



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Valoração econômica da cultura do milho mediante aos prováveis cenários de mudanças climáticas utilizando o modelo CERES-Maize¹



João Hugo Baracuy da Cunha Campos²; Romildo Morant de Holanda³; Vicente de Paulo Rodrigues da Silva⁴; Clarissa Maria Ramalho de Sá Rocha⁵

¹Trabalho completo apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 de agosto de 2015

² Meteorologista, Prof. Doutor, Depto. de Física, UEPB, Araruna – PB, Fone: (83) 3373-1040, jhugocampos@pq.cnpq.br

³ Engenheiro Civil, Prof. Adjunto, Depto. de Tecnologia Rural, UFRPE, Recife – PE

⁴ Meteorologista, Prof. Associado, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB

⁵ Administradora, Pesquisadora, Núcleo de Estudo e Pesquisa de Uso Racional da Água, UFCG, Campina Grande – PB

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho avaliar os efeitos econômicos das prováveis mudanças climáticas no cultivo do milho no semiárido da região Nordeste do Brasil. Neste estudo foi utilizado o modelo agrometeorológico: Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) para estimar a produtividade do milho na região, utilizando-se dados diários de temperaturas do ar máxima e mínima, precipitação pluvial e radiação solar global, correspondentes ao período de 1977 a 2008. Os cenários de aumento na temperatura do ar utilizados nas simulações foram de 1,5; 3 e 5 °C e nos cenários de acréscimo e decréscimo da precipitação pluvial foram de 25%. Com base nos dados de produtividade gerados, foram obtidos os custos de produção e calculados os indicadores econômicos, tais como a receita bruta, margem bruta e relação benefício/custo. Esses indicadores foram utilizados na comparação entre a situação atual e a produtividade da cultura sob os possíveis cenários de mudanças climáticas. A descrição dos custos foi baseada no conceito de custo operacional efetivo (COE), contemplando todos os desembolsos monetários realizados com a cultura do milho. Os resultados obtidos das estimativas de produtividade da cultura do milho cultivada em sistema de sequeiro em Juazeiro utilizando o “software” DSSAT mostraram que os aumentos na temperatura do ar e o decréscimo da precipitação de 5°C e de 25%, respectivamente, não provocam prejuízos com a exploração da cultura do milho. Esse resultado deve ser visto com cautela, porque, possivelmente, o modelo não respondeu corretamente às variações climáticas para essa cultura em face da ausência de dados para a sua calibração em campo.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura do ar, precipitação pluvial, produtividade

Economic valuation of the maize crop by the likely climate change scenarios with the CERES-Maize model

ABSTRACT: In the present work assessed the economic effects of likely climate change on maize cultivation in semi-arid region of northeastern Brazil. This study used the agro-meteorological model: Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) to estimate the productivity of maize in the region, using daily data of maximum and minimum temperatures of the air, rainfall and solar radiation corresponding to the period of 1977 to 2008. The increase in air temperature scenarios used in the simulations were 1.5; 3 e 5 °C and the addition of scenarios and decreased rainfall was 25%. Based on the generated yield data were obtained production costs and calculated economic indicators such as gross revenue, gross margin and benefit/cost. These indicators were used to compare the current situation and crop yield under possible climate change scenarios. The description of costs was based on the concept of effective operational cost (COE), covering all cash disbursements made to the crop. The results of the corn crop yield estimates cultivated under rainfed system in Juazeiro using the "software" DSSAT showed that increases in air temperature and decreasing precipitation 5°C and 25%, respectively, do not cause damage to the exploitation of corn. This result should be viewed with caution because, possibly, the model did not properly respond to climate variations to this culture due to the lack of data for your field calibration.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



KEYWORDS: air temperature, rainfall, yield

INTRODUÇÃO

A agricultura de sequeiro no Nordeste do Brasil, em especial, na parte semiárida, continua sendo praticada por pequenos agricultores, em grande parte, sem qualquer tecnologia ou insumos. Nessa região, além das adversidades climáticas, os solos apresentam grande variabilidade quanto aos tipos e associações, sendo os de maior fertilidade natural e com melhor potencial de utilização agrícola localizados em áreas calcárias, do embasamento cristalino e em faixas de deposição aluvial. Com precipitação pluvial em torno da normal climatológica, é possível o cultivo de milho, feijão, mandioca, algodão e batatinha, dentre outras culturas tradicionalmente cultivadas na região. A cultura do milho (*Zeamays L.*) têm grande valor sócio econômico para a região Nordeste do Brasil (CONAB, 2005).

