

Simulação do Crescimento e Desenvolvimento do Trigo Irrigado Utilizando o Modelo CERES-Wheat na Região de Campinas - SP

2

Circular Técnica

Campinas, SP
Outubro, 2002

Autores

Fábio Cesar da Silva

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041 – 13083-970 – Campinas, SP. (e-mail: fcesar@cnptia.embrapa.br)

Cecília Manuela Tojo Soler

Mestre e Doutorado em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP, Departamento de Engenharia Rural, Av. Pádua Dias, 11 – 13418-900 – Piracicaba, SP. (e-mail: cecitojo@esalq.usp.br)

Antonio Enedi Boaretto

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Av. Centenário, 303 – 13400-961 – Piracicaba, SP. (e-mail: aeboaret@cna.usp.br)

Eduardo Scarpari Spolidório

Dr. em Ciências, SN – Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio Ltda., Av. Independência, 546 Conj. 31/32 – 13419-160 – Piracicaba, SP. (e-mail: eduardo.spolidorio@merconet.com.br)

José Guilherme de Freitas

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Instituto Agronômico de Campinas, Av. Barão de Itapura, 1481 – 13020-902 – Campinas, SP. (e-mail: jfreitas@cec.iac.br)

Danielle Helena da Mata

Acadêmica em Engenharia Agrícola FEAGRI/Unicamp, estagiária da Embrapa Informática Agropecuária. (e-mail: daniellemata@hotmail.com)

Introdução

Nos últimos anos têm-se gerado vários tipos de modelos de simulação para uso em agricultura com diferentes níveis de complexidade. Pela sua importância, destacam-se os modelos do International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer (IBSNAT), que foi um projeto internacional com sede na Universidade de Havaí, criado para desenvolver um sistema para suporte à decisão e transferência de tecnologia agrícola. Esse sistema, nomeado Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) consta de grande base de dados, modelos de simulação de produção de cultivos como trigo, cevada, milho, arroz, girassol, sorgo, soja, feijão, amendoim e batata, além de ferramentas de análises biofísicas e econômicas (Baethgen, 1995).

Os modelos de simulação do sistema DSSAT estão baseados no enfoque de sistemas, isto é, tratam de compreender as interações dos componentes do sistema agrícola sob estudo. No caso particular dos modelos de simulação de culturas, consiste em: a) simular as interações do genótipo com o ambiente e com o manejo; e b) prever o funcionamento de um sistema de produção em resposta aos fatores que influenciam, como o clima e práticas de manejo (Uehara & Tsuji, 1993).

Além da estimativa do rendimento, o conjunto de programas do sistema DSSAT permite avaliar o uso do recurso natural e estimar o risco associado com diferentes práticas de manejo. Através de uma interface visual, o sistema possibilita: a) introduzir, organizar e armazenar dados das culturas, de solos e de clima; b) recuperar, analisar e apresentar dados; c) calibrar e validar modelos de diferentes culturas; e d) testar diferentes práticas de manejo num dado local (Jones, 1993).

Logo que o usuário está seguro de que o modelo simula o crescimento e desenvolvimento de uma cultura numa localidade, análises mais complexas da resposta da cultura podem ser conduzidas para diferentes tipos de solo, cultivares, épocas de semeadura, população de plantas e estratégias de irrigação e adubação, com a finalidade de encontrar práticas que sejam mais favoráveis e que envolvam menor nível de risco (Jones et al., 1996; Jame & Curtforth, 1996).



Foto: Eduardo Scarpari Spolidório

Esquema de coleta de solução do solo no ensaio de campo

Utilização de modelo de simulação para a cultura de trigo nas condições brasileiras foi iniciada em 2001, foi modificando a partir do modelo CERES, pela equipe da Embrapa Trigo, em conjunto com a Universidade de Passo Fundo, em desenvolvimento foi denominado de SimTrigo e escrito na linguagem JAVA usando os princípios de programação orientada para objetos (POO). O modelo SimTrigo está sendo estruturado para simular o rendimento de trigo, a acumulação de biomassa, a duração da área foliar, a fenologia, a absorção de água em resposta a quantidade de água no solo e também os efeitos de pragas e doenças sob a planta, mas não introduziu-se a dinâmica de nitrogênio (Fernandes & Maffia, 1994; Fernandes & Picinini, 1999).

