**UTILIZAÇÃO DO MODELO SOYGRO
PARA ESTIMAR A PRODUTIVIDADE
DA SOJA PARA A REGIÃO DE
LONDRINA, ESTADO DO PARANÁ.**

ELCIO SILVERIO KLOSOWSKI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. VALTER BARBIERI

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: Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1994

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - FCLQ/USP

K66u Klosowski, Elcio Silvério
Utilização do modelo soygro para estimar a produtiv
idade da soja para a região de Londrina, Estado do
Paraná. Piracicaba, 1994.
94p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Balanço hídrico - Modelo matemático 2. Modelo
Soygro 3. Soja - Crescimento - Simulação 4. Soja - Pro
dutividade - Modelo matemático I. Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.34

**UTILIZAÇÃO DO MODELO SOYGRO
PARA ESTIMAR A PRODUTIVIDADE
DA SOJA PARA A REGIÃO DE
LONDRINA, ESTADO DO PARANÁ.**

ELCIO SILVERIO KLOSOWSKI

Aprovada em: 30.08.1994

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Valter Barbieri

ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Roberto Pereira

ESALQ/USP

Dr. Eduardo Caruso Machado

IAC

Prof. Dr. VALTER BARBIERI
Orientador

À minha esposa Luzia, que
soube compartilhar as
vitórias e derrotas, pelo seu
apoio e companheirismo.

OFEREÇO

Aos meus pais Casemiro Jahir e
Rafaela; e ao meu tio Leopoldo, in
memoriam, pelo incentivo, apoio e
dedicação à minha formação
profissional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- . Ao Prof. Dr. Valter Barbieri pela orientação e dedicação e principalmente pela confiança depositada em meu trabalho.
- . À Universidade Estadual de Maringá pela oportunidade oferecida para aperfeiçoar minha formação profissional.
- . Ao Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, aos professores e funcionários pelo seu apoio e incentivo.
- . Aos amigos: Roberto, Beatriz, Teresa, Luiz Renato, Hildeo, Eduardo, Gianpaolo, Marlene, Enecildo e Valéria pelo companheirismo.
- . À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.
- . Ao Centro Nacional de Pesquisa do Soja (EMBRAPA-CNPSO) e ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pelo fornecimento dos dados.
- . A todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A cultura da soja	4
2.2. Grupos de Maturação	5
2.3. Exigências Climáticas	6
2.3.1. Fotoperíodo	6
2.3.2. Interação fotoperíodo/temperatura	9
2.3.3. Temperatura	10
2.3.4. Radiação Solar	11
2.3.5. Exigências hídricas	12
2.4. Simulação do crescimento e estimativas de Produtividade	14
3. MATERIAL E MÉTODO	18
3.1. Material Utilizado	18
3.1.1. Dados da Cultura	19
3.1.2. Dados de Solo	24

3.2. Método Utilizado	24
3.2.1. O modelo SOYGRO	24
3.2.2. Variáveis de Entrada para o Modelo	25
3.2.3. Variáveis para validação do modelo	32
3.2.4. Variáveis de saída do modelo	33
3.2.5. Calibração do modelo	34
3.2.6. Sensibilidade do modelo	35
3.2.7. Simulação do Crescimento e Estimativas de Produtividade	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Elementos Meteorológicos	37
4.2. Aplicação do modelo SOYGRO para simulação do crescimento e produtividade de soja	46
4.2.1. Calibração dos coeficientes genéticos para as cultivares de soja plantadas em Londrina	46
4.2.2. Estimativas do crescimento e da produtividade para a safra agrícola 89/90 e 90/91	57
4.2.3. O modelo SOYGRO aplicado a um experimento hipotético	63
4.2.4. Sensibilidade do modelo as variáveis de solo e manejo da cultura e aos coeficiente genéticos	66

4.2.4.1. Sensibilidade do modelo às variáveis de entrada de propriedades do solo e manejo da cultura	67
4.2.4.2. Testes de sensibilidade aplicados aos coeficientes genéticos	67
5. CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICE 1	91
APÊNDICE 2	93

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 - Temperaturas médias mensais normais período 1976 a 1993	39
2 - Temperaturas médias mensais de julho/1988 a junho/1989	39
3 - Temperaturas médias mensais de julho/1989 a junho/1990	40
4 - Temperaturas médias mensais de julho/1990 a junho/1991	40
5 - Total mensal de precipitação de julho/1988 a junho/1989	41
6 - Total mensal de precipitação de julho/1989 a junho/1990	41
7 - Total mensal de precipitação de julho/1990 a junho/1991	42
8 - Total mensal de insolação de julho/1988 a junho/1989	42
9 - Total mensal de insolação de julho/1989 a junho/1990	43
10 - Total mensal de insolação de julho/1990 a junho/1991	43
11 - Radiação solar mensal de julho/1988 a junho/1989	44
12 - Radiação solar mensal de julho/1989 a junho/1990	44

13 - Radiação solar mensal de julho/1990 a junho/1991	45
14 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para a cultivar Bossier.....	68
15 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para a cultivar Bossier.....	68
16 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para a cultivar Bossier.....	69
17 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para a cultivar Bossier.....	69
18 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para a cultivar BR-16.....	70
19 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para a cultivar BR-16.....	70
20 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para a cultivar BR-16.....	71
21 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para a cultivar BR-16.....	71
22 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para a cultivar Paraná.....	72
23 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para a cultivar Paraná.....	72
24 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para a cultivar Paraná.....	73
25 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para a cultivar Paraná.....	73

LISTA DE TABELAS

Página

1 - Características das cultivares: ciclo fenológico, massa média de grãos e ciclo	20
2 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares para a safra agrícola de 1988/1989	21
3 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares na safra agrícola de 1989/1990	22
4 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares na safra agrícola de 1990-1991	23
5 - Parâmetros utilizados para definir as características físicas do solo utilizado no modelo SOYGRO	27
6 - Características físico-hídricas do solo utilizado no modelo SOYGRO	27
7 - Amplitude de variação dos coeficientes genéticos durante a calibração do modelo para cultivares de soja	31

8 - Cultivares de soja e a classificação utilizada para o modelo quanto aos grupos de maturação	47
9 - Coeficientes genéticos utilizados inicialmente no modelo baseados em valores médios obtidos nos Estados Unidos	47
10 - Data de florescimento e maturação nas diferentes cultivares obtidos a partir dos coeficientes genéticos médios utilizados nos Estados Unidos para 1988 em Londrina - Pr	49
11 - Produtividade média e massa de grãos nas diferentes cultivares obtidos a partir dos coeficientes genéticos médios utilizados nos Estados Unidos para 1988 em Londrina - Pr	50
12 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina-Pr., e que caracterizam os aspectos de desenvolvimento para cada cultivar	52
13 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina Pr. e que caracterizam os aspectos de crescimento para cada cultivar	52
14 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina e que caracterizam os aspectos de crescimento vegetativo para cada cultivar	53
15 - Resultados obtidos para Londrina na safra agrícola 1988/1989 utilizando os coeficientes genéticos calibrados	54

16 - Resultados obtidos para a safra agrícola 1989/1990 para Londrina-Pr, utilizando coeficientes genéticos calibrados	58
17 - Resultados obtidos para a safra agrícola 1990/1991 para Londrina - Pr., utilizando os coeficientes genéticos calibrados	59
18 - Coeficientes genéticos médios calibrados para Londrina e utilizados no experimento hipotético	64
19 - Características da cultivar hipotética	64
20 - Datas de florescimento e maturação e produtividade média observada e estimada para o experimento hipotético, plantio em 14 de novembro de 1988	65

UTILIZAÇÃO DO MODELO SOYGRO PARA ESTIMAR A
PRODUTIVIDADE DA SOJA PARA A REGIÃO DE LONDRINA,
ESTADO DO PARANÁ

Autor: ELCIO SILVERIO KLOSOWSKI

Orientador: VALTER BARBIERI

RESUMO

Um modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento denominado SOYGRO foi calibrado para estimar os estádios de desenvolvimento e a produtividade para oito cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] plantadas em Londrina, norte do Estado do Paraná.

Para que o modelo elabore estimativas satisfatórias, é requerido um conjunto mínimo de dados de entrada que são: dados meteorológicos diários de temperaturas máxima e mínima, total de precipitação e radiação solar global; parâmetros característicos das propriedades do solo como: albedo da superfície, número da curva de escoamento, coeficiente de drenagem, coeficiente de evaporação do estágio 1 do solo, fator peso de distribuição de raízes e conteúdo de água no solo; características do manejo da cultura: densidade de plantas por metro quadrado e profundidade de plantio.

Um conjunto de coeficientes genéticos específicos para cada cultivar e para cada grupo de maturação foi utilizado para calibrar o modelo, procurando aproximar os valores estimados dos estádios de crescimento e da produtividade, do valor observado no campo.

Através de análise sensível constatou-se que o modelo é sensível à variação dos coeficientes genéticos e pouco ou nada sensível a variação dos parâmetros de solo e de manejo da cultura.

O desempenho do modelo foi mais adequado para estimar a produtividade média das cultivares BR-16, Bossier, BR-30 e Paraná do que para estimar a produtividade média das cultivares BR-23, BR-24, OCEPAR-4 e Santa Rosa. Quando utilizou-se no modelo os valores médios de coeficientes genéticos e de produtividade média das cultivares citadas acima, este mostrou-se viável para simular o comprimento do ciclo e estimar a produtividade de soja para a região de Londrina, Estado do Paraná. O modelo também é capaz de calcular o balanço hídrico.

UTILIZATION OF THE SOYGRO MODEL TO PREDICT THE
SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE AGRICULTURAL AREA OF
LONDRINA, PARANÁ

Author: ELCIO SILVERIO KLOSOWSKI

Adviser: VALTER BARBIERI

SUMMARY

A growth and development simulation model denominated SOYGRO was made to predict soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] development and productivity for eight cultivars in Londrina, in the North of Paraná.

In order to accurately simulate values the model requires a series of input data like daily maximum and minimum temperatures, the totality of global solar radiation and precipitation, parameters of soil properties like surface albedo, curve number used to calculate daily runoff, soil water drainage constant, upper limit of stage 1 soil evaporation, weighting factor for root distribution and water content. The model also requires characteristics of the cultivar management like plant density per square meter and planting depth in the simulation process.

A series of specific genetic coefficients for each cultivar and maturity group was used to calibrate the model. This calibration consisted in approaching to each other the predict and observed values of soybean growth and development.

Sensitivity analysis was conducted. The simulation model presented high sensitivity to the genetic coefficients. The soil parameters and cultivar management did not affect significantly the model.

The model was accurate to predict the average productivity of BR-16, Bossier, BR-30 and Paraná cultivars. It did not perform well in predicting the average productivity of the BR-23, BR-24, OCEPAR-4 and Santa Rosa cultivars.

The model was able to simulate soybean growth cycle, and to estimate productivity of any cultivar for Londrina, Paraná, when the average genetic coefficients and the average productivity of all cultivars were used. The model is also able to evaluate the hidric balance.

1. INTRODUÇÃO

As relações entre elementos climáticos e a produção agrícola são bastante complexas. Os elementos climáticos afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes formas nas diversas fases do ciclo da cultura.

Na tentativa de entender essas interações têm sido desenvolvidos modelos para caracterizar os efeitos das variações climáticas sobre o desenvolvimento e a produção vegetal. Segundo ORTOLANI & CAMARGO (1987), a análise das interações clima-planta, pelo uso de modelos, tem muitas utilizações práticas nas atividades agrícolas e agrometeorológicas. Além de caracterizar a duração do ciclo das culturas, os modelos permitem o planejamento de semeaduras e o monitoramento de épocas de colheita, otimizar o transporte, armazenamento e a comercialização dos produtos, assim como estimar safra agrícola e permite a análise de resultados experimentais por pesquisadores, baseando-se nos efeitos de vários elementos meteorológicos.