A composição química, o valor nutritivo e o potencial produtivo tornam o milho um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (Fancelli & Dourado-Neto, 2000). No Brasil, o milho é cultivado em todas as regiões do país, ocupando uma área de aproximadamente 13 milhões de hectares, com produtividade média de 3.500 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2005). Apesar dessa importância, apenas uma pequena parcela de agricultores consegue explorar a potencialidade produtiva da cultura, em virtude da ausência de recursos naturais que condicionam bons desempenhos. Dentre esses fatores, consideram-se os de maior destaque o clima, o manejo de nutrientes, a produtividade do solo, as práticas culturais, o potencial genético e o manejo de pragas (Hoef, 2003).

Dentre os principais cultivos de cereais dos trópicos subúmido e semiárido, o milho tem a mais alta produtividade em condições adequadas de água e fertilidade do solo. Entretanto, é uma cultura muito sensível ao estresse hídrico (Lima, 1995). O milho, sendo uma cultura de origem tropical, exige, durante o seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando produtividades compensadoras. Independente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura é submetida são fatores preponderantes para a produção. Essa cultura é uma das mais tradicionais em todo país, ocupando posições significativas em relação ao valor de produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente na região centro sul do Brasil.

Modelos de simulação de culturas podem ser utilizados para fazer previsões de rendimentos de culturas agrícolas. No entanto, modelos como aqueles da família DSSAT, muitas vezes são limitados porque foram desenvolvidos para um local específico e pode não ser adequado para a previsão e avaliação de rendimento em escala regional (Jagtap e Jones, 2002). No entanto, quando esses modelos são calibrados e validados com dados específicos de cada local, eles têm provado que podem prever com precisão o rendimento durante o período vegetativo (Bannayan et al., 2003; Jagtap and Jones, 2002; Potgieter et al., 2005). Nesse particular, o modelo CERES-Maize está agrupado em um Sistema de Suporte à Decisão para Transferência de Tecnologia (DSSAT, em inglês) e tem sido amplamente utilizado em todo o mundo. Ele considera o processo do balanço de água no solo, a interceptação da radiação pelo dossel, a produção de matéria seca e a partição da biomassa (Kiniry et al., 1997).

Conforme Ortiz (2003), a valoração econômica ambiental é uma ferramenta fundamental para a formulação e a avaliação de políticas orientadas ao desenvolvimento sustentável e à preservação dos recursos ambientais. Segundo esse autor, várias vezes não se consegue obter diretamente o preço de um produto afetado por uma alteração ambiental, mas é possível estimá-lo por algum substituto existente no mercado. Nesse particular, o Brasil tem se caracterizado no cenário mundial como um país rico em recursos naturais e ambientais. O seu próprio processo de desenvolvimento econômico iniciou com a exploração do recurso natural mais abundante - terras agrícolas. De uma maneira geral, o desenvolvimento econômico está associado a incrementos no nível de bem estar da população proporcionado pela produção e consumo de bens e serviços convencionais. Os recursos naturais



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

desempenham funções importantes: matérias primas para o desenvolvimento econômico, serviços de capacidade de suporte de ecossistemas, assimilação de resíduos do processo de produção e consumo, regulação climática, biodiversidade, etc. Esses serviços são imprescindíveis ao funcionamento da economia e à manutenção da vida (Merico, 1998). A previsão da produção agrícola está se tornando cada vez mais freqüente na indústria agrícola para uma melhor gestão dos riscos e da tomada de decisão em escala regional (Potgieter et al., 2003). Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos econômicos das prováveis mudanças climáticas no cultivo do milho no semiárido da região Nordeste do Brasil

