

# Avaliação de um sistema de estimativa de perda de produtividade de milho por deficiência hídrica no semi-árido brasileiro

José Eduardo B. A. Monteiro<sup>(1)</sup>; Lauro T. G. Fortes<sup>(1)</sup>; Luis Tomás A. de Mello<sup>(1)</sup>;  
Eduardo G. P. Parente<sup>(1)</sup>

(1) Instituto Nacional de Meteorologia – Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa, Eixo Monumental, Via S1, Sudoeste, Brasília, DF, Tel. (61) 3344-0834; e-mail: agro.project@gmail.com

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the performance of a model that estimates yield losses due to water deficit in the Brazilian semi-arid region, as a subsidy to the process of analyzing claims of crop losses due to drought in the region covered by the “Garantia Safra” agricultural insurance program, maintained by the Brazilian Ministry of Agrarian Development. Simulations of yield penalization due to water deficit were carried out for 27 localities in the Northeast region of Brazil, covering the period from 1192 to 2008. The relative yield losses computed by model were compared to data of relative yield losses derived from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) series of municipal agricultural productivity. The results were evaluated by means of statistical correlation analysis and by a probabilistic analysis. Even though the model has shown good performance in preliminary analysis carried out for places with high agricultural productivity, low correlation coefficients were obtained between the values estimated by the model and the data derived from IBGE. Nevertheless, the probabilistic analysis carried on demonstrated that results of the model may be adequately treated to constitute an important decision support tool for the management of the insurance.

**Key-words:** water balance, crop yield, maize yield model, water deficit

## 1. Introdução

Em 2008 o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) desenvolveu um sistema para o cálculo automatizado de penalização por deficiência hídrica de culturas a partir dos dados de suas estações meteorológicas espalhadas em todo território Nacional. Desde então o sistema vem sendo aprimorado para ser aplicado à região do semi-árido brasileiro, a pedido do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), no âmbito do Programa Garantia-Safra (PGS). Este Programa é uma ação do PRONAF criada para os agricultores familiares que sofrem a de perda de safra por motivo de seca ou excesso de chuvas. Sua área de atuação abrange os municípios localizados na região Nordeste, no norte do Estado de Minas Gerais (Vale do Mucuri e Vale do Jequitinhonha) e no norte do Estado do Espírito Santo.

Na maior parte do semi-árido brasileiro, em vários Estados, o milho é tradicionalmente produzido em regime de sequeiro. Os plantios são realizados principalmente entre janeiro e março, podendo se estender até maio, dependendo da ocorrência de chuvas. Por essa razão, a produção de milho naquela região é extremamente variável, aumentando ou diminuindo conforme a quantidade e a distribuição das chuvas ao longo da safra (NUNES et al., 1992), o que resulta em sérios impactos sócio econômicos para a região.

Uma grande limitação para qualquer sistema de previsão de produtividade de culturas é o fato de que cada município apresenta um nível de produtividade que é bastante variável de um local para outro, a depender do sistema de produção empregado. No caso da cultura de milho, por exemplo, dados do IBGE das safras dos últimos anos indicam municípios brasileiros com produtividade média superior a 9.000 kg.ha<sup>-1</sup> enquanto outros abaixo de 500 kg.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2010), mesmo dentro de uma mesma região homogênea, com as mesmas características edafoclimáticas. Essa enorme diferença de produtividade em ambientes

similares, ou seja, com ofertas ambientais parecidas, resulta das significativas variações nas práticas agrônômicas adotadas, adequadas nas regiões de alta produtividade e deficientes nas de baixa.

Dessa forma, é impraticável aplicar um mesmo modelo ou uma mesma calibração para realidades bastante diversas como as mencionadas, simplesmente porque a referência básica, ou seja, o teto produtivo, é diferente. Uma forma de minimizar essa dificuldade é calcular os resultados em termos relativos, ou seja, em termos de produtividade relativa, dada pela relação entre produtividade potencial tecnológica e a produtividade observada. Isso é possível dentro de certos limites como, por exemplo, dentro de uma amostra de municípios com uma faixa de produtividade relativamente estreita.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do sistema de estimativa de perda de produtividades de milho por deficiência hídrica na região do semi-árido brasileiro, como subsídio às avaliações de casos de perda de safra por seca na região atendida pelo Programa Garantia-Safra.

## **2. Material e Métodos**

As simulações de penalização por deficiência hídrica foram realizadas com os dados meteorológicos diários de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os dados do período compreendido entre 1992 e 2008 de 27 localidades da região do semi-árido brasileiro.

