

Recomendação da Densidade de Plantas Específica por Híbrido e Ambiente de Produtividade

Guilherme Martin Torres⁽¹⁾; Juan Matias Ferreyra⁽²⁾; André Gradowski Figueiredo⁽³⁾ Adriano Anselmi⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Corn Agronomic Practices & System Lead; Monsanto; São Paulo, SP; guilherme.m.torres@monsanto.com; ⁽²⁾ South America Corn & Sorghum Leader; Monsanto; ⁽³⁾ Corn Germoplasma Lead; Monsanto; ⁽⁴⁾ Integrated Agronomic Solution Testing Lead; Monsanto

RESUMO: A recomendação de densidade de plantas ótima pode variar dependendo do ambiente produtivo. O objetivo desse trabalho é recomendar a *DP* específica por híbrido e ambiente produtivo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 3 repetições, com os tratamentos arranjados num esquema fatorial de híbridos e *DP*. Um modelo de superfície de resposta foi utilizado para determinar o efeito de *DP* e ambiente produtivo (*AP*) no rendimento dos híbridos. Os parâmetros estimados pelo modelo foram usados para a recomendar as *DP* para cada híbrido em função da produtividade esperada (P_{Esp}). Posteriormente, um ajuste específico por híbrido foi aplicado com o propósito de minizar o risco de quebraimento e tombamento. A média dos *AP* dos ensaios foi de 10 ton ha⁻¹ com variação entre 3 e 18 ton ha⁻¹. Os resultados mostraram que os modelos de superfície foram significativos ($p < 0,0001$) e com R^2_{adj} de 0,87, 0,72 e 0,85 para os híbridos AG8780PRO, AS1633PRO2 e DKB290PRO3, respectivamente. A recomendação de *DP* contínua em função da P_{Esp} foi distinta entre os híbridos. Para os híbridos AG8780PRO e AS1633PRO2 a relação entre *DP* e P_{Esp} apresentou uma tendência quadrática, enquanto uma tendência linear foi observada para o híbrido DKB290PRO3. A integração de uma variável ambiental é fundamental para o ajuste de *DP* dos híbridos. Além disso, a resposta à *DP* é específica por híbridos, e o conhecimento dessa informação é crítica para maximizar o rendimento dos híbridos através de práticas agronômicas.

Termos de indexação: milho, densidade de plantas (*DP*), índice ambiental (*IA*), modelo de superfície de resposta, ambiente de produtividade (*AP*).

INTRODUÇÃO

A recomendação da densidade de plantas (*DP*) ótima de um híbrido pode variar de um ambiente para outro. Além disso, pode ocorrer dentro de uma mesma área variações espaciais e temporais de fatores que definem os ambientes de produtividade (*AP*). Por exemplo, variações de textura, disponibilidade hídrica, fertilidade e elevação podem resultar em *AP* distintos dentro de uma lavoura.

Pesquisas estão sendo conduzidas para entender e quantificar as variações do ambiente e para determinar as variáveis que causam maior impacto no rendimento das culturas (Anselmi, 2016; e Hörbe, 2013). No entanto, nenhuma pesquisa esta sendo realizada com o intuito de propor uma metodologia de recomendação de *DP* específica por híbrido de forma contínua e que ainda consiga integrar o efeito do ambiente nessa recomendação.

Em geral, ensaios de *DP* são conduzidos para entender como as características agromômicas e rendimento de um híbrido é influenciado pela variação no número de plantas por área. Funções quadráticas são fisiologicamente plausíveis e frequentemente explicam a relação entre produtividade e *DP* (Nafziger, 2002; e Li et al., 2015). Conseqüentemente, essa relação é usada para recomendar o número de sementes a serem plantadas. O objetivo desse trabalho é recomendar a *DP* de cada híbrido de milho para em função dos *AP*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para esse trabalho foram utilizados dados de ensaios de *DP* conduzidos pelo time de Desenvolvimento Tecnológico da Monsanto nas safras de milho verão e milho safrinha entre 2012 e 2015. Os ensaios possuem 3 ou 4 níveis de *DP* (variando de 4,5 a 7,5 plantas m⁻² (pl m⁻²) para a safrinha e entre 6 e 9 pl m⁻² na safra de milho

verão). A quantidade de híbridos variaram de 6 a 12 híbridos dependendo da região, safra e ano. Cada parcela possui 10 m de comprimento por 4 linhas e espaçamento de 0,50 m entre linhas. Para esse estudos foram utilizados dados de 254 ensaios, totalizando aproximadamente 18700 observações considerando o número de híbridos, repetições, locais, ano e safra. Aqui, optamos por apresentar os resultados referente a três híbridos AG8780PRO, AS1633PRO2 e DKB290PRO3 das marcas de sementes Agrocere, Agroeste e Delkalb, respectivamente.

