJORNCHAIYAKUL, P.; SIDDIQUI, M. Q; ALLEN, S. J. Effects of rust on growth and yield of sunflower in Australia. Proc. 6th Int. Conf., Bucarest, Romania, p. 639-646, 1974.
- CÂMARA, G. M. S. Potencial da cultura do girassol para rotação com cana-de-açúcar. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 7, 1997, Campinas. **Resumos**. Piracicaba, p. 1-4, 1997.
- CÂMARA, G.M.S. **Introdução à cultura do girassol**. Apostila. Piracicaba, Departamento de Agricultura, ESALQ-USP. 1998. 10p.
- CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.279-292, 1986.
- CAMARGO, M. B. P.; ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ROSA, S. M. Teste de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade para laranja valência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p. 330.
- CAMPBELL, A. T.; ATHAYDE, M. L. F. Efeito de datas de semeadura no comportamento de dois genótipos de girassol. I. Aspectos fenológicos e agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n.4, p.371-378, 1988.
- CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Simulação do ciclo de cultivo e risco no estabelecimento da cultura de milho “safrinha”semeada em diferentes épocas, através do modelo CERES-maize. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p.324.

- CHAPMAN, S. C.; HAMMER, G. L.; MEINKE, H. A sunflower simulation model: I. Model development. **Agron. J.**, v. 85, p. 725-735, 1993.
- CHARLES-EDWARDS, D. A.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G. M. Modelling plant growth and development. **Academic Press**, Sydney, 235p., 1986.
- CHIMENTI, C. A.; HALL, A. J. Sensibilidad del número de rutos por capítulo de girasol (*Helianthus annuus* L.) a cambios en el nivel de radiación durante la ontogenia del cultivo. p. 27-28. In: Actas Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, 14^a, Huerta Grande, Córdoba. Mar. 1992. **Anais. Soc. Argentina de Fisiología Vegetal**, Huerta Grande. 1992, p.300.
- COBIA, D. W.; ZIMMER, D. E. Sunflower production and marketing. North Dakota University of Agriculture and Applied Science. Extension Bulletin 25, 73p, 1978.
- COCK, J. H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop. Sci.**, v. 19, p. 217-279, 1979.
- COLSON, J.; WALLACH, D.; BOUNIOLS, A.; DENIS, J. B.; JONES, J. W. Mean squared error of yield prediction by SOYGRO. **Agron. J.**, v. 87, p. 397-402, 1995.
- CONNOR, D. J.; JONES, T.R. Response of sunflower to strategies of irrigation: II. Morphological and physiological responses to water stress. **Field Crops Res.**, v. 12, p. 91-103, 1985.
- COSTA, L. C. Modelagem e simulação em Agrometeorologia. Folheto apresentado durante o X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba, 6 p., 13 a 18 de julho de 1997.
- CROSS, H. Z.; ZUBER, M. S. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. **Agron. J.**, v. 64, p.351-355, 1972.
- De Wit, C. T. Photosynthesis of leaf canopies. **Agric. Res. Rep.**, v. 663, p.1-57, 1965.
- De WIT, C. T.; GOUDRIAAN, J. **Simulation of ecological processes**. Centre for Agricultural Publishing and Documentation - PUDOC, Wageningen, The Netherlands, 159p., 1974.
- De WIT, C. T.; GOUDRIAAN, J.; van LAAR, H.H.; PENNING DE VRIES, F. W. T.; RABBINGE, R.; van KEULEN, H.; LOUWERSE, W.; SIBMA, L.; de JONGE, C. **Simulation of assimilation**,

- respiration, and transpiration of crops.** Simulation Monographs. Wageningen, the Netherlands. Ed. Pudoc, 1978.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Roma: FAO. 193p. (**FAO Irrigation and Drainage Paper, 33**), 1979.
- DUCHON, C. E. Corn yield prediction using climatology. *J. Climate Appl. Meteorol.*, v.25, p.581-590, 1986.
- DUNCAN, W. G.; LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A.; HANAU, R. A model for simulating photosynthesis in plant communities. *Hilgardia*, v.38, p. 181-205, 1967.
- DYER, H. J.; SKOK, J.; SCULLY, N. J. Photoperiodic behaviour of sunflower. *Bot. Gaz.*, Chicago, v.121, p.50-55, 1959.
- EGLI, D. B.; BRUENING, W. Planting date and soybean yield: Evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO. *Agric. For. Meteorol.*, v.62, p.19-29, 1992.
- EL-SHARKAWY, M. A.; HESKETH, J. D. Effects of temperature and water deficit on leaf photosynthetic rates of different species. *Crop. Sci. Res.* V4, p. 514-518, 1964.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de soja. Indicações técnicas para o cultivo do girassol. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1983. (Documento, 3).
- FANCELLI, A. L.; KAEHN, D.; SILVA, D. M. J. A. **Tecnologia da produção de sementes de girassol.** Piracicaba. Departamento de Agricultura ESALQ-USP. 1980. 60 p.
- FARIA, R. T. Utilização de modelos de simulação como ferramenta para zoneamento agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. *Anais.* Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p.32-37.
- FERRAUDO, A. S.; ANDRÉ, R. G. B.; PINHO, S. Z. Modelo Agrometeorológico para estimar o rendimento de grãos de milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.3, p.93-96, 1995.

- FICK, G.N.; ZIMMERMAN, D. C.; Variability in soil content among heads and seeds within heads of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). **J. Am. Oil. Chem. Soc.**, v. 50, p. 529-531, 1973
- GALLAGHER, H. N.; BISCOE, P. V. Radiation absorption, growth and Yield of cereals. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, v.91, p. 47-60, 1978.
- GILMORE, E.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50, p. 611-615, 1958.
- GIMÉNEZ, C. Resistencia la sequía de cultivares de girasol bajo condiciones de campo. Ph.D. diss. ETSIA, Univ. de Córdoba, Spain, 1985.
- GIMENO, V.; FERNÁNDEZ, J. M.; FERERES, E. Winter plantings as a means of drought escape in sunflower. **Field. Crop. Res.**, v.22, p. 307-316, 1989.
- GLOVER, J.; McCULLOCH, J. S. G. The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine. *Quartely Journal of Royal Meteorology Soc.*, v. 84, p. 84, p. 172-175, 1958.
- GODWIN, D. C.; JONES, C. A. Modeling nitrogen dynamics in soil-plant system. p. 287-320. In: J. Hanks and J. T. Ritchie (ed) *Modeling plant and soil systems*. Agron. Monogr. 31. ASA, CSSA, and SSSA, MADISON, WI, 1991.
- GOODWIN, D.; RITCHIE, J.; SINGH, U.; HUNT, L. A. A user's guide to CERESwheat - V2.10, 2nd ed. Int. Fertilizer Development, Ctr. Muscle Shols, AL, 1990.
- GOYNE, P. J., SCHNEITER, A. A.; CLEARY, K. C.; CREELSMAN, R.; STEGMEIER, W.; WOODING, F. Sunflower genotypes response to photoperiod and temperature in field environments. **Agron. J.**, v.81, p. 826-831, 1989.
- GOYNE, P. J.; HAMMER, G. L. Phenology of sunflower cultivars. II. Controlled-environment studies of temperature and photoperiod effects. **Australian Journal of Research**, v. 33, p. 251-261, 1982.
- 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.

- GOYNE, P. J.; WOODRUFF, D. R.; CHURCHETT, J. D. Prediction of flowering sunflowers. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Husbandry**, v.17, p. 475-481, 1977.
- GRIMM, S. S.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; HESKETH, J. D. Parameter Estimation for predicting flowering date of soybean cultivars. **Crop. Sci.**, v.33, p. 137-144, 1993.
- HABERMANN, H. H.; WALLACE, R. H. Prediction of flowering sunflowers genotypes. **Am. J. Bot.**, v.45, p.479-82, 1958.
- HALL, A. J.; CHIMENTI, C. A.; VILELA, F.; FREIER, G. Timing of water stress effects on yield components of sunflower, p. 131-136. In: Int. Sunflower Conf., 11th, Mar del Plata, Argentina. Mar. 1985. Int. Sunflower Assoc., Mar del Plata.
- HALL, A. J.; CONNOR, D. J.; WHITFIELD, D. M. Root respiration during grain filling in sunflower. **Plant Soil**, v. 121, p. 57-66, 1990.
- HAMMER, G. L.; GOYNE, P. J.; WOODRUFF, D. R. Phenology of sunflower cultivars. III. Models for prediction in field environments. **Aust. J. Agric. Res.**, v.33, p. 263-274, 1982.
- HANKS, J.; RITCHIE, J. T. Modeling plant and soil systems. Agron. Monogr. 31, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, 1991.
- HANKS, R. J.; RASMUSSEN, V. P. Predicting crop production as related to plant water stress. **Advances in Agronomy**, New York, v.45, p. 193-215, 1982.
- HARRIS, H. C.; McWILLIAM, J. R.; MASON, W. K. Influence of Temperature on Oil Content and Composition of Sunflower Seed. **Australian Journal of Agriculture Research**, Armidale, 29, p. 1203-1212, 1978.
- HEARN, A. B.; BROOK, K. D. A case study of the application of a knowledge-based system to cotton pest management: A tale of two technologies. **AI Applic. Nat. Resour. Manage.** v.3, p.60-64, 1989.
- HOIRE, T. Simulation of sunflower growth. I. Formulation and parametrization of dry matter production, leaf photosynthesis, respiration and partitioning of photosynthates. **Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. (Japan) Ser. A**, v.4, p. 45-70, 1977.

- HOOGENBOOM, G.; WHITE, J. W.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J. BEANGRO V.1.01. Dry bean crop growth simulation model: User's guide. Florida Agric. Exp. Stn. Journal no. N-00379. Agric. Engineering Dep. and Agronomy Dep., Univ. of Florida, Gainesville, 1991.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas: Boletim 200**. Campinas. 396 p. 1998.
- 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.
- IVES, P. M.; HEARN, A. B. The SIRATAC system for cotton pest management in Australia. p. 251-268. In: P.S. Teng (editor) Crop loss assessment and pest management. APS Press, St. Paul, MN, 1987.
- JAME, Y. W.; CUTFORTH, W. Crop growth models for decision support systems. **Can. J. Plant Sci.** v.76, p. 9-19, 1996.
- JENSEN, M. E. Water consumption br agricultural plants. In: KOZLOWSKI, T. T., (Ed.). Water deficits and plant growth. New York: Academic, 1968. V.2, p.48.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. CERES-Maize. A simulation model for maize growth and development. Texas A&M University Press, College Station. 1986.
- JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; HOOGENBOOM, G.; JAGTAP, S. S.; WILKERSON, G. G. SOYGRO v5.42- soybean crop growth simulation model: User's guide. Fla. Agric. Exp. Stn. J. no. 8304 Univ. of Florida Gainesville, 1989.
- JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; JAGTAP, S. S.; WILKERSON, G. G.; HOOGENBOOM, G.; MISHOE, J. W. SOYGRO V5.4-Technical documentation. Agric. Eng. Dep. Res. Rep., University of Florida, Gainesville, 1987.
- KEATING, B. A.; McCOWN, R. L.; WAFULA, B. M. Adjustment of nitrogen inputs in response to seasonal forecast in a region with high climatic risk. p. 233-252. In F. Penning de Vries et al. (editor) Systems approaches for agricultural development, v.2. Proc. Int. Symp., Bankok, Thailand, 2-6 Dec. 1991. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Netherland, 1993.

- KEEFER, G. D.; McALLISTER, J. E.; URIDGE, E. S.; SIMPSON, B. W. Time of planting effects on development, yield and oil quality of irrigated sunflower. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, v.16, p. 417-422, 1976.
- LANGRIDGE, D. F.; GOODMAN, R. D. A study on pollination of sunflower (*Helianthus annuus* L.) **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Melbourne**, v. 14, p. 201-204, 1974.
- LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. B. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, Madison, v. 3, p. 67-72, 1963.
- MARC, J.; PALMER, J. H. Photoperiod sensitivity of inflorescence initiation and development in sunflower. **Field Crops. Res.**, v.4, p. 155-164, 1981.
- MARC, J.; PALMER, J. H.; Determination of the length of the vegetative and pre-floral stages in the day-neutral plant *Helianthus annuus* by chilling pulses. **J. Exp. Bot.**, v.29, p. 367-373, 1978.
- MARC, J.; PALMER, J. H. Relationship between water potential and leaf and inflorescence initiation in *Helianthus annuus*. **Physiol. Plant.**, v.36, p.101-104, 1976.
- MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Risco climático para épocas de semeadura da cultura do girassol no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11/Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. **Resumos**. Florianópolis 1999 (CDROM).
- 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, 1993a.
- MASSIGNAM, A. M.; ANGELOCCI, L. R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de sub-períodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1; p.63-69, 1993b.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; RIBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas (1). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 85-92, 1995.

- MILLER, J. F.; ROATH, W. W. Compensatory response of sunflower to stand reduction applied at different plant growth stages. **Agron. J.**, v.74, p. 119-121, 1982.
- MONSI, M.; SAEKI, T. Uben den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften un seine bedeutung fur die stoff produktion. **Japan Journal of Botany**, Tokio, v.14, p.22-52, 1953.
- MONTEITH, J. L. The quest for balance in crop modeling. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 695-697, 1996.
- MONTEITH, J. L. Consevative behaviour in the response of crops to waterand light. p. 3-16. IN: R. Rabbinge et al. (editor) Theoretical production ecology: Reflections and prospects. Pudoc, Wageningen, 1990.
- MONTEITH, J. L. Does light limit crop production? In: C. B. Johnson (Editor), *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. Butterworths, London, p. 23-28, 1981.
- MONTEITH, J. L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals fo Botany**, Oxford, v. 29, p.17-37, 1965.
- MORAES, S. A.; UNGARO, M. R. G.; MENDES, B. M. J. “**Alternaria helianthi**” **Agente causal de doença em girassol**. Campinas, Fundação Cargill, 20p., 1983.
- MUCHOW, R. C.; HAMMER, G. L.; CARBERRY, P. S. Optimising crop and cultivar selection in response to climatic risk. p. 235-262. In: R. C. Muchow and J. A. Bellamy (ed) *Climatic risk in crop production: models and management for the semiarid tropics and subtropics*. C. A. B. International, Wallingford, UK, 1991.
- ONISHCHENKO, M. A. Effects of mineral fertilizers on seed yield and quality of sunflower. In: *Research Work on Oil Crops*, Maikop, p. 47-51 (Abstracted in **Field Crop Abstr**, v. 24, p.25-31), 1968.
- ORESKEs, N.; SHRADER-FRECHETTE, K.; BELITZ, K. **Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences**. *Science* (Washington, DC), v. 263, p. 641-646, 1994.
- ORTOLANI, A. A.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P.; PEZZOPANE, J. E. M.; GONÇALVES, P. S. Modelos agrometeorológico para estimativa da produção anual e sazonal de látex em seringueira. **evista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n.1, p. 147-150, 1996.

- PASSIOURA, J. B. Sense and nonsense in crop simulation. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.**, v.39,p. 181-183, 1973.
- PASSIOURA, J. B. Simulation Models: Science, Snake Oil, Education, or Engineering?. **Agron. Journal**, v.88,p. 690-694, 1996.
- PASSIOURA, J. B., Roots and drought resistance. **Agric. Water Manage.** v.7, p. 265-280. 1983.
- PAUL, M. J.; LAWLOR, D. W.; DRISCOLL, S. P. The effect of temperature on photosynthesis and carbon fluxes in sunflower and rape. **J. Exp. Bot.** v. 41, p. 547- 555, 1990.
- PEART, R. M.; CURRY, R. B. **Agricultural Systems Modeling and Simulation**.Ed. Marcel Dekker, Inc. University of Florida, Gainesville, Florida, 696p., 1998.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; MASCARENHAS, H. A. A.; TISSELI FILHO, O.; ANGELOCCI, L R.
Análise de crescimento em soja. Turrialba, San Jose, v.35, n.4 , p.323-7, out./dez. 1985.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M. B. P; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A.; MIRANDA, M. A. C. Teste de um modelo para estimativa de profundidade da soja. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3, Campinas, 1983. **Resumos**. Campinas. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1984. P. 138-139.
- PELEGRINI, B. **Girassol uma planta solar que das américas conquistou o mundo**. Icone Editora. 117p, 1985
- PENNING DE VRIES, F.W.T. Crop production in relation to availability of nitrogen. p. 213-247. In: F.W.T. Penning de Vries and H. H. van Laar (ed) Simulation of plant growth and crop production. PUDOC, Wageningen, Netherlands, 1982.
- PENNING DE VRIES, P. K. T.; KROPFF, M. J.; TENG, P. S. KIRK, G. J. D. Systems simulation at IRRI. **IRRI Res. Pap. Ser.** 151, IRRI, Manila, Philippines, 1991.
- PEZZOPANE, J. E. M.; LIMA, P. C. S.; CUNHA, G. M.; ESPOSTI, M. D. D.; SANTOS, A. R. Zoneamento climático de perda da produtividade potencial do feijoeiro, em função de déficit hídrico, na Região Sul do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, Piracicaba, 1997. **Resumos**. Piracicaba. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1997. P. 342-343.

- PHILIP, J. R. Soils, natural science and models. **Soil Sci.**, v. 151, p.91-98, 1991.
- PRÈSCOTT, J., A.; Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans. R. Soc. Aust.** v. 64, p. 114-118, 1940.
- 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.
- RABBINGE, R; RIJSDIJK, F. H. EPIRE: A disease and pest management system for winter wheat, taking account of micrometeorological factors. **EPPO Bull.**, v. 13, p. 297-305, 1983.
- RADFORD, B. J. Influence of size of achenes sown and depth of sowing on growth and yield of dryland oilseed sunflowers (*Helianthus annuus*) on the Darling Downs. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, v.17, p. 489-494, 1977.
- RAWSON, H. M.; DUNSTONE, R. L. Simple relationships describing the responses of leaf growth to temperature and radiation in sunflower. **Aust. J. Plant Physiol.**, v. 13, p. 321-327, 1986.
- RAWSON, H. M.; DUNSTONE, R. L.; LONG, M. J.; BEGG, J. E. Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation. **Aust. J. Plant Physiol.** v.11, p. 255-265, 1984.
- RAWSON, H. M.; HINDMARSH, J. H. Effects of temperature on leaf expansion in sunflower. **Aust. J. Plant Physiol.**, v.9, p. 209-219, 1982.
- RAWSON, H. M.; HINDMARSH, J. H. Light, leaf expansion and seed yield in sunflower. **Aust. J. Plant Physiol.**, v. 10, p. 25-30, 1983.
- RAWSON, H. M.; TURNER, N. C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars II. The development of leaf area. **Aust. J. Plant. Physiol.**, v.9, p. 449- 460, 1982.
- REYES, F. G. R.; GARIBAY, C. B.; UNGARO; M. R. G.; TOLEDO; M. C. F. **Girassol, cultura e aspectos químicos, nutricionais, tecnológicos.** Fundação Cargill. Campinas, 86p. 1985.