Foram analisados os dados dos municípios de Carolina, Chapadinha, Turiaçu e Zé Doca do Estado do Maranhão; Acaraú, Jaguaruana e Janaúba do Ceará; Almenara, Montes Claros, Matias Cardoso, Pedra Azul e Pirapora, do norte de Minas Gerais; Alvorada do Gurguéia, Caldeirão Grande do Piauí, Esperantina, Floriano, Luzilândia, Petrolina, Piri-piri e Simplício Mendes no Piauí; Barreiras, Bom Jesus da Lapa, Caetité, Caravelas e Lençóis da Bahia.

O sistema aqui proposto se baseia nos resultados do balanço hídrico da cultura, de acordo com o tipo de resposta do modelo proposto por Doorenbos e Kassam (1979), que relaciona a depleção da produtividade à sensibilidade das culturas ao estresse hídrico, nas várias fases de desenvolvimento das plantas. Esses modelos sugerem que o consumo hídrico seja expresso pela razão entre a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) e a evapotranspiração potencial ( $ET_c$ ) ocorridos nos diferentes estádios fenológicos da cultura, quantificando assim o efeito da água disponível no solo sobre o decréscimo da produtividade final.

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método Penman-Monteith (FAO) e, na ausência eventual de dados meteorológicos necessários ao cálculo, a variável faltante foi estimada de acordo com os procedimentos propostos por Allen et al. (1998), no Boletim 56 da FAO. A evapotranspiração real da cultura foi calculada através do balanço hídrico sequencial decendial da cultura.

A penalização relativa calculada pelo modelo foi comparada com os dados de penalização relativa derivada das séries de dados de produção e área plantada municipal do Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (IBGE, 2010). Preliminarmente, a metodologia de penalização foi testada em outras duas regiões com altas produtividades observadas, e relativamente estáveis (dados do IBGE), a fim de se verificar a sua precisão e exatidão antes de ser testada em uma região com maior variabilidade produtiva, como é o caso do semi-árido.

Os resultados foram avaliados por meio de análise de regressão. Como métrica complementar, calculou-se, também, a probabilidade da produtividade relativa baseada em dados observados se manter nas categorias de menor ou maior que 50%, quando o valor estimado com dados do modelo indicar um e outro caso, ou seja, menor e maior que 50%. Para tanto, foram comparadas duas séries de dados de perda de produtividade derivadas de

dados do IBGE e de resultados do modelo, correspondentes a uma amostra de 253 observações em 27 localidades, ao longo do período 1992-2008.

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 1 ilustra resultados obtidos pelo modelo do INMET em testes preliminares realizados em localidades mais produtivas, como o Distrito Federal e Bambuí, MG (Figura 1). Estes indicam que a metodologia empregada apresenta respostas coerentes com o esperado para estimativas de redução de produtividade causada por seca. Entretanto, para os municípios da região do semi-árido focalizados neste estudo, as correlações ali encontradas foram, salvo algumas exceções, muito menores do que as obtidas nos testes preliminares. Isto é ilustrado na Figura 2, que apresenta uma comparação entre os resultados calculados pelo modelo e os valores derivados das produtividades do IBGE para a amostra de municípios abrangidos pelo Seguro “Garantia Safra”, relacionados na seção anterior.