É de grande importância a estimativa de produtividade de uma cultura, pois permite ao agricultor e

aos organismos oficiais deliberarem sobre aspectos de ordem econômica. Essas decisões podem afetar o equilíbrio entre oferta e demanda do produto no mercado, antecipando previsões de importação e exportação.

Vários pesquisadores tem buscado na utilização de modelos, a obtenção de previsões precisas das safras agrícolas. Essa busca tem se intensificado nos últimos anos, com o evento do progresso da informática, permitindo o uso de algoritmos capazes de simular os processos fisiológicos das plantas, considerando os elementos meteorológicos e as propriedades do solo.

Basicamente, os modelos mais utilizados são os agrometeorológico-estatísticos e os matemático-fisiológicos da planta.

Utilizando séries históricas de produtividade e de parâmetros meteorológicos, os modelos agrometeorológico-estatísticos estimam coeficientes através de técnicas de regressão. Este tipo de modelo (McQUIGG, 1976), utiliza-se de rotinas de regressão e tem como vantagem a praticidade. A desvantagem desses é que não permitem extrapolações tanto de dados meteorológicos como a sua utilização para outras localidades, ou seja, sua transferibilidade é potencialmente inviável.

Os modelos matemático-fisiológicos procuram estabelecer a influência dos elementos meteorológicos nos diversos processos físico-biológicos que ocorrem durante o

ciclo de determinada cultura. Esse tipo de modelo permite o estudo do progresso fenológico da cultura e estimativa de produtividade. A vantagem de utilizar este tipo de modelo, segundo McQUIGG (1976), é que baseia-se no conhecimento de relações causais. A desvantagem é que o conhecimento dessas relações entre eventos meteorológicos e processos físico-biológicos é incompleto devido a limitações de medidas detalhadas quando se considera pequenos experimentos e períodos amostrais curtos.

O modelo utilizado neste trabalho é o modelo de simulação matemático-fisiológico denominado SOYGRO versão 5.42, apropriado para a simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja [*Glycine max* (L.) Merr.], considerando o balanço de água no solo.

Os principais objetivos deste trabalho são:

- calibrar o modelo SOYGRO para as cultivares de soja (Bossier, Santa Rosa, Ocepar 4, BR-16, BR-23, BR-24, BR-30 e Paraná) plantadas em Londrina, estado do Paraná;
- testar sua sensibilidade às variáveis de entrada;
- verificar a habilidade de simulação do desenvolvimento e de estimar a produtividade de soja para a região de Londrina.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da soja

A soja é de grande importância para a humanidade, em razão da farta aplicabilidade de seus produtos e da facilidade de seu cultivo, motivo pelo qual vem se expandindo em nosso País (SEDIYAMA et al., 1985).

É cultivada a mais de cinco mil anos na Ásia, principalmente na China (SEDIYAMA et al., 1985), região caracterizada por clima temperado. Tem se adaptado a uma ampla faixa de condições climáticas, principalmente aquelas entre latitudes de 20 a 50° (MOTA, 1981 e SEDIYAMA et al., 1985). Hoje, a soja é cultivada basicamente nas estações de primavera e verão. Sua produtividade varia muito com a disponibilidade de água, adubação, espaçamento e clima. Com boa disponibilidade de água, a cultura pode produzir de 2,5 a 3,5 t/ha de grãos secos (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

O cenário mundial da soja apresenta os Estados Unidos como principal produtor, seguido do Brasil, China e Argentina. Na safra 87/88, a produção mundial foi

de cerca de 100 milhões de toneladas, com 53% de participação dos Estados Unidos. A produção brasileira representou o equivalente a 18% da produção mundial (OCEPAR, 1989).

No Brasil, a mais antiga referência à soja foi feita por Gustavo D'Utra em 1882, na Bahia. Em São Paulo, as primeiras observações sobre soja foram feitas em 1892, pelo Instituto Agrônômico de Campinas (MEDINA, 1981).

2.2. Grupos de Maturação

Devido a sensibilidade ao fotoperiodismo, os resultados de pesquisa enfatizam que as cultivares de soja não podem ser descritas pelos termos precoce, média ou tardia em maturação, a menos que esses termos sejam relacionados com uma latitude específica.

Nos Estado Unidos, estabeleceram-se 10 grupos de maturação da soja como método de descrição das resposta ao comprimento do dia e identificação de regiões de adaptação. Estes grupos, iniciando-se pelas cultivares mais precoces são denominados 00, 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII (SEDIYAMA et al., 1985).

As cultivares que se adaptam às condições brasileiras se encontram classificadas nos grupos de maturação V a VIII, segundo a classificação norte-americana (BERLATO, 1981).

2.3. Exigências Climáticas

2.3.1. Fotoperíodo

O principal controlador do intervalo de tempo compreendido entre a emergência e antese na cultura de soja é o comprimento do dia (GARNER & ALLARD, 1930; JOHNSON et al., 1960). Geralmente, a soja é uma espécie de dias curtos, e quando todos os aspectos da fase reprodutiva são considerados, poucos cultivares são insensíveis ao fotoperíodo (MURFET, 1977; THOMAS & RAPER, 1983). Estes também constataram que a fase reprodutiva é acelerada tão logo haja decréscimo no comprimento do dia sendo mais uma razão quantitativa do que uma resposta absoluta. Consequentemente, o fotoperíodo é o melhor critério para determinar as latitudes de adaptação dos genótipos de soja (HARTWIG, 1973).

Existe uma considerável variação na sensibilidade relativa dos genótipos a diferentes fotoperíodos (SUMMERFIELD & ROBERTS, 1984). NAGATA (1961) e MAJOR et al. (1975) sugeriram que a maioria das cultivares originárias dos trópicos são fotoperiodicamente mais sensíveis que aquelas de origem em regiões temperadas. Cultivares de maturação tardia são geralmente mais sensíveis que as de maturação precoce (JOHNSON, et al. 1960; CRISWELL & HUME, 1972; LAWN & BYTH, 1973; MAJOR

et al., 1975). Entretanto, genótipos insensíveis (referidos como de "dias neutro") tem sido identificados entre cultivares de maturação precoce (CRISWELL & HUME, 1972; POLSON, 1972; SUMMERFIELD & MINCHIN, 1976; NISSLY et al., 1984).

Alguns estudos tem mostrado que certos cultivares de soja tornam-se parcialmente sensíveis aos efeitos do fotoperíodo no tempo em que as folhas unifoliadas estão totalmente expandidas (BORTHWICK & PARKER, 1938; THOMAS & RAPER, 1976).

Nos Estados Unidos, a produtividade de cultivares em condições de dias curtos (menores que 14 horas) tem sido limitada porque o florescimento e a fase reprodutiva iniciam-se antes que o crescimento vegetativo suficiente tenha ocorrido, resultando em plantas com produtividade e estatura reduzida, não desejáveis para colheita mecânica (CREGAN & HARTWIG, 1984).

HARTWIG (1970), NAGATA (1960), HUXLEY & SUMMERFIELD (1974), THOMAS & RAPER (1977) sugeriram que sob condições de dias curtos é requerido um mínimo de 45 dias da emergência até o aparecimento das primeiras flores. Isto permite suficiente crescimento vegetativo promovendo índice de área foliar igual a 3,0 (YOSHIDA, 1972) o qual é requerido para máxima produtividade. Períodos vegetativos maiores não promovem aumentos na produtividade (BOARD & HALL, 1984). Existem, entretanto, cultivares de soja que

apresentam um período de juvenilidade bastante longo, independente do fotoperiodismo (SEDIYAMA, et al., 1985).

Para BROWN (1960) o comprimento do período escuro ininterrupto é o fator crítico na resposta fotoperiódica do florescimento. O número de horas noturnas para o florescimento de uma dada cultivar é aproximadamente o mesmo quando o fotoperíodo varia de 12 a 16 horas. (HADLEY, 1984) obteve resultados semelhantes. BORTHWICK & PARKER (1938 b) e LONG (1939) registraram que um mínimo de 2 a 3 noites longas (8 horas com luz e 16 horas sob escuro) eram necessárias para causar diferenciação das partes florais.

THOMAS & RAPER (1983) comparando fotoperíodos longos e curtos para a cultivar Ransom, concluíram que não houve influência inibitória nos processos de iniciação floral a partir destes tratamentos. O efeito observado foi um atraso na antese. JOHNSON et al. (1960) encontraram que a maturação foi atrasada para condições de dias longos.

Na soja, existe aparentemente um máximo período de florescimento o qual nunca é excedido em qualquer regime foto-térmico (HADLEY, 1984).

2.3.2. Interação fotoperíodo/temperatura

Em genótipos conduzidos em condições de campo na Austrália, LAWN & BYTH (1973), interpretaram variações na data de florescimento mostrando que os efeitos da temperatura eram evidentes somente na ausência de uma resposta forte ao fotoperíodo.

GARNER & ALLARD (1930), SUMMERFIELD & WIEN (1980), HADLEY (1984) e HINSON (1985) citado por PARVEZ & GARDNER (1987) também concordam que a temperatura exerce influência na época de florescimento e existe uma significativa interação entre estes dois elementos.

A temperatura afeta a altura da planta de soja (SHIBLES, et al., 1975), o fotoperíodo afeta ambos, altura e número de nós (HAMMER, 1969; JOHNSON et al., 1960). O número de nós do tronco principal foi afetado mais pela temperatura e idade das plantas na indução que pelo número de dias curtos consecutivos.

Para a cultivar Ransom entretanto, a temperatura e a idade da planta na indução interagindo com fotoperíodo afetaram o florescimento e o desenvolvimento de vagens (THOMAS & RAPER, 1977). A mudança na média de flores por nó e vagens por nó evidencia, também, a influência da idade da planta e temperatura na alteração da capacidade de resposta fotoperiódica da soja (THOMAS & RAPER, 1977).

VAN SHAIK & PROBST (1958), BOARD & HALL (1984) e HADLEY et al. (1984) constataram que o tempo para aparecimento da primeira flor decresceu em condições de dias curtos e temperaturas altas.

2.3.3. Temperatura

A soja apresenta-se relativamente resistente a temperaturas baixas e muito altas, contudo a taxa de crescimento diminui a temperaturas superiores a 35°C e menores que 18°C. Para algumas cultivares, a floração pode ser atrasada com temperaturas inferiores a 24°C. A temperatura mínima para seu desenvolvimento está próxima dos 10°C e para a formação de grãos em torno de 15°C. Dependendo do vigor da planta no período de floração, somente 25 a 30% das flores produzem vagens (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

Já em 1936, STEINBERG & GARNER verificaram que temperaturas altas aceleravam o florescimento, até um ótimo de 28°C, acima da qual havia atraso. Respostas similares foram registradas por VAN-SHAIK & PROBST (1959); SHIBLES, et al. (1975).

Temperaturas noturnas altas aumentam o crescimento vegetativo (TANNER & HUME, 1976), antecipando o desenvolvimento reprodutivo e maturidade fisiológica, aumentando a produção de sementes. Há aumento na taxa de

crescimento da cultura durante o período vegetativo, matéria seca final, massa das vagens e geralmente decréscimo de área foliar (SEDDIG & JOLLIFF, 1984).

2.3.4. Radiação Solar

As folhas das plantas convertem a energia luminosa para energia química no processo de fotossíntese. A produção final de uma planta reflete parcialmente a eficiência desta conversão. A eficiência de conversão é afetada pela intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) nas folhas, distribuição da PAR no dossel e eficiência de fixação de CO_2 dentro das folhas (HATFIELD & CARLSON, 1978).

WEBER & FEHR (1966), JOHNSTON & PEDLETON (1966), JOHNSON et al. (1969) e CURTIS et al. (1969) concluíram que a adição suplementar de energia luminosa às folhas inferiores aumentou a produção final.

A penetração de luz para folhas médias e inferiores é inibida pela competição intra e interplantas. Esta competição é evidente em soja, folhas velhas tornam-se sombreadas por folhas novas e sua contribuição para a produção é questionada (SAKAMOTO & SHAW, 1967 e JOHNSTON, et al. 1969).

