

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA E ECONÔMICA DE RESULTADOS DE CONCURSOS DE PRODUTIVIDADE DE MILHO

João Carlos Garcia

RESUMO - A divulgação dos resultados de concursos de produtividade geralmente limita-se às produtividades obtidas, sem informações adicionais de como elas foram alcançadas. Isto impede a avaliação do desempenho das práticas utilizadas pelos agricultores e a identificação dos fatores que determinaram as produtividades obtidas. Neste trabalho, uma série de variáveis tecnológicas e ambientais foi utilizada para explicar as variações dos rendimentos físicos obtidos no Concurso de Produtividade da região de Sete Lagoas, MG. Os fatores responsáveis pela explicação de cerca de 79% das variações encontradas foram: o uso de híbridos de gerações mais recentes e sua interação com o nível de Ca + Mg no solo (abaixo do teor de Ca + Mg igual a 2 eq.mg., as cultivares mais antigas seriam mais produtivas); a população de plantas (cerca de 44 mil plantas/ha forneceriam o maior retorno econômico); o nível de potássio no solo e sua interação negativa com o adubo aplicado (a dose econômica seria de cerca de 150 kg de 4-14-8/ha); o uso de aração (encontra-se disseminado, na região, o preparo do solo apenas com grade) e o controle de plantas daninhas com tração animal. Estes resultados indicam a necessidade de um estudo mais apurado dos resultados de concursos de produtividade, de forma a se evitar extrapolações apressadas e errôneas.

STATISTICAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF MAIZE PRODUCTIVITY CONTESTS

ABSTRACT - The available data on the results of productivity contests among Brazilian farmers is usually restricted to the productivity itself. There is no additional information on how such productivities were obtained. Such lack of informations does not permit an evaluation of the practices and factors which resulted in best productivity levels. For this assay, technological and environmental variations were used to explain the productivity variations resulted from the Maize Production Contest held in Sete Lagoas, MG, Brazil. About 79% of the factors that could possibly explain the productivity levels were classified as: the use of recent maize hybrids and their interaction with Ca + Mg level in the soil (below Ca + Mg = 2 eq.mg, the ancient cultivars would turn out to be more productive); the plant populations (best economical returns would result from a population of about 44,000 plants/ha); the potassium level in soil and its negative interaction with the fertilizer applied (the economical amount would be of about 4-14-8/ha); the use of plowing (in this region, the soil is usually prepared only by harrowing); and the weed control by animal-traction implements. These results indicate the necessity of more accurate studies on the productivity contests, in order to avoid erroneous and precipitate conclusions.

INTRODUÇÃO

Os concursos de produtividade têm sido utilizados intensamente como forma de demonstração de eficiência de novas tecnologias no Brasil. Os objetivos dos organizadores vão desde a promoção de determinados produtos, no caso de firmas produtoras de insumos, até o estabelecimento de uma espécie de campo de demonstração, conduzido e idealizado pelos agricultores, com base nas tecnologias difundidas pela Extensão Rural, no caso daqueles concursos da área das EMATERs.

Geralmente, a ênfase, quando da divulgação dos resultados, está colocada sobre as produtividades obtidas (às vezes são realizados cálculos econômicos), com pouca ou nenhuma informação sobre como elas foram alcançadas. Desta forma, tem-se informação de que se poderia produzir até cerca de 12 t/ha de milho no Brasil, porém com indicações restritas sobre como, e em que condições, isto seria possível. Este fato tem conduzido a algumas conclusões apressadas que pecam justamente pela dificuldade de se reproduzir as condições nas quais os recordes de produtividade foram conseguidos. Por outro lado, perde-se uma boa fonte de informações a respeito do desempenho de algumas tecnologias quando executadas pelos agricultores. Para que este aproveitamento seja possível, é necessá-

¹ Eng. - Agr., D.Sc. - Pesq. CNP-Milho e Sorgo/ EMBRAPA - Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

rio desagregar os efeitos das várias práticas e condições ambientais sobre as produtividades obtidas. A partir daí, certas conclusões se tornam mais viáveis.

Este trabalho objetiva analisar as causas de variações de produtividade que se verificaram no III Concurso Regional de Produtividade Física de Milho — Ano Agrícola 80/81 na região de Sete Lagoas, Minas Gerais.

Os efeitos de variáveis tecnológicas e ambientais serão separados e, para finalizar, serão apresentadas algumas considerações sobre aspectos econômicos.