- RITCHIE, J. T. A user-oriented model of the soil water balance of wheat. p. 293-305. In: W. Day and R. K. Atkins (ed) *Wheat growth and modelong*. Plenum, New York, 1989.
- RITCHIE, J. T. Climate and soil water. In: *Moving up the Yield Curve: Advances and Obstacles*. Am. Soc. Agron. Special Publication N° 39, Madison, WI, p.1-23. 1980.
- RITCHIE, J. T. Specifications of the ideal model for predicting crop yields. p.97-122 In: R. C. Muchow and J. A. Bellamy (ed). *Climatic risk in crop production: models and management for semiarid tropics and subtropis*. CAD Interational, Wallingford, UK, 1991.
- RITCHIE, J. T.; GODWIN, D. C.; SINGH, U. Soil and weather inputs for the IBSNAT crop models. In: *Proc. IBSNAT Symp.: Decision Support System for Agrotechnology Transfer*, Las Vegas, NV, p. 16-18 october 1989. Par I: *Symposium Proceedings*. Dep. of Agronomy and soil Science. College of Tropical Agric. and Human Resources Univ. of Hawaii, Honolulu, 1990.
- RITCHIE, J. T.; OTTER, S. Description and performance of CERES-wheat: Auser-oriented wheat yield model. USDA-ARS Grassland, Soil and Water Laboratory, Temple, Texas, 37p., 1983.
- ROBINSON, R. G. Production and culture. In *Sunflower Science and Technology*, ed J. F. Carter, Series n° 19, p. 89-143. **Am Soc. Agron.**, Madison, 1978.
- ROESSING, A.C. Situação Mundial das Oleaginosas. Informe Econômico. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. v., n.1, p. 5-26. 1997.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.133-137, 1998.
- ROSSI, R. O. **Girassol**. Editora Tecnoagro Ltda. Curitiba. 333p. 1997.
- ROTTA, A. I.; LOURENÇÃO, A. L.; MORAES, S. A. Levantamento Pedológico da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, SP. **Bragantia**, Campinas, v.42: p. 281-288, 19
- SADRAS, V. O.; HALL, A. J. Patterns of water availability for sunflower crops in semi-arid central Argentina. A simulation-based evaluation of their interactions with cropping strategies and cultivar traits. **Agric. Sys.** v. 31, p. 221-238, 1989.

- SADRAS, V.O.; VILLALOBOS, F.J.; FERERES, E.; WOLFE, D.W. Leaf responses to soil water deficits: Comparative sensitivity of leaf expansion rate and leaf conductance in field-grown sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant. Soil**, v. 153, p. 189-194, 1993.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J.F.; Description of sunflower growth stages. **Crop. Sci.** v.21, p.901-903, 1981.
- SCHNEITER, A.; JONES , J. M.; HAMMOND, J. J. Simulated hail research in sunflower: Defoliation. **Agron. J.**, p, 79, p. 431-434, 1987.
- SCHUSTER, W.; BOYE, R. Der Einfluss von Temperatur und Tageslange auf verschiedene Sonnenblumensorten unter Kontrollierten Klimabedingungen und im Freiland. **Z. Pflanzenzucht.**, v. 65, p. 151-176, 1971.
- SENTELHAS, P. C.; NOGUEIRA, S. S. S.; PEDRO JÚNIOR, M . J.; SANTOS, R. R. Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p. 43-49, 1994.
- 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.
- SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Índices bioclimático para a cultura do girassol. Piracicaba. **Sci. agric.**, Piracicaba, v.55, n.1, p.73-78, jan./abr.1998.
- SIDDIQUI, M. Q.; BROWN, J. F.; ALLEN, S. J. Growth stages of sunflower and intensity indices for white blister and rust. **Plant Dis. Rep.**, v.59, p. 7-11, 1975.
- SILVA, W. S. Aptidões climáticas para as culturas do girassol, mamona e amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, m.82, p. 24-28, 1981.

- SINCLAIR, T. R.; DE WIT, C. T.; Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agron. J.**, p.68, p. 319-324, 1976.
- SMITH, R. C. G.; ANDERSON, W. K.; HARRIS, H.C. A systems approach to the adaptation of sunflower to new environments. III. Yield predictions for continental Australia. **Field Crops Res.**, v.1, p.215-228, 1978.
- SOARES, A.S. Modelo para avaliação do efeito do déficit do excesso hídrico sobre o rendimento do milho na localidade de Urussanga, Santa Catarina. Dissertação Mestrado. ESALQ. Janeiro de 1996. 88p.
- STEER, B. T.; MILROY, S. P.; KAMONA; R. M. A model to simulate the development, growth and yield of irrigated sunflower. **Field Crops Res.**, v. 32, p. 83-99, 1993.
- STEER, B.T.; HOCKING, P.J. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): Acquisition and partitioning of dry matter and nitrogen by vegetative organs and their relationship to seed yield. **Field Crops Res.** v.9, p. 237-251, 1984.
- STOYANOVA, Y. Sunflower crops and their problems in Bulgaria. Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, Romania, p. 43-6, 1974.
- TAKAMI, S.; TURNER, N. C.; RAWSON, H. M. Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in relation to water deficits. I. Patterns during plant development. *Plant Cell Environ.*, v.4, p. 399-407, 1981.
- TALHA, M.; OSMAN, F. Effect of soil water stress on water economy and oil composition in sunflower (*Helianthus annuus* L.), *J. Agric. Sci.*, v.84, p. 49-56, 1975.
- THOMÉ, V.M.R.; ZAMPIERI, S.; BRAGA, H.J.; PANDOLFO, C.; SILVA JÚNIOR, V.P.; BACIC, I.L.Z.; LAUS NETO, J. A.; SOLDATELI, D.; GEBLER, E.F.; DALLE ORE, J. DE A.; ECHEVERRIA, L.C.R.; RAMOS, M.G.; CAVALHEIRO, C.N.R.; DEEKE, M.; MATTOS, J.F.; SUSKI, P.P. Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. **Anais.** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, p.119.

- THOMPSON, L. M. Weather and technology in the prediction of corn in the Corn Belt. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.453-456, 1969.
- THORNLEY, J. H. M. A model of a biochemical switch and its applications to flower initiation. **Am. Bot.**, v.36, p. 861-871, 1972.
- THORNLEY, J. H. M. Mathematical models in plant physiology: a quantitative approach to problems in plant and crop physiology. London: **Academic Press**, London, 1976. 318p.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a regional classification of climatic. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, R. J. The Water Balance. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 1955, 104p. (Publication in Climatology).
- TRAPANI, N.; HALL, A. J.; SADRAS, V. O.; VILELA, F. Ontogenetic changes in radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crops. **Field Crops Res.**, v.29, p. 301-316, 1992.
- TRAPANI, N.; HALL, A. J.; VILLALOBOS, F. J. Pre-anthesis partitioning of dry matter in sunflower (*Helianthus annuus* L.) crops. **Field Crops Res.** v. 37, p. 235-246, 1994.
- TRAPANI, N.; SADRAS, V.O.; VILELA, F.; HALL, A.J. A physiological analysis of the growth and yield of two sunflower cultivars. p.136- 141. In: Proc. Int. Sunflower Conf., 12th, Novi Sad, Yugoslavia. Sept. 1988. Int. Sunflower Assoc., Novi Sad.
- TSUJI, G. Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. **DSSAT: a decision support system for agrotechnology transfer. Version 3**. Vols. 1, 2 and 3. University of Hawaii, Honolulu, HI, 1994.
- UNGARO, M. R. G. **Instruções para a cultura do Girassol**. Boletim Técnico N° 105. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 26 p., 1986
- UNGARO, M. R. G. Recomendações técnicas para o cultivo do girassol. *Correio Agrícola*. fevereiro, p. 314- 319, 1981.

- UNGARO, M. R. G.; SENTELHAS, P. C.; TURATTI, J. M.; SOAVE, D. Influência da temperatura do ar na composição de aquênios de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n.4, p.351-356, 1997.
- UNGER, P. W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. Irrigation of agricultural crops. **Agronomy Series**, Winsconsin, n. 30, p. 775-794, 1990
- VAN KEULEN, H; WOLF, J. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops, pudoc, Wageningen, The Netherlands. Simulation Monograph Series, 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.
- VILLALOBOS, F. J.; RITCHIE, J. T. The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. **Field Crops Res.** v. 29, p. 37-46, 1992.
- VILLALOBOS, F. J.; SADRAS, V. O.; SORIANO, A.; FERERES, E. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower genotypes. **Field Crops Res.**, v.36, p. 1-11, 1994.
- WANG, J. Y. A critique of heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, Brooklyn, 41(4): 785-790, 1960.
- WARRINGTON, I. J.; KANEMASU, E. T. Corn growth response to temperature and photoperiod II. Leaf initiation and leaf-appearance rates. **Agron. J.**, v. 75, p. 755-761, 1983.
- WEISS, A. From crop modelling to information systems for decision making. p. 285-290. In: J. F. Griffiths (editor) *Handbook of agricultural Meteorology*. Oxford Univ. Press, New York, 1994.
- WENT, F. W. The experimental control of plant growth. **Chron. Bot.**, v17, 336p., 1957.
- WHITFIELD, D. M.; CONNOR, D. J.; HALL, A. J. Carbon dioxide balance of sunflower (*Helianthus annuus*) subjected to water stress during grain filling. **Field Crops Res.**, v. 20, p. 65-80, 1989.
- WILLIAMS, G. D. V., FAUTLEY, R. A.; JONES, K. H.; STEWART, R. B.; WHEATON, E. E. Estimating impact of climatic change on agriculture in Saskatchewan, Canada. p.221-379. In: M. L. Parry, T. R. Carter and N.T. Konijn (eds). *The impact of climatic variation on agriculture*. Vol 1:

Assessments in cool temperature and cold regions. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1988.

YEGAPPAN, T. M.; PATON, D. M.; GATES, C. T.; MULLER, W. J. Water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.): I. Effect on plant development. **Ann. Bot.** (London), v.46, p. 61-70, 1980.

ANEXO 1 - Dados observados referente à duração de cada sub-período dos cultivares IAC-Anhandy, Contisol-621 e VNIIMK, em diferentes datas de semeadura no ano de 1988 e 1989, na localidade de Monte Alegre do Sul, SP.

IAC-Anhandy

Datas de Semeadura	(Dias)					IAF máximo da cultura (m ² .m ⁻²)
	T1	T2	T3	T4	T5	
	(Semeadura - Emergência)	(Emergência - Fim da fase juvenil)	(Fim da fase Juvenil - Iniciação Floral)	(Iniciação Floral - Primeira Antese)	(Primeira Antese - Maturidade Fisiológica)	
14/1/88	7	6	46	14	16	3,36
22/4/88	8	16	36	33	24	1,47
18/5/88	10	5	56	16	46	0,85
17/6/88	11	20	52	37	15	1,74
15/7/88	14	27	25	33	17	1,75
23/8/88	7	9	40	18	23	4,33
19/9/88	9	19	25	32	9	2,88
19/10/88	6	9	46	15	21	2,73
2/2/89	8	15	37	27	16	2,84
7/3/89	7	4	40	9	36	2,47
5/4/89	6	12	47	31	36	3,07
5/5/89	10	10	59	23	26	2,81
2/6/89	8	21	51	31	12	2,98
5/7/89	12	29	38	33	17	3,25
11/8/89	10	9	51	24	21	3,34
1/9/89	9	17	28	30	28	2,52
3/10/89	7	9	42	17	23	2,75
30/10/89	7	11	40	21	15	2,38
15/12/89	5	17	33	20	19	2,94

Contisol- 621

DATAS	T1	T2	T3	T4	T5	IAF máximo
14/1/88	7	6	50	15	9	3,73
22/4/88	8	13	42	27	30	0,47
18/5/88	10	4	54	18	39	0,84
17/6/88	11	20	45	38	15	0,95
15/7/88	14	28	18	28	23	1,28
23/8/88	7	7	36	19	32	4,01
19/9/88	9	14	23	35	12	2,84
19/10/88	6	14	29	27	22	2,54
2/2/89	8	10	35	17	24	2,67
7/3/89	7	8	30	18	25	1,83
5/4/89	6	12	44	30	20	3,23
5/5/89	10	10	55	27	28	2,50
2/6/89	8	8	59	18	30	3,77
5/7/89	12	13	47	21	31	2,95
11/8/89	10	6	52	17	27	2,17
1/9/89	9	11	40	19	23	2,47
3/10/89	7	12	33	22	25	2,77
30/10/89	7	12	39	22	15	2,35
15/12/89	5	12	35	17	25	2,31

VNIIMK

DATAS	T1	T2	T3	T4	T5	IAF máximo
14/1/88	7	6	50	15	9	3,84
22/4/88	8	13	48	24	24	0,79
18/5/88	10	7	58	21	48	1,11
17/6/88	11	21	51	39	13	1,67
15/7/88	14	37	18	40	16	2,37
23/8/88	7	11	40	21	28	4,33
19/9/88	9	19	25	32	19	4,64
19/10/88	6	15	40	24	18	3,02
2/2/89	8	14	37	26	19	3,91
7/3/89	7	17	34	32	19	2,77
5/4/89	6	8	53	29	20	3,44
5/5/89	10	12	53	33	21	3,04
2/6/89	8	21	51	31	25	3,48
5/7/89	14	12	52	25	19	3,30
11/8/89	10	10	50	24	24	3,14
1/9/89	9	17	28	30	28	3,17
3/10/89	7	10	41	19	21	3,46
30/10/89	7	12	38	22	15	2,39
15/12/89	5	16	34	20	19	3,25

ANEXO 2 - Características físico-químicas dos solos das localidades de Piracicaba, de Ribeirão Preto, de Manduri, no Estado de São Paulo, de Ponta Grossa e de Paranavaí, no Estado do Paraná, utilizadas pelo sistema DSSAT.

*ESPI000001 SCS c1 100 TERRA ROXA ESTRUTURADA eutrofico A textura Argilosa/muito Argilosa
 @SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
 PIRACICABA BRASIL -22.700 -47.630 EUTRODUX
 @ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
 R 0.13 9.0 0.24 78 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001
 @ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLXI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC
 27 0.277 0.394 0.612 1.00 -99 1.34 1.28 -99 -99 0.0 -99 -99 -99 -99
 45 0.240 0.339 0.589 0.75 -99 1.19 1.28 -99 -99 0.0 -99 -99 -99 -99
 68 0.263 0.363 0.617 0.50 -99 1.13 0.80 -99 -99 0.0 -99 -99 -99 -99
 80 0.243 0.393 0.543 0.20 -99 1.23 0.60 -99 -99 0.0 -99 -99 -99 -99
 100 0.417 0.417 0.762 0.15 -99 1.21 0.30 -99 -99 0.0 -99 -99 -99 -99

*RPO0910001 SCS CL 120 LATOSSOLO ROXO DISTROFICO
 @SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
 RIBPRETO BRASIL -21.110 -47.480 TYPIC HAPHORTHOX
 @ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
 YR 0.14 6.8 0.60 76 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001
 @ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLXI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC
 30 AP 0.347 0.459 0.474 1.00 2.0 1.20 1.76 70.0 9.0 0.0 -99 4.8 4.8 20.0
 60 B1 0.320 0.433 0.448 0.75 2.0 1.15 1.17 64.0 10.0 0.0 -99 5.2 5.2 10.0
 90 B1 0.334 0.446 0.461 0.50 2.0 1.00 0.94 67.0 9.0 0.0 -99 5.2 5.2 10.0
 120 B2 0.347 0.458 0.473 0.20 2.0 1.02 0.94 70.0 7.0 0.0 -99 5.5 5.5 10.0

*ESMA950001 SCS c1 200 LATOSSOLO ROXO DISTROFICO
 @SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
 MANDURI BRASIL -22.470 -50.360 LATOSSOLO ROXO DISTROFICO
 @ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
 YR 0.14 7.4 0.60 87 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001
 @ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLXI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC
 17 AP 0.302 0.427 0.442 1.00 2.0 1.27 1.40 60.0 33.0 0.0 0.12 5.4 5.3 20.0
 39 BA 0.373 0.491 0.506 0.75 2.0 1.04 1.74 76.0 18.0 0.0 -99 6.2 4.8 10.0
 76 B1 0.360 0.479 0.494 0.50 2.0 1.00 0.98 73.0 21.0 0.0 -99 5.4 4.9 10.0
 133 B2 0.365 0.483 0.498 0.20 2.0 0.96 0.67 74.0 20.0 0.0 -99 5.1 4.6 10.0
 200 B3 0.360 0.479 0.494 0.20 2.0 0.97 0.52 73.0 21.0 0.0 0.08 4.8 4.4 10.0

*GRO0870001 SCS CL 145 LATOSSOLO VERMELHO ESCURO
 @SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
 PONTAGROSSA BRASIL -25.216 -50.000
 @ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
 R 0.14 6.8 0.60 76 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001
 @ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLXI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC
 10 1 0.240 0.351 0.430 1.00 1.9 0.99 2.75 70.0 16.0 0.0 0.70 4.6 -99.0 -99.0
 25 2 0.291 0.381 0.430 0.75 1.9 0.97 2.91 71.0 16.0 0.0 0.70 4.6 -99.0 -99.0
 55 3 0.283 0.360 0.430 0.50 1.9 0.98 1.32 73.0 16.0 0.0 0.30 4.3 -99.0 -99.0
 85 4 0.271 0.362 0.430 0.20 1.9 0.97 1.30 71.0 15.0 0.0 0.30 4.3 -99.0 -99.0
 115 5 0.271 0.362 0.530 0.10 1.9 0.98 1.30 75.0 16.0 0.0 0.30 4.4 -99.0 -99.0
 145 6 0.275 0.362 0.430 0.00 1.9 0.98 1.00 71.0 15.0 0.0 0.00 4.3 -99.0 -99.0

*GRO0870002 SCS SACL 145 LATOSSOLO VERMELHO ESCURO TEXTURA MEDIA
 @SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY
 PARANAVAI BRASIL -23.080 -52.430
 @ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE
 YR 0.14 6.7 0.80 76 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001
 @ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLXI SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC
 10 1 0.029 0.122 0.200 1.00 1.9 1.66 0.82 9.0 2.0 0.0 0.70 5.2 -99.0 -99.0
 25 2 0.097 0.199 0.250 0.75 1.9 1.43 0.76 12.0 1.0 0.0 0.70 5.3 -99.0 -99.0
 55 3 0.069 0.151 0.230 0.50 1.9 1.49 0.48 17.0 1.0 0.0 0.30 5.5 -99.0 -99.0
 85 4 0.031 0.102 0.209 0.20 1.9 1.43 0.23 17.0 1.0 0.0 0.30 5.4 -99.0 -99.0
 115 5 0.030 0.104 0.205 0.10 1.9 1.43 0.25 19.0 1.0 0.0 0.30 5.1 -99.0 -99.0
 145 6 0.030 0.104 0.205 0.00 1.9 1.43 0.24 19.0 1.0 0.0 0.00 4.3 -99.0 -99.0

LEGENDA:

SCOM	- cor do solo	SMHB	- código do pH determinado pelo sistema buffer	SSKS	- condutividade hidráulica saturada (cm hora ⁻¹)
YR	vermelho amarelado	SMPX	- código de determinação de fósforo	SBDM	- densidade global (g cm ⁻³)
SALB	- albedo	SMKE	- código do método de determinação de fósforo	SLOC	- carbono orgânico (%)
SLU1	- limite de evaporação (mm. dia ⁻¹)	SLB	- profundidade da camada	SLCL	- argila (%)
SLDR	- taxa de drenagem do perfil (mm. dia ⁻¹)	SLMH	- nome da camada	SLXI	- silte (%)
SLRO	- curva-numero (soil conservation service)	SLLL	- limite inferior de umidade (cm ³ cm ⁻³)	SLCF	- areia (%)
SLNF	- fator de mineralização (0-1)	SDUL	- umidade na capacidade de campo (cm ³ cm ⁻³)	SLNI	- nitrogênio (%)
SLPF	- fator de fotossíntese (0-1)	SSAT	- umidade de saturação (cm ³ cm ⁻³)	SLHW	- pH em água
		SRGF	- fator de crescimento do sistema radicular (0-1)	SLHB	- pH em buffer

ANEXO 3.1 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Piracicaba, SP.