Este trabalho tem como objetivos apresentar de forma sucinta o funcionamento do modelo CERES-Wheat inserido na plataforma do programa DSSAT 3.5, assim como apresentar os resultados obtidos das simulações realizadas com o modelo e os observados em experimento de campo, em especial a sua capacidade de detectar os efeitos da aplicação de N sob a fenologia e produtividade de grãos do trigo sob irrigação.

Modelo CERES-Wheat

O modelo CERES-Wheat constitui um modelo mecânico e determinístico que simula, entre vários parâmetros, a duração dos estágios vegetativos e reprodutivos, o acúmulo de biomassa e a produção de grãos em função de diferentes tipos de solo, condições climáticas e práticas de manejo da cultura.

As entradas ou inputs do modelo incluem características do solo, parâmetros climáticos, coeficientes da cultivar e práticas de manejo da cultura, no formato específico do projeto IBSNAT. Na Fig. 1 é apresentado um fluxograma do modelo CERES-Wheat.

As principais características do solo consideradas como entradas para cada camada do perfil são: textura, conteúdo de matéria orgânica, densidade aparente, pH, índice de drenagem, número da curva de escoamento superficial (número capa) e albedo do solo.

Um exemplo de arquivo padrão com dados de solo para uso nos modelos incluídos no DSSAT 3.5 é apresentado na Tabela 1.