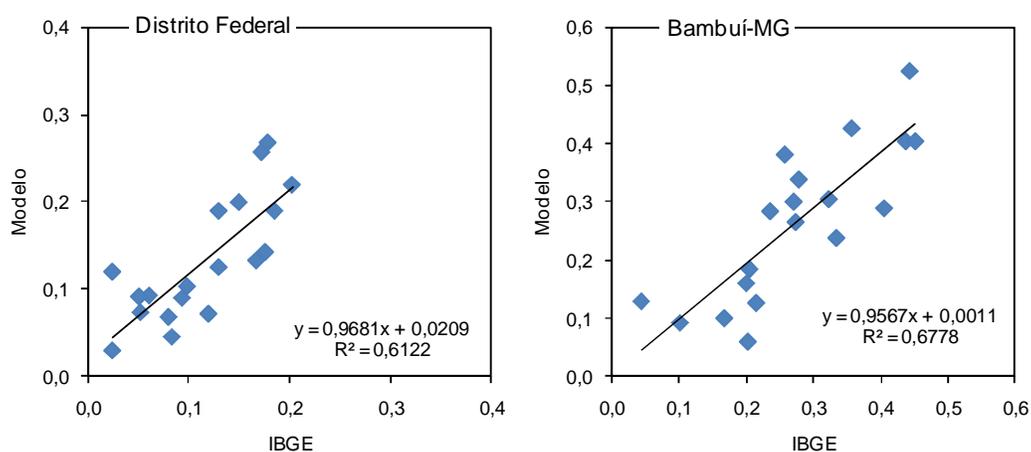


Figura 1. Análise de regressão entre a penalização estimada a partir dos dados do IBGE e os resultados calculados a partir do modelo de penalização testado com os dados do Distrito Federal e em Bambuí, MG.

A baixa correlação obtida entre deficiência hídrica e produção de milho nos municípios do semi-árido sugere que outros fatores de produtividade devem estar contribuindo significativamente para a grande variabilidade de produção na região. Com efeito, o relato de técnicos do Ministério de Desenvolvimento Agrário que atuam na gestão do “Garantia Safra” confirma a inconstância e variabilidade das práticas de manejo adotadas na agricultura de subsistência que caracteriza o público alvo daquele seguro.

Apesar das baixas correlações obtidas, a análise probabilística apresentada a seguir mostra que o modelo, ainda assim, pode constituir-se em importante ferramenta de apoio à gestão do Seguro.

No caso específico do Programa Garantia Safra, recebem pagamentos os agricultores que aderiram ao seguro nos municípios em que é detectada perda de pelo menos 50% da produção de algodão, arroz, feijão, mandioca e milho.

Para a análise probabilística aqui apresentada, foram contabilizadas as ocorrências simultâneas de quatro tipos de eventos distintos, a saber: 1) **P**: o IBGE registra perda igual ou superior a 50%; 2) “**P**”: o modelo indica perda igual ou superior a um valor de referência **Ref**; 3) **~P**: o IBGE registra perda inferior a 50%; e 4) “**~P**”: o modelo registra perda inferior ao valor de referência **Ref**.

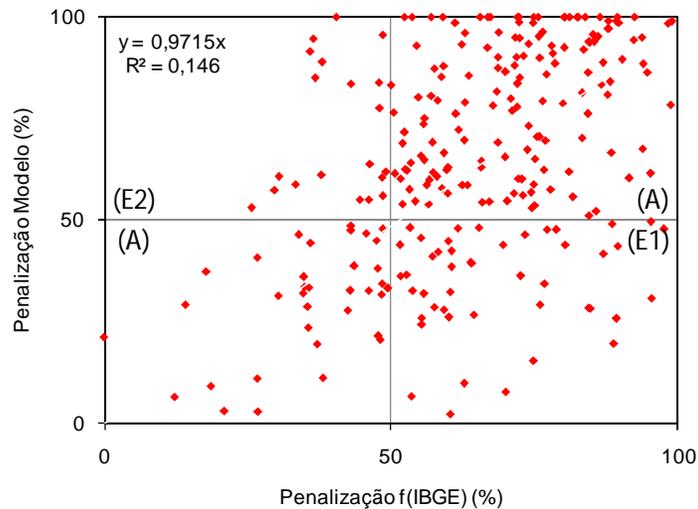


Figura 2. Análise de regressão entre a penalização estimada a partir dos dados do IBGE e os resultados calculados a partir do modelo de penalização para 27 localidades do Nordeste, norte de Minas Gerais e do Espírito Santo. Quadrante A: “acerto”, consiste em aceitar uma hipótese quando é verdadeira ou rejeitar quando é falsa; Quadrante E1: erro de tipo 1 consiste em rejeitar uma hipótese que é verdadeira; Quadrante E2: erro de tipo 2 consiste em aceitar uma hipótese que é falsa.

A contagem dos casos é sintetizada na Tabela 1(a). A Tabela 1(b), derivada da anterior (BALBINO; FORTES; PARENTE, 2009), exhibe as probabilidades condicionais relevantes para a tomada de decisão sobre aceitar ou não, sem contestação, um pedido de pagamento de seguro, dado que o modelo indica (ou não) a ocorrência de perda superior a um valor de referência Ref de 50%. A Figura 2, além de demonstrar a baixa correlação obtida entre as produtividades do IBGE e do modelo do INMET na amostra analisada, também mostra a classificação dos pares de resultados nos quatro quadrantes que representam combinações de concordâncias e discrepâncias entre os resultados do modelo e do IBGE

