

SIMULAÇÃO DO RENDIMENTO E RISCOS CLIMÁTICOS PARA O MILHO SAFRINHA EM LONDRINA - PR, UTILIZANDO O MODELO CERES-MAIZE¹

CÉLIO O. CARDOSO², ROGÉRIO T. DE FARIA³, MARCOS V. FOLEGATTI⁴

RESUMO: Modelos matemáticos possibilitam simular realisticamente o crescimento e o desenvolvimento fenológico de culturas sob ampla gama de condições ambientais e de manejo, a um baixo custo. O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da época de semeadura no estabelecimento e rendimento do milho safrinha para Londrina - PR, mediante simulações de longo período com o modelo CERES. Os tratamentos consistiram na combinação de 12 épocas de semeadura, uma em cada decêndio, de janeiro a abril, sob dois cenários: sem limitação hídrica (produção potencial) e com limitação hídrica, considerando-se uma cultivar de ciclo precoce, XL-520, durante 24 anos. Os resultados mostraram decréscimos de rendimentos de até 38% da produtividade potencial e de 44% da produtividade sob restrição hídrica à medida que se atrasou a semeadura, devido à coincidência dos períodos críticos de desenvolvimento com condições subótimas de radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica. Observaram-se aumentos na duração do ciclo de 120 a 140 dias quando o milho foi semeado em janeiro e de 160 a 170 dias para semeadura em abril. O ciclo mais longo influenciou na seqüência de cultivos e semeaduras após o terceiro decêndio de março, só permitindo o cultivo da cultura de verão após outubro. Também houve tendência de aumento de falhas no estabelecimento do cultivo, devido à deficiência hídrica, à medida que se atrasou a semeadura. Há risco de geadas de 4% para os cultivos semeados em final de março e 8% para os semeados em abril.

PALAVRAS-CHAVE: modelo matemático, irrigação, modelagem.

SIMULATION OF THE YIELD AND CLIMATIC RISKS TO CORN “OUT SEASON” IN LONDRINA - PR, BRAZIL, WITH THE CERES-MAIZE MODEL

SUMMARY: Mathematics models are able to simulate realistically the growth and the phasic development of cultures under wide range of environmental and management conditions, with a low cost. The objective of this work was to investigate the effects of the sowing time in the management and yield of the corn “out season”, Londrina County - PR, Brazil, by long period simulations using the CERES model. The treatments consisted of 12 sowing times simulations, from January to April under two different scenarios: without water limitation (potential production) and with water limitation, being assumed a precocious cycle cultivar, XL-520, for 24 years. The results showed decreases of yields of up to 38% in the potential productivity and of 44% in the productivity under water restriction to the late sowings due to the coincidence of the critical periods of development with sub-great temperature, water and solar radiation conditions. Increases were observed in the cycle duration of 120 to 140 days when the corn was sowed in January, and of 160 to 170 days for sowing in April. The longest cycle influences in the sequence of cultivations, and sowings after the 3^o sowing time of March only will allow the cultivation of the Summer culture after October. There was also tendency of increasing the establishment risks in the cultivation, due to the water deficiency, as the sowing was being late. There is a frost risk of 4% for the cultivation sowed in end of March and of 8% sowed in April.

KEYWORDS: mathematical model, irrigation, modeling.

¹ Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor

² Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural, CAV/UEDESC, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages - SC, Fone: (0XX49) 221.2233, e-mail: a2coc@cav.udesc.br

³ Pesquisador PhD, IAPAR, Londrina - PR.

⁴ Professor Associado, Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 22-2-2002

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 4-2-2004

INTRODUÇÃO

O sucesso no cultivo do milho “safrinha” depende, fundamentalmente, da ocorrência de condições climáticas adequadas por ocasião da semeadura e durante os períodos críticos de crescimento da cultura. Os elementos climáticos apresentam grande variabilidade espacial e temporal devido à ocorrência de períodos prolongados de escassez de chuvas e temperaturas baixas no período em que, usualmente, se faz a semeadura do milho “safrinha” no Paraná.

Segundo DUARTE et al. (1995), em geral, o fator térmico é a principal limitação para o desenvolvimento do milho “safrinha”, porém, em algumas regiões, a deficiência hídrica passa a ser o fator mais importante. A temperatura tem grande influência na duração do ciclo do milho, pois condiciona as taxas dos processos fisiológicos, podendo retardá-los ou acelerá-los.

O período de exploração do milho “safrinha” em Londrina é caracterizado por uma redução gradativa da precipitação pluvial e aumento da probabilidade de ocorrência de geadas. Nessas condições, o sucesso da safra depende da combinação entre a época de semeadura e o ciclo da cultivar, visando a evitar os períodos de seca e de geada (GOMES, 1995).