Variáveis e modelo estatístico

As informações utilizadas foram coletadas junto a 37 dos 47 participantes do concurso de produtividade (10 foram descartados por problemas diversos), e podem ser divididas em dois grupos: aquelas referentes à tecnologia utilizada e as que dizem respeito às condições de solo. Reconhece-se que nem todas as variáveis relevantes foram consideradas, porém as mais importantes foram listadas.

No grupo das variáveis tecnológicas, encontram-se: o número de arações, o número de gradagens, o espaçamento utilizado, a densidade de plantas, a cultivar empregada, o nível de adubação de plantio e de cobertura, o método de controle de invasoras.

No grupo das variáveis de solo tem-se o pH e os níveis de Al, Ca + Mg, K e P.

Com base nas produtividades e nos valores destas variáveis, foi ajustada uma regressão cujo modelo estatístico é o seguinte:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^2 b_i D_i + c_1 G + \sum_{i=1}^3 d_i S_i + e_1 \text{Pop} + e_2 \text{Pop}^2 + e_3 \text{Ap} + e_4 \text{Ap}^2 + e_5 \text{Ac} + e_6 \text{Ac}^2 + e_7 \text{CMA} + e_8 \text{CME} + e_9 \text{CAN} + e_{10} \text{H} + e_{11} \text{pH} + e_{12} \text{Al} + e_{13} \text{Ca} + e_{14} \text{K} + e_{15} \text{P} + e_{16} \text{pH.Ap} + e_{17} \text{Al.Ap} + e_{18} \text{Ca.Ap} + e_{19} \text{K.Ap} + e_{20} \text{P.Ap} + e_{21} \text{Pop.Ap} + e_{22} \text{pH.Ac} + e_{23} \text{Al.Ac} + e_{24} \text{Ca.Ac} + e_{25} \text{K.Ac} + e_{26} \text{P.Ac} + e_{27} \text{Pop.Ac} + e_{28} \text{Ap.Ac} + \sum_{i=1}^3 e_{28+i} S_i \cdot \text{Ca} + u$$

O significado das variáveis está listado a seguir: Y é a produtividade obtida (kg/ha).

D_i ($i = 1, 2$) são duas variáveis zero-um referentes ao número de arações. D_1 toma valor zero nas observações com nenhuma aração, e um quando ocorrem uma ou duas arações. D_2 é igual a um quando foram feitas duas arações e zero caso contrário.

G é outra variável zero-um, e refere-se ao número de gradagens. É igual a zero nas observações com uma gradagem e igual a um naquelas com duas gradagens.

S_i ($i = 1, 3$) são variáveis zero-um utilizadas para verificar o efeito de cultivar. S_1 é igual a um nas observações de agricultores que usaram o híbrido AG-401 e igual a zero naquelas de agricultores que usaram C-111, AG-301 e a variedade Maya XV ou outras cultivares (HMD-7974, AG-259 além de duas cultivares identificadas pela marca Reis de Ouro e Ipanema). S_2 é igual a um para os híbridos AG-401 e C-111 e zero nos outros casos. S_3 é igual a zero no caso do uso de Maya XV e outros e um quando dos híbridos Ag-401, C-111 e AG-301.

Pop é a população de milho (em 10.000 plantas/ha).

Ap é a quantidade (quilogramas/ha) da formulação 4-14-18 empregada no plantio.

Ac é a quantidade (quilogramas/ha) de nitrogênio utilizada em cobertura.

CMA, CME, CAN e H são métodos de controle de invasoras, respectivamente: número de capinas manuais, número de capinas mecânicas, número de capinas com tração animal e uso ou não de herbicidas.

pH, Ca, K e P são as variáveis de solo anotadas e u o termo de erro.

A equação foi ajustada por um programa de regressão "step wise", que seleciona as variáveis componentes da equação final pelo seu grau de significância estatística.

A vantagem do uso de programas de ajustamento do tipo "step wise" está na possibilidade de se verificar quais as variáveis que individualmente se mostram mais importantes na explicação da variável dependente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns resultados, com base nas informações coletadas nesse concurso de produtividade, estão na Tabela 1.