JEFFERS & SHIBLES (1969) encontraram que a produção fotossintética do dossel de soja era influenciada

pela interação área foliar-radiação solar. A uma baixa irradiância ($139,34 \text{ W/m}^2$) a fotossíntese máxima somente ocorre com índice de área foliar de 5 a 6, enquanto que para alta irradiância ($836,04 \text{ W/m}^2$) a fotossíntese máxima ocorre com índice de área foliar superior a 8.

A taxa fotossintética das folhas varia com as condições ambiente, idade da planta e a quantidade de energia recebida e parece não ser o único parâmetro que determina a fotossíntese total de uma comunidade vegetal. Outros parâmetros como o índice de área foliar e ângulo foliar tem sido mais importantes (YOSHIDA, 1972).

2.3.5. Exigências hídricas

A soja apresenta um sistema radicular bem superficial. Medidas feitas indicam que cerca de 80% de sua massa se encontram na camada de 0 a 15 cm e que mais de 90% se encontra na camada arável de 0 a 30 cm. A raiz principal pivotante, porém em condições favoráveis, pode alcançar profundidades maiores que um metro. Perfis de umidade do solo indicam que até 50 cm de profundidade a extração de água pela planta é muito grande, cerca de 80 a 90% da evapotranspiração real, vem desta camada (DOOREMBOS & KASSAM, 1979).

Dentro de limites, a soja apresenta notável capacidade de se adaptar a déficit de água. O déficit no

período reprodutivo, principalmente durante a formação de vagens e enchimento de grãos, é o que mais afeta a produtividade (URANO et al., 1958 citados por SALTER & GOODE, 1967 e BERLATO 1981). Muitas observações mostram que déficits de água (pouco severos), durante o estágio vegetativo, não afetam significativamente a produtividade. As necessidades de água para uma produção máxima variam entre 450 e 700 mm/ciclo, dependendo do clima e da duração do período vegetativo (REICHARDT, 1990).

Na Alemanha, BROUWER (1959 a) citado por SALTER & GOODE (1967) mostrou que a irrigação durante o florescimento beneficiou as plantas pelo incremento na produtividade. Para as condições brasileiras segundo CUNHA & BERGAMACHI(1992), o uso de irrigação em soja, justifica-se somente em condições extremas de estresse hídrico.

EDWARDS & HARTWIG (1971) trabalhando em solo argiloso não verificaram emergência para um conteúdo de 20% de umidade, conteúdo de umidade mais altos promoveram resultados satisfatórios de emergência. BARNI & COSTA (1976) observaram que a inundação no período de florescimento e de enchimento de vagens reduziu o rendimento de grãos.

BOYER (1970) verificou que um estresse relativamente baixo de água na folha reduziu o aumento de área foliar, o diâmetro do caule e a altura da planta.

O decréscimo do rendimento em baixa umidade atmosférica esta associada ao aborto de flores e a deiscência de vagens (SEDIYAMA et al., 1985).

2.4. Simulação do Crescimento e Estimativas de Produtividade

A maior dificuldade em estudos controlados para prever o desenvolvimento da soja é a impraticabilidade de estudar todo o ciclo das muitas cultivares para um determinado comprimento do dia e temperaturas e para diferentes comprimentos de dia (MAJOR et al., 1975) e determinar a sensibilidade à temperatura durante cada estágio da cultura, bem como o correto período de tempo entre a emergência e o florescimento em face a sensibilidade ou não ao fotoperíodo (WILKERSON et al., 1989). A falta destas informações dificulta a criação de um modelo que apresente exatidão.

A capacidade genética para aumento de produtividade é modificada pela adição de componentes morfológicos e fisiológicos da produção e pela determinação de limitações genéticas destes componentes para variáveis ambientais (THOMAS & RAPER, 1977).

Um componente importante nos modelos de simulação do crescimento é o acurado conhecimento do tempo

ocupado em cada estágio de crescimento ou fenologia. Estes conhecimentos, aliados aos efeitos do clima nos processos fisiológicos podem ser modelados com sucesso (MEYER et al., 1979).

MAJOR et al. (1975), HEILMAN et al. (1977), MEYER et al. (1979), WANN & RAPER (1979), CAMARGO (1984), HADLEY (1984), HODGES & FRENCH (1985) e WANG et al. (1987) utilizaram-se de modelos matemáticos para prever o desenvolvimento e estimar produtividade em soja. Alguns destes modelos como o de MAJOR et al. (1975) e o de CAMARGO (1984) utilizaram métodos baseados em unidades térmicas para simular o desenvolvimento.

Um importante avanço na análise dos estágios ontogênicos da cultura foi o uso da taxa de desenvolvimento ou o inverso da duração do estágio para descrever o progresso de desenvolvimento da cultura (de VIT et al., 1970).

HADLEY et al. (1984) usou este conceito para análise do florescimento em soja através de modelos lineares e logísticos e definir a taxa de desenvolvimento como o inverso do tempo entre a emergência e o florescimento.

Modelos que utilizam a razão entre a evapotranspiração real e potencial para quantificar a falta de água disponível nas diferentes fases fenológicas e verificar o efeito sobre a produção de soja foram

desenvolvidos por BERLATO & GONÇALVES (1978), DOOREMBOS & KASSAM (1979) e PEDRO JÚNIOR et al., (1984).

Muitos modelos de simulação do crescimento e de estimativas de produtividade em soja já existem, contudo nenhum deles apresenta todos os critérios empregados no SOYGRO.

SOYGRO foi desenvolvido na Universidade da Flórida por uma equipe interdisciplinar de pesquisadores. A presente versão é resultado de aprimorações feitas nas versões anteriores. A versão original foi desenvolvida entre 1980 e 1983 e publicada por WILKERSON et al., (1983). O modelo simula o acúmulo de matéria seca, índice de área foliar (IAF) e produção final da soja, respondendo à variação de dados meteorológicos de entrada como precipitação, radiação solar, fotoperíodo, temperatura máxima e mínima, utilizando, ainda, parâmetros de água no solo para avaliar o suprimento de água para a planta. A sensibilidade do modelo varia com a cultivar, data de plantio, espaçamento entre plantas e o manejo de irrigação. Neste conjunto foram criadas equações diferenciais que descrevem o desenvolvimento da cultura, considerando os processos de fotossíntese, fotorrespiração, respiração de manutenção e senescência.

WILKERSON et al.(1983), coletando dados de Quincy na Flórida, calibrou SOYGRO para testar sua habilidade de resposta a desfolha. Os mesmos autores

simularam um experimento conduzido em Gainesville, Flórida, com tratamentos irrigados e não irrigados. A sensibilidade relativa da simulação de produtividade para a maioria dos parâmetros aumentou com a ocorrência de estresse hídrico e desfolha.

SOYGRO foi usado ainda, para estimar riscos econômicos do manejo de irrigação na Flórida por SWANEY et al., 1983; BOGGESS et al., 1983 e BOGGESS & AMERLING, 1983).

Também serviu como componente de cultura em um modelo de manejo de pragas e doenças denominado Soybean Integrated Crop Management Model (WILKERSON et al., 1983; MISHOE et al., 1984; JONES et al., 1986).

LAZINSKI (1994), utilizou o mesmo modelo para simular o crescimento e estimar a produtividade da cultivar DAVIS para Londrina, estado do Paraná.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material Utilizado

São utilizados neste trabalho dados meteorológicos diários, dados fenológicos e de produtividade média da cultura. O conjunto de elementos meteorológicos diários utilizados foram: temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), total diário de precipitação pluvial (mm), radiação solar global ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{dia}$), foram obtidos no IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná) sediado em Londrina, estado do Paraná tendo como coordenadas geográficas: latitude de $23^{\circ}22'S$, longitude $51^{\circ}10'W$ e altitude de 585 m. Os dados de produtividade média da cultura de soja foram cedidos pela EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Soja) também sediado em Londrina cuja localização é latitude de $23^{\circ}12'S$, longitude $51^{\circ}11'W$ e altitude de 620 m. O clima característico da região é Cfa segundo a classificação de Koeppen sendo um clima subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão.

Para tornar possível o ajuste do modelo para a produtividade média assumiu-se que: a planta de soja atinge o florescimento em média 45 dias após a emergência e que esta foi a 7 dias do plantio. Portanto, a data de florescimento ocorreria a 52 dias após o plantio. Para obter a data de maturação considerou-se o comprimento do ciclo, período em dias que vai do plantio até a maturação e colheita. Da data obtida, descontou-se 14 dias e obteve-se, desta forma, a data provável de maturação fisiológica. A massa média de grãos foi obtida em publicação da OCEPAR, 1989. Os dados observados de produtividade média utilizados na simulação referem-se as safras de 1988/89, 1989/90 e 1990/91.

3.1.2. Dados da Cultura

As cultivares de soja utilizadas na simulação foram: Bossier, Santa Rosa, Ocepar 4, BR-16, BR-23, BR-24, BR-30 e Paraná. Os dados observados foram: datas de semeadura e produtividade média.

Nas tabelas 1, 2, 3 e 4 encontram-se as características das cultivares e dos experimentos.

Tabela 1 - Características das cultivares: ciclo fenológico, massa média de grãos e ciclo.

CULTIVARES	CARACTERÍSTICAS DA CULTURA		
	1	2	3
BOSSIER	130	0,155	Médio
SANTA ROSA	148	0,148	Tardio
OCEPAR 4	120	0,163	Semi-precocce
BR-16	123	0,167	Semi-precocce
BR-23	135	0,165	Médio
BR-24	116	0,173	Precocce
BR-30	125	0,143	Médio
PARANÁ	110	0.150	Precocce

FONTE: OCEPAR, 1989.

1 Ciclo Fenológico (plantio a maturação) em dias.

2 Massa média de grãos (g).

3 Ciclo

Para todas as cultivares as características do plantio foram: profundidade de plantio de 4 cm e população de 40 plantas por metro quadrado.

Tabela 2 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares na safra agrícola de 1988/1989.

CULTIVAR	SEMEADURA	FLORES- CIMENTO*	MATURAÇÃO *	PRODUTIVIDADE MÉDIA (kg/ha)
		(1)	(2)	
BOSSIER	NOV/14	05	68	3.460
	DEZ/02	23	86	3.140
STA. ROSA	NOV/14	05	86	3.165
	DEZ/02	23	104	2.722
OCEPAR 4	NOV/14	05	58	3.727
	DEZ/02	23	76	2.971
BR-16	NOV/14	05	61	3.410
	DEZ/02	23	79	3.529
BR-23	NOV/14	05	73	3.300
	DEZ/02	23	91	3.181
BR-24	NOV/14	05	54	3.405
	DEZ/02	23	72	3.175
BR-30	NOV/14	05	63	3.520
	DEZ/02	23	81	3.131
PARANÁ	NOV/14	05	48	2.986
	DEZ/02	23	66	2.953

(1) e (2) As datas de florescimento e maturação não foram observadas no experimento e obtidas conforme explicado na página 19.

* As datas correspondem a dias julianos.

Tabela 3 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares na safra agrícola de 1989/1990.

CULTIVAR	SEMEADURA	FLORES- CIMENTO*	MATURACÃO *	PRODUTIVIDADE MÉDIA (kg/ha)
		(1)	(2)	
BOSSIER	NOV/14	05	68	2.405
	DEZ/11	32	95	1.267
STA. ROSA	NOV/14	05	86	1.454
	DEZ/11	32	113	1.219
OCEPAR 4	NOV/14	05	58	2.689
	DEZ/11	32	85	1.450
BR-16	NOV/14	05	61	3.021
	DEZ/11	32	88	1.515
BR-23	NOV/14	05	73	2.606
	DEZ/11	32	100	1.328
BR-24	NOV/14	05	54	2.556
	DEZ/11	32	81	1.848
BR-30	NOV/14	05	63	2.820
	DEZ/11	32	90	1.501
PARANÁ	NOV/14	05	48	2.481
	DEZ/11	32	75	1.341

(1) e (2) As datas de florescimento e maturação não foram observadas no experimento e obtidas conforme explicado na página 19.