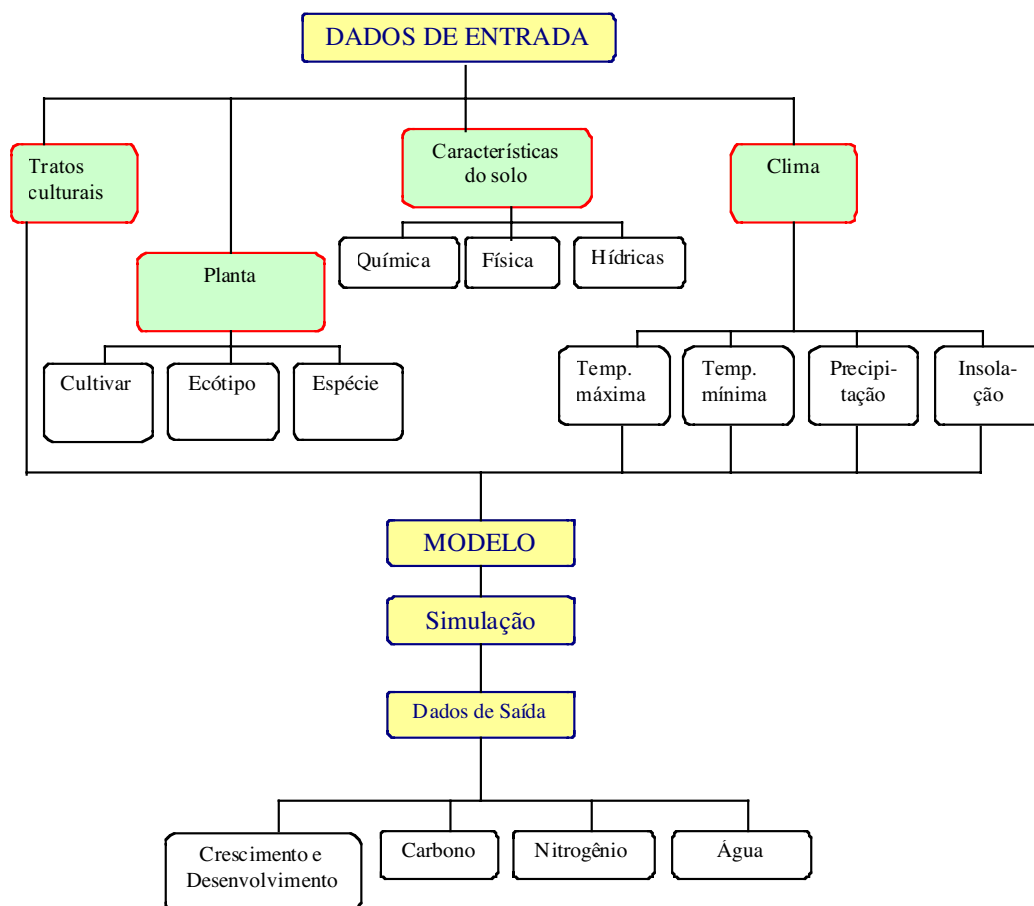


Fig. 1. Fluxograma do modelo CERES-Wheat.

Tabela 1. Arquivo e tela padrão com dados de solo para uso nos modelos incluídos no software DSSAT.

Latossolo Vermelho Amarelo'														
Características do Solo														
Local	País	Latitude ²	Longitude ²	Classificação do Soil Taxomy, 7 ^a aproxim. (USA)										
CPAC, Brasília DF	BRASIL	-15,59	-47,70	Classe	Clayey, Oxidic,	Isothermic	Anionic	Acrustox	Família					
SCOM* RY	SALB 0,14	SLUI 7,10	SLDR 0,50	SLRO 76,00	SLNF 1,00	SLPF 1,00	SMHB IB001	SMPX IB001						
SLB**	SLMH	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SLHW	SLHB
15	0,00	0,191	0,349	0,389	1,000	-99	0,93	1,81	-99	-99	-99	-99	5,9	-99
30	0,00	0,237	0,339	0,367	0,200	-99	1,03	1,45	-99	-99	-99	-99	5,2	-99
45	0,00	0,250	0,329	0,371	0,200	-99	1,01	1,20	-99	-99	-99	-99	4,8	-99
60	0,40	0,256	0,329	0,385	0,200	-99	0,95	1,03	-99	-99	-99	-99	4,8	-99
75	0,80	0,263	0,327	0,389	0,200	-99	0,93	0,81	-99	-99	-99	-99	4,5	-99
90	1,00	0,266	0,320	0,394	0,200	-99	0,91	0,76	-99	-99	-99	-99	4,7	-99
105	1,20	0,271	0,323	0,394	0,020	-99	0,91	0,69	-99	-99	-99	-99	4,8	-99
120	1,60	0,275	0,328	0,394	0,010	-99	0,91	0,63	-99	-99	-99	-99	4,9	-99
Identificação														
EBMZ850001 SCS 120														

¹ Nome do arquivo, classe de solo; ² sinal negativo para quem estiver no hemisfério sul, graus decimais.

* SCOM = cor do solo úmido, matiz da escala da Munsell; SALB = albedo, fração; SLUI = limite de evaporação, mm; SLDR = taxa de drenagem, fração dia⁻¹; SLRO = curva número para escoamento superficial do Serviço de Conservação de Solo dos USA; SLNF = fator de mineralização, escala de 0 a 1; SLPF = fator de fotossíntese, fator de 0 a 1; SMHB = método de determinação do pH em solução tampão, código; SMPX = método de determinação de fósforo, código; SMKE = método de determinação de potássio, código;

** SLB = profundidade da base da camada, cm; SLMH = horizonte do solo; SLLL = limite inferior de água disponível ou ponto de murcha permanente, cm³ cm⁻³; SDUL = limite superior de água disponível ou capacidade de campo, cm³ cm⁻³; SSAT = umidade de saturação, cm³ cm⁻³; SRGF = fator de crescimento de raiz, 0,0 a 1,0; SSKS = condutividade hidráulica saturada, cm h⁻¹; SBDM = densidade global do solo úmido, g cm⁻³; SLOC = carbono orgânico, %; SLCL = argila, %; SLSI = silte, %; SLCF = cascalho, fração maior que 2 mm, %; SLNI = nitrogênio total, %; SLHW = pH em água; SLHB = pH em solução tampão; SCEC = capacidade de troca de cátions, CTC, cmol kg⁻¹ (o valor -99 é o padrão usado para um dado desconhecido ou perdido).