Na Tabela 2 estão as quatro primeiras equações obtidas, juntamente com algumas informações estatísticas. Somente o teor de Ca + Mg no solo é responsável por 46% das variações e, individualmente, seria a mais importante. A segunda mais importante refere-se ao controle de invasoras por meio de tração animal. Como alguma forma de controle sempre foi realizada, o valor do coeficiente sugere pior desempenho deste tipo de controle em comparação com os outros. A terceira variável a entrar no modelo é a variável zero — um para aração. O valor do coeficiente indica que o uso de uma ou duas arações (já que D₂ não é significativo) seria melhor do que nenhuma (nas obser-

vações existiam aqueles agricultores que preparavam o terreno apenas com uma ou duas gradagens, sem aração). A quarta variável refere-se à interação S₃. Ca, ou seja, das cultivares AG-401, C-111 e AG-301 com o teor de Ca + Mg no solo. Segundo o valor desse coeficiente, estes híbridos produziram, em média, 290 kg/ha a mais por eq.mg de Ca + Mg no solo, do que as outras cultivares.

A equação final — escolhida por meio de critérios como a coerência de sinais e significância dos coeficientes, valor de R² e do quadrado médio do erro — é a seguinte (valores entre parênteses são os testes de “t”):

$$Y = -675 + 1841.D_1 - 1361.S_3 - 1300CAn + 74K \\ (3,2) \quad (-2,5) \quad (-4,8) \quad (2,6) \\ - 65Pop^2 - 0,31K.Ap + 4,0Pop.Ap + 665S_3.Ca \\ (-2,1) \quad (-2,9) \quad (2,9) \quad (5,4) \\ R^2 = 79\%$$

TABELA 1. Valores médios e extremos de algumas características do III Concurso de Produtividade Física de Milho de Sete Lagoas — Base = 1 ha.

| | Média | Máximo | Mínimo |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| Produção (kg) | 4.466 | 8.700 | 1.400 |
| População (plantas) | 61.930 | 87.000 | 35.000 |
| Ad. plantio (kg de 4-14-8) | 247 | 400 | 150 |
| Ad. cobert. (kg de N) | 13 | 120 | 0 |
| pH | 5,0 | 7,3 | 4,6 |
| Al ⁺⁺⁺ (eq. mg/100cc) | 0,6 | 1,9 | 0,0 |
| Ca + Mg (eq. mg/100cc) | 3,6 | 10,1 | 0,9 |
| K (ppm) | 86,6 | 135+ | 25 |
| P (ppm) | 9,3 | 69 | 1 |

TABELA 2. Variáveis mais importantes na explicação das variações de produtividade no III Concurso de Produtividade Física de Milho 1980/81 — Sete Lagoas, MG*.

| | Intercepto | Variáveis | | | | R ² (%) |
|-----|------------|--------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| | | Ca | CAn | D ₁ | S ₃ .Ca | |
| Y = | 1780 | 749 | | | | 46 |
| Y = | 2500 | 652 (5,4) | -1064 (-3,6) | | | 61 |
| Y = | 897 | 750 (6,2) | -1046 (-3,8) | 1394 (2,2) | | 66 |
| Y = | 866 | 474 (3,1) | -1203 (-4,6) | 1765 (3,0) | 290 (2,7) | 73 |

* Valores entre parênteses referem-se ao teste de “t”.

Todos os coeficientes são significativos ao nível de 5% de probabilidade.

As novas variáveis elevaram o valor do R^2 em apenas 6%, o que serve para mostrar a importância das quatro consideradas na Tabela 2.

Das variáveis que entraram no modelo, uma é referente às características do solo (K) e três estão relacionadas com interações entre práticas agrícolas e características do solo ou retornos decrescentes ao uso de fatores (K.Ap, Pop.Ap e Pop^2). As variáveis S_3 e $S_3.Ca$ nada mais são do que o rearranjo de duas que já estavam no modelo anterior (Ca e $S_3.Ca$) de forma a fornecer maior poder de explicação.

Algumas conclusões podem ser retiradas, com base nesta equação. Os valores dos coeficientes de S_3 e $S_3.Ca$ indicam que os híbridos AG-401, C-111 e AG-301 (sem diferença estatística entre eles) seriam mais produtivos (cerca de 648 kg/ha por eq.mg de Ca + Mg a mais) do que as outras cultivares, apenas quando o teor de Ca + Mg for acima de aproximadamente 2 eq.mg. Abaixo deste valor as outras cultivares se comportariam melhor. Neste ponto, é bom ressaltar a grande correlação existente entre Ca + Mg e o teor de fósforo (0,76), o que implica na necessidade de se considerar o complexo Ca + Mg e fósforo como um único fator. Em decorrência da não separação (causada por problemas estatísticos) destes fatores na equação, deve-se considerar o efeito conjunto deles como o condicionante da resposta diferencial das cultivares. As variáveis tradicionais não responderiam a acréscimos nos níveis de Ca + Mg. A este respeito, deve-se assinalar que 1 t de calcário com 38% de CaO fornece cerca de 0,676 eq.mg/100cc de solo. Desta forma, cerca de 3 t de calcário com estas características garantiriam, ao mínimo, o limite de 2 eq.mg/100cc de solo citado acima.