* Datas correspondem a dias julianos

Tabela 4 - Datas de semeadura, florescimento e maturação e produtividade média para as diferentes cultivares na safra agrícola de 1990-1991.

CULTIVAR	SEMEADURA	FLORES- CIMENTO* (1)	MATURAÇÃO * (2)	PRODUTIVIDADE MÉDIA (kg/ha)
BOSSIER	NOV/07	363	61	3.779
	NOV/30	21	84	3.347
STA. ROSA	NOV/07	363	77	4.498
	NOV/30	21	102	3.639
OCEPAR 4	NOV/08	363	51	4.267
BR-16	NOV/08	363	54	4.282
BR-23	NOV/08	363	66	4.097
BR-24	NOV/08	363	47	4.156
BR-30	NOV/08	363	56	4.227
PARANÁ	NOV/07	363	41	3.179
	NOV/30	21	64	3.058

(1) e (2) As datas de florescimento e maturação não foram observadas no experimento e obtidas conforme explicado na página 19.

* Datas correspondem a dias julianos.

3.1.2. Dados de Solo

Foram utilizados na simulação dados de um Latossolo Roxo Eutrófico. Os limites superior e inferior de umidade no solo para o Latossolo Roxo Eutrófico são de 0,40 e 0,26 cm^3/cm^3 , respectivamente, para cada camada de espessura de 5 cm e profundidade total de 30 cm.

3.2. Método Utilizado

3.2.1. O modelo SOYGRO

Basicamente, SOYGRO v5.42 é um modelo de simulação do desenvolvimento e da produtividade de soja.

Para o processo de validação do modelo SOYGRO é usada uma sequência de operações, necessitando para tanto de um experimento de campo. Devem ser consideradas as propriedades físicas e condições iniciais de água no solo, manejo da cultura e dados meteorológicos.

O balanço hídrico na zona radicular considera os processos de escoamento, percolação e redistribuição de água em um perfil unidimensional. A partir dos elementos meteorológicos simula-se as reações físico-biológicas que ocorrem durante o ciclo da cultura.

Na presente versão, não são incluídos os efeitos de pragas e doenças na produtividade final e considera-se a fertilidade do solo como ideal.

3.2.2. Variáveis de Entrada para o Modelo

O arquivo de dados meteorológicos diários contém parâmetros como: temperatura máxima e mínima do ar, precipitação pluvial e radiação solar global.

Dentre as características do perfil e da superfície do solo encontram-se:

- Albedo da superfície ou refletividade do solo (SALB), o latossolo roxo apresenta uma coloração superficial que varia do vermelho-escuro-acinzentado ao bruno-avermelhado-escuro e razoável quantidade de matéria orgânica motivo pelo qual sua refletividade é baixa e deve estar próxima ao valor 0,10, característica de solos escuros e ricos em matéria orgânica.

- Limite superior de evaporação no estágio 1 (U), pode variar de 6 a 12 mm, da areia para argila, respectivamente.

- Número da curva de escoamento (CN2), segundo o Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos classificam-se quatro grupos hidrológicos de solo e define-se um número de curva para cálculo do escoamento em cada um deles.

- Constante de drenagem (SWCON)
- Altura da camada de solo (DLAYR), a adequada subdivisão em camadas permite a simulação de infiltração e extração de água do solo.
- Conteúdo de umidade no solo
- Fator peso de distribuição de raízes (WR), exprime o crescimento relativo das raízes e mostra sua distribuição nas diferentes camadas de solo onde ocorre.
- Densidade aparente (BD)

Considera-se, neste trabalho, uma camada de solo de 30cm, sendo subdividida em 6 subcamadas com profundidades de 5cm, respectivamente. As tabelas 5 e 6 apresentam os parâmetros de solo utilizados.

Tabela 5 - Parâmetros utilizados para definir as características físicas do solo utilizado no modelo SOYGRO.

PARÂMETROS DE SOLO	VALOR
Albedo da superfície.....	0,12
Limite superior do estágio 1 de evaporação do solo.....	5,0 mm
Constante de drenagem.....	0,3 cm/dia
Número da curva de escoamento.....	80
Profundidade do solo (6 subcamadas de 5 cm cada).....	30 cm

FONTE: EMBRAPA - CNPSO, Londrina - PR.

Tabela 6 - Características físico-hídricas do solo utilizado no modelo SOYGRO.

SUBCAMADA (cm)	CARACTERÍSTICA					
	1	2	3	4	5	6
00 - 05	1,0	1,23	0,26	0,40	0,52	0,40
05 - 10	0,8	1,23	0,26	0,40	0,52	0,40
10 - 15	0,6	1,23	0,26	0,40	0,52	0,40
15 - 20	0,4	1,28	0,26	0,40	0,52	0,40
20 - 25	0,4	1,28	0,26	0,40	0,52	0,40
25 - 30	0,1	1,28	0,26	0,40	0,52	0,40

FONTE: EMBRAPA - CNPSO, Londrina - PR.

- 1 Fator peso de distribuição de raízes.
- 2 Densidade aparente (g/cm³).
- 3 LL=Ponto de murcha permanente (cm³/cm³)
- 4 DUL=Capacidade de campo (cm³/cm³)
- 5 SAT=Conteúdo saturado de água no solo (cm³/cm³)
- 6 SW=Condições iniciais de água no solo (cm³/cm³).

O conjunto de coeficientes genéticos é usado para simular a resposta de diferentes cultivares às condições meteorológicas e de manejo da cultura.

De acordo com o modelo os coeficientes genéticos são classificados como: coeficientes que atuam no crescimento vegetativo, coeficientes do desenvolvimento reprodutivo e coeficientes do crescimento reprodutivo.

1) Coeficientes do crescimento reprodutivo:

- Coeficiente do comprimento crítico do período escuro (VARNO), corresponde ao menor comprimento do período escuro no qual o tempo necessário para indução floral é mínimo.
- Coeficiente do incremento relativo na duração da fase de indução floral (VARTH), corresponde aos dias com temperatura ótima do final da fase juvenil ao período de indução floral sob condições de dias longos dividido pela duração do mesmo período sob dias curtos.
- Coeficiente da duração da fase indutiva (VARTHR(4)), duração da fase indutiva ao florescimento, sob condições de temperatura ótima, corresponde ao período de expansão total da primeira folha verdadeira até a indução das plantas ao florescimento.
- Coeficiente de duração do florescimento (VARTHR(6)), duração do período de aparecimento da primeira flor até o início do crescimento de vagens.
- Coeficiente de duração de expansão foliar (VARTHR(8)), duração do período de aparecimento da primeira flor até o

final da fase de expansão da última folha.

- Coeficiente de duração do período reprodutivo (VARTHR(10)), duração do período compreendido entre o aparecimento da primeira flor até a maturação fisiológica sob temperatura ótima.

ii) Coeficientes do crescimento vegetativo:

- Coeficiente do número de folhas trifoliadas (TRIFOL), número de folhas trifoliadas produzidas por dia em condições de temperatura ótima.

- Coeficiente de área foliar (SIZELF), corresponde a área foliar normal produzida entre os nós 8 e 10.

iii) Coeficientes do crescimento reprodutivo:

- Coeficiente do número de vagens (PODVAR), número de vagens produzidas por dia com plantas crescendo sob dias curtos e temperaturas ótimas.

- Coeficiente do número de flores (FLVAR), número de flores produzidas por dia em plantas crescendo sob dias curtos e temperaturas ótimas.

- Coeficiente de acumulação de matéria seca (SHVAR), razão de produção de matéria seca nas vagens, sob condições de temperatura ótima, do estágio onde se encontram com metade do tamanho máximo até atingirem a maior expansão, mas antes que inicie o crescimento das sementes.

- Coeficiente do número de sementes (SDPDVR), número médio de sementes por vagem.

- Coeficiente da razão do enchimento de vagens e sementes

(SDVAR), razão do enchimento de vagens e/ou sementes sob condições de temperatura ótima

A tabela 7 mostra os intervalos de variação dos coeficientes genéticos.

Tabela 7 - Amplitude de variação dos coeficientes genéticos durante a calibração do modelo para cultivares de soja.

VARIÁVEL OBSERVADA	COEFICIENTE	AMPLITUDE DE VARIAÇÃO	
DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO			
		GM ₁	GM ₂
Data florescimento	VARTH	1,0 - 31,0	0,0 - 35,0
Data florescimento	VARNO	9,0 - 12,5	3,0 - 12,5
Data florescimento	VARTHR(4)	3,5 - 8,8	3,5 - 20,0
Data do início de formação de vagens	VARTHR(6)	5,4 - 8,5	5,4 - 8,5
Data do enchimento de vagens	VARTHR(7)	VARTHR(6) * 1,70	
Tempo para expansão da última folha	VARTHR(8)	5,5 - 12,5	5,5 - 26,0
Tempo para maturação fisiológica	VARTHR(10)	39,1 - 47,5	39,1 - 47,5
CRESCIMENTO VEGETATIVO			
Período Vegetativo versus tempo	TRIFOL	0,3 - 0,42	0,3 - 0,42
Crescimento do IAF versus tempo	SIZELF	150 - 200	150 - 200
CRESCIMENTO REPRODUTIVO			
Sementes por vagem na colheita	SDPDVR	1,8 - 3,0	1,8 - 3,0
Vagens/m2 vs. tempo	PODVAR	180 - 250	120 - 250
Flores/m2 vs. tempo	FLVAR	2 * PODVAR	
Massa vagens vs. tempo	SHVAR	9,5 - 22,0	9,5 - 22,0
Massa sementes vs. tempo	SDVAR	5,5 - 11,0	5,5 - 11,0

FONTE: JONES, et al, SOYGRO USER'S GUIDE, 1989, p. 36

GM₁ Grupo de maturação conhecido

GM₂ Grupo de maturação não conhecido.

3.2.3. Variáveis para validação do modelo

As variáveis para validação do modelo são apresentados em arquivos distintos.

O primeiro arquivo contém dados da cultura medidos no campo para cada tratamento dos experimentos considerados. Estes dados são necessários para padronizar os parâmetros de saída os quais listam dados simulados e medidos lado a lado.

Basicamente este arquivo representa algumas condições de manejo empregadas e é formado por dados de massa seca de grãos produzidos, massa seca de cada grão, número de sementes por metro quadrado e por vagem, índice de área foliar total no estágio R4, fitomassa seca produzida até a maturação, massa seca de ramos e hastes na maturação, data de florescimento e data de maturação fisiológica.

O número de folhas, índice de área foliar, massa de raízes, hastes, folhas e grãos e biomassa total produzida, fazem parte do arquivo que apresenta dados observados que podem ser plotados em gráficos junto com os resultados simulados para cada tratamento. Dados para todos os tratamentos de um experimento são alocados em um único arquivo.

3.2.4. Variáveis de saída do modelo

O modelo é capaz de gerar três arquivos de saída, o primeiro apresenta o resumo dos parâmetros de entrada e daqueles calculados pelo modelo; o segundo arquivo, as variáveis da cultura versus tempo e o terceiro, o balanço hídrico do solo.

As datas em que são alcançados os diversos estádios fenológicos da cultura, durante o ciclo de crescimento, são listadas no primeiro arquivo de saída que mostra ainda, o acúmulo de biomassa, variação do índice de área foliar e componentes do balanço de água como a evapotranspiração e a precipitação.

Ainda neste arquivo são listadas as datas de florescimento e maturação fisiológica, produtividade de grãos, massa de grãos, número de sementes por metro quadrado e por vagem, índice de área foliar máximo, biomassa total e massa das hastes. As datas de aplicação de irrigação e as respectivas quantidades aplicadas, como pode ser observado no Apêndice 2.

O segundo arquivo de saída lista a variação do índice de área foliar; número de vagens; massa de vagens, sementes e folhas; volume de raízes e estresse hídrico versus tempo dentro do ciclo de crescimento.