Tabela 1: Contabilização de eventos de perdas indicadas pelo IBGE e pelo Modelo (M) do INMET no caso em que o valor de referência (Ref) é de 50%

(a)	Matriz de Contingência das Perdas			(b)	Matriz de Probabilidades Condicionais	
	Nº de Casos Observados				Pr[ IBGE "Modelo"]	
	M>=Ref	M<Ref	Total	"P"	"~P"	
IBGE>=50%	153	46	199	P	0,88	0,57
IBGE<50%	20	35	55	~P	0,12	0,43
Total	173	81	188	Total	1,00	1,00

Esse cálculos podem ser repetidos para diferentes valores de referência para o modelo, Ref. A Tabela 2 sintetiza os valores estimados das probabilidades associadas aos eventos relevantes 1 a 4, em função do parâmetro Ref.

Nesse contexto, uma análise preliminar dos valores de probabilidade acima indica que uma boa política para o Garantia Safra parece ser a de pagar sem questionar os pedidos de municípios que alegam perdas de produtividade devido à deficiência hídrica superiores a 50%, sempre que o modelo do INMET indicar para aquele município uma perda também superior a um valor de referência de 50%.

Assim, a probabilidade de que o pleito seja justo (isto é, que a perda alegada tenha de fato ocorrido) é de 88%. Em média, em apenas 12% desses casos o município poderia estar

recebendo de forma indevida. Em contrapartida, o MDA estaria economizando os custos envolvidos com o envio de técnicos para auditoria em campo e, principalmente, estaria abreviando significativamente o prazo de ressarcimento das perdas realmente sofridas por 88% dos solicitantes. Adotando-se para o modelo o valor de referência (Ref) de 65, esta probabilidade de acerto cresce para aproximadamente 93%.

Tabela 2: Probabilidades de perdas reais condicionadas às respostas do modelo, em função do valor de referência adotado (Ref).

Ref (*)	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	80
<b>P P</b>	79,9%	80,1%	81,7%	86,0%	86,2%	88,4%	88,3%	90,3%	<b>92,6%</b>	91,7%	90,8%
<b>~P P</b>	20,1%	19,9%	18,3%	14,0%	13,8%	11,6%	11,7%	9,7%	7,4%	8,3%	9,2%
<b>P ~P</b>	40,0%	46,2%	53,3%	50,0%	55,4%	56,8%	60,9%	62,7%	65,4%	68,3%	71,9%
<b>~P ~P</b>	<b>60,0%</b>	53,8%	46,7%	50,0%	44,6%	43,2%	39,1%	37,3%	34,6%	31,7%	28,1%

(\*) Valor de Referência adotado para o modelo do INMET

No caso de o modelo indicar perda de produtividade inferior a 50%, a probabilidade de que a perda real seja de fato inferior a 50% é de apenas 43%. Mesmo diminuindo o valor de referência (Ref) para 15, essa probabilidade não vai além de 60%. Assim, não se justificaria, nesses casos, a recusa tácita do pagamento, sendo necessário realizar a auditoria técnica nesses locais.

#### 4. Conclusões

Modelos de estimativa de perda de produtividade baseados na penalização por déficit hídrico podem se revelar ferramentas úteis na gestão de questões agrícolas, mesmo no caso de regiões e cultivos em que práticas agrícolas inadequadas limitam a correlação entre as produtividades calculadas e observadas. Isto pode ser obtido, em determinados casos, como o do seguro “Garantia Safra”, lançando-se mão de análises probabilísticas, como a ilustrada neste estudo.

#### 5. Referências Bibliográficas

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and smith, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome. 1998.

Balbino, H.T.; Fortes, L.T.; Parente, E. G. P. Avaliação do uso do Modelo Climático Global do Centro Europeu para antecipar a estimativa do risco associado a epidemias da ferrugem asiática da soja. In: III Simpósio Internacional de Climatologia. 18 a 21/10/09, Canela- RS.

Doorenbos, J; Kassam, A.H. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper 33, FAO, Rome, 1979.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br> . Acesso em 20 abril 2010.

Nunes, R.P.; Pitombeira, J.B.; Paula Neto, H.M.; Nunes, F.F.P. Produtividade do milho irrigado em diferentes densidades populacionais e épocas de plantio. Ciência Agrônômica, Fortaleza, v.23, n.1, p. 139-147, 1992.

Pereira, A.R.; Villa Nova, N.A.; Sedyama, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997, 183p.