A produtividade média do milho safrinha apresenta-se ainda muito baixa, sendo no Paraná, em 1998, ao redor de 2.400 kg ha⁻¹ (FAEDO, 1999) e 3.340 kg ha⁻¹ em 2000 (CONAB, 2001). Por se tratar de uma atividade de risco, muitos produtores usam manejo de baixo custo, comprometendo a produtividade e a receita. Essa condição torna imperativa a definição de estratégias que visem ao planejamento adequado do cultivo com menores riscos, minimização de custos e otimização de rendimentos. São necessárias informações adequadas de cultivares mais adaptadas, ajuste de épocas de semeaduras, adubação e irrigação para a obtenção de maiores produtividades e minimização dos riscos e prejuízos. A obtenção dessas informações demanda um dispendioso tempo de ensaios e medições morosas e onerosas no campo, que devem ser repetidas ao longo de vários anos, além da limitada aplicabilidade de seus resultados, que só poderão ser utilizados em longo prazo, constituindo-se, atualmente, num processo inviável e ineficiente para executar análises de longo tempo. Nesse sentido, os modelos de simulação tornam-se uma ferramenta indispensável para a obtenção de informações dessa natureza, em curto prazo e com baixo custo.

Alguns pesquisadores têm procurado estudar a viabilidade do cultivo de milho sob condições climáticas subtótimas (GOMES, 1995; DUARTE et al., 1995; CARAMORI et al., 1999), porém a impossibilidade de controlar e manipular os fatores ambientais no campo torna difícil investigar seus efeitos com experimentos de campo tradicionais. Os modelos de simulação são ferramentas altamente eficientes para esse tipo de estudo, tendo sido utilizados amplamente para estimar os efeitos de restrições ambientais no rendimento de culturas (EGLI & BRUENNING, 1992) e avaliar o manejo apropriado (ROGERS & ELLIOT, 1989), entre outros.

Atualmente, existe uma grande disponibilidade de modelos na literatura desenvolvidos para a simulação de crescimento de diversas culturas, cuja eficiência já fora comprovada em várias situações. Dentre vários, destacam-se os modelos CERES para simulações de crescimento de gramíneas, sendo denominado CERES-Maize (JONES & KINIRY, 1986) o que se destina para simulações com a cultura do milho. Uma característica desse modelo é sua capacidade para incluir informação de uma cultivar específica, sendo possível a predição das variações na fenologia da planta e características de componentes do rendimento e as suas interações com o clima.

O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da época de semeadura no estabelecimento e rendimento do milho safrinha, mediante simulações em computador, com o modelo CERES-Maize para Londrina, visando a recomendar práticas que possibilitem aumento de produtividade e rentabilidade econômica desse cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do modelo CERES-Maize

O modelo CERES-Maize (JONES & KINIRY, 1986) possibilita quantificar os efeitos independentes e interativos do genótipo, clima, solo e manejo no crescimento e produção de uma cultivar específica. Simula os principais processos fisiológicos do milho, incluindo a fotossíntese, a respiração, a acumulação e a partição de biomassa, fenologia, crescimento, evapotranspiração e rendimento de grãos. Uma descrição mais detalhada desses processos pode ser encontrada em CARDOSO (2001), RITCHIE et al. (1998) e LIMA (1995).

Os dados requeridos para a operação do modelo CERES-Maize estão prontamente disponíveis ou são facilmente calculados. Incluem informações diárias de clima (radiação solar, temperaturas máxima e mínima e chuva), dados de caracterização do solo e condições iniciais de teor de água e níveis de nitrogênio no solo. As informações de manejo incluem data e profundidade de semeadura, população de plantas, variedade da cultura e quantidades e datas de aplicações de fertilizantes e de irrigação.

A simulação do rendimento da cultura enfoca três aspectos importantes: a duração do crescimento, a taxa de crescimento e a influência de estresse nesses dois processos, que podem ocorrer na forma de deficiências de água e nutrientes do solo ou extremos de temperatura. Nesse modelo, o ciclo de desenvolvimento é especialmente afetado pelo genótipo, temperatura e fotoperíodo, que são representados por coeficientes genéticos. Deve-se atentar para o fato de que os efeitos causados por ervas daninhas, insetos, fitopatógenos, deficiências de nutrientes que não o nitrogênio, toxidez, bem como eventos catastróficos não são considerados pelo modelo (RITCHIE et al., 1998).