MATERIAIS E MÉTODOS

A produtividade das culturas do milho cultivadas em sistema de sequeiro no município de Juazeiro, BA, foram obtidas por meio de modelagem agrometeorológica. Esse município está localizado à margem direita do Rio São Francisco, no extremo norte da Bahia, na zona do sub-médio São Francisco, fazendo divisa com o Estado de Pernambuco e está ligada a Petrolina pela Ponte Presidente Dutra e distante 500 km de Salvador (Figura 1). Segundo a classificação climática de Köppen, essa localidade apresenta clima do tipo BSW_h, semiárido, com valores médios anuais das seguintes variáveis climatológicas: temperatura do ar 26,5°C, precipitação pluviométrica 541,1 mm e umidade relativa do ar 65,9%. A precipitação é irregularmente distribuída no espaço e no tempo, concentrando-se nos meses de dezembro a abril. A insolação anual na região é superior a 3.000h e o solo predominante é classificado como Areia Quartzênica (Azevedo et al., 2003).

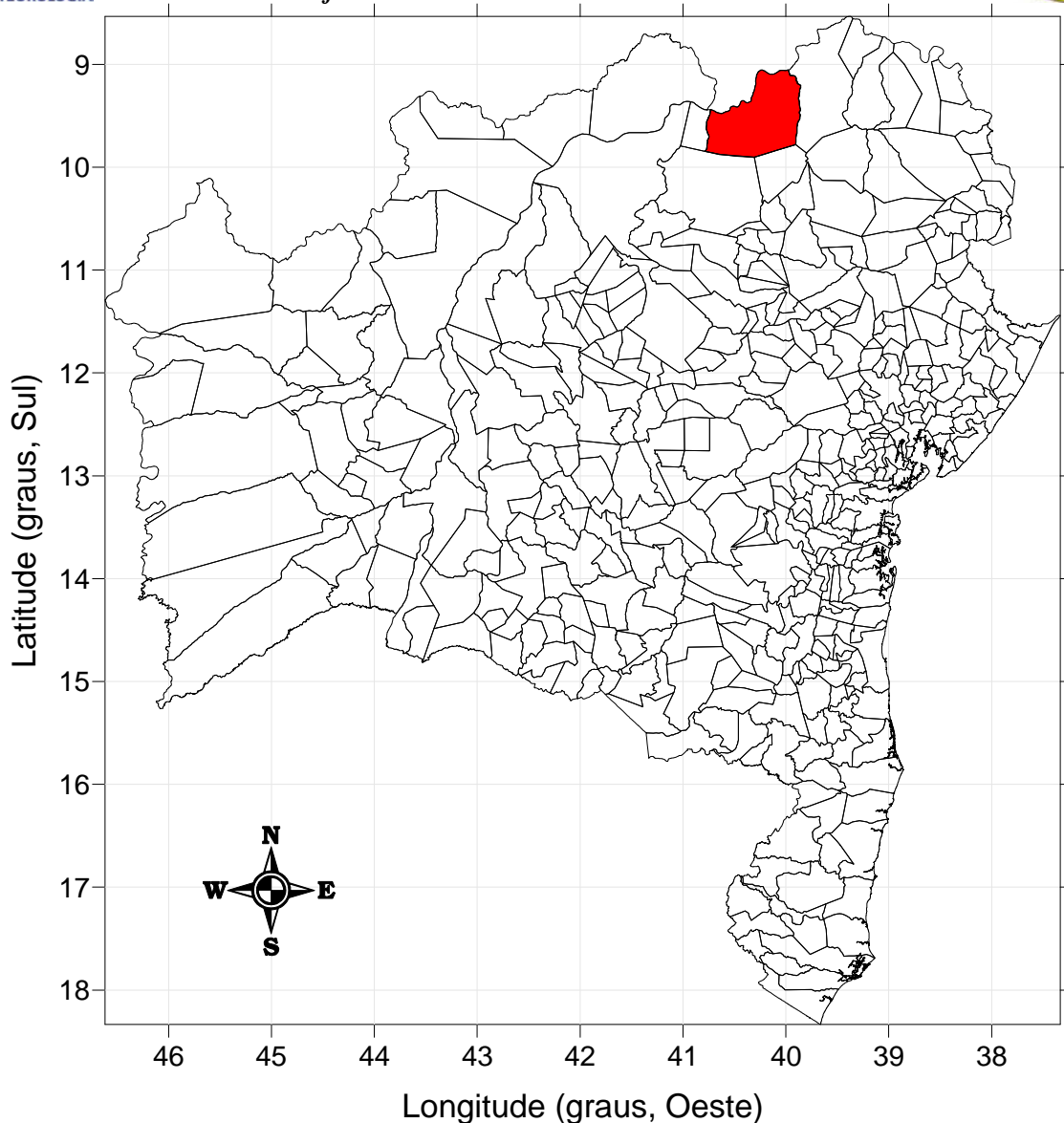


Figura 1. Mapa do Estado da Bahia com o Município de Juazeiro representado pela área em vermelho.