Fonte: Uehara & Tsuji (1993).

O valor -99 é o padrão usado para um dado desconhecido ou perdido.

Os dados diários das variáveis de clima considerados pelo modelo como inputs são temperaturas máxima e mínima, precipitação e horas de sol.

Um exemplo de arquivo de dados de clima é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Arquivo padrão com dados de clima para uso nos modelos incluídos no DSSAT (Visão de tela).

```
*WEATHER DATA : CPAC-EMBRAPA_CHAPADA_PLANALTINA
@ INSI LAT LONG ELEV TAV AMP REFHT WNDHT
EBCH -15.590 -47.700 1145 21.1 1.6 -99.0 -99.0
@DATE SRAD TMAX TMIN RAIN
84001 5.5 19.2 15.2 3.8
84002 15.9 24.5 15.0 0.0
84003 24.1 27.2 16.1 0.0
84004 26.8 28.0 16.8 0.0
84005 15.3 29.0 18.9 0.5
84006 23.6 30.8 17.9 0.2
```

Linha 1 – dados de localização da estação, nome do país.

Linha 2 – código da instituição, local, latitude, longitude, altitude, temperaturas, altura do termômetro e do anemômetro.

INSI = código da instituição; SI = código do local; LAT = latitude com sinal negativo no hemisfério sul, graus decimal; LONG = longitude, graus decimal; ELEV = altitude, metros; TAV = temperatura média do ar, graus centígrados; AMP = amplitude de temperatura média, médias mensais, graus centígrados; TMHT = altura de instalação do termômetro, metro; WMHT = altura do anemômetro, metro;

Todas as outras linhas se correspondem com: – ano, calendário juliano, radiação, temperaturas, precipitação, radiação.

DATE = ano, dia calendário Juliano; SRAD = radiação solar, MJ m⁻² dia⁻¹; TMAX = temperatura máxima do ar, graus centígrados; TMIN = temperatura mínima do ar, graus centígrados; RAIN = precipitação, mm.

Fonte: Uehara & Tsuji (1993), adaptada pelos autores.

A maior inovação deste modelo é o conceito de coeficiente genético, o qual significa que uma característica comum a todas as variedades de trigo pode variar quantitativamente, explicando as diferentes adaptações (Salvador, 1993).

Os coeficientes genéticos são determinados na fase de calibração do modelo mediante comparação de resultados simulados e observados no campo. Com esses coeficientes, são descritas as características de um determinado genótipo (Tabela 3).

O uso de características específicas para cada cultivar geralmente melhora a performance do modelo permitindo analisar a adaptação de uma variedade a diversos ambientes (Jame & Curtforth, 1996).

A ocorrência das diferentes fases fenológicas descritas no modelo CERES-Wheat representam intervalos de crescimento da planta delimitados por diferentes eventos fisiológicos. O sistema de numeração das fases é circular como se descreve na Tabela 4.

Dentre as práticas de manejo consideradas pelo modelo CERES-Wheat destacam-se por exemplo, fertilizações realizadas (tipo de fertilizante, data de aplicação, quantidade aplicado), irrigações (quantidade de água aplicada, data de aplicação, tipo de equipamento de irrigação), incorporação de resíduos da cultura anterior (tipo e quantidade incorporado ao solo), população de plantas na semeadura, espaçamento entre fileiras e profundidade de semeadura.

Tabela 3. Coeficientes genéticos utilizados pelo modelo CERES-Wheat.