PIRACICABA, SP - Produtividade Potencial										VNIIMK									
IAC-Anhandy										Contisol-621									
Data de semeadura	DSSAT			FAO			DSSAT			FAO			DSSAT			FAO			C.V.
	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	
01/Jan	3330	548	16,5	2832	167	5,4	2955	582	19,7	3008	188	5,7	3272	554	16,9	3016	181	5,5	
11/Jan	3260	479	14,7	2824	179	5,8	3092	492	15,9	2993	195	6,0	3333	472	14,2	3010	201	6,1	
21/Jan	3218	457	14,2	2821	198	6,5	3035	529	17,4	2993	211	6,5	3288	457	13,9	3016	222	6,8	
01/Fev	3258	524	16,1	2840	235	7,6	3061	542	17,7	3020	250	7,6	3343	524	15,7	3053	265	8,0	
11/Fev	3143	530	16,9	2876	274	8,8	2964	626	21,1	3054	293	8,8	3201	528	16,5	3092	312	9,3	
21/Fev	3024	460	15,2	2942	335	10,5	2862	514	18,0	3122	353	10,4	3102	467	15,1	3165	386	11,2	
01/Mar	2994	436	14,6	3007	405	12,4	2966	477	16,1	3203	426	12,2	3128	434	13,9	3246	440	12,5	
11/Mar	2993	415	13,9	3091	441	13,1	2947	436	14,8	3283	478	13,4	3181	416	13,1	3341	486	13,4	
21/Mar	3094	473	15,3	3204	473	13,6	3013	447	14,8	3390	489	13,3	3280	489	14,9	3471	508	13,5	
01/Abr	3334	504	15,1	3352	495	13,6	3138	485	15,5	3568	521	13,4	3519	473	13,4	3622	527	13,4	
11/Abr	3547	664	18,7	3461	516	13,7	3418	717	21,0	3673	544	13,6	3866	621	16,1	3720	546	13,5	
21/Abr	3626	663	18,3	3547	522	13,5	3387	679	18,9	3755	556	13,6	3970	639	16,1	3798	551	13,3	
01/Mai	3648	590	16,2	3614	516	13,1	3570	652	18,3	3817	539	13,0	3940	571	14,5	3848	545	13,0	
11/Mai	3662	529	14,4	3643	513	13,0	3547	583	16,4	3845	533	12,8	3963	502	12,7	3866	548	13,1	
21/Mai	3623	539	14,9	3646	518	13,1	3573	592	16,6	3853	542	12,9	3891	539	13,8	3871	562	13,4	
01/Jun	3613	489	13,5	3636	555	14,0	3595	508	14,1	3830	583	14,0	3840	513	13,4	3848	604	14,4	
11/Jun	3646	538	14,7	3616	583	14,8	3656	522	14,3	3809	612	14,8	3827	569	14,9	3824	634	15,3	
21/Jun	3723	617	16,6	3586	609	15,6	3682	585	15,9	3790	650	15,8	3927	590	15,0	3787	656	15,9	
01/Jul	3809	585	15,4	3537	640	16,7	3833	581	15,2	3743	664	16,3	3998	594	14,9	3728	658	16,2	
11/Jul	3920	487	12,4	3477	628	16,6	3852	484	12,6	3687	660	16,5	4065	491	12,1	3673	640	16,0	
21/Jul	3940	403	10,2	3412	613	16,5	3885	430	11,1	3624	652	16,6	4070	434	10,7	3609	624	15,9	
01/Ago	4014	450	11,2	3344	594	16,3	3930	523	13,3	3550	621	16,1	4188	455	11,0	3544	603	15,6	
11/Ago	4041	553	13,7	3298	576	16,1	3921	545	13,9	3503	592	15,6	4223	558	13,2	3501	565	14,9	
21/Ago	4037	573	14,2	3257	530	15,0	3901	591	15,2	3457	550	14,6	4183	542	13,0	3454	521	13,9	
01/Set	3906	582	14,9	3218	488	14,0	3793	582	15,3	3418	502	13,5	4002	584	14,6	3417	475	12,8	
11/Set	3777	537	14,2	3200	453	13,0	3643	571	15,7	3391	469	12,7	3847	512	13,3	3404	453	12,2	
21/Set	3656	558	15,3	3186	419	12,1	3493	465	13,3	3366	424	11,6	3703	563	15,2	3379	414	11,3	
01/Out	3527	622	17,6	3166	369	10,7	3416	504	14,8	3348	389	10,7	3569	632	17,7	3356	361	9,9	
11/Out	3555	557	15,7	3140	344	10,1	3416	551	16,1	3321	354	9,8	3593	596	16,6	3330	334	9,2	
21/Out	3591	523	14,6	3109	293	8,7	3368	557	16,5	3294	321	9,0	3551	519	14,6	3300	285	7,9	
01/Nov	3620	498	13,7	3066	251	7,5	3305	469	14,2	3248	287	7,6	3571	477	13,4	3249	238	6,7	
11/Nov	3593	616	17,1	3022	214	6,5	3224	573	17,8	3206	237	6,8	3510	614	17,5	3197	209	6,0	
21/Nov	3405	588	17,3	2965	193	6,0	3091	610	19,7	3148	209	6,1	3364	585	17,4	3142	191	5,6	
01/Dez	3309	532	16,1	2910	170	5,4	2920	601	20,6	3086	188	5,6	3220	513	15,9	3094	171	5,1	
11/Dez	3355	527	15,7	2881	158	5,0	2937	537	18,3	3055	168	5,0	3293	528	16,0	3061	169	5,1	
21/Dez	3383	573	16,9	2851	162	5,2	2968	559	18,8	3027	168	5,1	3321	568	17,1	3040	166	5,0	
Média	3533	534	15	3210	406	11	3377	547	16	3402	428	11	3642	531	15	3419	424	11	
Máximo	4041	664	19	3646	640	17	3930	717	21	3853	664	17	4223	639	18	3871	658	16	
Mínimo	2993	403	10	2821	158	5	2862	430	11	2993	168	5	3102	416	11	3010	166	5	

ANEXO 3.2 - Produtividade Real média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Piracicaba, SP.

PIRACICABA, SP - Produtividade Real

Data de semeadura	IAC-Anhandy				Contisol-621				VNIMIK					
	DSSAT MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	FAO MÉDIA (kg ha ⁻¹)	DSSAT MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	FAO MÉDIA (kg ha ⁻¹)	DSSAT MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	FAO MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)
01/Jan	2865	736	25,7	2187	481	22,0	2188	556	2811	729	25,9	2263	529	23,4
11/Jan	2744	780	28,4	2089	497	23,8	2110	546	2814	794	28,2	2161	541	25,0
21/Jan	2553	784	30,7	1970	509	25,9	1954	552	2625	805	30,7	2008	559	27,9
01/Fev	2295	853	37,2	1808	543	30,0	1802	606	2367	889	37,6	1864	619	33,2
11/Fev	1993	810	40,6	1720	593	34,5	1721	618	2031	821	40,4	1787	655	36,6
21/Fev	1788	768	42,9	1671	645	38,6	1688	685	1844	788	42,7	1754	701	40,0
01/Mar	1722	817	47,4	1657	661	39,9	1673	688	1820	885	48,6	1748	709	40,5
11/Mar	1638	801	48,3	1657	669	40,4	1653	720	1765	885	50,1	1744	753	43,2
21/Mar	1616	795	49,2	1660	715	43,1	1618	724	1522	880	57,8	1760	782	44,4
01/Abr	1537	819	53,3	1681	739	43,9	1604	757	1553	930	59,9	1758	790	44,9
11/Abr	1473	869	59,0	1667	749	44,9	1558	763	1359	861	63,4	1710	795	46,5
21/Abr	1235	793	64,2	1606	745	46,4	1505	786	1207	822	68,1	1635	810	49,5
01/Mai	1077	750	69,6	1542	771	50,0	1486	844	1122	796	70,9	1589	847	53,3
11/Mai	1043	687	65,9	1519	789	51,9	1481	825	1170	849	72,6	1569	858	54,7
21/Mai	1127	813	72,1	1500	809	53,9	1473	835	1364	1099	80,6	1579	894	56,6
01/Jun	1320	995	75,4	1520	854	56,2	1488	881	1518	1116	73,5	1635	948	58,0
11/Jun	1451	1020	70,3	1567	889	56,7	1573	925	1681	1124	66,9	1702	969	56,9
21/Jun	1592	1036	65,1	1624	911	56,1	1662	939	1863	1027	55,1	1780	990	55,6
01/Jul	1796	991	55,2	1702	943	55,4	1748	951	2127	1011	47,6	1869	1007	53,9
11/Jul	2058	937	45,5	1753	938	53,5	1803	931	2382	999	42,0	1928	987	51,2
21/Jul	2282	981	43,0	1806	911	50,4	1812	898	2559	973	38,0	1969	954	48,5
01/Ago	2522	926	36,7	1865	870	46,7	1860	855	2697	953	35,3	2045	897	43,9
11/Ago	2572	838	32,6	1932	833	43,1	1922	846	2736	903	33,0	2097	856	40,8
21/Ago	2638	904	34,3	1999	783	39,2	1969	798	2851	879	30,8	2187	777	35,5
01/Set	2774	833	30,0	2108	688	32,6	2138	704	2952	727	24,6	2341	679	29,0
11/Set	2873	716	24,9	2224	612	27,5	2226	644	3103	711	22,9	2442	632	25,9
21/Set	3043	696	22,9	2338	565	24,2	2345	587	3108	662	21,3	2529	564	22,3
01/Out	3071	667	21,7	2420	500	20,7	2440	542	3115	662	21,3	2596	513	19,7
11/Out	3095	617	19,9	2462	482	19,6	2486	524	3071	593	19,3	2637	488	18,5
21/Out	3158	609	19,3	2481	441	17,8	2524	492	3199	622	19,4	2668	458	17,2
01/Nov	3270	597	18,2	2492	429	17,2	2505	479	3223	614	19,1	2640	442	16,7
11/Nov	3309	666	20,1	2463	398	16,2	2508	479	3144	649	20,6	2610	445	17,1
21/Nov	3131	676	21,6	2428	418	17,2	2473	485	2932	580	19,8	2578	451	17,5
01/Dez	2935	580	19,8	2389	423	17,7	2454	463	2920	600	20,5	2524	463	18,3
11/Dez	2983	620	20,8	2334	435	18,6	2380	468	2914	678	23,3	2444	476	19,5
21/Dez	2966	762	25,7	2267	452	20,0	2323	476	2714	931	34,3	2383	497	20,9
Média	2266	793	40	1947	658	36	1949	691	2338	829	41	2070	704	36
Máximo	3309	1036	75	2492	943	57	2524	951	3223	1124	81	2668	1007	58
Mínimo	1043	580	18	1500	398	16	1473	463	1122	580	19	1569	442	17

ANEXO 3.3 - Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Piracicaba, SP.

PIRACICABA, SP - Quebra Relativa de Produtividade

Data de semeadura	IAC-Anhandy					Contisol-621					VNIIMK				
	DSSAT MÉDIA	D.P. (%)	C.V. (%)	FAO MÉDIA	D.P. (%)	C.V. (%)	DSSAT MÉDIA	D.P. (%)	C.V. (%)	FAO MÉDIA	D.P. (%)	C.V. (%)	DSSAT MÉDIA	D.P. (%)	C.V. (%)
01/Jan	13	19	141,1	29	16	56,8	15	19	128,1	33	18	54,0	14	19	54,4
11/Jan	15	22	140,8	32	17	52,9	16	21	133,3	35	17	49,0	15	22	141,8
21/Jan	20	23	111,8	35	17	47,3	20	23	113,3	40	17	42,9	20	23	113,7
01/Fev	29	25	84,7	41	17	41,1	28	25	83,0	45	18	40,0	29	25	85,8
11/Fev	35	26	73,7	45	18	40,0	35	25	72,1	48	18	37,2	35	26	74,1
21/Fev	39	28	70,9	48	19	39,7	39	27	71,0	50	19	38,9	39	28	71,3
01/Mar	41	29	71,3	49	19	39,2	41	28	68,3	52	19	37,3	40	30	74,6
11/Mar	43	28	64,1	51	19	37,4	43	28	63,4	54	19	35,6	43	29	66,0
21/Mar	47	26	56,3	52	19	36,3	46	26	55,9	56	18	32,0	53	27	50,6
01/Abr	52	26	50,0	54	18	34,0	50	26	50,9	59	18	30,1	55	29	53,9
11/Abr	57	25	44,2	56	18	31,4	55	25	45,3	61	17	27,4	63	25	39,0
21/Abr	65	23	35,6	59	17	28,1	63	23	36,6	64	16	25,3	69	22	32,0
01/Mai	70	20	29,1	61	16	26,6	69	20	29,5	65	17	26,7	70	23	32,5
11/Mai	71	19	26,9	62	17	26,9	70	19	26,5	65	17	26,2	69	23	33,7
21/Mai	68	23	33,0	63	18	28,0	69	20	29,3	65	18	26,8	64	30	47,3
01/Jun	63	28	44,4	62	19	29,8	64	25	39,6	65	18	27,4	59	32	53,3
11/Jun	60	27	45,2	61	19	31,3	61	26	41,8	63	19	29,5	55	30	54,2
21/Jun	57	27	46,9	59	20	33,1	58	26	45,4	60	19	30,7	52	27	51,5
01/Jul	53	24	46,2	57	20	35,1	54	24	44,9	58	19	32,5	46	27	58,4
11/Jul	47	24	49,8	55	20	36,4	50	22	44,9	56	18	32,8	41	25	60,8
21/Jul	42	25	59,0	52	19	36,8	45	24	52,5	55	18	32,4	36	26	71,5
01/Ago	37	24	64,7	50	18	36,8	39	24	60,6	53	17	31,7	34	24	69,9
11/Ago	35	22	62,7	47	18	37,5	36	22	60,4	50	17	32,9	34	24	71,0
21/Ago	34	21	60,5	44	17	37,3	35	21	59,0	48	16	33,6	30	25	81,3
01/Set	28	21	72,6	40	14	35,8	32	20	62,5	43	14	32,7	24	24	101,5
11/Set	23	19	79,9	36	13	34,7	26	19	74,5	40	12	30,6	17	24	135,8
21/Set	16	16	99,2	33	12	35,4	21	17	81,5	36	12	32,7	14	24	174,6
01/Out	12	14	116,8	30	10	33,9	15	14	96,0	33	11	34,4	9	30	339,0
11/Out	12	14	117,3	28	10	37,2	14	15	102,7	31	12	37,4	12	25	216,4
21/Out	11	16	150,7	27	11	40,0	13	15	113,6	29	12	39,1	7	24	326,7
01/Nov	9	14	160,5	25	12	46,9	12	15	130,1	28	12	42,0	8	25	336,9
11/Nov	7	15	213,5	25	12	47,9	9	15	156,0	29	13	47,2	8	26	348,1
21/Nov	7	14	183,8	24	13	53,4	9	15	166,9	27	14	51,6	10	27	279,9
01/Dez	10	15	149,3	24	14	56,6	12	15	127,6	27	14	52,9	7	26	368,3
11/Dez	10	17	170,0	25	14	57,2	13	17	133,5	28	14	51,7	9	24	255,4
21/Dez	12	18	158,3	26	15	57,4	13	18	139,2	29	15	52,5	69	48	70,4
Média	35	22	88	44	16	39	36	21	79	47	16	37	35	26	127
Máximo	71	29	213	63	20	57	70	28	167	65	19	54	70	48	368
Mínimo	7	14	27	24	10	27	9	14	26	27	11	25	7	19	32

ANEXO 3.4 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Ribeirão Preto, SP.