Neste estudo foi utilizado o modelo agrometeorológico: DecisionSupport System for AgrotechnologyTransfer (DSSAT) para determinar a produtividade do milho na localidade de Juazeiro, BA ($09^{\circ}24'S$, $40^{\circ}26'O$), utilizando-se dados diários de temperaturas do ar máxima e mínima, precipitação pluvial e radiação solar global, correspondentes ao período de 1979 a 2007.

Esse modelo simula o desenvolvimento e o crescimento do milho em função das características do genótipo, das condições meteorológicas e disponibilidade de água e nitrogênio no solo. Ele apresenta resultados com detalhes do crescimento de raízes e brotos, o crescimento e senescência das folhas e caules, biomassa e acúmulo compartmentado entre raízes e brotos, índice de área foliar, raiz, caule, folhas e de crescimento de grãos. A duração de cada estágio é condicionada pelos coeficientes genéticos da cultivar, condições climáticas (temperatura e fotoperíodo) e disponibilidade de água no solo. A produção potencial de matéria seca é calculada como uma função da radiação, do índice de área foliar (IAF) e fatores de redução para temperatura e umidade do solo. A produção de grãos é calculada como o produto do número de plantas por hectare, grãos por planta e do peso por grão.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Com base nos dados de produtividade gerados, foram obtidos os custos de produção e calculados os indicadores econômicos, tais como a receita bruta, margem bruta e relação benefício/custo. Esses indicadores foram utilizados na comparação entre a situação atual e a produtividade da cultura sob os cenários de mudanças climáticas. A descrição dos custos foi baseada no conceito de custo operacional efetivo (COE), que segundo Martin et al. (1998) contempla todos os desembolsos monetários realizados com a cultura do milho. A determinação da eficiência econômica foi realizada com a obtenção da relação benefício/custo (RBC_i) de cada um dos cenários traçados, de acordo com a seguinte equação:

$$RBC_i = \frac{RB_i}{CP_i} \quad (1)$$

em que:

RB_i é renda bruta auferida ao cenário i ($R\$ha^{-1}$) e

CP_i é o custo de produção ($R\$ha^{-1}$).

A renda bruta RB_i para cada cenário foi obtida através da seguinte expressão:

$$RB_i = P_i \cdot PD_i \quad (2)$$

em que:

P_i é o preço da saca de milho ($R\$ sc^{-1}$) e

PD_i produção obtida para o cenário i ($Kg ha^{-1}$).

A renda líquida RL_i para cada cenário foi obtida através da seguinte expressão:

$$RL_i = P_i \cdot PD_i - CP_i \quad (3)$$

em que:

P_i é o preço da saca de milho ($R\$ sc^{-1}$) e

PD_i produção obtida para o cenário i ($Kg ha^{-1}$) e

CP_i é o custo de produção ($R\$ ha^{-1}$).

O custo de produção (CP_i) corresponde a todos os custos de produção e foi determinado a partir da seguinte expressão:

$$CP_i = C_{SEM} + C_{MO} \quad (4)$$

em que:

C_{INS} corresponde ao custo das sementes utilizadas e

C_{MO} é o custo de mão de obra

Os preços dos insumos (preços pagos) e dos produtos (preços recebidos) foram obtidos para região de estudo, a partir dos dados disponíveis pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios mensais das produtividades de grãos do milho, cultivar BR201, utilizando o modelo CERES-maize para Juazeiro, BA, no período de 1977 a 2008, nas condições climáticas atuais (CCA) e de aumento de temperatura do ar são apresentados na Tabela 01. Esses valores de produtividade estimados para os 12 meses do ano foram baseados na semeadura no segundo decêndio de cada mês, sem nenhum fertilizante ou irrigação.