Código	Descrição
P1V	Atraso relativo do desenvolvimento diário pela vernalização, assumindo que 50 dias de vernalização são suficientes
P1D	Atraso relativo do desenvolvimento devido a condições subótimas de fotoperíodo
P5	Duração relativa do enchimento dos grãos baseado na soma térmica (graus-dia acima da temperatura basal de 1°C) em que cada unidade de incremento adiciona 20 graus-dia a um valor inicial de 430 graus-dia
G1	Número de grãos por unidade de massa da parte aérea da planta
G2	Taxa de enchimento dos grãos sob condições ótimas de crescimento
G3	Massa seca do caule e da espiga quando a elongação paralisa
PHINT	Intervalo de filocron, ou seja, soma térmica em graus-dia entre o aparecimento de uma folha e a folha sucessiva

Tabela 4. Descrição das fases fenológicas para a cultura de trigo usadas no modelo CERES-Wheat.

<i>Fase número</i>	<i>Descrição da fase</i>	<i>Partes da planta em crescimento</i>
7	Pré-semeadura	-
8	Semeadura até a germinação	-
9	Da germinação à emergência	Raiz, coleótilo
1	Da emergência ao início da espiguiha terminal	Raiz, folhas
2	Do espigamento terminal ao final do crescimento das folhas e começo do crescimento da espiga	Raiz, folhas, caule
3	Fim do crescimento das folhas e começo do crescimento da espiga ao fim da pré-antese do crescimento da espiga	Raiz, folhas, espiga
4	Fim da pré-antese do crescimento da espiga ao começo do enchimento de grãos	Raiz, caule
5	Enchimento de grãos	Raiz, caule, grão
6	Fim do enchimento de grãos à colheita	-

Fonte: Ritchie & Godwin (2002).

Metodologia

Foram utilizados como inputs ou entradas do modelo CERES-Wheat dados obtidos de dois experimentos de campo com o genótipo IAC-24, considerando-se as práticas de manejo cultural, como a alteração da população de plantas, as fertilizações, as irrigações; as datas fenológicas como semeadura, emergência, florescimento, antese, maturidade fisiológica, colheita e os dados dos componentes de produção, número de grãos por metro quadrado e peso de mil grãos. Nesses experimentos, a cultivar IAC-24 foi submetida a diferentes doses de fertilizante: 0, 30, 60, 90 e 120 kg.ha⁻¹ de N no primeiro ano e 0, 45, 90, 135 e 180 kg.ha⁻¹ de N no segundo ano, parcelados em 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura (cultura em estágio Zadocks-30). A fonte de N utilizada em ambos experimentos foi uréia. O regime hídrico foi mantido através do sistema de irrigação por aspersão.

As entradas de clima requeridas para a implementação dos arquivos necessários para o funcionamento do modelo CERES-Wheat foram obtidas da microestação climatológica do IAC, Fazenda Santa Elisa e os dados de solo do local através de análise de solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro mesotrófico, nos 2 anos em que foram realizados os experimentos.

A partir dos resultados obtidos em ensaios de campo (Spolidorio, 1999), o modelo CERES-Wheat foi calibrado e testado. A calibração do modelo consistiu no ajuste dos coeficientes genéticos para

a cultivar IAC-24, de tal forma que os valores simulados de produção de grãos e as datas de florescimento e maturidade fisiológica fossem próximas ou coincidissem com os valores experimentais observado no ano 1. Já o teste do modelo consistiu na comparação dos dados simulados com aqueles observados experimentalmente na cultivar IAC-24 no ano 2, que se houvesse um ajuste perfeito dessa reta entre os dados observados e simulados, formar-se-ia um ângulo de 45° entre a reta e o eixo x.

Resultados

Os resultados observados e simulados das datas de florescimento e de maturidade fisiológica são apresentados na Fig. 2 para os anos 1 e 2. Os dados observados em dias após a semeadura (DAS) são representados no eixo das abscissas, enquanto que os resultados simulados são representados no eixo das ordenadas.

Os DAS observados até o florescimento no ano 1 foram de 61 dias, enquanto que o modelo simulou 64 dias. Para o ano 2, o modelo simulou 69 DAP e foram observados 70 DAS até a data de florescimento do trigo.

Os DAS observados até a maturidade fisiológica no ano 1 foram 84, porém o modelo simulou 90 dias. Para o ano 2, o modelo simulou 95 DAS e foi observado 104 DAS até a data de maturidade fisiológica (Fig. 2).