Condições de simulação

As simulações foram feitas para Londrina (latitude 23° 27'S, longitude 51°57'W e altitude de 585 m), cujo clima é classificado como subtropical úmido, caracterizado por verão quente e inverno fresco com pouca chuva e geadas ocasionais de junho a agosto. Aproximadamente dois terços dos 1.200 a 1.900 mm precipitados anualmente ocorrem nas estações primavera-verão, de outubro a março.

Os dados meteorológicos requeridos pelo modelo CERES-Maize constituíram-se de registros diários de 24 anos (1976 a 1999), de temperaturas máxima e mínima, duração de brilho solar e precipitação, obtidos da Estação Climática do IAPAR em Londrina. Os dados de solos foram obtidos de experimentos conduzidos no IAPAR, em um solo representativo da região Norte do Estado, classificado como Latossolo Roxo distrófico (FARIA et al., 1997).

Os coeficientes genéticos da cultivar XL-520, do tipo precoce, requeridos pelo modelo de CERES-Maize, foram obtidos de um estudo de calibração conduzido por LIMA (1995). Os coeficientes genéticos relativos ao ciclo de cultivo incluem os valores de P1 e P3, iguais a 295 e 900 graus-dia (base 8 °C), respectivamente, correspondentes aos requerimentos térmicos para os períodos vegetativos, desde a emergência até o final do estágio juvenil, e período reprodutivo, do florescimento feminino à maturação fisiológica, além do coeficiente P2 igual a 0,5, que corresponde aos dias de atraso na iniciação da floração masculina para cada hora de incremento do fotoperíodo acima de 12,5 horas. Para os demais coeficientes, LIMA (1995) obteve valores de 805 para o número potencial de grãos por planta (G2); 6,6 mg graus-dia⁻¹ para a taxa de crescimento de grãos (G3), e 38,9 graus-dia folha⁻¹ para taxa de aparecimento de folhas (PHINT).

As condições de manejo para o milho “safrinha” adotadas nas simulações seguiram as recomendações técnicas sugeridas no Programa Milho do IAPAR. O período de semeadura abrangeu os meses de janeiro a abril, totalizando 12 decêndios. Foram feitas simulações para diferentes datas de

semeadura, uma em cada decêndio, que foram consideradas como tratamentos. Considerou-se um espaçamento de 0,9 m entre linhas, com 6 plantas por m², e aplicação de nitrogênio nas doses de 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 50 kg ha⁻¹ em uma aplicação a aproximadamente 45 dias após a semeadura (adubação de cobertura). As simulações tiveram início 60 dias antes do início de cada decêndio estabelecido para a semeadura e estabeleceu-se como critério para emergência o valor crítico de teor de água do solo de 50% da água disponível, na profundidade 0 a 10 cm.

As simulações foram processadas considerando-se um cenário de produção potencial (sem estresses) e um cenário de produção sob condições de limitação de água, condicionada pela precipitação ocorrida durante o período simulado, além do nitrogênio. Para as simulações no cenário de produção potencial, o modelo assume que água e nitrogênio não são limitantes, ou seja, a produção potencial fica condicionada principalmente aos elementos climáticos, tais como, radiação solar e temperatura. Assim, pode-se verificar a influência desses elementos do clima sobre o rendimento potencial do milho “safrinha” decorrente da época de semeadura implementada. Já no cenário sob limitação hídrica, a água demandada pelas culturas era suprida apenas pelas chuvas, podendo ser a água, nesse caso, um fator limitante, além do nitrogênio. Isso permitiu a análise da influência desses fatores adversos que se confrontam com a cultura em diferentes fases de seu ciclo de desenvolvimento, o que, dependendo da época de semeadura adotada, resultou em implicações no estabelecimento, fenologia e produtividade do milho “safrinha” nos locais estudados. Cabe salientar que, nesse cenário, o modelo representa os estresses por fatores de redução (pesos de 0 até 1), de acordo com o seu nível de severidade, ficando o crescimento e rendimento da cultura condicionados pelo fator mais limitante.

As simulações de longo período foram realizadas na sub-rotina “seasonal” do sistema DSSAT 3.5, a qual permite a simulação de ciclos de cultivos durante os vários anos considerados na série de dados meteorológicos históricos, assumindo-se as mesmas condições iniciais de solo e de manejo da cultura e diferentes condições meteorológicas ao longo dos anos analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma tendência de aumento nos riscos de estabelecimento do milho “safrinha”, à medida que a semeadura foi atrasada de fevereiro a abril (Figura 1), devido à redução da disponibilidade hídrica no solo, decorrente da menor ocorrência de chuvas. Assim, o número de falhas de estabelecimento durante os 24 anos simulados aumentou de três, para a semeadura no primeiro decêndio de fevereiro, para nove na semeadura no terceiro decêndio de abril.