Tabela 01. Estimativa da produtividade média mensal do milho para os cenários de temperatura do ar nas condições climáticas atuais (CCA), aumento de 1,5°C, aumento de 3°C e aumento de 5°C para segundo decêndio do mês de janeiro em Juazeiro, BA.

Mês	CCA (Kg ha ⁻¹)	1,5 (Kg ha ⁻¹)	3,0 (Kg ha ⁻¹)	5,0 (Kg ha ⁻¹)
Janeiro	4.617	3.972	3.305	2.377
Fevereiro	2.785	2.586	2.449	2.162
Março	1.426	1.360	1.291	1.072
Abril	1.047	991	898	712
Mai	937	933	832	677
Junho	811	827	766	622
Julho	870	822	718	561
Agosto	1.011	843	691	500
Setembro	1.838	1.420	1.022	725
Outubro	2.358	2.014	1.688	1.208
Novembro	3.032	2.457	2.049	1.495
Dezembro	3.930	3.454	2.932	2.130
Anual	2.055	1.807	1.553	1.187

A maior produtividade foi obtida quando o milho foi plantado no segundo decêndio de janeiro, com 4.617 kg ha⁻¹ nas CCA. Os resultados constataam a sensibilidade do modelo na estimativa da produtividade do milho com o acréscimo de temperatura do ar. Por outro lado, a produtividade diminui significativamente com o aumento da temperatura do ar para todos os meses do ano.

A menor produtividade ocorreu durante o mês de junho, justamente no período seco da região, com 811 kgha⁻¹ nas CCA e de 622 kg ha⁻¹ no cenário de 5°C. Na base anual, os valores médios da produtividade do milho nas CCA e nos cenários de 1,5, 3,0, e 5°C foram 2.055, 1.807, 1.553 e 1.187 kgha⁻¹, respectivamente. A Embrapa Milho e Sorgo destacou em 2006 uma produtividade média do milho de 3.198 kg ha⁻¹, e ressalta que esse valor é inferior ao que potencialmente a cultura pode alcançar em condições de sequeiro no NEB. A agricultura de sequeiro é caracterizada pela ausência da utilização de cultivares melhoradas, de insumos e irrigação, o que acarreta baixos níveis de produtividade. Entretanto, com a elevação do nível tecnológico com cultivos irrigados, obtém-se até 8.000 kg ha⁻¹ em plantios comerciais (Lira et al. 1997). Alguns autores têm observado que uma mesma cultivar, sob condições semelhantes de fertilidade do solo, água e luz, pode ter grandes variações na produtividade de um ano para outro devido às mudanças da temperatura do ar (Sivakumar et al., 1996).

O decreto nº 6.557, de 8 de setembro de 2008, da Presidência da República fixou os preços mínimos para sementes e produtos agrícolas para as safras de verão dos produtos regionais de 2008/2009 para as regiões Norte e Nordeste do Brasil. No presente estudo, foi utilizado o preço mínimo da saca (60 kg) de milho em R\$ 19,00, conforme estabelecidos nesse decreto.

A Tabela 02 exibe a análise econômica da cultura do milho cultivadas no NEB sob condições climáticas atuais, nos cenários de aumento de temperatura do ar e desvios de precipitação, em Juazeiro, BA, para o segundo decêndio de janeiro. No Brasil, a agricultura familiar responde por sete de cada 10 empregos no campo e por cerca de 40% da produção agrícola. Atualmente, cerca de 35% dos alimentos que compõem a cesta alimentar distribuída pela CONAB se originam na agricultura familiar e, ainda, a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros vem das pequenas propriedades (CONAB, 2010). Como esperado, a relação benefício/custo do milho se mostrou maior com desvio positivo de precipitação e nas CCA, haja vista, que nessas condições climáticas ocorreram os maiores valores de produtividade, e o custo de produção é o mesmo para todos os cenários.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Verifica-se com o aumento da temperatura do ar e redução da precipitação ocorrem reduções dos indicadores econômicos (Tabela 02). Os resultados apresentados na tabela02 indicam, ainda, que os aumentos na temperatura do ar e o decréscimo da precipitação de 5°C e de 25%, respectivamente, não provocam prejuízos com a exploração da cultura de milho. Esse resultado deve ser visto com cautela, porque, possivelmente, o modelo não respondeu corretamente às variações climáticas para essa cultura em face da ausência de dados para a sua calibração em campo.