RIBEIRÃO PRETO, SP - Produtividade Potencial

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)				Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)				Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)			
01/Jan	3843	473	12,3	3264	134	4,1				01/Jan	3566	513	14,4	4,1	141					01/Jan	3912	442	11,3		3475	142	4,1		
11/Jan	3916	491	12,6	3261	127	3,9				11/Jan	3707	463	12,5	3,9	134					11/Jan	3910	474	12,1		3470	137	4,0		
21/Jan	3815	524	13,7	3248	129	4,0				21/Jan	3686	546	14,8	4,1	141					21/Jan	3908	488	12,5		3461	136	3,9		
01/Fev	3853	351	9,1	3253	134	4,1				01/Fev	3702	421	11,4	4,2	141					01/Fev	3909	370	9,5		3465	146	4,2		
11/Fev	3688	366	9,9	3245	148	4,6				11/Fev	3591	374	10,4	4,8	165					11/Fev	3754	339	9,0		3472	169	4,9		
21/Fev	3497	336	9,6	3258	174	5,3				21/Fev	3429	336	9,8	5,3	183					21/Fev	3560	349	9,8		3481	192	5,5		
01/Mar	3344	371	11,1	3274	194	5,9				01/Mar	3415	378	11,1	5,9	204					01/Mar	3429	383	11,2		3498	209	6,0		
11/Mar	3296	362	11,0	3300	211	6,4				11/Mar	3328	355	10,7	6,3	221					11/Mar	3439	366	10,8		3528	228	6,5		
21/Mar	3346	335	10,0	3336	232	7,0				21/Mar	3405	419	12,3	6,5	229					21/Mar	3469	316	9,1		3564	252	7,1		
01/Abr	3439	341	9,9	3382	267	7,9				01/Abr	3437	366	10,7	8,0	287					01/Abr	3598	320	8,9		3625	307	8,5		
11/Abr	3596	436	12,1	3423	319	9,3				11/Abr	3509	450	12,8	9,1	333					11/Abr	3789	434	11,4		3664	337	9,2		
21/Abr	3673	463	12,6	3459	338	9,8				21/Abr	3690	503	13,6	9,9	367					21/Abr	3947	470	11,9		3701	358	9,7		
01/Mai	3681	509	13,8	3487	343	9,8				01/Mai	3689	555	15,0	9,5	368					01/Mai	3973	508	12,8		3716	344	9,3		
11/Mai	3729	497	13,3	3496	325	9,3				11/Mai	3711	505	13,6	9,1	337					11/Mai	4048	424	10,5		3722	334	9,0		
21/Mai	3769	446	11,8	3502	314	9,0				21/Mai	3739	416	11,1	8,8	325					21/Mai	4084	439	10,8		3720	310	8,3		
01/Jun	3806	433	11,4	3481	298	8,6				01/Jun	3841	468	12,2	8,1	298					01/Jun	4122	446	10,8		3704	308	8,3		
11/Jun	3912	463	11,8	3477	287	8,2				11/Jun	3967	436	11,0	8,0	293					11/Jun	4127	426	10,3		3690	289	7,8		
21/Jun	3917	419	10,7	3462	265	7,6				21/Jun	3995	447	11,2	7,6	277					21/Jun	4135	420	10,1		3671	288	7,3		
01/Jul	4017	446	11,1	3441	252	7,3				01/Jul	4047	437	10,8	7,1	259					01/Jul	4255	471	11,1		3657	247	6,8		
11/Jul	4127	415	10,0	3411	202	5,9				11/Jul	4088	378	9,2	6,4	230					11/Jul	4283	431	10,1		3631	208	5,7		
21/Jul	4182	305	7,3	3386	186	5,5				21/Jul	4127	352	8,5	5,5	199					21/Jul	4319	298	6,9		3610	189	5,2		
01/Ago	4280	389	9,1	3367	170	5,1				01/Ago	4218	327	7,7	4,9	176					01/Ago	4444	430	9,7		3594	175	4,9		
11/Ago	4268	433	10,2	3373	159	4,7				11/Ago	4225	484	11,5	4,7	166					11/Ago	4444	427	9,6		3592	167	4,7		
21/Ago	4134	379	9,2	3389	150	4,4				21/Ago	4131	394	9,5	4,4	159					21/Ago	4252	437	10,3		3595	155	4,3		
01/Set	4051	470	11,6	3388	146	4,3				01/Set	4036	425	10,5	4,5	160					01/Set	4148	474	11,4		3613	148	4,1		
11/Set	3916	503	12,9	3393	145	4,3				11/Set	3889	468	12,0	4,2	152					11/Set	3964	521	13,2		3619	140	3,9		
21/Set	3805	527	13,8	3412	131	3,8				21/Set	3792	423	11,2	3,7	135					21/Set	3875	553	14,3		3624	142	3,9		
01/Out	3710	505	13,6	3397	130	3,8				01/Out	3626	536	14,8	3,9	139					01/Out	3743	526	14,0		3614	135	3,7		
11/Out	3750	466	12,4	3383	127	3,7				11/Out	3550	400	11,3	3,5	126					11/Out	3779	511	13,5		3590	123	3,4		
21/Out	3791	506	13,3	3353	126	3,7				21/Out	3649	481	13,2	3,6	127					21/Out	3846	510	13,2		3575	140	3,9		
01/Nov	3931	518	13,2	3354	137	4,1				01/Nov	3610	517	14,3	4,1	145					01/Nov	3865	467	12,1		3552	150	4,2		
11/Nov	3937	490	12,5	3319	149	4,5				11/Nov	3588	515	14,4	4,7	164					11/Nov	3866	512	13,3		3530	158	4,5		
21/Nov	3815	561	14,7	3294	149	4,5				21/Nov	3449	547	15,9	4,5	159					21/Nov	3755	581	15,5		3507	166	4,7		
01/Dez	3744	545	14,6	3268	151	4,6				01/Dez	3339	559	16,7	4,4	153					01/Dez	3685	568	15,4		3485	146	4,2		
11/Dez	3817	443	11,6	3268	136	4,2				11/Dez	3361	564	16,8	4,2	147					11/Dez	3776	457	12,1		3475	139	4,0		
21/Dez	3865	485	12,6	3285	135	4,1				21/Dez	3510	436	12,4	3,9	135					21/Dez	3789	456	12,0		3477	141	4,1		
Média	3813	445	12	3362	195	6				Média	3712	450	12	6	204					Média	3921	446	11		3582	204	6		
Máximo	4280	561	15	3502	343	10				Máximo	4225	564	17	10	363					Máximo	4447	581	15		3722	358	10		
Mínimo	3296	305	7	3245	126	4				Mínimo	3328	327	8	4	126					Mínimo	3393	298	7		3461	123	3		

RIBEIRÃO PRETO, SP - Produtividade Real

Data de semeadura	IAC-Anhandy				Contisol-621				VNIIMK							
	DSSAT		FAO		DSSAT		FAO		DSSAT		FAO					
	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	Data de semeadur (kg ha ⁻¹)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	
01/Jan	3135	19,8	2475	354	14,3	24,5	2527	414	16,4	01/Jan	3222	603	18,7	2584	380	14,7
11/Jan	3127	23,3	2413	363	15,0	21,8	2433	395	16,2	11/Jan	3142	685	21,8	2509	377	15,0
21/Jan	2816	661	23,5	2325	360	15,5	2321	449	19,4	21/Jan	2885	646	22,4	2390	400	16,7
01/Fev	2248	671	25,7	2159	417	19,3	2149	475	22,1	01/Fev	2681	686	25,6	2201	500	22,7
11/Fev	2248	699	31,1	2001	501	25,0	1958	536	27,4	11/Fev	2343	754	32,2	2023	543	26,8
21/Fev	1986	676	34,0	1833	502	27,4	1853	528	28,5	21/Fev	2084	713	34,2	1886	548	29,1
01/Mar	1855	689	37,2	1746	527	30,2	1747	557	31,9	01/Mar	1969	740	37,6	1778	561	31,5
11/Mar	1728	617	35,7	1643	506	30,8	1623	565	34,8	11/Mar	1846	670	36,3	1662	539	32,5
21/Mar	1644	564	34,3	1514	475	31,4	1434	487	34,0	21/Mar	1549	619	35,5	1512	493	32,6
01/Abr	1464	574	39,2	1384	478	34,5	1316	488	37,1	01/Abr	1549	659	42,5	1407	566	39,5
11/Abr	1441	607	42,1	1306	531	40,7	1231	563	45,7	11/Abr	1322	653	42,9	1311	591	45,1
21/Abr	1313	526	40,0	1197	551	46,1	1117	594	50,4	21/Abr	1419	631	44,5	1185	605	51,0
01/Mai	1204	550	45,7	1072	570	53,1	1018	594	58,4	01/Mai	1277	631	49,4	1052	627	59,6
11/Mai	1140	535	46,9	987	602	61,1	920	614	66,8	11/Mai	1192	549	46,1	980	654	66,7
21/Mai	1070	484	45,2	931	613	65,9	902	645	71,5	11/Mai	1142	557	48,8	968	665	68,7
01/Jun	1103	561	50,9	915	631	69,0	901	638	70,9	01/Jun	1219	658	54,0	958	660	68,9
11/Jun	1224	623	50,9	925	620	67,0	891	593	66,5	11/Jun	1324	675	51,0	986	638	64,7
21/Jun	1272	561	44,1	966	599	62,0	972	575	59,2	21/Jun	1413	575	47,1	1067	658	61,6
01/Jul	1481	700	47,2	1059	630	59,5	1088	647	59,5	01/Jul	1659	799	48,1	1193	717	60,1
11/Jul	1673	721	43,1	1154	683	57,4	1195	661	55,3	11/Jul	1827	794	43,5	1318	738	56,0
21/Jul	1856	679	36,6	1267	687	54,2	1261	675	53,5	21/Jul	2011	756	37,6	1422	743	52,2
01/Ago	2172	750	34,5	1404	676	48,1	1553	622	46,0	01/Ago	2610	799	33,3	1602	709	44,3
11/Ago	2405	715	29,7	1558	652	41,9	1553	622	40,0	11/Ago	2610	743	28,5	1759	687	39,1
21/Ago	2598	619	24,2	1734	637	36,7	1727	634	36,7	21/Ago	2755	682	24,7	1937	658	34,0
01/Set	2813	698	24,8	1958	574	29,3	1971	605	30,7	01/Set	2974	723	24,3	2202	564	25,6
11/Set	2878	712	24,7	2141	513	24,0	2148	525	24,4	11/Set	2919	706	24,2	2377	507	21,3
21/Set	2975	611	20,6	2329	460	19,7	2376	481	20,3	21/Set	3054	631	20,7	2551	430	16,9
01/Out	3143	503	16,0	2467	351	14,2	2556	412	16,2	01/Out	3199	519	16,2	2709	322	11,9
11/Out	3247	505	15,5	2582	266	10,3	2629	303	11,5	11/Out	3298	510	15,5	2784	250	9,0
21/Out	3354	507	15,1	2634	238	9,0	2698	319	11,8	21/Out	3340	543	15,8	2849	253	8,9
01/Nov	3467	545	15,7	2697	220	8,2	2736	227	8,3	01/Nov	3386	502	14,8	2885	222	7,7
11/Nov	3393	431	12,7	2709	213	7,9	2733	265	9,7	11/Nov	3300	454	13,8	2870	259	9,0
21/Nov	3310	494	14,9	2685	254	9,5	2782	284	10,2	21/Nov	3218	489	15,2	2847	276	9,7
01/Dez	3130	526	16,8	2638	258	9,8	2723	266	9,8	01/Dez	3056	566	18,5	2774	308	11,1
11/Dez	3224	523	16,2	2592	301	11,6	2690	340	12,6	11/Dez	3155	543	17,2	2738	336	12,3
21/Dez	3221	634	19,7	2551	311	12,2	2694	316	11,7	21/Dez	3099	597	19,3	2688	345	12,8
Média	2297	606	30	1832	475	33	1841	498	34	Média	2370	643	31	1943	509	33
Máximo	3467	750	51	2709	687	69	2782	675	72	Máximo	3430	799	54	2885	743	69
Mínimo	1020	431	13	915	213	8	891	227	8	Mínimo	1142	454	14	958	222	8

ANEXO 3.6 - Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Ribeirão Preto, SP.

RIBIERÃO PRETO, SP - Quebra Relativa de Produtividade

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)	Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)	Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)	MÉDIA	D.P (%)	C.V. (%)
01/Jan	18	14	79,2	24	11	45,6	24	15	64,9	01/Jan	24	16	63,9	27	12	45,7	26	11	81,6	01/Jan	17	14	76,9	26	11	43,8	26	11	43,8
11/Jan	20	15	75,9	26	11	43,7	29	14	48,1	11/Jan	29	14	48,1	32	13	39,0	29	11	39,0	11/Jan	19	15	76,9	28	11	40,2	31	12	38,1
21/Jan	26	15	55,7	28	11	39,7	34	13	48,1	21/Jan	29	14	48,1	32	13	41,0	34	14	41,0	21/Jan	26	15	57,9	31	12	38,1	36	14	39,3
01/Fev	32	18	56,5	34	13	37,9	40	18	44,8	01/Fev	34	17	49,9	38	14	37,0	40	18	37,0	01/Fev	31	18	59,5	36	14	39,3	42	16	37,8
11/Fev	39	20	51,7	38	15	40,0	43	16	38,1	11/Fev	40	18	44,8	43	16	35,9	43	16	35,9	11/Fev	37	21	55,4	42	16	37,8	46	16	36,1
21/Fev	43	20	45,7	44	16	36,2	45	17	38,1	21/Fev	45	17	38,1	46	16	34,4	46	16	34,4	21/Fev	41	21	50,2	46	16	36,1	49	17	34,3
01/Mar	44	22	50,2	46	17	36,3	45	17	36,0	01/Mar	45	17	36,0	49	17	33,9	49	17	33,9	01/Mar	42	23	54,3	49	17	34,3	53	16	30,3
11/Mar	47	20	42,1	50	16	32,3	49	19	38,1	11/Mar	49	19	38,1	53	17	31,6	53	17	31,6	11/Mar	45	21	46,3	53	16	30,3	57	14	24,8
21/Mar	50	17	34,5	54	15	27,2	51	17	33,9	21/Mar	51	17	33,9	59	14	24,1	59	14	24,1	21/Mar	49	19	38,0	57	14	24,8	61	15	24,4
01/Abr	57	17	30,1	59	14	24,2	57	17	29,0	01/Abr	57	17	29,0	63	14	21,9	63	14	21,9	01/Abr	57	18	32,5	61	15	24,4	64	16	24,3
11/Abr	60	16	26,4	62	15	24,2	60	15	25,7	11/Abr	60	15	25,7	66	15	22,1	66	15	22,1	11/Abr	60	16	27,2	64	16	24,3	68	16	22,8
21/Abr	64	15	23,7	65	15	23,5	63	14	22,9	21/Abr	63	14	22,9	70	15	21,0	70	15	21,0	21/Abr	67	17	26,2	68	16	21,5	72	15	21,5
01/Mai	67	16	24,2	69	15	22,0	66	16	24,3	01/Mai	66	16	24,3	72	15	20,7	72	15	20,7	01/Mai	67	17	25,0	72	15	21,5	74	16	21,2
11/Mai	69	13	19,2	72	16	21,7	69	13	19,1	11/Mai	69	13	19,1	75	15	20,3	75	15	20,3	11/Mai	70	14	19,2	74	16	21,2	76	16	21,5
21/Mai	71	13	18,4	74	16	21,1	71	11	16,0	21/Mai	71	11	16,0	76	16	20,4	76	16	20,4	21/Mai	72	14	20,2	74	16	21,5	77	17	21,7
01/Jun	71	15	21,2	74	16	21,6	71	14	20,0	01/Jun	71	14	20,0	76	16	20,7	76	16	20,7	01/Jun	70	17	24,0	74	16	21,5	77	17	21,7
11/Jun	68	16	22,9	74	16	22,0	70	15	21,0	11/Jun	70	15	21,0	76	15	19,8	76	15	19,8	11/Jun	67	17	24,9	74	16	21,8	77	17	23,9
21/Jun	67	15	21,9	72	16	22,3	68	13	19,3	21/Jun	68	13	19,3	74	15	20,4	74	15	20,4	21/Jun	66	17	25,2	71	17	23,9	77	17	23,9
01/Jul	63	17	26,7	70	17	25,0	64	16	25,1	01/Jul	64	16	25,1	70	17	24,3	70	17	24,3	01/Jul	61	18	29,6	68	19	27,7	70	19	27,7
11/Jul	59	17	28,4	66	19	28,2	61	16	26,0	11/Jul	61	16	26,0	67	18	26,2	67	18	26,2	11/Jul	57	18	31,4	64	20	30,5	71	20	32,4
21/Jul	56	16	28,4	63	19	30,9	58	14	24,6	21/Jul	58	14	24,6	65	18	27,5	65	18	27,5	21/Jul	54	17	31,3	61	20	32,4	73	19	34,1
01/Ago	49	17	34,5	59	19	32,7	51	16	31,8	01/Ago	52	16	31,8	61	17	28,7	61	17	28,7	01/Ago	46	18	38,5	56	19	34,1	75	18	36,1
11/Ago	43	17	38,5	54	19	34,5	47	16	34,8	11/Ago	47	16	34,8	57	17	29,2	57	17	29,2	11/Ago	41	17	41,7	51	18	36,1	77	18	38,6
21/Ago	38	15	40,2	49	18	37,6	42	15	35,8	21/Ago	42	15	35,8	52	17	32,8	52	17	32,8	21/Ago	35	15	44,3	46	18	38,6	79	18	44,2
01/Set	30	18	59,8	42	16	38,5	34	17	50,1	01/Set	34	17	50,1	45	16	36,0	45	16	36,0	01/Set	28	18	63,1	39	15	38,6	81	13	39,2
11/Set	26	18	69,4	37	14	39,1	31	19	63,1	11/Set	31	19	63,1	41	14	34,7	41	14	34,7	11/Set	26	18	69,7	34	13	39,2	83	11	37,9
21/Set	21	14	67,4	32	13	40,2	27	16	59,1	21/Set	27	16	59,1	34	13	37,7	34	13	37,7	21/Set	21	14	74,6	25	8	33,8	85	10	31,1
01/Out	15	11	70,5	27	10	35,7	20	12	60,0	01/Out	20	12	60,0	29	11	36,7	29	11	36,7	01/Out	14	11	77,1	22	7	31,1	87	7	35,9
11/Out	13	10	76,3	24	8	32,6	19	11	56,2	11/Out	19	11	56,2	27	8	29,4	27	8	29,4	11/Out	13	10	77,1	22	7	31,1	89	7	37,6
21/Out	11	9	82,8	21	7	34,3	16	11	64,8	21/Out	16	11	64,8	24	9	36,6	24	9	36,6	21/Out	11	10	91,5	20	7	35,9	91	7	44,2
01/Nov	12	8	71,8	19	7	37,0	18	11	62,6	01/Nov	18	11	62,6	22	7	32,4	22	7	32,4	01/Nov	12	9	71,1	19	8	44,2	93	8	45,6
11/Nov	13	9	67,8	18	7	40,5	19	10	52,2	11/Nov	19	10	52,2	22	8	39,6	22	8	39,6	11/Nov	14	9	63,7	19	8	44,2	95	8	45,6
21/Nov	13	10	78,9	18	9	46,6	21	11	59,7	21/Nov	18	11	59,7	20	8	40,4	20	8	40,4	21/Nov	14	10	74,3	19	8	44,5	97	9	45,6
01/Dez	16	12	76,5	19	9	44,7	22	12	56,4	01/Dez	22	12	56,4	21	8	39,5	21	8	39,5	01/Dez	16	12	74,9	20	9	45,6	99	10	46,0
11/Dez	15	13	85,6	21	9	45,8	22	14	63,8	11/Dez	22	14	63,8	22	10	45,7	22	10	45,7	11/Dez	16	13	83,6	21	10	46,0	101	10	44,1
21/Dez	17	12	73,7	22	10	43,9	24	13	56,2	21/Dez	24	13	56,2	22	9	40,6	22	9	40,6	21/Dez	18	13	68,9	23	10	44,1	103	10	44,1
Média	40	15	49	45	14	34	42	15	42	Média	42	15	42	48	14	31	48	14	31	Média	39	16	51	45	14	33	45	14	33
Máximo	71	22	86	74	19	47	71	21	65	Máximo	71	21	65	76	18	46	76	18	46	Máximo	72	23	92	74	20	46	74	20	46
Mínimo	11	8	18	18	7	21	16	10	16	Mínimo	16	10	16	20	7	20	20	7	20	Mínimo	11	9	19	19	7	21	19	7	21

ANEXO 3.7 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Manduri, SP.