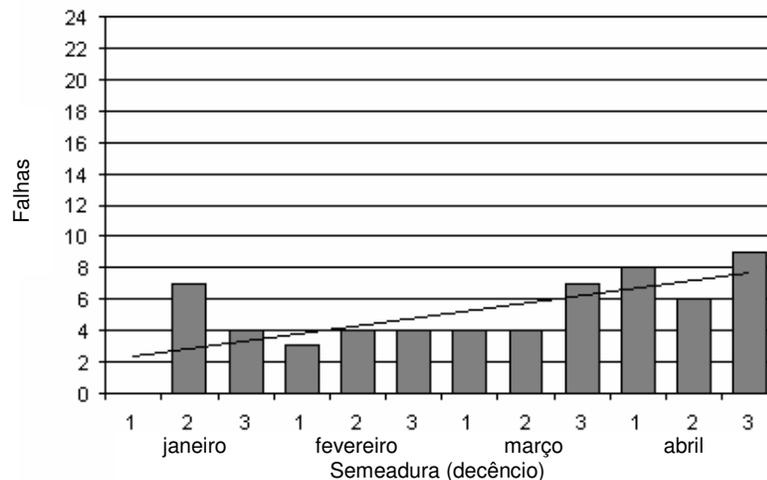


FIGURA 1. Número de falhas no estabelecimento do milho “safrinha” (cultivar XL-520), devido à deficiência hídrica na semeadura, para cultivos semeados no período de janeiro a abril, em 24 anos de simulações, para Londrina.

Na Figura 2, são apresentadas as funções de probabilidade acumulada das durações dos ciclos para épocas de semeadura, em cada decêndio dos meses de janeiro a abril. Os resultados demonstram que o ciclo de cultivo nas semeaduras de início de janeiro variou de 117 a 141 dias, enquanto, nas semeaduras de final de abril, a maior parte dos cultivos levou mais de 150 dias para completar o ciclo, ocorrendo casos em que o período semeadura-maturação se estendeu a 187 dias. Em alguns anos, a ocorrência de temperaturas baixas entre o florescimento e a maturação fisiológica determinou a finalização abrupta do período de enchimento de grãos, decorrente das baixas taxas de crescimento que são influenciadas pelas temperaturas, o que ocorreu nas semeaduras dos meses de março e abril; nesses casos, o modelo finalizou o ciclo de desenvolvimento da cultura antecipadamente (Figura 3). Desconsiderando esses ciclos afetados por temperaturas excessivamente baixas, as durações médias dos ciclos mostraram uma tendência em alongar-se à medida que se retardou a semeadura até o segundo decêndio de março, tendendo a decrescer nas semeaduras a partir do terceiro decêndio de abril. Isso decorre do confronto do ciclo da cultura com temperaturas mais baixas durante o inverno (alongamento do ciclo) ou temperaturas mais elevadas nas demais estações (encurtamento do ciclo).

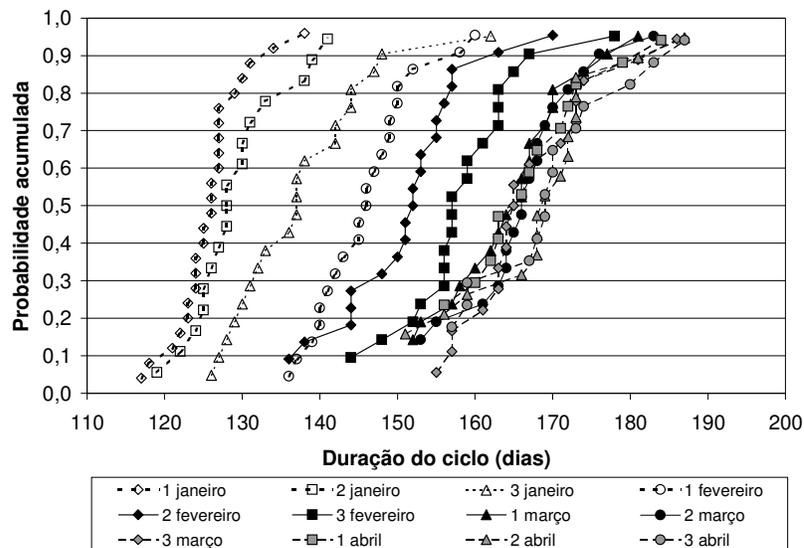


FIGURA 2. Função de probabilidade acumulada da duração do ciclo do milho “safrinha” semeado no período de janeiro a abril, para Londrina.