Tabela 02. Indicadores econômicos da cultura de milho cultivado nas condições climáticas atuais (CCA), nos cenários de aumento de temperatura do ar e nos desvios de precipitação de -25 e + 25% (Prec) em Juazeiro, BA, no segundo decênio de janeiro.

Parâmetros	CCA	1,5°C	3,0°C	5,0°C	-25% Prec	+25% Prec
Produtividade média (Kgha ⁻¹)	4.617	3.972	3.305	2.377	3.661	5.104
Renda Bruta (R\$ ha ⁻¹)	1.462,09	1.257,78	1.046,53	752,80	1159,46	1.616,38
Custo de produção (R\$ ha ⁻¹)*	264,39	264,39	264,39	264,39	264,39	264,39
Renda Líquida(R\$ ha ⁻¹)	1.197,70	993,39	782,14	488,41	895,07	1.351,99
Relação benefício/custo	5,53	4,76	3,96	2,85	4,39	6,11

* Fonte: Conab (2010).

CONCLUSÕES

Os resultados da estimativa da produtividade da cultura do milho numa localidade do semiárido dessa região com base no “software” DSSAT permitem concluir o seguinte:

O aumento na temperatura do ar pode afetar significativamente a disponibilidade de área agricultável da cultura de milho no Nordeste do Brasil;

O aumento da temperatura do ar ou a redução da precipitação provoca reduções significativas nos indicadores econômicos da cultura do milho cultivada em sistema de sequeiro na região Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R. R. **Agrometeorologia e sua importância para uma agricultura racional**. Boletim Climatológico. UNESP, Presidente Prudente, 1996.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. **Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil**. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.58, n.1, p.241-254. 2003.

BANNAYAN, M., CROUT, N.M.J., HOOGENBOOM, G. **Application of the CERES-Wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom**. Agronomy Journal, v.95, 114–125. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Avaliação da safra agrícola 2004/2005**: sexto levantamento agosto de 2005. <http://www.conab.gov.br> (10 de abril de 2008).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Avaliação da safra agrícola 2009/2010**. <http://www.conab.gov.br> (01 de junho de 2010).

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e soja nos EUA. *Informações Agronômicas*, v.104, p.1-4, 2003

JAGTAP, S. S., JONES, J. W. **Adaptation and evaluation of CROPGRO-Soybean model to predict regional yield and crop production.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.93, 73–85. 2002.

KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R.; VANDERLIP, R. L.; ATWOOD, J. D.; REICOSKY, D. C.; MULLIKEN, J.; COX, W. J.; MASCANI Jr., H. J.; HOLLINGER, S. E.; WIEBOLD, W. J. **Evaluation of two maize models for nine U. S. locations.** *Agronomy Journal*, Madison, v.89, p.421-426, 1997.

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

LIRA, M. A.; AMORIM, J. R. A. DE, TORRES, J. F.; MEDEIROS, J. D. F. DE; GUEDES, F. X. **Comportamento de cultivares de milho sob condições irrigadas.** Natal: EMPARN, 1997. (EMPARN. Comunicado Técnico, 24).

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. **Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI.** *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 28, n. 1, 22p, 1998.

MERICO, L. F. K. **Introdução à economia ecológica.** In: NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. & ARRUDA, F. S. T. *Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?* 50ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Natal-RN. 21p. 1998.

ORTIZ R. A. **Valoração Econômica Ambiental,** In: MAY, P. et al. *Economia do Meio Ambiente* - Rio de Janeiro: Elsevier. 2003.

POTGIETER, A. B., EVERINGHAM, Y. L., HAMMER, G. L. **On measuring quality of a probabilistic commodity forecast for a system that incorporates seasonal climate forecasts.** *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v.23, 1195–1210. 2003.

POTGIETER, A. B., HAMMER, G. L., DOHERTY, A., de VOIL, P. **A simple regional-scale model for forecasting sorghum yield across North-Eastern Australia.** *Agricultural and Forest Meteorology*, v.132, 143–153. 2005.

SIVAKUMAR, M. V. K.; NTARE, B. R.; ROBERTS, J. M. **Growth, yield and plant-water relations of four cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars in the Sahel.** *Journal of Agricultural Science*, v.126, p.183-190, 1996.