No terceiro arquivo de saída são listados os componentes do balanço hídrico, tais como, a

evapotranspiração e precipitação, bem como dados meteorológicos e conteúdo volumétrico de água no solo em função do tempo.

3.2.5. Calibração do modelo

A calibração do modelo SOYGRO, para um determinado local de interesse é efetuada a partir de ajustes nos coeficientes genéticos que caracterizam determinados aspectos da cultura.

A sequência de procedimentos para obter a calibração dos coeficientes genéticos é:

- 1- Selecionar inicialmente os coeficientes genéticos para um determinado genótipo a partir de genótipos que estejam no mesmo grupo de maturação ou que apresente crescimento em área de adaptação similar ao genótipo em questão.
- 2- Rodar o modelo para o local ou tratamento.
- 3- Comparar os valores estimados e observados de cada tratamento e verificar seu ajuste. Se o ajuste não for adequado: ajustar inicialmente a data prevista de florescimento e em seguida a data prevista de maturação e finalmente o ajuste dos componentes do rendimento (sementes por vagem, vagens por m², flores por m², massa de vagens e sementes). Isto pode ser feito aumentando ou diminuindo o valor de determinado coeficiente por processo de tentativa

e erro (JONES, et al., 1989, p.32) até que se obtenha resultados de boa qualidade.

O conjunto de coeficientes genéticos então obtido, é utilizado para simular o crescimento e desenvolvimento, e estimar a produtividade da cultura nos anos subsequentes no local em questão.

Normalmente, os valores dos coeficientes genéticos não se afastam muito da amplitude definida no item 3.2.2, tabela 7.

3.2.6. Sensibilidade do modelo

Estes testes são aplicados a um determinado parâmetro de solo, genético ou de manejo, mantendo-se constantes todos os outros parâmetros e observando o seu efeito no desenvolvimento e produtividade estimados.

3.2.7. Simulação do Crescimento e Estimativas de Produtividade

Um conjunto de equações diferenciais simula as reações físico-fisiológicas envolvidas no ciclo de desenvolvimento da cultura através de processos iterativos e apresenta como respostas as datas em que foram atingidos os diferentes estádios e produtividade estimada.

As simulações apresentam resultados adequados quando se utiliza dados meteorológicos precisos e a perfeita calibração dos coeficientes genéticos.

Pode ser observado no Apêndice 2 que o modelo estima o índice de área foliar, massa seca total, data de florescimento e maturação, entre outros aspectos das cultivares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elementos Meteorológicos

Os dados meteorológicos médios mensais, junto aos valores normais médios mensais para as safras agrícolas correspondentes ao experimento se encontram nas figuras 1 a 13. Para todos os anos agrícolas, o período de safra foi de novembro a maio, portanto as análises serão concentradas nesse período. Para a safra 88/89 e 90/91 a temperatura média mensal manteve-se próxima ao valor normal médio mensal. Entretanto, na safra 89/90 o mês de abril apresentou a temperatura média bem acima do valor médio normal. As temperaturas máximas médias mantiveram-se bastante próximas ao valor normal médio mensal, exceto para os meses de dezembro de 1988, fevereiro e abril de 1990 onde foi 2,0°C acima deste, e para março de 1991 onde foi 2,4°C abaixo. As temperatura mínimas médias mensais ficaram próximas ao valor médio normal, para os meses de março e abril de 1990 e para novembro e junho de 1991, entretanto, ficaram pouco acima.

Para novembro, abril e maio, safra 88/89, o total de precipitação pluviométrica ficou muito abaixo da normal média mensal, ao contrário de janeiro onde o total mensal foi 46% superior ao valor normal médio. Na safra 89/90, o total de precipitação foi maior que o valor normal médio para dezembro e janeiro e menor, para os meses de fevereiro e março. O total de precipitação nos meses de dezembro, fevereiro e maio, safra 90/91, manteve-se abaixo do valor normal médio mensal. Houve uma distribuição adequada das precipitações para a safra 88/89, entretanto, para as safras 89/90 e 90/91 não houve uma distribuição satisfatória, conforme o balanço hídrico apresentado no Apêndice 1.

Para os meses de novembro, dezembro e maio, safra 88/89, o total insolação ficou acima do valor normal médio e para o mês de janeiro abaixo deste. Na safra 89/90, meses de janeiro e junho e para a safra 90/91, nos meses de novembro e março, o total mensal de insolação ficou abaixo do valor normal médio. Ao contrário do que aconteceu para fevereiro de 1990 e maio de 1991, onde ficou acima. Nos meses restantes o total mensal de insolação manteve-se próximo ao valor normal médio mensal.

Figura 1 - Temperaturas médias mensais normais período 1976 a 1993.

Figura 2 - Temperaturas médias mensais de julho/1988 a junho/1989.

Figura 3 - Temperaturas médias mensais de julho 1989 a junho 1990.

Figura 4 - Temperaturas médias mensais de julho 1990 a junho 1991.

Figura 5 - Total mensal de precipitação de julho/1988 a junho/1989.

Figura 6 - Total mensal de precipitação de julho/1989 a junho/1990.

Figura 7 - Total mensal de precipitação de julho/1990 a junho/1991.

Figura 8 - Total mensal de insolação de julho/1988 a junho/1989.

Figura 9 - Total mensal de insolação de julho/1989 a junho/1990.

Figura 10 - Total mensal de insolação de julho/1990 a junho 1991.

Figura 11 - Radiação solar mensal de julho/1988 a junho/1989.

Figura 12 - Radiação solar mensal de julho/1989 a junho/1990.

Figura 13 - Radiação solar mensal de julho/1990 a junho/1991.

4.2. Aplicação do modelo SOYGRO para simulação do crescimento e produtividade de soja

4.2.1. Calibração dos coeficientes genéticos para as cultivares de soja plantadas em Londrina

Os coeficientes genéticos inicialmente utilizados no modelo são aqueles obtidos para as condições dos Estados Unidos e correspondem aos valores médios para os grupos de maturação V, VI e VII

A tabela 8 mostra em quais grupos de maturação foram enquadradas as cultivares utilizadas, considerando que as cultivares plantadas no Brasil se encontram nos grupos V, VI, VII e VIII, e que não foi encontrada na literatura a correspondente classificação das cultivares nacionais aos grupos norte-americanos.

Encontram-se na tabela 9 os coeficientes genéticos utilizados inicialmente no modelo.

Tabela 8 - Cultivares de soja e a classificação utilizada para o modelo quanto aos grupos de maturação.

CULTIVAR DE SOJA	GRUPO DE MATURAÇÃO
BOSSIER	VI
SANTA ROSA	VII
OCEPAR 4	V
BR-16	V
BR-23	VI
BR-24	V
BR-30	VI
PARANÁ	V

Tabela 9 - Coeficientes genéticos utilizados inicialmente no modelo baseados em valores médios obtidos nos Estados Unidos.

COEFICIENTE GENÉTICO	GM V VALOR MÉDIO	GM VI VALOR MÉDIO	GM VII VALOR MÉDIO
VARNO	12.00	12.00	12.00
VARTH	5.00	8.00	9.00
VARTHR (4)	5.88	5.88	5.88
VARTHR (10)	43.16	43.16	43.16
SHVAR	11.50	11.50	11.50
SDVAR	6.00	6.00	6.00
SDPDVR	2.10	2.10	2.10
PODVAR	200.00	200.00	200.00
FLWAR	400.00	400.00	400.00
TRIFOL	0.35	0.35	0.35
SIZELF	172.00	172.00	172.00

FONTE: JONES, et al., 1989, SOYGRO v5.42 - USER'S GUIDE, p.32

Para os coeficientes genéticos acima descritos foram obtidos valores de data de florescimento e maturação, produtividade média e massa média de grãos para as diferentes cultivares e datas de plantio.

O conjunto de valores estimados obtidos a partir destes coeficientes genéticos e os valores medidos são mostrados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Data de florescimento e maturação nas diferentes cultivares obtidos a partir dos coeficientes genéticos médios utilizados nos Estados Unidos para 1988 em Londrina - Pr.

CULTIVAR	DATA DE PLANTIO	DATA FLORESCIMENTO			DATA MATURAÇÃO		
		Est.	Prev.	Dif.	Est.	Prev.	Dif.
BOSSIER	14 NOV	355	5	16	34	68	34
	02 DEZ	7	23	16	52	86	34
SANTA ROSA	14 NOV	355	5	16	34	86	52
	02 DEZ	7	23	16	52	104	52
OCEPAR 4	14 NOV	355	5	16	34	58	24
	02 DEZ	7	23	16	52	76	24
BR-16	14 NOV	355	5	16	34	61	27
	02 DEZ	7	23	16	52	79	27
BR-23	14 NOV	355	5	16	34	73	39
	02 DEZ	7	23	16	52	91	39
BR-24	14 NOV	355	5	16	34	54	20
	02 DEZ	7	23	16	52	72	20
BR-30	14 NOV	355	5	16	34	63	29
	02 DEZ	7	23	16	52	81	29
PARANÁ	14 NOV	355	5	16	34	48	14
	02 DEZ	7	23	16	52	66	14

Prev. = Previsto conforme a tabela 2 e o que foi exposto na página 19.

As datas de florescimento e maturação correspondem a dias julianos. As diferenças entre as datas de florescimento e maturação observadas e estimadas são em dias.

Tabela 11 - Produtividade média e massa de grãos nas diferentes cultivares obtidos a partir dos coeficientes genéticos médios utilizados nos Estados Unidos para 1988 em Londrina - Pr.

CULTIVAR	DATA DE PLANTIO	MASSA GRÃOS (mg)			PRODUTIVIDADE MÉDIA (kg/ha)		
		Est.	Prev.	Dif.	Est.	Obs.	Dif.
BOSSIER	14 NOV	120	155	-23%	1734	3460	-50%
	02 DEZ	125	155	-19%	2941	3140	-06%
SANTA ROSA	14 NOV	120	148	-19%	1723	3165	-46%
	02 DEZ	125	148	-16%	2928	2722	+08%
OCEPAR 4	14 NOV	120	163	-26%	1734	3727	-53%
	02 DEZ	125	163	-23%	2941	2971	-01%
BR-16	14 NOV	120	167	-28%	1734	3410	-49%
	02 DEZ	125	167	-25%	2941	3529	-17%
BR-23	14 NOV	120	165	-27%	1734	3300	-47%
	02 DEZ	125	165	-24%	2941	3181	-08%
BR-24	14 NOV	120	173	-31%	1734	3405	-49%
	02 DEZ	125	173	-28%	2941	3175	-07%
BR-30	14 NOV	120	143	-16%	1734	3520	-51%
	02 DEZ	125	143	-13%	2941	3131	-06%
PARANÁ	14 NOV	120	150	-20%	1734	2986	-42%
	02 DEZ	125	150	-17%	2941	2953	00%

Prev. = Previsto como foi colocado na página 19.

Constata-se pelo resultado da tabela 11 que os valores estimados e observados de produtividade média não estão ajustados.

Os valores de datas de florescimento e maturação e nem de massa média de grãos foram observados no experimento, razão pela qual não podem ser comparados aos valores estimados para fins de calibração. Todavia, observou-se que modificações nas variáveis que controlam estas datas e a massa média de grãos, modifica-se substancialmente a produtividade. Optou-se por valores de coeficientes genéticos que promovam melhor ajuste em produtividade.

Seguindo a sequência prevista no item 3.2.5, pode-se obter os valores de coeficientes genéticos apropriados a situação. Os coeficientes são selecionados quando os resultados simulados se aproximam do valor observado.

O conjunto de coeficientes genéticos selecionados para cada cultivar pode ser observado nas tabelas 12, 13 e 14. A tabela 12 mostra os coeficientes responsáveis pelos aspectos de desenvolvimento. Enquanto a tabela 13 e 14 mostram os coeficientes que caracterizam os aspectos de crescimento (produtividade média) e crescimento vegetativo, respectivamente.

Tabela 12 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina-Pr., e que caracterizam os aspectos de desenvolvimento para cada cultivar.