MANDURI, SP - Produtividade Potencial

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadur	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadur	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadur	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadur	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadur	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)	
01/Jan	3717	505	13,6	2999	225	6,9	225	13,8	3001	01/Jan	3356	540	16,1	3184	225	6,9	225	13,7	3196	246	7,1	01/Jan	3676	504	13,7	3196	246	7,1	
11/Jan	3687	507	13,8	3001	252	7,7	252	13,8	3001	11/Jan	3529	503	14,3	3178	252	7,7	252	14,1	3198	273	7,9	11/Jan	3743	526	14,1	3198	273	7,9	
21/Jan	3634	588	16,2	2995	276	8,5	276	16,2	2995	21/Jan	3482	525	15,1	3181	276	8,5	276	15,6	3209	321	9,2	21/Jan	3691	575	15,6	3209	321	9,2	
01/Fev	3638	581	16,0	3039	336	10,2	336	10,2	3039	01/Fev	3477	521	15,0	3221	336	10,2	336	14,8	3261	377	10,6	01/Fev	3682	544	14,8	3261	377	10,6	
11/Fev	3426	429	12,5	3068	370	11,1	370	11,1	3068	11/Fev	3338	524	15,7	3269	370	11,1	370	12,9	3315	404	11,2	11/Fev	3459	448	12,9	3315	404	11,2	
21/Fev	3298	353	10,7	3154	408	11,9	408	11,9	3154	21/Fev	3186	390	12,2	3345	408	11,9	408	10,1	3380	439	12,0	21/Fev	3334	338	10,1	3380	439	12,0	
01/Mar	3216	419	13,0	3210	423	12,1	423	12,1	3210	01/Mar	3228	422	13,1	3422	423	12,1	423	12,2	3470	447	11,9	01/Mar	3324	405	12,2	3470	447	11,9	
11/Mar	3236	477	14,7	3296	436	12,2	436	12,2	3296	11/Mar	3208	445	13,9	3495	436	12,2	436	13,2	3554	463	12,0	11/Mar	3400	437	13,2	3554	463	12,0	
21/Mar	3280	475	14,5	3413	455	12,3	455	12,3	3413	21/Mar	3221	484	15,0	3611	455	12,3	455	13,4	3678	487	12,2	21/Mar	3463	456	13,4	3678	487	12,2	
01/Abr	3504	495	14,1	3548	477	12,4	477	12,4	3548	01/Abr	3349	532	15,9	3773	477	12,4	477	14,6	3829	506	12,2	01/Abr	3698	497	14,6	3829	506	12,2	
11/Abr	3804	643	16,9	3640	490	12,4	490	12,4	3640	11/Abr	3718	683	18,4	3856	490	12,4	490	13,3	3967	467	10,8	11/Abr	4080	598	14,6	3967	467	10,8	
21/Abr	3887	580	14,9	3718	470	11,6	470	11,6	3718	21/Abr	3826	606	15,8	3927	470	11,6	470	11,0	3998	436	10,0	21/Abr	4194	559	13,3	3998	436	10,0	
01/Mai	3860	464	12,0	3761	436	10,7	436	10,7	3761	01/Mai	3733	460	12,3	3966	436	10,7	436	10,9	4000	397	9,1	01/Mai	4124	454	11,0	4000	397	9,1	
11/Mai	3906	465	11,9	3772	397	9,7	397	9,7	3772	11/Mai	3812	568	14,9	3986	397	9,7	397	11,1	3995	384	8,9	11/Mai	4192	456	10,9	3995	384	8,9	
21/Mai	3885	471	12,1	3759	373	9,1	373	9,1	3759	21/Mai	3840	514	13,4	3984	373	9,1	373	11,1	3977	383	8,9	21/Mai	4148	460	11,1	3977	383	8,9	
01/Jun	3918	457	11,7	3746	372	9,1	372	9,1	3746	01/Jun	3869	474	12,2	3941	372	9,1	372	12,8	3952	363	8,4	01/Jun	4151	532	12,8	3952	363	8,4	
11/Jun	3926	530	13,5	3728	353	8,7	353	8,7	3728	11/Jun	3881	518	13,3	3934	353	8,7	353	12,0	3915	342	8,0	11/Jun	4277	515	12,0	3915	342	8,0	
21/Jun	4026	500	12,4	3702	338	8,4	338	8,4	3702	21/Jun	4072	508	12,5	3914	338	8,4	338	11,8	3864	327	7,8	21/Jun	4384	516	11,8	3864	327	7,8	
01/Jul	4184	490	11,7	3660	320	8,0	320	8,0	3660	01/Jul	4188	486	11,6	3886	320	8,0	320	8,7	3818	292	7,0	01/Jul	4449	379	8,7	3818	292	7,0	
11/Jul	4269	401	9,4	3604	295	7,5	295	7,5	3604	11/Jul	4196	495	12,2	3915	295	7,5	295	8,4	3755	289	6,6	11/Jul	4520	389	8,4	3755	289	6,6	
21/Jul	4349	365	8,4	3546	263	6,8	263	6,8	3546	21/Jul	4202	435	10,3	3762	263	6,8	263	8,4	3715	252	6,2	21/Jul	4500	379	8,4	3715	252	6,2	
01/Ago	4370	392	9,0	3492	254	6,7	254	6,7	3492	01/Ago	4338	473	10,9	3694	254	6,7	254	10,1	3681	242	6,0	01/Ago	4515	381	10,1	3681	242	6,0	
11/Ago	4372	456	10,4	3463	227	6,0	227	6,0	3463	11/Ago	4264	417	9,8	3677	227	6,0	227	9,8	3648	236	5,9	11/Ago	4500	453	9,8	3648	236	5,9	
21/Ago	4280	407	9,5	3430	225	6,0	225	6,0	3430	21/Ago	4237	434	10,2	3651	225	6,0	225	12,9	3609	218	5,6	21/Ago	4441	434	12,9	3609	218	5,6	
01/Set	4194	509	12,1	3408	210	5,7	210	5,7	3408	01/Set	4135	544	13,1	3616	210	5,7	210	13,1	3583	198	5,1	01/Set	4253	550	13,1	3583	198	5,1	
11/Set	4048	515	12,7	3385	201	5,5	201	5,5	3385	11/Set	3943	467	11,9	3574	201	5,5	201	15,4	3550	170	4,4	11/Set	4136	543	15,4	3550	170	4,4	
21/Set	3853	590	15,3	3352	179	4,9	179	4,9	3352	21/Set	3791	509	13,4	3540	179	4,9	179	12,6	3509	153	4,0	21/Set	3882	598	12,6	3509	153	4,0	
01/Out	3743	472	12,6	3319	150	4,2	150	4,2	3319	01/Out	3651	435	11,9	3510	150	4,2	150	13,5	3475	148	3,9	01/Out	3788	476	13,5	3475	148	3,9	
11/Out	3755	501	13,3	3274	142	4,0	142	4,0	3274	11/Out	3612	504	14,0	3467	142	4,0	142	14,7	3436	159	4,3	11/Out	3821	514	14,7	3436	159	4,3	
21/Out	3898	590	15,1	3240	148	4,2	148	4,2	3240	21/Out	3619	569	15,7	3421	148	4,2	148	12,1	3378	176	4,8	21/Out	3834	565	12,1	3378	176	4,8	
01/Nov	3811	467	12,2	3189	169	4,9	169	4,9	3189	01/Nov	3587	503	14,0	3384	169	4,9	169	15,9	3329	182	5,0	01/Nov	3788	460	15,9	3329	182	5,0	
11/Nov	3753	569	15,2	3139	180	5,3	180	5,3	3139	11/Nov	3467	509	14,7	3335	180	5,3	180	14,0	3266	194	5,5	11/Nov	3676	551	14,0	3266	194	5,5	
21/Nov	3744	630	16,8	3080	182	5,4	182	5,4	3080	21/Nov	3416	558	16,3	3263	182	5,4	182	12,4	3228	202	5,7	21/Nov	3691	586	15,9	3228	202	5,7	
01/Dez	3618	503	13,9	3033	188	5,7	188	5,7	3033	01/Dez	3318	503	15,2	3217	188	5,7	188	13,8	3205	236	6,8	01/Dez	3556	498	13,8	3205	236	6,8	
11/Dez	3684	458	12,4	3018	200	6,1	200	6,1	3018	11/Dez	3326	471	14,2	3200	200	6,1	200	13,8	3205	236	6,8	11/Dez	3646	453	13,8	3205	236	6,8	
21/Dez	3716	515	13,9	3004	211	6,5	211	6,5	3004	21/Dez	3408	432	12,7	3190	211	6,5	211	13,8	3205	236	6,8	21/Dez	3651	503	13,8	3205	236	6,8	
Média	3819	494	13	3166	295	8	295	8	3166	Média	3689	494	14	3567	295	8	295	16	4000	508	12	Média	3925	489	16	4000	508	12	
Máximo	4372	643	17	3772	490	12	490	12	3772	Máximo	4186	683	18	3986	490	12	490	8	3196	148	4	Máximo	4520	598	16	4520	598	16	
Mínimo	3216	353	8	2995	142	4	142	4	2995	Mínimo	3186	335	8	3178	142	4	142	8	3196	148	4	Mínimo	3324	338	8	3196	148	4	

ANEXO 3.8 -

MANDURI, SP - Produtividade Real

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)						
01/Jan	2926	618	21.1	354	14.3	01/Jan	2429	566	22.9	2365	403	17.1	01/Jan	2861	609	21.3	2488	422	17.0	01/Jan	2861	609	21.3	2488	422	17.0			
11/Jan	2826	666	23.6	2413	363	11/Jan	2591	616	23.8	2310	397	17.2	11/Jan	2885	656	22.7	2407	438	18.2	11/Jan	2885	656	22.7	2407	438	18.2			
21/Jan	2621	636	24.3	2325	360	21/Jan	2420	603	24.9	2222	430	19.4	21/Jan	2706	690	25.5	2321	497	21.4	21/Jan	2706	690	25.5	2321	497	21.4			
01/Fev	2424	625	23.8	2159	417	01/Fev	2233	617	27.6	2142	503	23.5	01/Fev	2479	648	26.2	2218	547	24.7	01/Fev	2479	648	26.2	2218	547	24.7			
11/Fev	2170	437	20.2	2001	501	11/Fev	1993	482	24.1	2063	519	25.2	11/Fev	2219	644	20.9	2194	534	24.3	11/Fev	2219	644	20.9	2194	534	24.3			
21/Fev	2081	506	24.3	1833	502	21/Fev	1901	476	25.0	2067	480	23.2	21/Fev	2124	519	24.1	2183	494	22.6	21/Fev	2124	519	24.1	2183	494	22.6			
01/Mar	2019	557	27.6	1746	527	01/Mar	1948	558	28.7	2055	462	22.5	01/Mar	2167	543	25.1	2179	472	21.6	01/Mar	2167	543	25.1	2179	472	21.6			
11/Mar	2035	514	25.3	1643	506	11/Mar	1933	507	26.2	2074	430	20.7	11/Mar	2215	546	24.7	2241	465	20.7	11/Mar	2215	546	24.7	2241	465	20.7			
21/Mar	2081	586	28.1	1513	475	21/Mar	1987	570	28.7	2167	445	20.5	21/Mar	2261	616	27.3	2342	477	20.4	21/Mar	2261	616	27.3	2342	477	20.4			
01/Abr	2113	572	27.1	1384	478	01/Abr	1981	523	26.4	2252	485	21.5	01/Abr	2258	608	26.9	2384	594	24.9	01/Abr	2258	608	26.9	2384	594	24.9			
11/Abr	2123	840	36.1	1306	531	11/Abr	2233	773	34.6	2246	602	26.8	11/Abr	2505	902	36.0	2317	677	29.2	11/Abr	2505	902	36.0	2317	677	29.2			
21/Abr	2117	802	37.9	1197	551	21/Abr	2069	774	37.4	2179	654	30.0	21/Abr	2284	871	38.1	2253	737	32.7	21/Abr	2284	871	38.1	2253	737	32.7			
01/Mai	1884	816	43.3	1072	570	01/Mai	1807	774	42.9	2097	727	34.7	01/Mai	2032	912	44.9	2176	849	39.0	01/Mai	2032	912	44.9	2176	849	39.0			
11/Mai	1862	784	42.1	987	602	11/Mai	1757	773	44.0	2076	803	38.7	11/Mai	2034	854	42.0	2144	912	42.5	11/Mai	2034	854	42.0	2144	912	42.5			
21/Mai	1828	852	46.6	931	613	21/Mai	1739	781	44.9	2026	876	43.2	21/Mai	2034	934	45.9	2156	961	44.6	21/Mai	2034	934	45.9	2156	961	44.6			
01/Jun	1996	922	46.2	915	631	01/Jun	1885	917	48.7	2051	893	43.5	01/Jun	2194	1002	45.7	2227	973	43.7	01/Jun	2194	1002	45.7	2227	973	43.7			
11/Jun	2158	911	41.2	925	620	11/Jun	2000	942	47.1	2101	899	42.8	11/Jun	2160	970	41.1	2248	945	42.0	11/Jun	2160	970	41.1	2248	945	42.0			
21/Jun	2128	801	34.4	966	599	21/Jun	2216	811	36.6	2128	876	41.2	21/Jun	2357	819	32.0	2256	934	41.9	21/Jun	2357	819	32.0	2256	934	41.9			
01/Jul	2477	1059	36.2	1059	630	01/Jul	2393	840	35.4	2140	860	40.2	01/Jul	2699	976	36.2	2305	982	38.3	01/Jul	2699	976	36.2	2305	982	38.3			
11/Jul	2612	919	35.2	1154	663	11/Jul	2465	862	35.0	2155	813	37.7	11/Jul	2775	941	33.9	2363	830	35.1	11/Jul	2775	941	33.9	2363	830	35.1			
21/Jul	2634	870	33.0	1267	687	21/Jul	2440	803	32.9	2204	764	34.7	21/Jul	2795	909	32.5	2400	792	33.0	21/Jul	2795	909	32.5	2400	792	33.0			
01/Ago	2738	1404	27.3	1558	652	01/Ago	2629	746	28.7	2262	736	32.5	01/Ago	2881	767	26.6	2450	765	31.2	01/Ago	2881	767	26.6	2450	765	31.2			
11/Ago	2842	711	25.1	1558	652	11/Ago	2629	650	24.7	2288	710	31.0	11/Ago	3006	746	24.8	2469	728	29.5	11/Ago	3006	746	24.8	2469	728	29.5			
21/Ago	2914	724	24.8	1734	637	21/Ago	2782	741	26.7	2325	669	28.8	21/Ago	3102	775	25.0	2536	670	26.4	21/Ago	3102	775	25.0	2536	670	26.4			
01/Set	2946	692	21.5	1958	574	01/Set	2809	696	24.8	2430	599	24.7	01/Set	2999	726	24.2	2626	617	23.5	01/Set	2999	726	24.2	2626	617	23.5			
11/Set	2872	654	22.8	2141	513	11/Set	2667	573	21.5	2498	574	23.0	11/Set	2928	687	23.5	2681	600	22.4	11/Set	2928	687	23.5	2681	600	22.4			
21/Set	2932	640	21.8	2329	460	21/Set	2694	612	22.7	2536	562	22.2	21/Set	3173	661	22.2	2723	591	21.7	21/Set	3173	661	22.2	2723	591	21.7			
01/Out	3047	601	19.7	2467	351	01/Out	2837	561	19.8	2562	530	20.7	01/Out	3114	609	19.5	2743	551	20.1	01/Out	3114	609	19.5	2743	551	20.1			
11/Out	3082	577	18.7	2582	266	11/Out	2857	622	21.8	2578	510	19.8	11/Out	3156	579	18.3	2745	535	19.5	11/Out	3156	579	18.3	2745	535	19.5			
21/Out	3150	615	19.5	2634	238	21/Out	2815	564	20.0	2564	485	18.9	21/Out	3066	589	19.2	2693	511	19.0	21/Out	3066	589	19.2	2693	511	19.0			
01/Nov	3077	613	19.9	2697	220	01/Nov	2758	649	23.5	2519	438	17.4	01/Nov	3032	610	20.1	2678	422	15.8	01/Nov	3032	610	20.1	2678	422	15.8			
11/Nov	3042	719	23.6	2709	213	11/Nov	2603	648	24.9	2502	375	15.0	11/Nov	2940	683	23.2	2672	401	15.0	11/Nov	2940	683	23.2	2672	401	15.0			
21/Nov	3128	722	23.1	2685	254	21/Nov	2549	641	25.2	2487	359	14.4	21/Nov	3033	693	22.9	2661	390	14.7	21/Nov	3033	693	22.9	2661	390	14.7			
01/Dez	3036	3036	487	16.0	2638	258	01/Dez	2579	518	20.1	2472	355	14.4	01/Dez	2961	487	16.5	2624	394	15.0	01/Dez	2961	487	16.5	2624	394	15.0		
11/Dez	3036	518	17.1	2592	301	11/Dez	2579	445	17.6	2466	373	15.1	11/Dez	2979	485	16.3	2610	419	16.0	11/Dez	2979	485	16.3	2610	419	16.0			
21/Dez	3026	572	18.9	2551	311	21/Dez	2594	525	20.3	2431	406	16.7	21/Dez	2951	568	19.2	2562	431	16.8	21/Dez	2951	568	19.2	2562	431	16.8			
Média	2566	687	28	1832	475	Média	2354	660	29	2279	583	26	Média	2655	713	28	2424	624	26	Média	2655	713	28	2424	624	26			
Máximo	3150	931	47	2709	687	Máximo	2857	942	49	2578	899	44	Máximo	3156	1002	46	2745	973	45	Máximo	3156	1002	46	2745	973	45			
Mínimo	1828	437	16	915	213	Mínimo	1739	445	18	2026	355	14	Mínimo	2032	464	16	2144	390	15	Mínimo	2032	464	16	2144	390	15			

ANEXO 3.9 - Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Manduri, SP.