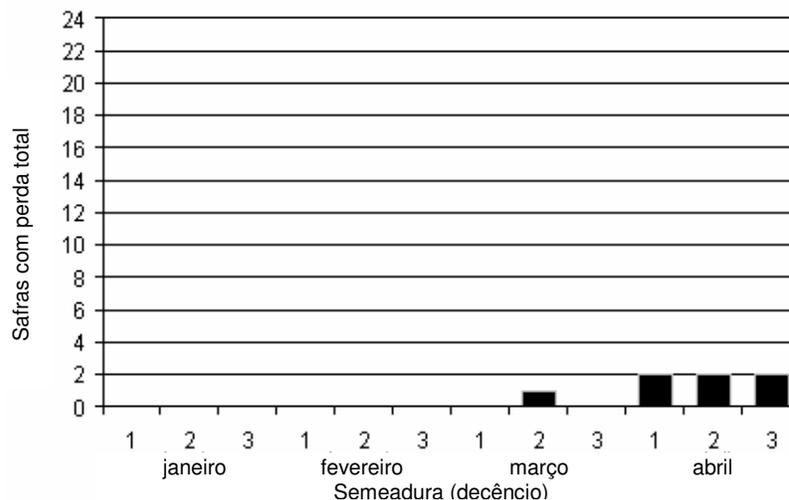


FIGURA 3. Safras do milho “safrinha” com ciclo interrompido e perda total de grãos para o cenário sem irrigação, em 24 anos de simulação, para Londrina.

Na Figura 4, observa-se que a duração do período sementeira-antese tendeu a aumentar gradativamente quando se retardou a sementeira. Assim, a duração média do estágio sementeira à antese passou de 63 dias, nas sementeiras do início de janeiro, para 96 dias, nas sementeiras do final de abril. Já o período antese-maturação de colheita apresentou durações crescentes para as sementeiras até o segundo decêndio de março, mostrando que o modelo foi sensível às variações de temperatura sobre a duração do ciclo.

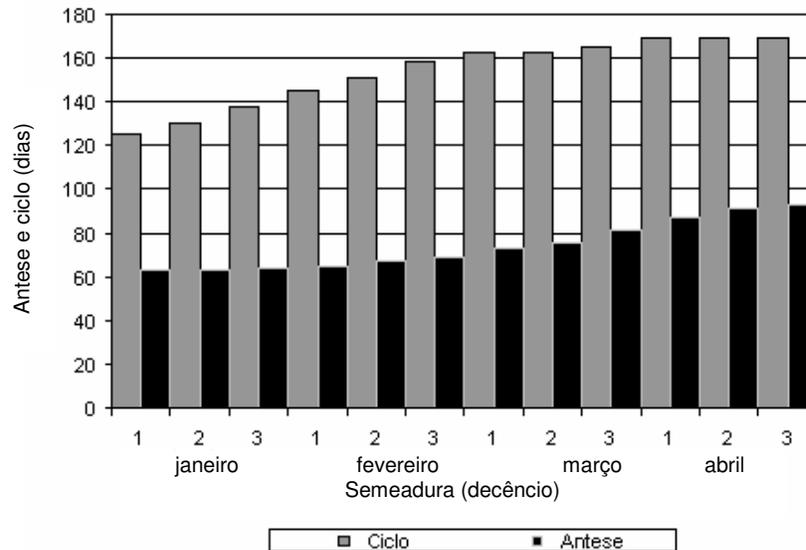


FIGURA 4. Durações médias da antese e ciclo do milho “safrinha” no período de janeiro a abril, em 24 anos de simulações, para Londrina.

Na Figura 5, são apresentadas as funções de probabilidade acumulada das datas da maturação de colheita, ou seja, datas em que a área fica disponível para o cultivo da cultura de verão. Observa-se que para não retardar a sementeira da cultura de verão para além de outubro, a cultura de “safrinha” deverá ser semeada até o final de março; após essa época, os riscos de atraso para o cultivo de verão são maiores.

Tendência de decréscimos gradativos nos rendimentos potenciais médios foi observada à medida que se atrasou a sementeira de fevereiro a março (Figura 6). Na sementeira do primeiro decêndio de janeiro, o rendimento potencial médio foi de 9.700 kg ha^{-1} , tendendo a crescer inicialmente para as sementeiras até o primeiro decêndio de fevereiro, chegando a $10.150 \text{ kg ha}^{-1}$, depois tendendo a decrescer rapidamente quando se retardou a sementeira até o terceiro decêndio de março, atingindo em média 6.230 kg ha^{-1} , e então voltaram a aumentar gradativamente. Esse decréscimo nos rendimentos pode ser atribuído à menor disponibilidade de energia (radiação solar) e às temperaturas baixas com ocorrências de geadas principalmente no inverno. Os melhores rendimentos obtidos nas simulações com sementeiras em janeiro e início de fevereiro podem ser atribuídos à coincidência dos períodos mais sensíveis da cultura (florescimento e formação da produção) com condições mais favoráveis de temperatura e radiação solar, minimizando os estresses.