CULTIVAR	VARNO	VARTH	VARTHR(4)	VARTHR(10)
BOSSIER	12.65	14.00	21.00	47.63
SANTA ROSA	12.69	24.70	21.00	47.70
OCEPAR 4	12.45	21.00	20.88	47.50
BR-16	12.50	23.00	19.88	47.50
BR-23	12.65	25.00	18.88	47.55
BR-24	12.40	18.40	18.88	46.90
BR-30	12.47	21.00	20.88	47.65
PARANÁ	12.40	18.40	18.88	46.90

Tabela 13 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina-Pr. e que caracterizam os aspectos de crescimento para cada cultivar.

CULTIVAR	SHVAR	SDVAR	SDPDVR	PODVAR
BOSSIER	15.95	9.95	3.00	185
SANTA ROSA	12.00	10.00	2.50	180
OCEPAR 4	12.50	8.55	2.70	230
BR-16	16.50	9.00	2.60	160
BR-23	10.00	6.00	2.70	140
BR-24	11.50	8.50	1.95	138
BR-30	12.00	8.00	2.70	140
PARANÁ	11.50	8.50	2.20	138

Tabela 14 - Coeficientes genéticos calibrados para Londrina e que caracterizam os aspectos de crescimento vegetativo para cada cultivar.

CULTIVAR	TRIFOL	SIZELF
BOSSIER	0.360	175.00
SANTA ROSA	0.400	160.00
OCEPAR 4	0.420	200.00
BR-16	0.420	150.00
BR-23	0.400	155.00
BR-24	0.320	170.00
BR-30	0.420	150.00
PARANÁ	0.320	170.00

Os resultados simulados pelo modelo para datas de florescimento e maturação para a safra agrícola de 1988/1989 são apresentados na tabela 15. A tabela 15, também mostra os resultados simulados e observados obtidos para produtividade média de grãos para a safra agrícola de 1988/1989.

Tabela 15 - Resultados obtidos para Londrina na safra agrícola 1988/1989 utilizando os coeficientes genéticos calibrados.

CULTIVAR		PRODUTIVIDADE MÉDIA (kg/ha)			DATAS	
		est.	obs.	dif.	FLORESC. est.	MATUR. est.
BOSSIER	1	3077	3460	-11%	02	51
	2	3214	3140	+02%	22	76
SANTA ROSA	1	3227	3165	+02%	05	55
	2	3162	2722	+16%	24	105
OCEPAR 4	1	3603	3727	-03%	05	54
	2	3302	2971	+11%	24	76
BR-16	1	3433	3410	+01%	04	53
	2	3649	3529	+03%	23	79
BR-23	1	2701	3300	-18%	01	50
	2	2604	3181	-18%	21	87
BR-24	1	3187	3405	-06%	02	51
	2	3270	3175	+03%	22	72
BR-30	1	3392	3520	-04%	05	54
	2	3418	3131	+09%	24	81
PARANÁ	1	2859	2986	-04%	02	51
	2	2570	2953	-13%	22	72

Plantio: (1) - 14 de novembro de 1988
(2) - 02 de dezembro de 1988.

Pode-se observar na tabela 15 os resultados obtidos para a safra agrícola 1988/1989. Apresenta-se nesta tabela os resultados obtidos na simulação de datas de florescimento e de maturação, mas não são comparados aos valores observados já que no experimento estas informações não foram coletadas. Com relação à produtividade média, as diferenças entre valores estimados pelo modelo (EST) e aqueles observados à campo (OBS) variaram de -18 a +16%.

Em geral, as estimativas de produtividade geradas pelo modelo mantiveram-se bastante próximas aos valores observados à campo. Podem ser observadas, para a maioria da cultivares, diferenças de 1 a 11%. Na safra agrícola 1988/1989, os melhores resultados foram obtidos para a cultivar BR-16, onde as diferenças foram de +1% para plantio em 14 de novembro e de +3% para plantio em 02 de dezembro. Para as demais cultivares, os resultados de simulação também foram bons. Com exceção da cultivar BR-23, onde a diferença entre a produtividade estimada e a observada foi de -18% para as duas datas de plantio.

Espera-se que, o modelo ajustado, apresente uma tendência a superestimar os valores de produtividade média já que neste não se considera o aspecto fitossanitário da cultura (perdas causadas por ataques de insetos ou de doenças), bem como o aspecto nutricional da planta.

O modelo ajustado deveria apresentar respostas satisfatórias para as duas datas de plantio. No entanto, ajustando o modelo para determinada cultivar e data de plantio, este não se ajusta para a outra data de plantio. O que se procura obter seria um ajuste médio que apresente bons resultados para as duas datas de plantio. Ou seja, que as diferenças entre os valores estimados e observados de produtividade média sejam as menores possíveis para a situação, sendo assim, em alguns casos, as produtividades médias são subestimadas pelo modelo.

4.2.2. Estimativas do crescimento e da produtividade para a safra agrícola 89/90 e 90/91

Tendo sido calibrados os coeficientes genéticos, faz-se necessário testá-los na simulação dos anos subsequentes ao de calibração.

Os resultados obtidos por simulação devem estar próximos aos observados para confirmar que a calibração foi satisfatória.

A simulação do crescimento e estimativas de produtividade, junto aos valores observados, para a safra agrícola 89/90 são mostrados na tabela 16.

Na tabela 17 podem ser observados os resultados simulados e observados de crescimento e produtividade para a safra agrícola 90/91.

Tabela 16 - Resultados obtidos para a safra agrícola 1989/1990 em Londrina-Pr, utilizando coeficientes genéticos calibrados.

CULTIVAR		DATAS		PRODUTIVIDADE MÉDIA		
		FLORESC.	MATUR.	(kg\ha)		
		est.	est.	est.	obs.	dif.
BOSSIER	1	04	53	2893	2405	+20%
	2	29	88	1241	1267	-02%
STA. ROSA	1	07	57	2953	2515	+17%
	2	31	153	2030	2507	-19%
OCEPAR 4	1	07	56	3449	2698	+28%
	2	31	91	1303	1450	-10%
BR-16	1	05	54	3354	3021	+11%
	2	30	98	1485	1515	-02%
BR-23	1	03	52	3070	2606	+18%
	2	28	116	1616	1328	+22%
BR-24	1	04	52	3089	2556	+21%
	2	29	83	1218	1848	-34%
BR-30	1	07	56	3412	2820	+21%
	2	31	97	1365	1501	-09%
PARANÁ	1	04	52	2856	2481	+15%
	2	29	83	1211	1341	-10%

Datas de florescimento e maturação em dias julianos.

Plantio: (1) - 14 de novembro de 1989
(2) - 11 de dezembro de 1989.

Tabela 17 - Resultados obtidos para a safra agrícola 1990/1991 para Londrina - Pr., utilizando os coeficientes genéticos calibrados.

CULTIVAR		DATAS		PRODUTIVIDADE MÉDIA		
		FLORESC.	MATUR.	(kg/ha)		
		est.	est.	est.	obs.	dif.
BOSSIER	1	361	46	3452	3779	-09%
	2	20	76	3620	3347	+08%
STA. ROSA	1	361	46	3081	4498	-32%
	2	20	89	3204	3629	-12%
OCEPAR 4	3	362	46	3392	4267	-21%
BR-16	3	361	45	3479	4282	-19%
BR-23	3	361	45	3305	4097	-19%
BR-24	3	361	45	3605	4156	-13%
BR-30	3	362	47	3176	4227	-25%
PARANÁ	1	360	44	3496	3179	+10%
	2	18	67	3483	3058	+14%

Datas de florescimento e maturação em dias julianos.

Plantio: (1) - 07 de novembro de 1990
 (2) - 30 de novembro de 1990
 (3) - 08 de novembro de 1990.

Nas tabelas 16 e 17 encontram-se os resultados para as safras agrícolas 1989-1990 e 1990-1991, respectivamente.

Observa-se nestas duas tabelas que as diferenças entre os valores estimados (EST) e observados (OBS) foram, em geral, iguais ou maiores que aquelas diferenças obtidas para a safra 1988-1989.

Na safra agrícola 1989-1990, os melhores resultados foram obtidos para as cultivares BR-16 e Paraná com diferenças de +11 e -2% e de +15 e -10%, respectivamente. As diferenças entre valores estimados (EST) e observados (OBS) sempre foram maiores para plantio em 07 de novembro do que para plantio em 30 de novembro. As maiores diferenças foram obtidas para as cultivares Ocepar-4 (+28%) e BR-24 (-34%). Para todas as cultivares o modelo superestimou a produtividade para semeadura em 07 de novembro e subestimou para semeadura em 30 de novembro.

Pode-se observar ainda, na tabela 16, que os valores de produtividade média observada para esta safra, para todas as cultivares, foram menores que para as safras agrícolas de 1988-1989 e de 1990-1991. Observando o balanço hídrico para Londrina (Apêndice 1), detecta-se deficiências hídricas que parecem ter coincidido com a fase de formação de vagens ou enchimento de grãos. Nota-se também, que as respostas obtidas pelo modelo mostraram uma ligeira diminuição na produtividade estimada para semeadura em 07

de novembro e uma diminuição acentuada de produtividade estimada para semeadura em 30 de novembro. Isto parece identificar a sensibilidade do modelo às condições hídricas do solo.

A tabela 17 mostra que as respostas em produtividade média foram sempre subestimadas para todas as cultivares. As diferenças entre os valores estimados e os observados variou de -3 a -33%, em geral, as diferenças mantiveram-se abaixo de 20% ou muito próximas deste. As maiores diferenças foram constatadas nas cultivares Santa Rosa e BR-23. As cultivares Ocepar-4, BR-16, BR-30 e Paraná apresentaram as melhores respostas em produtividade média.

Considerando que as características físico-hídricas de solo, e que as condições de manejo da cultura foram as mesmas para as três safras agrícolas e também os coeficientes genéticos uma vez ajustados permanecem inalterados no modelo, os elementos meteorológicos são os únicos que apresentam variação nas diferentes safras agrícolas. Para aquelas safras onde o modelo seria testado, espera-se que as diferenças entre valores estimados, tanto acima como abaixo dos valores observados de produtividade média sejam devidas principalmente aos elementos meteorológicos (fotoperíodo, temperatura e precipitação). Então, o modelo ajustado para determinada safra apresentaria uma determinada resposta, se as condições fossem favoráveis à cultura. Em outra situação, onde as

condições fossem excelentes, o modelo provavelmente apresentaria valores de produtividade média subestimada já que foi ajustado para uma condição diferente desta ora apresentada.

Pode-se dizer que sem as informações das datas de florescimento e de maturação colhidas no experimento de campo, torna-se muito difícil a calibração da produtividade. As diferenças entre as produtividades observadas e estimadas para cada cultivar torna esta calibração inadequada para tais estimativas, principalmente para as cultivares OCEPAR-4, BR-24, Santa Rosa e BR-23. Entretanto, para as cultivares BR-16, BR-30, Bossier e Paraná os valores de produtividade estimados podem ser considerados bons.

4.2.3. O modelo SOYGRO aplicado a um experimento hipotético

Para introduzir a cultura da soja em novas áreas, o conhecimento das características médias e de produtividade das cultivares é muito útil. Foi considerado para tanto, que a cultivar hipotética seria caracterizada pelo valor médio dos coeficientes genéticos calibrados para Londrina (conforme tabela 18) e pelas características médias de data de florescimento e maturação e produtividade para as cultivares plantadas em Londrina, que podem ser observadas na tabela 19. O plantio seria em 14 de novembro de 1988. Encontrou-se que o modelo SOYGRO pode, com boa margem de segurança, ser utilizado para estes fins, e também para estudos de viabilidade de introdução de uma nova cultivar em Londrina, uma vez que o modelo é matemático-fisiológico e apresenta boa transferibilidade como pode ser observado na tabela 20.

Tabela 18 - Coeficientes genéticos médios calibrados para Londrina e utilizados no experimento hipotético.