MANDURI, SP - Quebra Relativa de Produtividade

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)			Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)			Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		
01/Jan	21	15	70,6	27	27	12	45,7			01/Jan	27	15	56,1	27	27	12	45,7			01/Jan	22	15	69,6	28	28	12	43,1		
11/Jan	23	15	66,2	29	29	12	41,4			11/Jan	26	16	60,0	29	29	12	41,4			11/Jan	23	15	66,2	31	31	12	38,4		
21/Jan	27	16	60,0	32	32	12	38,8			21/Jan	30	16	51,9	32	32	12	38,8			21/Jan	26	17	63,8	33	33	13	39,0		
01/Fev	32	18	55,2	35	35	14	39,9			01/Fev	35	18	51,9	35	35	14	39,9			01/Fev	32	18	57,4	37	37	14	38,1		
11/Fev	35	17	46,9	38	38	14	37,9			11/Fev	39	15	37,6	38	38	14	37,9			11/Fev	35	17	48,3	39	39	14	36,9		
21/Fev	36	17	48,1	39	39	14	35,7			21/Fev	39	16	40,5	39	39	14	35,7			21/Fev	35	18	50,2	40	40	14	34,2		
01/Mar	36	18	50,5	41	41	14	33,5			01/Mar	39	19	48,2	41	41	14	33,5			01/Mar	34	18	53,4	42	42	13	31,2		
11/Mar	36	17	47,8	42	42	13	30,6			11/Mar	39	17	43,1	42	42	13	30,6			11/Mar	34	18	52,6	42	42	13	30,7		
21/Mar	36	17	47,6	41	41	12	30,2			21/Mar	38	17	44,3	41	41	12	30,2			21/Mar	34	18	51,4	41	41	12	29,6		
01/Abr	38	18	47,8	41	41	13	30,4			01/Abr	40	17	41,7	41	41	13	30,4			01/Abr	38	19	49,9	43	43	13	31,6		
11/Abr	39	20	51,9	43	43	14	32,3			11/Abr	39	19	49,0	43	43	14	32,3			11/Abr	38	21	55,0	45	45	15	32,6		
21/Abr	45	21	46,2	46	46	15	32,1			21/Abr	45	21	45,7	46	46	15	32,1			21/Abr	45	21	47,9	48	48	16	32,4		
01/Mai	51	22	43,3	49	49	16	33,0			01/Mai	51	21	41,7	49	49	16	33,0			01/Mai	50	23	45,7	50	50	18	35,2		
11/Mai	52	21	41,0	50	50	18	36,0			11/Mai	53	20	38,2	50	50	18	36,0			11/Mai	51	22	44,0	51	51	19	37,8		
21/Mai	52	24	45,4	51	51	20	38,6			21/Mai	54	22	40,9	51	51	20	38,6			21/Mai	50	24	48,3	51	51	20	39,9		
01/Jun	48	25	51,1	50	50	20	39,9			01/Jun	51	24	48,1	50	50	20	39,9			01/Jun	47	25	53,6	49	49	21	42,2		
11/Jun	45	22	48,3	49	49	20	42,0			11/Jun	49	23	47,7	49	49	20	42,0			11/Jun	43	22	50,1	48	48	20	42,4		
21/Jun	42	18	43,5	48	48	20	42,7			21/Jun	46	19	41,3	48	48	20	42,7			21/Jun	40	19	46,6	47	47	20	42,8		
01/Jul	41	20	48,5	47	47	20	42,9			01/Jul	43	19	45,2	47	47	20	42,9			01/Jul	38	20	52,5	46	46	19	42,8		
11/Jul	39	20	52,6	45	45	19	42,5			11/Jul	41	20	48,0	45	45	19	42,5			11/Jul	37	20	54,5	43	43	19	43,0		
21/Jul	39	19	49,0	43	43	18	43,9			21/Jul	42	19	45,6	43	43	18	43,9			21/Jul	38	19	49,4	42	42	18	43,6		
01/Ago	37	17	47,1	41	41	18	43,9			01/Ago	40	17	42,1	41	41	18	43,9			01/Ago	36	17	48,7	40	40	18	44,2		
11/Ago	35	17	49,5	40	40	18	44,3			11/Ago	38	17	44,9	40	40	18	44,3			11/Ago	33	17	52,2	39	39	17	44,0		
21/Ago	32	16	50,2	38	38	17	44,2			21/Ago	35	16	46,2	38	38	17	44,2			21/Ago	30	16	54,3	36	36	16	44,4		
01/Set	29	18	61,9	35	35	16	45,1			01/Set	31	17	55,2	35	35	16	45,1			01/Set	29	18	63,4	33	33	15	46,0		
11/Set	28	17	62,1	32	32	15	48,1			11/Set	31	17	55,7	32	32	15	48,1			11/Set	28	18	62,7	31	31	16	50,1		
21/Set	23	16	72,0	30	30	16	51,3			21/Set	28	16	56,9	30	30	16	51,3			21/Set	22	17	74,3	29	29	15	52,3		
01/Out	17	18	101,8	29	29	15	51,2			01/Out	21	17	83,3	29	29	15	51,2			01/Out	16	18	107,1	28	28	15	52,3		
11/Out	17	17	100,0	27	27	14	52,7			11/Out	20	18	89,2	27	27	14	52,7			11/Out	16	17	105,0	27	27	14	52,6		
21/Out	18	16	90,9	27	27	14	51,7			21/Out	21	16	78,7	27	27	14	51,7			21/Out	19	17	88,2	28	28	14	50,7		
01/Nov	19	16	85,2	27	27	13	48,8			01/Nov	23	16	72,1	27	27	13	48,8			01/Nov	19	16	82,0	27	27	12	45,8		
11/Nov	19	15	79,2	26	26	12	45,0			11/Nov	25	16	64,2	26	26	12	45,0			11/Nov	20	15	74,9	26	26	12	45,6		
21/Nov	17	13	76,8	25	25	12	45,7			21/Nov	25	15	59,6	25	25	12	45,7			21/Nov	18	13	73,2	25	25	11	45,5		
01/Dez	16	11	70,4	25	25	11	43,9			01/Dez	22	13	60,5	25	25	11	43,9			01/Dez	16	11	68,7	25	25	11	44,7		
11/Dez	17	14	81,7	25	25	11	45,6			11/Dez	23	14	62,3	25	25	11	45,6			11/Dez	18	14	78,8	25	25	12	45,8		
21/Dez	18	13	74,9	25	25	12	47,6			21/Dez	24	14	57,6	25	25	12	47,6			21/Dez	19	13	71,0	26	26	12	46,3		
Média	32	18	60	37	37	15	42			Média	35	18	53	37	37	15	42			Média	31	18	62	37	37	15	42		
Máximo	52	25	102	51	51	20	53			Máximo	54	24	89	51	51	20	53			Máximo	51	25	107	51	51	21	53		
Mínimo	16	11	41	25	25	11	30			Mínimo	20	13	38	25	25	11	30			Mínimo	16	11	44	25	25	11	30		

ANEXO 3.10 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Ponta Grossa, PR.

PONTA GROSSA, PR - Produtividade Potencial

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)						
01/Jan	3566	468	13,1	4,7	158	3113	173	5,1		01/Jan	3216	401	12,5	3291	164	4,6	01/Jan	3500	452	12,9	3321	173	4,8						
11/Jan	3501	412	12,3	5,1	173	3117				11/Jan	3162	448	14,2	3310	193	5,4	11/Jan	3444	422	12,3	3349	201	5,5						
21/Jan	3404	585	17,2	6,1	210	3155	210	6,1		21/Jan	3289	624	19,0	3346	229	6,3	21/Jan	3464	609	17,6	3400	239	6,5						
01/Fev	3351	571	17,0	6,9	244	3236	244	6,9		01/Fev	3241	579	17,9	3442	269	7,2	01/Fev	3422	577	16,9	3492	271	7,1						
11/Fev	3215	492	15,3	7,4	264	3299	264	7,4		11/Fev	3154	513	16,3	3514	283	7,4	11/Fev	3285	503	15,3	3562	276	7,1						
21/Fev	3059	351	11,5	7,7	283	3388	283	7,7		21/Fev	2865	407	14,2	3591	293	7,5	21/Fev	3150	399	12,7	3633	308	7,8						
01/Mar	3038	400	13,2	8,0	299	3452	299	8,0		01/Mar	2998	430	14,3	3655	310	7,8	01/Mar	3190	412	12,9	3719	327	8,1						
11/Mar	3095	483	15,6	8,6	329	3540	329	8,6		11/Mar	3033	513	16,9	3740	348	8,6	11/Mar	3235	464	14,3	3813	361	8,7						
21/Mar	3413	502	14,7	9,3	368	3631	368	9,3		21/Mar	3170	540	17,0	3858	387	9,2	21/Mar	3605	524	14,5	3925	399	9,4						
01/Abr	3799	622	16,4	9,7	395	3755	395	9,7		01/Abr	3544	678	19,1	3994	409	9,4	01/Abr	4111	631	15,4	4044	419	9,5						
11/Abr	3859	607	15,7	9,7	404	3823	404	9,7		11/Abr	3749	651	17,4	4063	417	9,4	11/Abr	4169	571	13,7	4115	407	9,1						
21/Abr	3856	435	11,3	8,8	373	3878	373	8,8		21/Abr	3692	509	13,8	4128	400	8,9	21/Abr	4119	427	10,4	4163	371	8,2						
01/Mai	3848	509	13,2	7,9	335	3920	335	7,9		01/Mai	3665	499	13,6	4168	357	7,9	01/Mai	4086	511	12,5	4200	349	7,6						
11/Mai	3812	400	10,5	7,7	331	3945	331	7,7		11/Mai	3658	513	14,0	4185	331	7,3	11/Mai	4047	438	11,3	4222	334	7,3						
21/Mai	3874	537	13,9	7,5	324	3961	324	7,5		21/Mai	3653	525	14,4	4210	327	7,1	21/Mai	4170	628	15,1	4239	326	7,1						
01/Jun	4036	604	15,0	7,6	329	3982	329	7,6		01/Jun	3997	621	15,9	4242	337	7,3	01/Jun	4216	612	14,5	4271	341	7,3						
11/Jun	4155	564	13,6	7,8	340	4002	340	7,8		11/Jun	3948	556	14,1	4244	348	7,5	11/Jun	4379	648	14,8	4280	346	7,4						
21/Jun	4198	536	12,8	7,8	341	4008	341	7,8		21/Jun	4109	551	15,8	4256	340	7,4	21/Jun	4374	549	12,6	4263	323	7,0						
01/Jul	4307	549	12,7	7,6	331	4000	331	7,6		01/Jul	4145	565	13,6	4248	330	7,1	01/Jul	4458	605	13,6	4269	313	6,7						
11/Jul	4238	588	13,9	7,3	315	3992	315	7,3		11/Jul	4097	510	12,4	4237	324	7,0	11/Jul	4388	622	14,2	4248	311	6,7						
21/Jul	4264	574	13,5	7,6	327	3963	327	7,6		21/Jul	4152	595	14,3	4217	309	6,7	21/Jul	4359	569	13,1	4215	300	6,5						
01/Ago	4163	516	12,4	7,5	322	3932	322	7,5		01/Ago	4030	491	12,2	4177	297	6,5	01/Ago	4284	523	12,2	4175	290	6,4						
11/Ago	4124	588	14,3	7,2	306	3885	306	7,2		11/Ago	3995	509	12,7	4146	291	6,5	11/Ago	4242	584	13,8	4122	285	6,4						
21/Ago	4048	522	12,9	7,4	309	3832	309	7,4		21/Ago	3986	503	12,6	4078	291	6,6	21/Ago	4159	577	13,9	4078	282	6,4						
01/Set	3992	466	11,7	7,3	300	3768	300	7,3		01/Set	3811	485	12,7	4005	274	6,3	01/Set	4054	512	13,1	3999	275	6,3						
11/Set	3891	484	12,4	7,0	284	3713	284	7,0		11/Set	3786	444	11,7	3947	278	6,5	11/Set	3919	482	12,3	3935	256	6,0						
21/Set	3774	491	13,0	7,1	280	3651	280	7,1		21/Set	3721	447	12,0	3888	260	6,2	21/Set	3815	476	12,5	3864	252	6,0						
01/Out	3779	648	17,1	6,6	256	3573	256	6,6		01/Out	3620	527	14,6	3799	235	5,7	01/Out	3850	645	16,8	3788	233	5,7						
11/Out	3842	637	16,6	5,7	219	3503	219	5,7		11/Out	3519	579	16,5	3725	224	5,5	11/Out	3771	642	17,0	3712	208	5,2						
21/Out	3873	604	15,6	5,3	198	3433	198	5,3		21/Out	3552	578	16,3	3651	209	5,3	21/Out	3801	552	14,5	3648	192	4,8						
01/Nov	3803	429	11,3	4,5	165	3365	165	4,5		01/Nov	3517	398	11,3	3577	180	4,6	01/Nov	3774	421	11,2	3564	166	4,3						
11/Nov	3803	477	12,6	4,7	168	3309	168	4,7		11/Nov	3507	439	12,5	3512	170	4,5	11/Nov	3749	434	11,6	3504	179	4,7						
21/Nov	3764	574	15,2	4,8	170	3246	170	4,8		21/Nov	3411	428	12,6	3444	177	4,7	21/Nov	3692	569	15,4	3437	181	4,8						
01/Dez	3644	466	12,8	5,0	172	3187	172	5,0		01/Dez	3294	457	13,9	3379	189	5,1	01/Dez	3515	499	14,2	3387	188	5,1						
11/Dez	3695	412	11,2	5,2	179	3160	179	5,2		11/Dez	3260	433	13,3	3343	190	5,2	11/Dez	3622	401	11,1	3351	182	5,0						
21/Dez	3575	419	11,7	4,7	161	3126	161	4,7		21/Dez	3289	474	14,4	3318	177	4,9	21/Dez	3581	441	12,3	3331	173	4,8						
Média	3768	515	14	7	277	3607	277	7		Média	3576	515	14	3831	282	7	Média	3861	527	14	3851	279	7						
Máximo	4307	648	17	10	404	4008	404	10		Máximo	4152	678	19	4256	417	9	Máximo	4458	648	18	4280	419	10						
Mínimo	3038	351	11	5	158	3113	158	5		Mínimo	2865	398	11	3291	164	4	Mínimo	3150	399	10	3321	166	4						