A lógica do desenvolvimento do trigo foi parcialmente controlado principalmente pela temperatura. O uso do conceito de graus-dias, permitiria integrar as unidades térmicas às quais as plantas estão expostas, a cada dia. Para tal, é necessário estabelecer relações quantitativas entre temperatura e desenvolvimento da planta de trigo. Essa soma térmica emergência até maturidade fisiológica apresentou diferenças evidentes nos dois anos estudados (184 graus-dia), o que poderia explicar em parte as diferenças entre dados observados e simulados pelo modelo. Spolidorio (1999) relatou que durante o período de desenvolvimento da cultura de trigo no ano 1, registrou-se a ocorrência de temperaturas médias diárias maiores do que a média histórica e conseqüentemente um encurtamento do ciclo da cultivar.

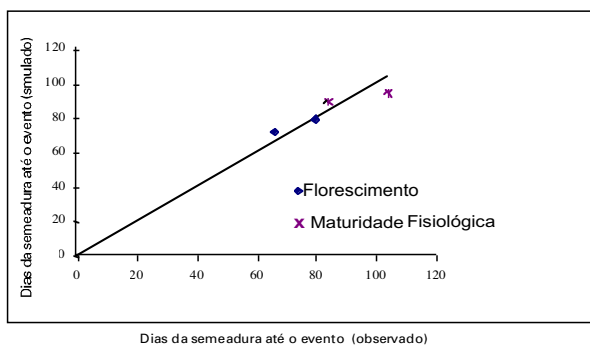


Fig 2. Comparação entre as datas de florescimento e de maturidade fisiológica (DAS) observada e estimada pelo modelo CERES-Wheat para os anos 1 e 2, sendo o coeficiente de correlação entre as variáveis de 0,993**.

Outro aspecto que merece estudo durante o ciclo de desenvolvimento da planta de trigo, são as mudanças em sua morfologia externa, o que pode auxiliar na caracterização dos respectivos estádios de desenvolvimento da planta, considerados críticos na formação do rendimento de grãos (Fernandes & Picinini, 1999). Na Fig. 3, são apresentados os resultados de rendimento de grãos para os tratamentos 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N no ano 1. Para o tratamento que não recebeu N na adubação, o valor estimado de rendimento de grãos foi de 3.349 kg ha⁻¹, e o observado experimentalmente foi de 3.150 kg.ha⁻¹ (Tabela 5). No ano 1, observou-se que o tratamento que recebeu a dose de 90 kg ha⁻¹ de N foi o que resultou em maior rendimento de grãos com 4.026 kg ha⁻¹. Nesse ano, constatou-se uma redução do ciclo fenológico como conseqüência das altas temperaturas médias diárias, e isso afetou a produção final de grãos.

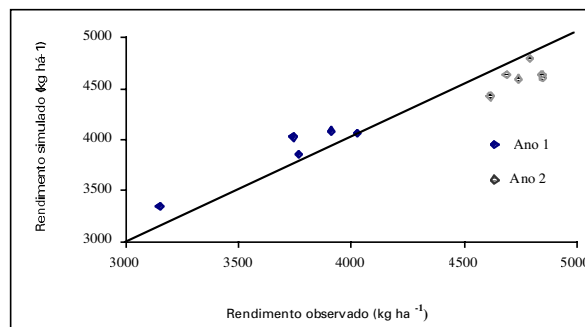


Fig. 3. Comparação do rendimento de grãos (kg ha⁻¹) simulado pelo modelo CERES-Wheat e o observado experimentalmente para os 5 tratamentos com N, sendo o coeficiente de correlação entre as variáveis de 0,9705**.

Tabela 5. Rendimento simulado e observado para a cultivar IAC-24 nos anos 1 e 2 sob 5 doses de N.