COEFICIENTE	VALOR MÉDIO
VARNO	12.52
VARTH	20.13
VARTHR(4)	19.66
VARTHR(10)	47.42
SHVAR	12.62
SDVAR	9.41
SDPDVR	2.64
POVAR	161.40
TRIFOL	0.38
SIZELF	166.00

Tabela 19 - Características da cultivar hipotética.

CARACTERÍSTICAS	VALOR MÉDIO
Data de florescimento	05
Data de maturação	64
Produtividade média	3372 kg/ha
Massa de grãos	158 mg

As datas de florescimento e maturação são em dias julianos.

Tabela 20 - Datas de florescimento e maturação e produtividade média observada e estimada para o experimento hipotético, plantio em 14 de novembro de 1988.

CARACTERÍSTICAS	OBSERVADO	ESTIMADO	DIFERENÇA
Data de florescimento	--	04	--
Data de maturação	--	53	--
Produtividade média	3372	3128	-7%
Massa média de grãos	--	123	--

As datas de florescimento e maturação são em dias julianos, a produtividade média em kg/ha e a massa média de grãos em mg.

4.2.4. Sensibilidade do modelo às variáveis de solo e manejo da cultura e aos coeficientes genéticos

A sensibilidade do modelo é testada variando-se os parâmetros de entrada característicos das propriedades do solo como: albedo da superfície, coeficiente de evaporação, coeficiente de drenagem, número da curva utilizada para calcular o escoamento diário e condições de manejo da cultura: população de plantas e profundidade de semeadura.

Os coeficientes genéticos pela sua grande influência sobre a produtividade final, também são submetidos a testes de sensibilidade.

Procura-se averiguar a partir daí a consistência dos parâmetros e coeficientes utilizados na simulação.

4.2.4.1. Sensibilidade do modelo às variáveis de entrada de propriedades do solo e manejo da cultura.

A produtividade média manteve-se praticamente constante quando o albedo do solo, o coeficiente de drenagem, a curva para cálculo do escoamento, profundidade de plantio e a população de plantas variaram em relação aos valores utilizados na calibração.

4.2.4.2. Testes de sensibilidade aplicados aos coeficientes genéticos.

As figuras 14 a 25 mostram as diferenças percentuais entre os valores simulados e o observado, para cada cultivar, considerando a variação dos coeficientes genéticos e sua influência sobre cada aspecto da planta. Serão apresentados os testes de sensibilidade aos parâmetros genéticos para as cultivares BOSSIER, BR-16 e PARANÁ.

A diferença entre os valores estimados (EST) e o valor observado (OBS) de produtividade média quando da variação dos coeficientes genéticos é obtida através da seguinte equação:
$$DIF = [(OBS - EST)/OBS] * 100.$$

Figura 14 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para cultivar Bossier.

Figura 15 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para cultivar Bossier.

Figura 16 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para cultivar Bossier.

Figura 17 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para cultivar Bossier.

Figura 18 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para cultivar BR-16.

Figura 19 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para cultivar BR-16.

Figura 20 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para cultivar BR-16.

Figura 21 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para cultivar BR-16.

Figura 22 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SHVAR para cultivar Paraná.

Figura 23 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDVAR para cultivar Paraná.

Figura 24 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente SDPDVR para cultivar Paraná.

Figura 25 - Sensibilidade do modelo ao coeficiente PODVAR para cultivar Paraná.

O comportamento das diferentes cultivares em relação aos coeficientes genéticos podem ser observados pelas figuras 14 a 25. Estas mostram as diferenças entre os valores estimados e o valor observado para a produtividade média de grãos. Essas diferenças tanto podem ser diretamente ou inversamente proporcionais a variação do coeficiente genético, ou manterem-se constantes.

Para o coeficiente SHVAR, nas cultivares Bossier e BR-16, existe uma tendência de que a medida que este varia, acima ou abaixo do valor calibrado há um aumento na diferença entre o valor estimado e o observado. Este comportamento se repete nas cultivares BR-16 e Paraná em relação ao coeficiente SDPDVR e SDVAR e para a cultivar Bossier para o coeficiente PODVAR. A diferença entre o valor estimado e o observado de produtividade média diminui a medida que se aumenta o valor do coeficiente SHVAR para a cultivar Paraná. Nas demais situações, como se observa nas figuras 15, 16 e 25, a diferença entre produtividade média observada e estimada permanece constante ou praticamente constante quando se faz variar os valores dos coeficientes genéticos.

Pode-se concluir a partir destes testes de sensibilidade que variando-se muito pouco os valores dos coeficientes genéticos as respostas em produtividade média também variam de acordo com o coeficiente ajustado e com a cultivar. E, portanto, o modelo é bastante sensível à

variação nos coeficientes genéticos, os quais devidamente ajustados permitem a sua utilização em determinado local e ou experimento.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho nos permitem as seguintes conclusões:

1 - A adaptação do modelo de estimativas de produtividade SOYGRO v5.42 para determinado local e ou experimento depende principalmente do ajuste adequado das variáveis genéticas que atuam na determinação de datas de florescimento e maturação e produtividade média de grãos.

2 - A maioria dos coeficientes ajustados para as condições do experimento em questão e empregados para as cultivares estudadas manteve-se dentro da amplitude determinada no guia de utilização.

3 - Os coeficientes genéticos VARNO, VARTH, VARTHR(4) e VARTHR(10) controlam principalmente datas de florescimento e maturação. Os componentes da produção são controlados pelos coeficientes SDPDVR, SDVAR, SHVAR e PODVAR. Observou-se também que, os coeficientes VARNO, VARTH, VARTHR(4) e VARTHR(10), citados inicialmente, exercem pequena influência sobre os componentes da produção.

4 - A aplicação do modelo para estimar a produtividade da soja mostrou um comportamento consistente com os resultados obtidos experimentalmente para as

cultivares Bossier, BR-16, BR-30 e Paraná. Ao contrário, para as cultivares OCEPAR-4, BR-24, SANTA ROSA e BR-23, o modelo subestimou ou superestimou em demasia os resultados, sugerindo que, os coeficientes de ajuste devem ser revistos e refeitos.

5 - O modelo não se mostrou sensível a variação dos parâmetros de entrada de características do solo e de manejo da cultura para faixa de valores estudados.

6 - O modelo mostrou alta sensibilidade à variação dos coeficientes genéticos, uma vez que modificados levemente promovem grandes diferenças entre os valores estimados e os observados da variável estudada.

7 - Considerando-se a safra agrícola 1989-1990, pode-se observar que o modelo apresenta grande sensibilidade aos níveis de umidade do solo.

8 - Para o experimento hipotético o modelo mostrou-se bastante preciso, indicando possibilidade de uso na estimativa de produtividade de cultivares de soja ainda não plantadas na região de Londrina.

Como proposta para trabalhos futuros poderiam ser testados novos ajustes para os coeficientes genéticos para as cultivares aqui estudadas. Para tanto seria necessária a montagem de experimentos com observações de forma adequada específica para utilização neste modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNI, N.A. & COSTA, J. A. Efeito do excesso de água no solo sobre os percentuais de óleo e proteína do grão e o poder germinativo de semente de soja. *Agronomia Sul-Riograndense*, 12(2):163-172, 1976.
- BERLATO, M. A. & GONÇALVES, N. M. Relações entre o índice hídrico P/ETP e o rendimento da soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Agronomia Sul-riograndense*, 14(2):227-233, 1978.
- BERLATO, M. A. Bioclimatologia da soja. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C. *A soja no Brasil*. São Paulo, Ital, 1981. p.1062.
- BOARD, J. E. & HALL, N. Premature flowering in soybean yield reductions at nonoptimal planting dates as influenced by temperature and photoperiod. *Agronomy Journal*, 76:700-704, 1984.

BOGGESE, W. G., LYNNE, G.D., JONES, J. W., SWANEY, D. P.

A risk-return of assessment of irrigation decisions in humid regions. *S. Journ. Agric. Econom.*, 15:135-143, 1983.

BOGGESE, W. G. & AMERLING, C. B. A bioeconomic simulation analysis of irrigation investments. *S. Journ. Agr. Econ.*, 15:85-91, 1983.

BORTHWICK, H. A. & PARKER, H. W. Influence of photoperiods upon the differentiation of meristems and the blossoming of Byloxi soybeans. *Botanical Gazette*, 99:825-839, 1938.

BOYER, J. S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower of various leaf water potentials. *Plant Physiology*, 46(2):233-235, 1970.

BROWN, D. M. Soybean ecology. I. Development-temperature relationships from controlled environmental studies. *Agronomy Journal*, 52(9):499-496, 1960.

CAMARGO. M.B.P. *Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo*. Piracicaba, 1984. 96 p. [Mestrado-ESALQ]

CARAMORI, P. H., OLIVEIRA, D., FARIA, R. T. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1991. (Boletim técnico, 36).

CREGAN, P. B. & HARTWIG, E. E. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. *Crop Science*, 24:659-662, 1984.

CRISWELL, J. G., JOHNSON, P. R., TANNER, J. W., ANDERSON, J. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. *Crop Science*, 15: 174-179, 1975.

CUNHA, G. R. & BERGAMASCHI, H. Efeito da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre, Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. p. 85-97.

CURTIS, P. E., OGREN, W. L. & HAGEMAN, R. H. Varietal effects in soybean photosynthesis and photorespiration. *Crop Science*, 9:323-327, 1969.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. *Yield response to water*. Roma, FAO, 212p., 1979. (FAO, Irrigation and Drainage, 33)

- EDWARDS, C. J. & HARTWIG E. E. Effect of seed size upon rate of germination in soybeans. *Agronomy Journal*, 63(3):429-430, 1971.
- GARNER, W. W. & ALLARD, H. A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. *Journal of Agriculture Research*, 41:719-735, 1930 .
- HADLEY, P., ROBERTS, E. H., SUMMERFIELD, R. J., MINCHIN, F. R. Effects of temperature and photoperiod on flowering in soya bean [*Glycine max* (L.) Merr.]: a quantitative model. *Annal of Botany*, 53:669-681, 1984.
- HAMMER, K. C. *Glycine max* (L.) Merril. In: EVANS, L. T., (ed.) *The induction of flowering: some case histories*. New York, Cornell University Press, 1969. p. 62-89.
- HARTWIG, E. E. Growth and reproductive characteristics of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] grown under short-days conditions. *Trop. Science*, 12:47-53, 1970.
- HARTWIG, E. E., 1973. Varietal development. In: B. E. Caldwell (ed.) *Soybeans: improvement, production and uses*. *Agronomy* 16:187-210. An. Soc. Agron. Madison, Wis.

- HATFIELD, J. L. & CARLSON, R. E. Photosynthetically active radiation, CO₂ uptake, and stomatal resistance profiles within soybean canopies. *Agronomy Journal*, 70:592-596, 1978.
- HEILMAN, J. L., KANEMASU, E. T., PAULSEN, G. M. Estimating dry-matter accumulation in soybean. *Can. Journ. Bot.*, 55:2196-2201, 1977.
- HODGES T. & FRENCH, V. Soyphen: soybean growth stages modeled from temperature, daylength and water availability. *Agronomy Journal*, 77:500-505, 1985.
- HUXLEY, P. A. & SUMMERFIELD, R. J. Effects of night temperature and photoperiod on the reproductive ontogeny of cultivars of cowpea and soybean selected for the wet tropics. *Plant Science Letters*, 3:11-17, 1974.
- JEFFERS, D. L. & SHIBLES, R. M. Some effects of leaf area, solar radiation, air temperature, and variety on net photosynthesis in field grown soybean. *Crop Science*, 9:762-764, 1969.

JOHNSON, H. W., BORTHWICK, H. A., LEFFEL R. C. Effects of photoperiod and the time of planting on rates of development of the soybean in various stages of the cycle. *Botanical Gazette*, 122:77-95, 1960.

JOHNSTON, T. J. & PENDLETON, J. W. Contribution of leaves at different canopy levels to seed production of upright and lodged soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Crop Science*, 8:291-293, 1968.