PONTA GROSSA, PR - Produtividade Real

IAC-Anthraxy							Contisol-621							VNIIMK						
DSSAT				FAO			DSSAT				FAO			DSSAT				FAO		
Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	Data de semeadura	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	MÉDIA (kg ha ⁻¹)	D.P. (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)
01/Jan	2383	600	25,2	2531	349	13,8	01/Jan	1906	570	29,9	2563	370	14,4	01/Jan	2307	630	27,3	2593	386	14,3
11/Jan	2319	701	30,2	2509	360	14,4	11/Jan	1830	613	33,5	2566	404	15,7	11/Jan	2255	680	30,1	2658	402	15,1
21/Jan	2124	688	32,4	2460	381	15,5	21/Jan	1857	712	38,3	2508	442	17,6	21/Jan	2198	709	32,3	2610	464	17,8
01/Fev	1967	569	28,9	2423	486	20,1	01/Fev	1724	558	32,4	2494	502	18,1	01/Fev	2028	590	29,1	2647	491	18,6
11/Fev	1792	610	34,0	2459	512	20,8	11/Fev	1612	539	33,4	2604	486	18,7	11/Fev	1850	619	33,5	2723	503	18,5
21/Fev	1748	564	32,3	2562	500	19,5	21/Fev	1417	487	34,4	2699	458	17,0	21/Fev	1832	604	33,0	2805	477	17,0
01/Mar	1788	571	31,9	2645	463	17,5	01/Mar	1610	533	33,1	2780	448	16,1	01/Mar	1998	618	30,9	2900	470	16,2
11/Mar	1918	574	29,9	2734	457	16,7	11/Mar	1703	565	33,2	2806	472	16,8	11/Mar	2068	606	29,3	2974	447	15,0
21/Mar	2062	622	30,2	2819	454	16,1	21/Mar	1794	607	33,8	2904	436	15,0	21/Mar	2256	639	28,3	3070	418	13,6
01/Abr	2325	694	29,9	2892	455	15,7	01/Abr	1984	627	31,6	2921	491	16,8	01/Abr	2609	775	29,7	3139	468	14,9
11/Abr	2384	797	33,4	2828	527	18,0	11/Abr	2203	745	33,8	3020	569	18,8	11/Abr	2675	882	33,0	3227	496	15,4
21/Abr	2308	768	33,3	2998	575	19,2	21/Abr	2075	733	35,3	3104	521	16,8	21/Abr	2538	806	31,8	3269	520	15,9
01/Mai	2382	839	35,2	3018	644	21,3	01/Mai	2172	813	37,4	3143	599	19,1	01/Mai	2601	891	34,3	3296	587	17,8
11/Mai	2457	845	34,4	3045	712	23,4	11/Mai	2207	805	36,5	3225	615	19,1	11/Mai	2692	914	34,0	3349	595	17,8
21/Mai	2537	919	36,2	3078	736	23,9	21/Mai	2208	784	35,5	3327	555	16,7	21/Mai	2793	1037	37,1	3384	603	17,8
01/Jun	2604	918	35,3	3110	754	24,3	01/Jun	2346	962	41,0	3341	616	18,4	01/Jun	2773	941	33,9	3417	644	18,9
11/Jun	2683	855	31,8	3126	768	24,6	11/Jun	2356	789	33,5	3357	606	18,1	11/Jun	2897	969	33,4	3439	631	18,4
21/Jun	2759	842	30,5	3150	774	24,6	21/Jun	2502	912	36,5	3350	592	17,7	21/Jun	2971	825	27,8	3428	620	18,1
01/Jul	2804	816	29,1	3147	771	24,5	01/Jul	2531	836	33,0	3300	616	18,7	01/Jul	2968	843	28,4	3411	619	18,2
11/Jul	2789	806	28,9	3135	768	24,5	11/Jul	2510	788	30,6	3257	627	19,3	11/Jul	2914	796	27,3	3379	628	18,6
21/Jul	2750	845	30,7	3088	765	24,8	21/Jul	2476	785	33,7	3182	670	21,0	21/Jul	2891	835	28,9	3332	616	18,5
01/Ago	2673	780	29,2	3049	745	24,4	01/Ago	2399	764	31,9	3189	603	18,9	01/Ago	2812	790	28,1	3308	588	17,8
11/Ago	2654	705	26,6	3022	711	23,5	11/Ago	2415	757	31,4	3165	623	19,7	11/Ago	2786	693	24,9	3277	584	17,8
21/Ago	2570	812	31,6	2980	678	22,7	21/Ago	2426	729	30,0	3034	629	20,7	21/Ago	2684	805	30,0	3209	578	18,0
01/Set	2580	781	30,3	2934	617	21,0	01/Set	2236	756	33,8	3059	576	18,8	01/Set	2631	786	29,9	3160	562	17,8
11/Set	2651	700	26,4	2906	580	20,0	11/Set	2264	640	28,3	3022	581	19,2	11/Set	2656	654	24,6	3093	555	18,0
21/Set	2615	709	27,1	2852	558	19,6	21/Set	2295	715	31,2	2936	575	19,6	21/Set	2650	713	26,9	3009	576	19,2
01/Out	2510	706	28,1	2785	530	19,0	01/Out	2224	700	31,5	2892	569	19,7	01/Out	2568	704	27,4	2960	568	19,2
11/Out	2486	667	26,8	2745	524	19,1	11/Out	2016	642	31,8	2812	538	19,7	11/Out	2411	656	27,2	2885	563	19,5
21/Out	2518	704	27,9	2680	501	18,7	21/Out	2058	707	34,4	2746	537	19,5	21/Out	2444	715	30,1	2861	512	17,9
01/Nov	2423	732	30,2	2678	424	15,8	01/Nov	2029	711	35,0	2743	440	16,0	01/Nov	2358	737	30,4	2851	416	14,6
11/Nov	2485	617	24,8	2661	364	13,7	11/Nov	1952	581	29,8	2702	406	15,0	11/Nov	2405	628	26,1	2820	397	14,1
21/Nov	2473	633	25,6	2624	354	13,5	21/Nov	1980	614	31,0	2669	443	16,6	21/Nov	2371	596	25,1	2796	399	14,3
01/Dez	2481	636	25,6	2625	328	12,5	01/Dez	1888	504	26,7	2669	370	13,9	01/Dez	2319	604	26,0	2806	325	11,6
11/Dez	2551	637	25,0	2641	300	11,4	11/Dez	1995	552	27,7	2680	315	11,8	11/Dez	2462	612	24,9	2790	327	11,7
21/Dez	2415	666	27,6	2606	324	12,4	21/Dez	1892	566	29,9	2632	386	14,7	21/Dez	2393	699	29,2	2742	370	13,5
Média	2416	720	30	2824	549	19	Média	2086	687	33	2928	519	18	Média	2502	739	30	3048	511	17
Máximo	2804	919	36	3150	774	25	Máximo	2531	962	41	3357	670	21	Máximo	2971	1037	37	3439	644	20
Mínimo	1748	564	25	2423	300	11	Mínimo	1417	487	27	2494	315	12	Mínimo	1832	590	25	2610	325	12

ANEXO 3.12 - Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Ponta Grossa, PR.

PONTA GROSSA, PR - Quebra Relativa de Produtividade

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)			Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)			Data de semeadura	MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		MÉDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)		
01/Jan	33	16	50,1	25	25	11	45,6			01/Jan	40	17	42,0	28	28	12	41,1			01/Jan	34	17	50,1	25	25	12	46,6		
11/Jan	33	19	57,8	26	26	12	46,2			11/Jan	41	20	47,4	28	28	12	42,9			11/Jan	34	19	55,9	27	27	12	45,1		
21/Jan	37	20	53,4	28	28	12	43,9			21/Jan	43	21	48,4	31	31	13	43,2			21/Jan	36	20	55,0	29	29	13	46,0		
01/Fev	40	18	44,7	31	31	15	47,9			01/Fev	46	17	37,0	33	33	15	44,7			01/Fev	40	18	44,2	29	29	14	45,6		
11/Fev	43	19	44,4	31	31	15	48,6			11/Fev	48	18	37,9	31	31	14	43,2			11/Fev	43	19	44,2	29	29	14	46,9		
21/Fev	43	18	41,5	30	30	14	47,7			21/Fev	50	16	31,9	31	31	13	41,2			21/Fev	42	18	43,8	29	29	13	45,6		
01/Mar	41	16	39,8	29	29	13	45,3			01/Mar	46	16	35,2	30	30	12	41,3			01/Mar	38	16	41,4	28	28	13	45,3		
11/Mar	38	15	40,8	28	28	13	45,3			11/Mar	43	15	35,1	31	31	12	40,7			11/Mar	36	16	44,9	28	28	12	43,0		
21/Mar	39	19	48,2	28	28	12	43,7			21/Mar	43	18	43,1	30	30	11	37,3			21/Mar	36	18	50,8	28	28	11	38,7		
01/Abr	38	18	49,1	29	29	12	40,9			01/Abr	42	18	42,4	32	32	12	38,6			01/Abr	35	19	54,4	28	28	11	39,3		
11/Abr	37	21	57,2	29	29	13	43,0			11/Abr	40	21	53,1	31	31	12	39,8			11/Abr	35	21	60,4	28	28	11	38,4		
21/Abr	39	21	53,2	29	29	13	44,8			21/Abr	43	21	50,4	30	30	12	39,4			21/Abr	38	20	54,0	28	28	11	40,8		
01/Mai	38	20	52,0	29	29	15	49,8			01/Mai	41	20	48,4	30	30	13	42,8			01/Mai	36	20	54,9	28	28	12	43,6		
11/Mai	36	21	57,9	29	29	16	53,7			11/Mai	40	20	50,7	29	29	13	43,6			11/Mai	34	21	61,6	27	27	12	44,8		
21/Mai	34	22	64,9	29	29	16	56,2			21/Mai	39	21	52,8	27	27	11	41,6			21/Mai	33	23	69,1	27	27	12	45,7		
01/Jun	36	20	57,3	28	28	16	57,5			01/Jun	40	21	52,9	28	28	12	44,7			01/Jun	34	21	60,8	26	26	12	47,1		
11/Jun	35	19	55,5	29	29	16	57,4			11/Jun	40	19	48,8	27	27	12	44,1			11/Jun	34	19	57,9	26	26	12	47,0		
21/Jun	34	19	55,0	28	28	16	58,5			21/Jun	39	19	48,0	28	28	12	41,9			21/Jun	31	19	62,0	26	26	12	45,8		
01/Jul	34	20	59,7	28	28	17	58,9			01/Jul	38	21	54,3	29	29	12	43,2			01/Jul	32	20	62,9	27	27	12	46,2		
11/Jul	33	20	59,2	28	28	16	58,1			11/Jul	38	21	55,6	29	29	13	43,2			11/Jul	33	20	60,6	27	27	12	45,9		
21/Jul	35	21	60,5	29	29	16	56,6			21/Jul	40	21	53,7	31	31	13	43,2			21/Jul	33	20	61,7	27	27	12	43,9		
01/Ago	35	20	56,4	29	29	16	54,6			01/Ago	40	21	52,2	30	30	12	40,5			01/Ago	34	19	57,8	27	27	12	42,5		
11/Ago	34	19	55,6	29	29	15	53,4			11/Ago	39	21	53,7	30	30	13	42,7			11/Ago	33	19	58,7	27	27	12	43,9		
21/Ago	35	21	60,0	29	29	15	51,7			21/Ago	38	20	51,8	32	32	13	42,1			21/Ago	34	21	60,2	28	28	12	44,5		
01/Set	34	22	61,2	29	29	14	48,4			01/Set	40	23	56,4	30	30	13	42,4			01/Set	34	22	64,0	27	27	12	44,6		
11/Set	31	18	57,5	28	28	13	46,8			11/Set	39	19	48,5	30	30	13	42,8			11/Set	31	18	57,3	28	28	12	44,2		
21/Set	30	18	61,4	28	28	13	45,1			21/Set	38	18	47,9	31	31	13	42,6			21/Set	30	19	62,8	28	28	13	46,3		
01/Out	33	17	52,9	28	28	13	45,4			01/Out	39	17	45,1	30	30	14	45,1			01/Out	33	17	53,1	28	28	13	47,7		
11/Out	34	18	53,3	28	28	13	48,4			11/Out	42	17	41,4	30	30	13	44,0			11/Out	35	19	53,3	28	28	14	48,3		
21/Out	33	21	62,7	28	28	13	47,3			21/Out	41	21	52,5	31	31	13	43,7			21/Out	34	21	61,4	28	28	13	46,4		
01/Nov	35	22	61,8	27	27	12	44,7			01/Nov	41	22	52,3	29	29	12	39,5			01/Nov	36	22	59,4	26	26	11	42,9		
11/Nov	33	20	59,8	26	26	11	42,1			11/Nov	43	20	46,8	29	29	11	38,4			11/Nov	35	20	57,5	26	26	11	43,4		
21/Nov	33	17	51,0	25	25	11	44,9			21/Nov	42	17	41,1	28	28	13	45,5			21/Nov	35	16	46,9	25	25	12	48,4		
01/Dez	31	18	56,5	24	24	11	46,4			01/Dez	41	18	42,5	27	27	11	41,8			01/Dez	33	18	54,5	23	23	10	44,0		
11/Dez	30	17	57,2	23	23	10	44,7			11/Dez	38	19	50,1	26	26	10	38,7			11/Dez	31	18	56,2	23	23	10	44,8		
21/Dez	32	17	52,1	23	23	11	46,4			21/Dez	42	18	43,1	27	27	12	44,9			21/Dez	33	17	49,9	24	24	11	47,0		
Média	35	19	55	28	28	14	49			Média	41	19	47	30	30	12	42			Média	35	19	56	27	27	12	45		
Máximo	43	22	65	31	31	17	59			Máximo	50	23	56	33	33	15	45			Máximo	43	23	69	30	30	14	48		
Mínimo	30	15	40	23	23	10	41			Mínimo	38	15	32	26	26	10	37			Mínimo	30	16	43	23	23	10	38		

ANEXO 3.13 - Produtividade Potencial média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Paranavaí, PR.

PARANAVAÍ, PR - Produtividade Potencial

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MEDIA	D.P	C.V		Data de semeadura	MEDIA	D.P	C.V		Data de semeadura	MEDIA	D.P	C.V		Data de semeadura	MEDIA	D.P	C.V		Data de semeadura	MEDIA	D.P	C.V						
01/Jan	3661	310	8,5	2931	123	3,9	3343	285	8,5	3115	122	3,6	3627	266	7,3	3121	109	3,2	3627	266	7,3	3121	109	3,2					
11/Jan	3701	406	11,0	2919	100	3,2	3586	380	10,6	3096	106	3,1	3739	382	10,2	3102	98	2,9	3739	382	10,2	3102	98	2,9					
21/Jan	3579	339	9,5	2899	97	3,1	3470	341	9,8	3075	102	3,0	3671	381	10,4	3087	100	3,0	3671	381	10,4	3087	100	3,0					
01/Fev	3449	394	11,4	2893	101	3,2	3341	315	9,4	3068	107	3,2	3523	390	11,1	3080	113	3,4	3523	390	11,1	3080	113	3,4					
11/Fev	3240	380	11,7	2884	112	3,6	3174	345	10,9	3055	119	3,6	3339	372	11,1	3062	121	3,6	3339	372	11,1	3062	121	3,6					
21/Fev	3089	338	10,9	2868	133	4,3	3018	341	11,3	3038	132	4,0	3110	335	10,8	3070	143	4,3	3110	335	10,8	3070	143	4,3					
01/Mar	2966	370	12,5	2879	138	4,4	3010	414	13,8	3053	151	4,5	3063	404	13,2	3069	146	4,4	3063	404	13,2	3069	146	4,4					
11/Mar	3010	405	13,5	2890	157	5,0	2971	407	13,7	3070	173	5,2	3193	415	13,0	3089	168	5,0	3193	415	13,0	3089	168	5,0					
21/Mar	2951	360	12,2	2900	165	5,2	2864	388	13,1	3089	174	5,2	3091	336	10,9	3110	186	5,5	3091	336	10,9	3110	186	5,5					
01/Abr	2973	397	13,4	2942	187	5,8	2869	416	14,5	3121	200	5,9	3170	410	12,9	3148	193	5,7	3170	410	12,9	3148	193	5,7					
11/Abr	2992	524	17,5	2971	212	6,6	2914	556	19,1	3156	222	6,5	3413	539	16,4	3191	227	6,5	3413	539	16,4	3191	227	6,5					
21/Abr	3152	583	18,5	3019	220	6,7	3146	611	19,4	3198	234	6,7	3546	536	15,1	3233	235	6,7	3546	536	15,1	3233	235	6,7					
01/Mai	3173	518	16,3	3057	237	7,1	3099	532	17,2	3244	247	7,0	3452	467	13,5	3274	243	6,8	3452	467	13,5	3274	243	6,8					
11/Mai	3071	400	13,0	3092	224	6,7	3061	489	16,0	3276	230	6,5	3406	383	11,2	3306	231	6,4	3406	383	11,2	3306	231	6,4					
21/Mai	3177	513	16,2	3114	232	6,8	3073	579	18,9	3298	230	6,4	3439	529	15,4	3317	222	6,2	3439	529	15,4	3317	222	6,2					
01/Jun	3200	445	13,9	3128	224	6,6	3190	515	16,2	3308	228	6,3	3548	466	10,9	3356	220	6,0	3548	466	10,9	3356	220	6,0					
11/Jun	3436	468	13,6	3137	225	6,6	3384	514	15,2	3323	241	6,7	3800	510	13,4	3351	234	6,6	3800	510	13,4	3351	234	6,6					
21/Jun	3574	589	16,5	3155	215	6,3	3540	637	18,0	3342	239	6,6	3852	646	16,8	3354	231	6,3	3852	646	16,8	3354	231	6,3					
01/Jul	3787	581	15,3	3152	215	6,3	3797	559	14,7	3344	226	6,2	4071	531	13,0	3362	225	6,2	4071	531	13,0	3362	225	6,2					
11/Jul	3876	415	10,7	3155	207	6,0	3980	436	11,0	3331	224	6,2	4261	466	10,9	3356	220	6,0	4261	466	10,9	3356	220	6,0					
21/Jul	4002	339	8,5	3142	213	6,2	3908	402	10,3	3329	216	6,0	4198	357	8,5	3360	217	5,9	4198	357	8,5	3360	217	5,9					
01/Ago	4238	449	10,6	3145	210	6,1	4081	385	9,4	3338	219	6,0	4380	445	10,2	3363	211	5,8	4380	445	10,2	3363	211	5,8					
11/Ago	4190	349	8,3	3163	203	5,9	4025	329	8,2	3344	209	5,8	4422	386	8,7	3362	205	5,6	4422	386	8,7	3362	205	5,6					
21/Ago	4138	307	7,4	3151	201	5,9	4013	349	8,7	3348	200	5,5	4319	339	7,8	3371	211	5,8	4319	339	7,8	3371	211	5,8					
01/Set	4159	472	11,3	3170	192	5,6	3995	462	11,6	3359	204	5,6	4263	522	12,2	3377	190	5,2	4263	522	12,2	3377	190	5,2					
11/Set	4093	464	11,3	3175	173	5,0	4050	437	10,8	3363	198	5,4	4177	431	10,7	3378	186	5,1	4177	431	10,7	3378	186	5,1					
21/Set	3957	414	10,5	3177	175	5,1	3871	346	8,9	3366	172	4,7	4017	356	9,2	3382	175	4,8	4017	356	9,2	3382	175	4,8					
01/Out	3859	322	8,3	3169	155	4,5	3713	383	10,6	3350	170	4,7	3877	320	8,5	3369	155	4,2	3877	320	8,5	3369	155	4,2					
11/Out	3871	411	10,6	3151	142	4,2	3744	334	8,9	3339	140	3,9	3939	420	10,7	3348	143	3,9	3939	420	10,7	3348	143	3,9					
21/Out	3950	517	13,1	3132	128	3,8	3696	458	12,4	3321	139	3,9	3828	559	14,6	3337	142	3,9	3828	559	14,6	3337	142	3,9					
01/Nov	3905	475	12,2	3105	130	3,9	3601	464	12,9	3292	147	4,1	3876	497	12,8	3298	138	3,8	3876	497	12,8	3298	138	3,8					
11/Nov	3771	484	12,8	3071	142	4,3	3424	376	11,0	3264	144	4,1	3770	524	13,9	3263	146	4,1	3770	524	13,9	3263	146	4,1					
21/Nov	3777	375	9,9	3036	136	4,1	3450	417	12,1	3225	140	4,0	3750	367	9,8	3229	142	4,0	3750	367	9,8	3229	142	4,0					
01/Dez	3680	399	10,8	2999	153	4,7	3406	343	10,1	3195	148	4,3	3631	369	10,2	3197	145	4,2	3631	369	10,2	3197	145	4,2					
11/Dez	3681	432	11,7	2983	151	4,7	3368	437	13,0	3175	156	4,5	3623	392	10,8	3178	150	4,3	3623	392	10,8	3178	150	4,3					
21/Dez	3669	351	9,6	2958	142	4,4	3349	370	11,1	3151	144	4,2	3620	356	9,8	3151	138	4,0	3620	356	9,8	3151	138	4,0					
Média	3583	425	12	3048	171	5	3462	437	13	3232	179	5	3722	429	12	3249	177	5	3722	429	12	3249	177	5					
Máximo	4238	589	18	3177	237	7	4081	637	19	3366	247	7	4422	646	17	3382	243	7	4422	646	17	3382	243	7					
Mínimo	2951	307	7	2868	97	3	2869	285	8	3038	102	3	3063	266	7	3062	98	3	3063	266	7	3062	98	3					

ANEXO 3.14 - Produtividade Real média nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Paranavai, PR.