A ocorrência de baixas temperaturas e de geadas nas sementeiras mais tardias resultaram em safras prejudicadas e, em alguns casos, em ciclos não completados, o que, junto à menor disponibilidade de radiação solar, foi responsável pelos menores rendimentos nessas épocas.

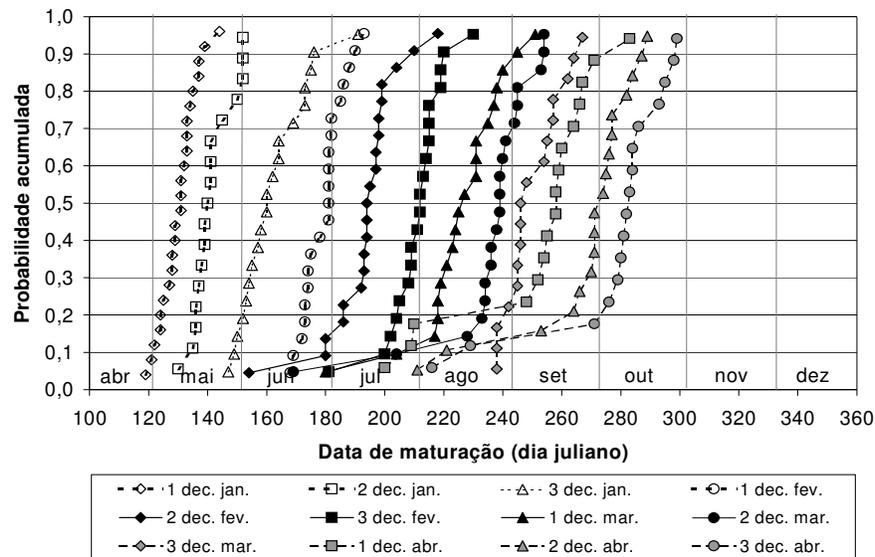


FIGURA 5. Funções de probabilidade acumulada das datas de colheita do milho “safrinha”, em 24 anos de simulações, para Londrina.

No cenário com deficiência hídrica (Figura 6), verificou-se grande oscilação dos valores médios de rendimentos ao longo dos decêndios analisados. Isso pode ser atribuído à menor ocorrência e distribuição de chuvas associadas a temperaturas baixas, principalmente ao longo da estação de inverno, chegando às vezes até a ocorrer geadas, coincidindo com as fases críticas do cultivo (florescimento e formação da produção), o que vem a resultar em frustrações de safras. Cabe salientar que esses valores são bastante influenciados pela grande variação nos números de safras com rendimentos nulos e falhas no estabelecimento do cultivo.

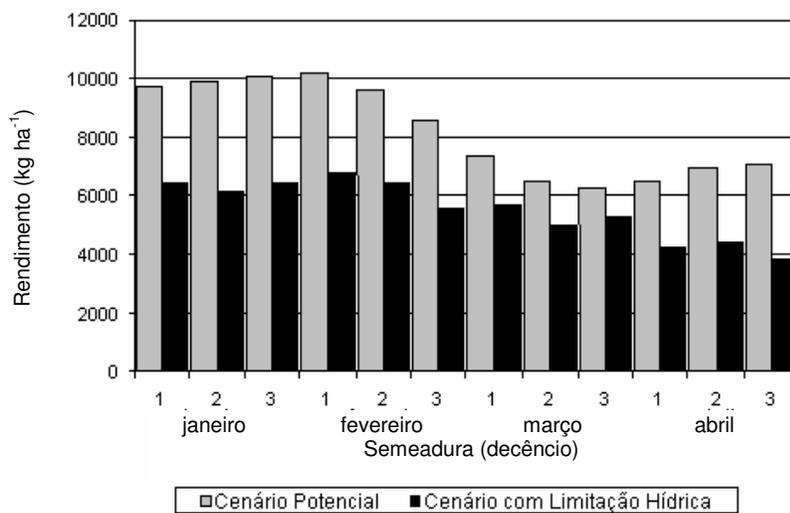


FIGURA 6. Rendimento médio do milho safrinha (Cv. XL-520) semeado no período de janeiro a abril, em Londrina, nos cenários de produção potencial e com limitação hídrica.