JOHNSTON, T. J., PENDLETON, J. W., PETERS, D. B., HICKS, D. R. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield and yield components of soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Crop Science*, 9:577-581, 1969.

JONES, J. W., BOOTE, K. J., HOOGENBOOM, G., JAGTAP, S. S., WILKERSON, G. G. *SOYGRO v.5.42, Soybean crop growth simulation model: User's Guide*. Gainesville, Agricultural Engineering Department and Agronomy Department, University of Florida, 1989. 75 p.

LAWN, R. J. & BYTH, D. E. Response of soybeans to planting date in South-Eastern Queensland. I. Influence of photoperiod and temperature on phasic development patterns. *Aust. Journ. Agr. Res.*, 24:67-80, 1973.

- LAZINSKI, L. R. *Viabilidade de utilização do modelo SOYGRO para a região de Londrina - Pr. Piracicaba*, 1993. 86p. [Mestrado-ESALQ].
- LONG, E. M. Photoperiodic induction as influenced by environmental factors. *Botanical Gazette*, 101:168-188, 1939.
- MAJOR, D. J., JOHNSON, D. R. TANNER, J. W., ANDERSON, J. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. *Crop Science*, 15:174-179, 1975.
- MEDINA, J. C. Introdução e evolução da soja no Brasil. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C., *A soja no Brasil*. São Paulo, ITAL, 1981. p. 1062.
- MEYER, G. E., CURRY, R. B., STREETER, J. G., MEDERSKY, H. J. *SOYMOD/OARDC a dynamic simulator of soybean growth, development and seed yield*. I. Theory, structure and validation. Ohio: Woorte, 1979. (OARDC. Res. Bull.; 1113).
- MISHOE, J. W., JONES, J. W., SWANEY, D. P. e WILKERSON, G. G. Using crop and pest models for manegement applications. *Agr. Systems*, 15:153-170, 1984.

- MOTA, F. S. Condições climáticas dos principais centros produtores mundiais. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C. (ed.). *A soja no Brasil*. São Paulo, ITAL, 1981. p. 1062.
- MURFET, J. C. Environmental interaction and genetics of flowering. *Ann Rev Plant Physiology*, 28:253-78, 1977.
- NAGATA, T. Morphological, physiological, and genetic aspects of the summer versus autumn soybean habit, the plant habit, and interrelation between them in soybeans. *Sci. Rep. Hyogo Agr. Univ.*, 4(2):71-95, 1960.
- NAGATA, T. Studies on the differentiation of soybeans in the world with special reference to that in the South East Asia 3. Some photoperiodic aspects of the nature of the tropical soybean. *Proceedings of the Crop Science Society of Japan*, 29:267-72, 1961.
- NISSLY, C. R. BERNARD, P. L., HITTLE C. N. Variation in photoperiod sensitivity for time of flowering and maturity among soybean strains of Maturity Group III. *Crop Science*, 21:833-836, 1981.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. Programa de pesquisa, Cascavel, Pr. *Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1989/1990*. Cascavel, OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO. 1989. 95p. (OCEPAR, Boletim técnico, 35) (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 38).

ORTOLANI, A. A. & CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O., YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção Agrícola*. Piracicaba, Ceres, 1987. 249p.

PARVEZ, A. Q. & GARDNER, F. P. Daylength and sowing date responses of soybean lines with "juvenile" trait. *Crop Science*, 27:305-310, 1987.

PEDRO JUNIOR, 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 produção de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, Campinas, 1983. Anais. Campinas. Soc. Bras. de Agrometeorologia, 1984. p 11-17.

POLSON, D. E. Day neutrality in soybeans. *Crop Science*, 12:773-776, 1972.

- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*, São Paulo, Ed. Manole, 1990. 188 p.
- SAKAMOTO, C. M. & SHAW, R. H. Apparent photosynthesis in field soybean communities. *Agr. Journal*, 59:73-75, 1967.
- SALTER, P. J. & GOODE, J. E. *Crop response to water at different stages of growth*, Londres, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1967. p.51-52.
- SEDDIG, M. & JOLLIFF, G. D. Effects of night temperature on dry-matter partitioning and seed growth of indeterminate field-grown soybean. *Crop Science*, 24:704-710, 1984.
- SEDIYAMA, T., PEREIRA, M. G., SEDIYAMA, C. S., GOMES, J. L. L. *A cultura da soja I*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1985. 96 p.
- SHIBLES, R., ANDERSON, J. C., GIBSON, A. K. Soybean. In: EVANS, L. T. (ed.). *Crop physiology*. New York, Cambridge University Press, 1975. p. 151-189.
- STEINBERG, R. A. & GARNER, W. W. Response of certain plants to length of day and temperature under controlled conditions. *Journal of Agric. Research*, 52:943-960, 1936.

SUMMERFIELD, R. J. & WIEN, H. C. Effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of economic legumes, In: SUMMERFIELD, R. J. & BURTING A. H. (ed.). *Advances in legumes Science*. London, HMSO, 1980. p 17-36.

SUMMERFIELD, R.J. & ROBERTS, E. H. Soyabeans. In: HABEVY, A.H.(ed.). *A handbook of flowering*. Boca Raton, CRC Press, 1984.

SWANEY, D. P., JONES, J. W., BOGGESS, W. G., WILKERSON, G. G., MISHOE, J. W. A crop simulation method of evaluation of within season irrigation decisions. *TRANS. ASAE*, 26:362-368, 1983.

TANNER, J. W. & HUME, L. T. The use of growth chambers in soybean research. In: HILL, L. D. (ed.) *World soybean research*. Illinois, Interstate Printers and Publishers, 1976. p. 342-361.

THOMAS, J. F. & RAPER, C. D. Photoperiodic control of seed filling for soybeans. *Crop Science*, 16:667-672, 1976.

THOMAS, J. F. & RAPER, C. D. Morphological response of soybeans as governed by photoperiod, temperature, and age of treatment. *Botanical Gazette*, 138:321-328, 1977.

- THOMAS, J. F. & RAPER, C. D. Photoperiod and temperature regulation of floral initiation and anthesis in soybean, *Annals of Botany*, 51:581-489, 1983.
- VAN-SHAIK, P. H. & PROBST, A. H. Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency in soybeans. *Agronomy Journal*, 50:192-197, 1958.
- VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa, Imprensa Universitária UFVViçosa, 1991. 449 p.
- WANG, J., McBLAIN, B. A., HESKETH, J. D., WOOLLEY, J. T., BERNARD, R. L. A data base for predicting soybean phenology. *Biotronics*, 16:25-38, 1987.
- WANN, M. & RAPER, C. D. A dynamic model for plant growth: Adaptation for vegetative growth of soybeans. *Crop Science*, 19:461-467, 1979.
- WEBER, C. R. & FEHR, W. R. Seed yield losses from lodging and combine harvesting in soybeans. *Agronomy Journal*, 58:287-289, 1966.

WILKERSON, G. G., JONES, J. W., BOOTE, K. J., INGRAM, K. T., MISHOE. Modeling soybean growth for management. *Trans. ASAE*, 26:63-73, 1983.

WILKERSON, G. G., JONES, J. W., BOOTE, K. J., BUOL, G. S. Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. *Crop Science*, 29:721-726, 1989.

de WIT, C. T., BROUWER, R., PENNING de URIES, F. W. T. The simulation of photosynthetic systems. In: SETLIK, I. (ed.). *Prediction and measurement of photosynthetic productivity*. Wageningen, PUDOC, 1970. p. 47-70.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 23:437-464, 1972.

APÊNDICE 1

■—■ Precip.
 ×—× Evapotr. Pot.
 +—+ Evapotr. Real

[diagonal lines] Excedente
 hídrico
 [cross-hatch] Água
 retirada
 [horizontal lines] Reposicao
 de água
 [vertical lines] Deficiencia
 hídrica

Balanco Hídrico para Londrina-PR: a) 1988, b) 1989, c) 1990 e d) 1991.

APÊNDICE 2

Arquivos de saída do modelo Soygro v. 5.42.

SOYGRD V5.42

=====

INPUT SUMMARY RUN NO. 1 SIMULATION BEGINS : NOV 14
 INST_ID: IA SITE_ID: LO EXPT_NO: 12 YEAR: 1988 TRT_NO: 1
 EXPERIMENT : MEDIA
 TREATMENT : PLANTIO NOV/14
 WEATHER SET : LONDRINA (23.45,51.2W), PARANA 1988
 VARIETY : MEDIA MATURITY GROUP : 5
 IRRIGATION : RAINFED
 PLANTING DATE: NOV 14 PLANTS/M2: 40.00 ROW SPACING: .450m PLANT SPACING: .056m

SOIL PROFILE DATA o Eutrofico (Londrina)

SOIL ALBEDO : .12 U: 5.0 SWCON: .30 CURVE NO.: 80.0 PHFAC3:1.00

DEPTH-m	LL	DUL	SAT	EXTR	INIT	ROOT	KSAT
.00- .05	.260	.400	.520	.140	.360	1.000	.000
.05- .15	.260	.400	.520	.140	.360	.800	.000
.15- .30	.260	.400	.520	.140	.360	.600	.000
.30- .50	.260	.400	.520	.140	.360	.400	.000
.50- .75	.260	.400	.520	.140	.360	.400	.000
.75- 1.05	.260	.400	.520	.140	.360	.100	.000

SUM 273.0 420.0 546.0 147.0 378.0

RUN NO. 1 SIMULATION OUTPUT

IA LO 1988 PLANTIO NOV/14

DATE	CROP	GROWTH	BIOMASS	LAI	WATER BALANCE COMPONENTS						DROUGHT	
					V- STAGE	ES	EP	ET	RAIN	IRRIG	STRESS	PHOTO TURGOR
NOV 14	0	SOWING	0.	.00	.0	1.	0.	1.	0.	0.	.000	.000
NOV 20	6	EMERGENCE	25.	.04	.0	3.	0.	5.	0.	0.	.000	.000
NOV 26	12	UNIFOLIOL.	40.	.09	1.0	14.	2.	16.	10.	0.	.006	.137
NOV 26	12	END JUVEN.	40.	.09	1.0	14.	2.	16.	10.	0.	.006	.137
DEC 17	33	FLOWER IND	502.	.90	5.8	42.	36.	78.	53.	0.	.063	.184
JAN 4	51	FLOWERING	1573.	2.61	9.8	68.	71.	139.	172.	0.	.083	.182
JAN 11	58	FIRST POD	2425.	3.38	11.6	75.	91.	166.	290.	0.	.000	.000
JAN 14	61	END LEAF	2779.	3.32	12.3	78.	99.	177.	337.	0.	.000	.000
JAN 15	62	FULL POD	2841.	3.30	12.3	78.	100.	178.	387.	0.	.000	.000
FEB 8	86	END POD	5860.	2.63	12.3	105.	178.	283.	498.	0.	.000	.000
FEB 22	100	PHYS. MAT	6801.	2.30	12.3	123.	210.	333.	567.	0.	.000	.000
MAR 5	112	HARV. MAT	5534.	.16	12.3	145.	230.	375.	646.	0.	.000	.000

RUN NO. 1

IA LO 1988	PLANTIO	NOV/14
	PREDICTED	MEASURED
	-----	-----
FLOWERING DATE	4	5
FIRST POD	11	0
FULL POD	15	0
PHYSIOL. MATURITY	53	64
POD YLD (KG/HA)	3914.00	.00
SEED YLD (KG/HA)	3128.00	3372.00
SHELLING PERCENTAGE	79.91	.00
WT. PER SEED (G)	.123	.158
SEED NUMBER (SEED/M2)	2536.00	.00
SEEDS/POD	2.64	.00
MAXIMUM LAI	3.38	.00
BIOMASS (KG/HA) AT R8	5534.00	.00
STALK (KG/HA) AT R8	1542.00	.00
HARVEST INDEX	.565	.000

SOYBEAN YIELD : 3127.5 KG/HA [46.6 BU/ACRE]