Dose de N	Rendimento Simulado (kg.ha ⁻¹)	Rendimento Observado (kg.ha ⁻¹)
	Ano 1	
0 N	3.349	3.150
30 N	3.862	3.769
60 N	4.026	3.748
90 N	4.061	4.026
120 N	4.081	3.915
	Ano 2	
0 N	4.444	4.637
45 N	4.637	4.871
90 N	4.635	4.792
135 N	4.622	4.721
180 N	4.622	4.763

O trigo, por ser uma planta C3 e originária de regiões de clima temperado, intensifica a fotossíntese acima de 28°C, principalmente no estágio de enchimento de grãos (no caso, foi no mês de agosto), o que leva a este cereal a consumir mais do que armazenar fotoassimilados nos grãos (Evans et al., 1975). Dessa forma, o conhecimento eventos fisiológicos, a exemplo de fotossíntese deve ter correspondência em mudanças morfológicas que estão sendo determinados em cada período, tornam-se imprescindíveis para melhor adequação no tempo e no espaço de práticas de manejo para potencializar o rendimento de grãos. Assim, a evolução da planta de trigo durante seu desenvolvimento (ontogênese) deve ser caracterizada mediante uso de dois critérios o da morfologia externa da planta e o grau de evolução do ponto de crescimento (Fernandes & Picinini, 1999).

No ano 1, observou-se uma leve tendência do modelo a superestimar os rendimentos simulados, mas para ser conclusivo necessitaria de uma avaliação morfológica mais detalhada.

No ano 2 o rendimento médio observado foi maior que no ano 1 (Fig. 3), não foram registradas altas temperaturas médias diárias e conseqüentemente não foi evidenciado um encurtamento no ciclo fenológico da cultura, que foi evidenciado na altura e desenvolvimento da planta, o que poderia explicar os maiores rendimentos nesse ano. A dose de 45 kg ha⁻¹ de N foi a que resultou no maior rendimento, sendo de 4.871 kg ha⁻¹.

Observou-se que os resultados simulados pelo modelo foram menores aos resultados observados experimentalmente, o que pode ser visualizado na Fig. 3.

As diferenças encontradas quando se comparam os valores simulados e os observados devem-se em parte aos processos não considerados pelo modelo, tais como a ocorrência de doenças e pragas. Outra fonte de erro pode ser atribuída à variabilidade nos dados experimentais.

Os valores observados e simulados para o variável número de grãos por metro quadrado para o ano 1 apresentaram adequado ajuste, os mesmos se encontram representados na Fig. 4.

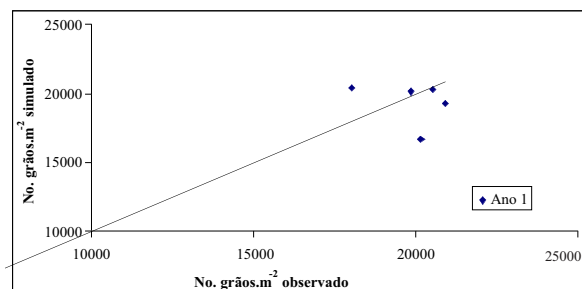


Fig. 4. Número de grãos por metro quadrado estimado pelo modelo CERES-Wheat e medido experimentalmente para os diferentes tratamentos de fertilização nitrogenada no ano 1.

Conclusões

O modelo CERES-Wheat simulou satisfatoriamente a fenologia, os componentes do rendimento e o rendimento do trigo, inclusive o efeito da adubação nitrogenada. As estimativas das datas de florescimento e maturidade fisiológica apresentaram pequenos desvios em relação às datas observadas no campo, que deve-se a ocorrência de temperaturas médias diárias maiores do que a média histórica e conseqüentemente um encurtamento do ciclo da cultivar.

Embora haja necessidade de refinamento na estimativa de alguns processos, os resultados indicam que o modelo CERES-Wheat é adequado

para estimativas da fenologia e rendimento da cultivar de trigo IAC-24, para previsão de resposta à adubação N. A exemplo dos modelos CROPGRO para soja no Estado do Paraná ou do SimTrigo para Trigo no Rio Grande do Sul, essa calibração do modelo CERES possibilita no futuro a utilização deste modelo para outro tipo de estudos como por exemplo zoneamento do risco climático e viabilidade técnica e econômica da cultura do trigo.