A diferença dos valores médios de rendimentos entre os cenários de produção potencial e com deficiência hídrica pode ser atribuída à menor ocorrência e distribuição de chuvas e eventuais deficiências de nitrogênio ao longo dos ciclos de cultivos das respectivas épocas de sementeiras no cenário com deficiência hídrica, o que resultou em estresses que reduziram os rendimentos. Esses

fatores causaram redução da produtividade média em 35,4%, sendo maiores em janeiro e fevereiro, quando a produção potencial foi mais elevada, do que em março e abril, quando a produção potencial foi menor devido aos outros fatores de produção.

Na Figura 7, encontram-se as curvas de probabilidades acumuladas para os rendimentos médios potenciais do milho safrinha, semeado nos 12 decêndios do período de janeiro a abril, obtidas a partir dos 24 anos de simulações para Londrina. Os maiores rendimentos potenciais, em geral, foram obtidos na semeadura do primeiro decêndio de fevereiro, e os menores rendimentos potenciais resultaram das simulações com semeadura no terceiro decêndio de março. Observou-se também que os riscos de frustrações de safras (rendimentos inferiores a 2.000 kg ha⁻¹) ocorreram apenas nas semeaduras a partir do primeiro decêndio de março e com probabilidades inferiores a 15%. Rendimentos potenciais nulos apresentaram baixa probabilidade de ocorrência em algumas das épocas de semeadura analisadas. Com 10% de probabilidade, pode-se esperar que ocorram perdas totais de safras apenas nos dois primeiros decêndios de abril e, com 25% de probabilidade, pode-se esperar rendimentos médios potenciais superiores a 6.000 kg ha⁻¹ em todas as épocas de semeadura.

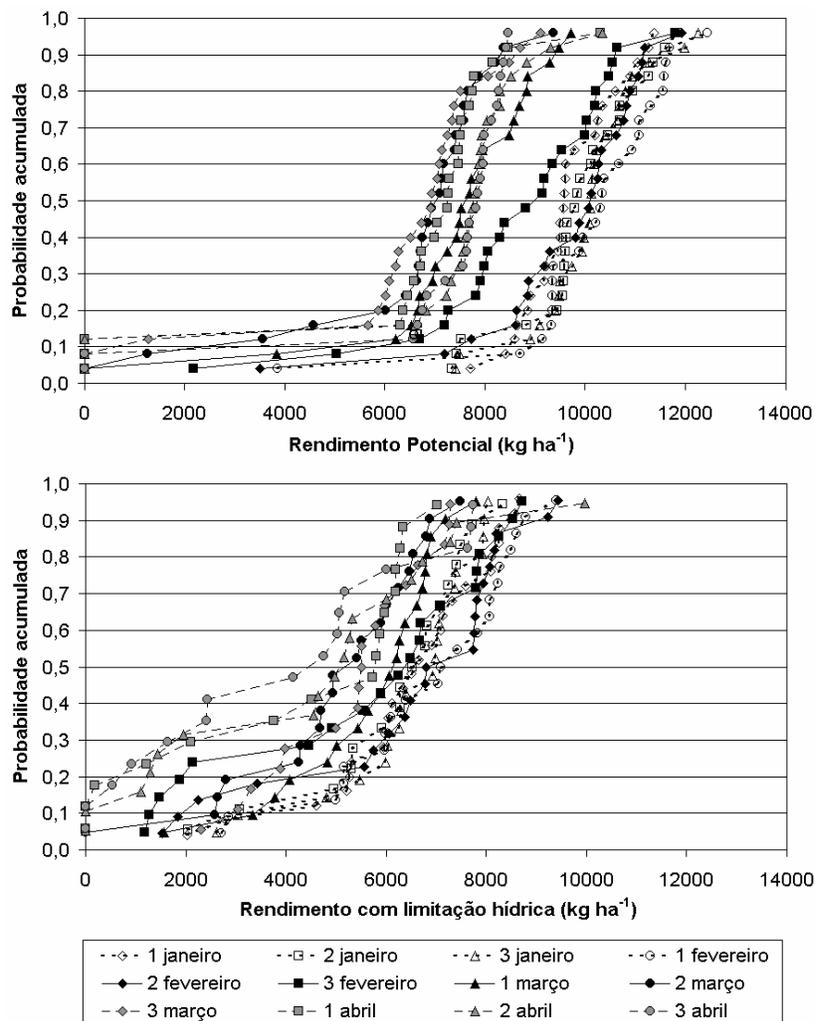


FIGURA 7. Probabilidades acumuladas do rendimento potencial e com limitação hídrica do milho safrinha (cultivar XL-520) semeado no período de janeiro a abril, em Londrina.

No cenário de produção com deficiência hídrica (Figura 7), observou-se que os melhores rendimentos ocorreram nas sementeiras do primeiro decêndio de fevereiro, e os piores rendimentos ocorreram nas sementeiras do segundo decêndio de abril.