Os coeficientes de K e K.Ap indicam que, apesar da influência positiva do potássio sobre a produção, este elemento estaria interferindo (pelo menos no teor médio das observações), negativamente sobre a resposta à adubação de plantio.

Os coeficientes de Pop^2 , K.Ap e Pop.Ap permitem alguns cálculos de natureza econômica. Pelos preços da safra de 80/81, seria necessário um acréscimo de cerca de 1,8 kg/ha de milho para cada quilograma da fórmula 4-14-8 empregada, de

forma a compensar o seu uso. Substituindo-se K e Pop por seus valores médios no conjunto de observações e derivando-se com relação a Ap tem-se que o valor encontrado é inferior a 1,8, o que indicaria a não-economicidade do uso de adubação de plantio, dadas as condições médias dos participantes deste Concurso de Produtividade. Como não se dispõem de observações com o uso de menos do que 150 kg/ha de 4-14-8, e para evitar o risco de extrapolações, este seria o valor recomendável para o maior lucro dos participantes.

A existência do termo quadrático de Pop permite que se calcule a população ótima em termos econômicos. Dados os preços da safra 80/81 e a adubação de 150 kg/ha de 4-14-8, a população ideal estaria em torno de 44.000 plantas/ha, que é inferior à média utilizada (aproximadamente 61.000 plantas/ha) neste concurso, mas dentro do intervalo 40-50 mil plantas/ha recomendado pela pesquisa.

De um modo geral, parece ter ficado patente a importância de algumas poucas variáveis para a explicação da ampla diferença de produtividade encontrada nesse concurso. Apenas a variável relacionada com o complexo Ca + Mg e P foi responsável por 46% das variações, o que implica que produz mais quem dispõe de solos com melhores características químicas. O problema é saber qual o custo necessário para se obter um solo com tais características. Deve-se ressaltar que o fator fertilidade do solo quase nunca é levantado nas explicações sobre as produtividades obtidas nos concursos de produtividade.

Outra variável importante refere-se ao controle de ervas. Embora de difícil explicação (não parece ter razão para que um bom preparo com trabalho animal leve a produtividades diferentes do que um bom preparo com tração mecânica), este fator responde por cerca de 15% das variações em produtividade. Deve-se ressaltar que as observações com capina por tração animal estavam concentradas entre as de menor produtividade, podendo esta variável ter captado o efeito de outras não incluídas.

Com importância um pouco menor, mas de toda maneira bastante significativa em uma região onde o preparo do solo por meio apenas de grade pesada é relativamente comum, figura a aração do

terreno. Chama-se atenção para o fato de que o acréscimo na produção (cerca de 1.841 kg/ha na equação final) cobre os custos de um preparo mais cuidadoso do terreno.

Ainda dentro das variáveis mais significativas para a produção, tem-se a interação de novas cultivares com o teor de cálcio + magnésio no solo, que torna o efeito das cultivares cada vez mais importante na medida em que aumenta a disponibilidade do complexo Ca + Mg e fósforo no solo. Desta forma, as novas cultivares por si só teriam pouca importância no aumento de produtividade, mas criariam condições para o uso de novas tecnologias com as quais interagiriam para o aumento dos rendimentos.

Para finalizar, os resultados aqui apresentados indicam a necessidade de um estudo mais apurado

dos resultados de Concursos de produtividade. O simples uso das produtividades obtidas, sem nenhuma consideração sobre como elas foram alcançadas é perigoso e pode conduzir a conclusões errôneas. Por outro lado, a decomposição dos condicionantes da produtividade pode fornecer informações interessantes, do ponto de vista científico, sobre os fatores com potencial para contribuir no incremento da produção, a nível de produtor.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à EMATER-MG, na pessoa do Coordenador de Culturas do ESREG Sete Lagoas, José Eustáquio Loureiro, pelo fornecimento dos dados básicos.