PARANAVAI, PR - Produtividade Real

IAC-Anhandy										Contisol-621										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)				Data de semeadura	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)				Data de semeadura	MEDIA (kg ha ⁻¹)	D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)		D.P (kg ha ⁻¹)	C.V (%)			
01/Jan	2768	940	34,0	1874	555	29,6	30,4	1871,5	609	01/Jan	2448	788	31,4	1812,7	537	32,5	32,5	1912,2	610	01/Jan	2729	933	34,2	1975,7	610	30,8	1975,7	610	30,8
11/Jan	2854	759	26,6	1844	561	26,6	26,6	1812,7	537	11/Jan	2718	788	30,3	1812,7	537	29,6	29,6	1812,7	537	11/Jan	2889	737	25,5	1912,2	537	28,1	1912,2	537	28,1
21/Jan	2696	536	19,9	1743	465	26,7	26,7	1741,3	464	21/Jan	2559	475	18,6	1741,3	464	26,7	26,7	1741,3	464	21/Jan	2792	543	19,4	1828,9	492	26,9	1828,9	492	26,9
01/Fev	2624	712	27,1	1730	470	27,1	27,1	1730,0	468	01/Fev	2517	721	28,6	1730,0	468	26,5	26,5	1730,0	468	01/Fev	2699	701	26,0	1862,6	496	26,6	1862,6	496	26,6
11/Fev	2449	536	21,9	1747	450	25,7	25,7	1734,5	473	11/Fev	2292	493	21,5	1734,5	473	27,2	27,2	1734,5	473	11/Fev	2537	564	22,2	1815,3	483	26,6	1815,3	483	26,6
21/Fev	2409	620	25,7	1713	468	27,3	27,3	1709,4	502	21/Fev	2350	571	24,3	1709,4	502	22,2	22,2	1709,4	502	21/Fev	2425	623	25,7	1869,9	474	25,3	1869,9	474	25,3
01/Mar	2248	516	22,9	1786	406	22,7	22,7	1805,0	400	01/Mar	2252	520	23,1	1805,0	400	22,2	22,2	1805,0	400	01/Mar	2351	518	22,5	1952,9	413	21,2	1952,9	413	21,2
11/Mar	2452	650	26,5	1857	376	20,2	20,2	1887,4	396	11/Mar	2364	608	25,7	1887,4	396	21,0	21,0	1887,4	396	11/Mar	2650	675	25,5	2030,5	375	18,5	2030,5	375	18,5
21/Mar	2447	644	26,3	1946	353	18,2	18,2	1915,5	387	21/Mar	2423	687	28,3	1915,5	387	20,2	20,2	1915,5	387	21/Mar	2582	658	25,5	2095,2	416	19,9	2095,2	416	19,9
01/Abr	2428	778	32,1	2019	430	21,3	21,3	2009,5	500	01/Abr	2300	725	31,5	2009,5	500	24,9	24,9	2009,5	500	01/Abr	2584	847	32,8	2137,0	460	21,5	2137,0	460	21,5
11/Abr	2294	875	38,2	2011	448	22,3	22,3	1986,1	472	11/Abr	2283	859	37,6	1986,1	472	23,8	23,8	1986,1	472	11/Abr	2571	965	37,5	2111,5	487	23,0	2111,5	487	23,0
21/Abr	2269	854	37,7	1979	492	24,9	24,9	1933,4	571	21/Abr	2276	861	37,8	1933,4	571	29,6	29,6	1933,4	571	21/Abr	2466	894	36,2	2055,6	580	28,2	2055,6	580	28,2
01/Mai	1948	860	44,1	1884	555	29,4	29,4	1833,0	625	01/Mai	1935	801	41,4	1833,0	625	34,1	34,1	1833,0	625	01/Mai	2039	936	45,9	1897,0	655	34,5	1897,0	655	34,5
11/Mai	1701	798	46,9	1759	634	36,0	36,0	1677,7	686	11/Mai	1714	821	47,9	1677,7	686	40,9	40,9	1677,7	686	11/Mai	1825	889	48,7	1775,6	696	39,2	1775,6	696	39,2
21/Mai	1682	865	51,4	1645	674	40,9	40,9	1692,8	735	21/Mai	1672	839	50,2	1692,8	735	43,4	43,4	1692,8	735	21/Mai	1827	959	52,5	1736,1	736	42,4	1736,1	736	42,4
01/Jun	1717	938	54,0	1632	719	44,1	44,1	1656,1	768	01/Jun	1728	907	52,5	1656,1	768	46,5	46,5	1656,1	768	01/Jun	1969	992	50,4	1734,0	801	46,2	1734,0	801	46,2
11/Jun	2051	1054	51,4	1623	743	45,8	45,8	1736,1	781	11/Jun	1967	1010	51,3	1736,1	781	47,2	47,2	1736,1	781	11/Jun	2326	1196	51,4	1756,9	794	45,2	1756,9	794	45,2
21/Jun	2493	1055	42,3	1680	737	43,9	43,9	1796,1	745	21/Jun	2427	1061	43,7	1796,1	745	42,9	42,9	1796,1	745	21/Jun	2752	1182	43,0	1829,0	781	42,7	1829,0	781	42,7
01/Jul	2929	988	33,7	1762	722	41,0	41,0	1864,2	748	01/Jul	2917	1013	34,7	1864,2	748	40,1	40,1	1864,2	748	01/Jul	3132	1021	32,6	1919,9	780	40,7	1919,9	780	40,7
11/Jul	2982	898	30,1	1822	729	40,0	40,0	1818,5	715	11/Jul	3115	871	27,9	1818,5	715	39,3	39,3	1818,5	715	11/Jul	3222	1013	31,4	1972,2	786	39,9	1972,2	786	39,9
21/Jul	2987	786	26,3	1878	730	38,9	38,9	1888,4	706	21/Jul	2912	770	26,5	1888,4	706	37,4	37,4	1888,4	706	21/Jul	3129	837	26,7	2042,5	754	36,9	2042,5	754	36,9
01/Ago	3155	743	23,6	1951	695	35,6	35,6	2036,9	618	01/Ago	3019	720	23,8	2036,9	618	30,7	30,7	2036,9	618	01/Ago	3288	811	24,7	2139,7	694	32,4	2139,7	694	32,4
11/Ago	3254	585	18,0	2030	647	31,9	31,9	2048,5	629	11/Ago	3155	590	18,7	2048,5	629	30,7	30,7	2048,5	629	11/Ago	3435	653	19,0	2198,8	646	29,4	2198,8	646	29,4
21/Ago	3211	756	23,6	2085	605	29,0	29,0	2036,9	618	21/Ago	3101	702	22,6	2036,9	618	30,3	30,3	2036,9	618	21/Ago	3345	837	25,0	2205,9	641	29,0	2205,9	641	29,0
01/Set	2967	881	29,7	2086	584	28,0	28,0	2038,4	673	01/Set	2877	753	26,2	2038,4	673	33,0	33,0	2038,4	673	01/Set	3003	884	29,4	2191,5	628	28,6	2191,5	628	28,6
11/Set	2871	937	32,6	2075	594	28,6	28,6	2096,4	593	11/Set	2742	936	34,2	2096,4	593	32,1	32,1	2096,4	593	11/Set	2925	934	31,9	2180,2	637	29,2	2180,2	637	29,2
21/Set	2826	758	26,8	2068	614	29,7	29,7	2124,8	677	21/Set	2690	748	27,8	2124,8	677	31,9	31,9	2124,8	677	21/Set	2902	733	23,2	2227,7	634	28,5	2227,7	634	28,5
01/Out	3064	704	23,0	2076	604	29,1	29,1	2126,4	673	01/Out	2809	632	22,5	2126,4	673	31,7	31,7	2126,4	673	01/Out	3071	696	22,7	2177,6	645	29,6	2177,6	645	29,6
11/Out	3257	770	23,7	2038	581	28,5	28,5	2051,0	628	11/Out	3049	776	25,4	2051,0	628	30,6	30,6	2051,0	628	11/Out	3325	783	23,5	2154,4	639	29,7	2154,4	639	29,7
21/Out	3250	736	22,7	2038	602	29,6	29,6	2096,4	593	21/Out	3027	725	24,0	2096,4	593	28,3	28,3	2096,4	593	21/Out	3155	723	22,9	2181,6	622	28,5	2181,6	622	28,5
01/Nov	3084	646	21,0	2030	550	27,1	27,1	2023,4	573	01/Nov	2840	660	23,2	2023,4	573	28,3	28,3	2023,4	573	01/Nov	3056	687	22,5	2123,5	559	26,3	2123,5	559	26,3
11/Nov	3035	603	19,9	1964	507	25,8	25,8	1931,1	560	11/Nov	2716	523	19,3	1931,1	560	29,0	29,0	1931,1	560	11/Nov	3023	628	20,8	2099,3	523	24,9	2099,3	523	24,9
21/Nov	3048	603	19,8	2068	440	21,3	21,3	2077,3	436	21/Nov	2707	614	22,7	2077,3	436	21,0	21,0	2077,3	436	21/Nov	2994	654	21,9	2214,8	460	20,8	2214,8	460	20,8
01/Dez	3122	657	21,0	2085	448	21,5	21,5	2146,1	487	01/Dez	2767	582	21,0	2146,1	487	22,7	22,7	2146,1	487	01/Dez	3085	637	20,7	2205,6	487	22,1	2205,6	487	22,1
11/Dez	3111	682	21,9	2043	458	22,4	22,4	2028,8	475	11/Dez	2842	627	22,1	2028,8	475	23,4	23,4	2028,8	475	11/Dez	3065	666	21,7	2127,3	503	23,6	2127,3	503	23,6
21/Dez	2804	752	26,8	1974	476	24,1	24,1	1965,2	505	21/Dez	2630	598	22,7	1965,2	505	25,7	25,7	1965,2	505	21/Dez	2788	709	25,4	2064,1	537	26,0	2064,1	537	26,0
Média	2681	763	30	1904	559	30	30	1910	589	Média	2559	733	30	1910	589	31	31	1910	589	Média	2776	798	30	2022	596	30	2022	596	30
Máximo	3257	1055	54	2086	743	46	46	2148	781	Máximo	3155	1061	52	2148	781	47	47	2148	781	Máximo	3435	1196	52	2228	801	46	2228	801	46
Mínimo	1682	516	18	1623	353	18	18	1654	387	Mínimo	1672	475	19	1654	387	20	20	1654	387	Mínimo	1825	518	19	1734	375	18	1734	375	18

ANEXO 3.15 - Quebra Relativa de Produtividade nas diferentes datas de semeadura, com os respectivos valores de desvio padrão (D.P) e coeficiente de variação (C.V.), simulada pelos modelos FAO e DSSAT na localidade de Paranavaí, PR.

PARANAVAÍ, PR - Quebra Relativa de Produtividade

IAC-Anhandy										Contisol-821										VNIIMK									
DSSAT					FAO					DSSAT					FAO					DSSAT					FAO				
Data de semeadura	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)	Data de semeadura	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)	Data de semeadura	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)	Data de semeadura	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)	Data de semeadura	MEDIA (%)	D.P (%)	C.V (%)							
01/Jan	23	26	108,8	41	19	46,1	01/Jan	26	24	91,8	01/Jan	44,2	19	43,5	01/Jan	24	26	106,7	01/Jan	24	26	106,7							
11/Jan	23	19	84,7	41	19	45,1	11/Jan	24	22	92,0	11/Jan	45,7	17	37,2	11/Jan	23	19	37,2	11/Jan	23	19	37,2							
21/Jan	24	17	69,7	44	16	35,8	21/Jan	25	16	64,6	21/Jan	47,6	15	31,0	21/Jan	23	17	73,2	21/Jan	23	17	73,2							
01/Fev	24	19	82,5	45	16	35,6	01/Fev	25	20	80,4	01/Fev	44,5	16	35,0	01/Fev	23	19	82,7	01/Fev	23	19	82,7							
11/Fev	23	19	83,3	44	15	33,8	11/Fev	27	17	83,9	11/Fev	47,5	15	31,1	11/Fev	23	19	85,5	11/Fev	23	19	85,5							
21/Fev	21	21	102,6	45	15	34,1	21/Fev	21	21	97,9	21/Fev	48,0	16	32,9	21/Fev	21	22	107,2	21/Fev	21	22	107,2							
01/Mar	23	18	76,1	43	14	32,8	01/Mar	24	18	76,2	01/Mar	45,3	13	29,5	01/Mar	22	17	77,9	01/Mar	22	17	77,9							
11/Mar	18	21	117,0	41	13	32,0	11/Mar	19	20	103,7	11/Mar	43,1	13	30,4	11/Mar	16	21	129,1	11/Mar	16	21	129,1							
21/Mar	17	21	126,2	38	12	31,5	21/Mar	17	23	132,4	21/Mar	42,8	12	27,9	21/Mar	16	19	120,0	21/Mar	16	19	120,0							
01/Abr	18	23	127,4	37	14	36,9	01/Abr	20	22	111,9	01/Abr	40,6	15	36,7	01/Abr	19	24	127,5	01/Abr	19	24	127,5							
11/Abr	23	25	106,2	38	13	34,5	11/Abr	21	25	119,2	11/Abr	42,2	13	30,8	11/Abr	25	25	98,8	11/Abr	25	25	98,8							
21/Abr	28	24	86,3	40	14	34,2	21/Abr	27	24	88,2	21/Abr	44,7	15	33,0	21/Abr	30	24	80,9	21/Abr	30	24	80,9							
01/Mai	38	26	67,5	43	15	35,4	01/Mai	37	24	66,0	01/Mai	48,2	16	34,0	01/Mai	40	27	66,5	01/Mai	40	27	66,5							
11/Mai	44	26	57,6	48	17	35,4	11/Mai	44	25	56,7	11/Mai	53,0	18	34,3	11/Mai	46	26	56,6	11/Mai	46	26	56,6							
21/Mai	47	27	57,0	52	18	35,4	21/Mai	45	26	57,4	21/Mai	53,0	19	35,7	21/Mai	46	27	58,6	21/Mai	46	27	58,6							
01/Jun	45	28	60,9	52	20	37,3	01/Jun	45	28	61,4	01/Jun	54,4	20	36,2	01/Jun	44	27	61,7	01/Jun	44	27	61,7							
11/Jun	41	28	67,8	53	20	37,9	11/Jun	42	27	63,5	11/Jun	54,6	20	36,2	11/Jun	39	28	72,5	11/Jun	39	28	72,5							
21/Jun	30	28	91,7	51	20	39,0	21/Jun	32	26	82,2	21/Jun	52,5	19	36,3	21/Jun	29	28	97,1	21/Jun	29	28	97,1							
01/Jul	23	23	99,1	49	19	38,9	01/Jul	23	23	97,2	01/Jul	49,1	19	38,0	01/Jul	23	22	95,8	01/Jul	23	22	95,8							
11/Jul	23	21	92,0	47	19	40,8	11/Jul	21	21	98,8	11/Jul	50,2	18	35,9	11/Jul	24	21	86,4	11/Jul	24	21	86,4							
21/Jul	25	20	80,0	46	19	42,4	21/Jul	25	20	83,2	21/Jul	48,3	18	37,2	21/Jul	25	20	78,9	21/Jul	25	20	78,9							
01/Ago	25	18	72,8	44	18	42,0	01/Ago	25	19	75,4	01/Ago	46,2	17	37,2	01/Ago	25	18	73,3	01/Ago	25	18	73,3							
11/Ago	22	16	73,2	41	17	41,0	11/Ago	21	16	75,6	11/Ago	44,1	16	35,2	11/Ago	22	16	73,9	11/Ago	22	16	73,9							
21/Ago	22	20	91,5	39	16	41,3	21/Ago	22	19	86,2	21/Ago	44,3	16	35,7	21/Ago	22	20	92,5	21/Ago	22	20	92,5							
01/Set	28	22	78,5	39	17	42,4	01/Set	27	20	75,3	01/Set	44,1	18	41,3	01/Set	29	22	78,5	01/Set	29	22	78,5							
11/Set	29	25	85,6	40	17	44,0	11/Set	31	25	79,7	11/Set	44,3	18	41,3	11/Set	29	24	83,7	11/Set	29	24	83,7							
21/Set	28	20	69,8	40	18	45,3	21/Set	30	20	64,7	21/Set	41,8	19	45,1	21/Set	27	20	72,9	21/Set	27	20	72,9							
01/Out	20	20	98,5	40	18	44,4	01/Out	23	19	79,7	01/Out	41,6	18	44,2	01/Out	20	20	99,2	01/Out	20	20	99,2							
11/Out	16	20	126,8	40	17	42,5	11/Out	18	20	110,8	11/Out	43,5	17	40,2	11/Out	15	20	132,2	11/Out	15	20	132,2							
21/Out	17	18	109,6	40	18	45,2	21/Out	18	18	103,7	21/Out	41,7	17	41,0	21/Out	17	18	108,4	21/Out	17	18	108,4							
01/Nov	20	17	84,3	40	17	41,9	01/Nov	20	19	94,1	01/Nov	43,3	16	37,7	01/Nov	21	18	86,6	01/Nov	21	18	86,6							
11/Nov	19	18	95,7	41	15	37,7	11/Nov	20	18	93,2	11/Nov	45,5	16	35,5	11/Nov	19	18	95,0	11/Nov	19	18	95,0							
21/Nov	18	18	98,7	37	14	37,2	21/Nov	21	19	94,1	21/Nov	40,6	13	32,3	21/Nov	19	19	99,4	21/Nov	19	19	99,4							
01/Dez	14	18	127,1	36	15	40,5	01/Dez	18	19	106,6	01/Dez	37,9	15	39,2	01/Dez	14	18	129,6	01/Dez	14	18	129,6							
11/Dez	14	19	135,3	37	16	42,1	11/Dez	14	19	131,4	11/Dez	40,8	15	36,5	11/Dez	14	19	134,3	11/Dez	14	19	134,3							
21/Dez	23	22	97,3	38	16	42,2	21/Dez	20	20	100,1	21/Dez	42,1	16	38,9	21/Dez	22	21	95,9	21/Dez	22	21	95,9							
Média	25	21	91	43	17	39	Média	26	21	88	Média	46	16	36	Média	25	21	92	Média	25	21	92							
Máximo	47	28	135	53	20	46	Máximo	45	28	132	Máximo	55	20	45	Máximo	46	28	134	Máximo	46	28	134							
Mínimo	14	16	57	36	12	31	Mínimo	14	16	57	Mínimo	38	12	28	Mínimo	14	16	57	Mínimo	14	16	57							