Referências Bibliográficas

- BAETHGEN, W. Uso de modelos de simulación en manejo y fertilidad de suelos. In: CURSO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA – MANEJO Y FERTILIDAD DE SUELOS, 2. ,1995, La Estanzuela.– **II Curso de actualización técnica manejo y fertilidad de suelos.** La Estanzuela: INIA, 1995.
- EVANS, L. T.; WARLAN, I. F.; FISCHER, R. A. Wheat. In: EVANS, L. T. **Crop physiology: some case histories.** London: Cambridge University, 1975. p.101-149.
- FERNANDES, J. M. C.; MAFFIA, L. A. Simulação de epidemias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas – RAPP**, Passo Fundo, v. 2, p. 293-334, 1994.
- FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C. Sistema de auxílio à tomada de decisão para a otimização do uso de fungicidas na cultura do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 9-17, 1999.
- JAME, Y. W.; CURTFORTH, H. W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 76, n. 1, p. 9-19, 1996.
- JONES, J.; TSUJI, G.; HOOGENBOOM, G.; HUNT, L.; THORNTON, P.; WILKENS, P.; IMAMURA, D.; BOWEN, W.; SINGH, U. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT. In: TSUJI, G.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P. (Ed.). **International benchmark sites network for agrotechnology transfer: a system approach to research and decision making.** Boston: Kluwer Academic Press, 1996. (Systems approaches for sustainable development series, v. 3).
- JONES, J. W. Decision support systems for agricultural development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS APPROACHES FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 1991, Bangkok.). **Systems approaches for agricultural development: proceedings.** Dordrecht: Kluwer, 1993. p. 459-471. (Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 2). Editado por Frits Penning de Vries, Paul Teng, Klaas Metselaar.

RITCHIE, J. T.; GODWIN, D. **Development and growth without water or nutrient deficiencies.** Disponível em: <http://nowlin.css.msu.edu/wheat_book/CHAPTER2.html>. Acesso em: j07 jul., 2002.

SALVADOR, R. J. Use of computerized simulation to advance agricultural research in developing countries. In: CONGRESS ON RESEARCH IN ELECTRICAL SCIENCES, 8th, Torreón, 1993. **Proceedings...** Torreón, México: Instituto Tecnológico de la Laguna, 1993.

SPOLIDORIO, E. S. **Balanço de nitrogênio(¹⁵N) na cultura de trigo irrigado.** 2000. 127 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

UEHARA, G.; TSUJI, G. The IBSNAT project. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS APPROACHES FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 1991, Bangkok.). **Systems approaches for agricultural development: proceedings.** Dordrecht: Kluwer, 1993. p. 505-513. (Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 2). Editado por Frits Penning de Vries, Paul Teng, Klaas Metselaar.

Circular Técnica, 2

Embrapa Informática Agropecuária Área de Comunicação e Negócios

Av. André Tosello, 209
Cidade Universitária - “Zeferino Vaz”
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041
13083-970 - Campinas, SP
Telefone (19) 3789-5743 - Fax (19) 3289-9594
e-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição

2002 - on-line
Todos os direitos reservados

Comitê de Publicações

Presidente: José Ruy Porto de Carvalho

Membros efetivos: Amarindo Fausto Soares, Ivanilde Dispatto, Luciana Alvim Santos Romani, Marcia Izabel Fugisawa Souza, Suzilei Almeida Carneiro

Suplentes: Adriana Delfino dos Santos, Fábio Cesar da Silva, João Francisco Gonçalves Antunes, Maria Angélica de Andrade Leite, Moacir Pedroso Júnior

Expediente

Supervisor editorial: Ivanilde Dispatto

Normalização bibliográfica: Marcia Izabel Fugisawa Souza

Capa: Intermídia Publicações Científicas

Editoração Eletrônica: Intermídia Publicações Científicas