Um índice ambiental foi utilizado para quantificar e caracterizar os AP. O índice ambiental (IA) foi calculado por ensaio como a média de rendimento de todos os híbridos nas duas DP intermediárias para cada ensaio. Em seguida, o IA foi utilizado juntamente com os níveis de DP no modelo de superfície de resposta.

Delineamento e análise estatística

Os ensaios foram conduzidos usando um delineamento experimental de blocos ao acaso com 2 ou 3 repetições e arranjos em um esquema fatorial entre híbridos x DP. Para a determinação da resposta dos híbrido em função da densidade e DP e IA, foi utilizado um modelo de superfície de resposta (Figura 1) como descrito abaixo:

$$P = \beta_0 + \beta_1(DP) + \beta_2(DP)^2 + \beta_3(IA) + \beta_4(DP)(IA) + \beta_5(IA)(DP)^2$$

Onde; P é a produtividade, DP é a densidade de plantas na colheita e IA é o índice ambiental; β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_5 são os parâmetros do modelo. As análises de regressão foram realizadas usando o software JMP (SAS Institute, Carry, North Carolina).

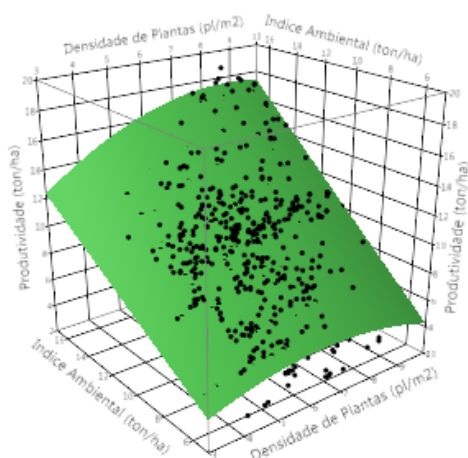


Figura 1. Modelo de superfície de resposta para o híbrido DKB290PRO3.

Em seguida, utilizando os parâmetros resultantes

dos modelos de superfície de resposta foi estimada a DP ótima ou biológica (DP_{Biol}) específica por híbrido para diferentes níveis de produtividade esperada (Figura 3). Para a recomendação final de DP (DP_{Rec}) foi realizado um ajuste na DP_{Biol} para minimizar o efeito negativo do aumento de DP na taxa de quebraamento e tombamento dos híbridos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra o histograma dos AP pelos ensaios deste estudo. A produtividade média dos ambientes foi de 10,5 ton ha⁻¹, variando entre 3 e 18 ton ha⁻¹ (Figura 2). Recentemente, Anselmi (2016) usou mapas de rendimento de uma lavoura comercial para caracterização de zonas de manejo. Foi mostrado nesse estudo que o rendimento do talhão usando um único híbrido variou entre 1887 e 7525 kg ha⁻¹ em 2009, enquanto em 2012, essa variação foi entre 5056 e 8669 kg ha⁻¹. Assim, podemos inferir com base nesses resultados que um ambiente de 3 ton ha⁻¹ não possui a mesma disponibilidade de recursos que um ambiente onde a média de produtividade foi de 18 ton ha⁻¹. Logo, a recomendação de DP para esses distintos ambientes não pode ser a mesma. Considerando esse princípio fica evidente a necessidade de integrar um fator ambiental no modelo de recomendação de DP.

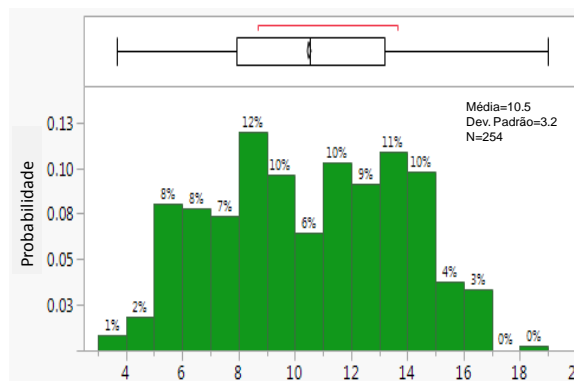


Figura 2. Histograma do índice ambiental observado nos ensaios em 254 ensaios de densidade de plantas entre 2012 e 2015.

Hörbe et al. (2013) investigou a eficiência de taxa variada de sementes de acordo com zonas de manejo ou AP. Eles observaram que tanto o rendimento quanto a rentabilidade da lavoura estudada aumentaram devido á redução da DP nas ambientes mais restritivos e ao aumento da DP nos ambientes menos restritivos. Enquanto, Anselmi (2016) mostrou que a recomendação de DP ótima pode variar, dependendo do híbrido, em até 5743 pl

ha⁻¹ entre os ambientes de baixa e alta produtividade numa mesma lavoura.