Cabe salientar que os altos valores de rendimentos apresentados nas simulações, bastante superiores aos valores de campo apresentados pela SEAB (2001) e CONAB (2001), que ficaram em torno de 3.000 kg ha⁻¹ nos últimos anos, decorrem do fato de que o modelo matemático de simulação assume condições ótimas de tratamentos culturais, fitossanidade e ausência de pragas, entre outras condições. Além disso, os valores de campo são obtidos pela média de vários agricultores e em várias épocas de sementeira, sendo que alguns obtêm produtividades muito baixas, mas outros colhem valores muito próximos dos simulados por conduzirem suas lavouras com manejo próximo às condições assumidas nas simulações.

CONCLUSÕES

Os riscos de estabelecimento do milho “safrinha” aumentaram com o atraso da sementeira a partir de fevereiro. Em alguns anos, os ciclos foram afetados drasticamente por temperaturas bastante baixas e, nesses casos, o modelo interrompeu antecipadamente o ciclo da cultura.

As durações dos ciclos tenderam a alongar-se quando confrontados com temperaturas baixas. A duração do ciclo dessa cultivar para a exploração na “safrinha” pode inviabilizar o cultivo da cultura de verão na sua época recomendada, principalmente nas sementeiras tardias (meados de abril em diante).

Os rendimentos médios foram de 8.100 kg ha⁻¹ e 5.305 kg ha⁻¹ nos cenários de produção potencial e com deficiência hídrica, respectivamente, considerando-se todo o período analisado. Os maiores rendimentos foram observados nas sementeiras do primeiro decêndio de fevereiro em ambos os cenários, e os menores rendimentos ocorreram no terceiro decêndio de março, no cenário potencial, e no terceiro decêndio de abril, no cenário atual sem irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARAMORI, P.H.; WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L. Zoneamento da cultura do milho safrinha e épocas de sementeira no Estado do Paraná. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. *Resumos...* Campinas: IAC/CDV. p.15-20.
- CARDOSO, C.O. *Análise de riscos climáticos e estratégias de irrigação para o milho safrinha no Paraná, através de modelos de simulação*. 2001. 114 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- CONAB 2001. Companhia Nacional de Abastecimento. *Levantamento de Preços, Julho/01*. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/politica_agricola/Safra/avalia.html>. Acesso em: 21 julho 2001.
- DUARTE, A.P.; KANTHACK, R.A.D.; SPINOSA, W.; ALLIPRANDINI, L.F. Efeito da geada na produção e qualidade de grãos de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 3., 1995, Assis. *Resumos...* Campinas: IAC, 1995. p.61-4.
- EGLI, D.B.; BRUENING, L. Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.62, , n.1-2, p.19-29, 1992.
- FAEDO, F. Safrinha de milho: uma realidade no sudeste de Goiás. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. *Resumos...* Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. p.1-4.

FARIA, R.T.; CARAMORI, P.H. Precipitação mínima para semeadura do trigo no norte do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.4, n.1, p.119-26, 1996.

FARIA, R.T.; FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE, J.A.; SAAD, A.M. Determination of a long-term optimal irrigation strategy for dry beans in Parana State, Brazil. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.54, p.155-64, 1997. (número especial)

GOMES, J. Estudo de risco para o milho na “safrinha”. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 3., 1995, Assis. *Resumos...* Campinas: IAC/CDV, 1995. p.147-52.

JONES, C.A.; KINIRY, J.R. *CERES-Maize*: A simulation model of maize growth and development. Texas A&M: Univ. Press., 1986. 194 p.

JONES, J.W.; TSUJI, G.Y.; HOOGENBOOM, G.; HUNT, L.A.; THORNTON, P.K.; WILKENS, P.W.; IAMAMURA, D.T.; BOWEN, W.T.; SING, U. Decision support system for agrotechnology transfer, DSSAT v3. In: TSUGI, G.Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON P.K. (Eds.) *Understanding options for agricultural production*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.157-78.

LIMA, M.G. *Calibração e validação do modelo CERES-Maize em condições tropicais do Brasil*. 1995. 119 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

RITCHE, J.T.; SINGH, U.; GODWIN, D.C.; BOWEN, W.T. Cereal growth, development and yield. In: TSUJI, G.Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P.K. (Ed.) *Understanding options for agricultural production*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.79-98.

ROGERS, D.H.; ELLIOT, R.L. Irrigation scheduling using crop growth simulation, risk analysis, and weather forecast. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.32, n.5, p.1669-77, 1989.

SEAB 2001. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. *Aspectos da Agropecuária Paranaense*. Disponível em: <www.pr.gov.br/seab/aspectos/milho.html>. Acesso em: 21 julho 2001.