A análise de variância mostrou que os modelos de superfície de resposta foram significativos ($p < 0,0001$) com coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) de 0,87, 0,72 e 0,85 para os híbridos AG8780PRO, AS1633PRO2 e DKB290PRO3, respectivamente. É importante enfatizar que para a recomendação da DP por ambiente é necessário que os ensaios explorem ambientes com diversos níveis de produtividade. Além disso, as densidades testadas também devem apresentar uma variação ampla afim de entender o comportamento dos híbridos em situações de estresse e de excedente de recursos (nutrientes, radiação e disponibilidade hídrica).

As análises de regressão mostraram que os termos do modelo DP , DP^2 , IA e a interação entre IA de DP foram significativos para todos os híbridos. Em contraste, a interação entre $IA \times DP^2$ não foi significativa para nenhum dos híbridos apresentados. Isso indica que a relação entre produtividade e DP apresentou uma tendência quadrática tanto nos ambientes de alta e baixa produtividade para os híbridos apresentados.

Aplicando o modelo de superfície para a recomendação de DP podemos observar que os híbridos apresentaram respostas distintas devido à variação da produtividade esperada (P_{Esp}) (Figura 3). Por exemplo, a DP apresentou uma resposta quadrática ao aumento P_{Esp} para o híbrido AG8780PRO. Nesse caso, a DP_{Biol} de 10 pl m⁻² seria necessária para alcançar uma P_{Esp} de 16 ton ha⁻¹. No entanto, para minimizar o risco de quebra e tombamento a DP_{Biol} foi ajustada para 9,2 pl m⁻². Similarmente, Li et al. (2015) também observou uma relação quadrática entre DP e rendimento de grãos e reportou uma DP ótima de 10,57 pl m⁻².

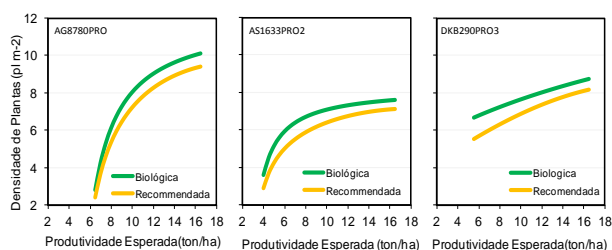


Figura 3. Recomendação contínua de densidade de plantas específica por híbrido para os diferentes níveis de produtividade esperada. A linha verde representa a densidade biológica (D_{Biol} , ótima) e a linha amarela representa a densidade recomendada (D_{Rec}).

A DP_{Biol} do híbrido AS1633PRO2 também apresentou uma tendência quadrática ao aumento de P_{Esp} (Figura 3). No entanto, para o híbrido AS1633PRO2 a $DP_{Biol} > 7$ pl m⁻² não resultou em um aumento significativo na P_{Esp} . Com o ajuste, a DP_{Rec} foi de 6 pl m⁻² para uma P_{Esp} de 8 ton ha⁻¹.

Em contraste, a relação entre DP_{Biol} e P_{Esp} para o híbrido DKB290PRO3 resultou numa tendência linear (Figura 3). A tendência linear indica que o híbrido respondeu ao aumento de DP , no entanto, os níveis de DP testados nos ensaios precisam ser < 5 e > 9 pl m⁻². De acordo com a figura 3 a DP_{Rec} para o híbrido DKB290PRO3 atingir a P_{Esp} de 16 ton ha⁻¹ é de 8 pl m⁻².

CONCLUSÕES

O modelo de superfície de resposta que integra produtividade, DP e AP para a recomendação de DP dos híbridos suporta a implementação práticas agrônomicas modernas, como o plantio de sementes em taxas variadas. A introdução do índice ambiental no modelo de superfície de resposta proporciona otimizar o posicionamento dos híbridos ao ajustar a DP de acordo com as variações espaciais e temporais do ambiente. As curvas de DP em função da P_{Esp} são dependentes do germoplasma, indicando que para maximizar o rendimento a recomendação de DP deve ser específica por híbrido.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todo o time de Desenvolvimento Tecnológico da Monsanto.

REFERÊNCIAS

- ANSELM, A. População variada de híbridos de milho: uma estratégia de gestão das variabilidades espacial e temporal das lavouras. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo-ESALQ. 2016.
- HÖRBE, T.A.N., AMADO, T.J.C., FERREIRA, A.O., ALBA, P.J. Optimization of Corn Plant Population According to Management Zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v.14, p.450–465, 2013.
- LI, J., R. Z. XIE, K. R. WANG, B. MING, Y. Q. GUO, G. Q. ZHANG, AND S. K. LI. Variations in Maize Dry Matter, Harvest Index, and Grain Yield with Plant Density. **Agronomy Journal**. 107:829-834. 2015.
- NAFZIGER, E.D. Corn. **Illinois agronomy handbook**. 23rd ed. Univ. Illinois, Urbana: 22-34. 2002.
- SAS INSTITUTE INC. Using JMP 12. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

“Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar”



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
