

## Avaliação econômica e energética na busca da produtividade potencial da cultura do milho

Andrea, M.C.S.<sup>1</sup>, Romanelli, T.L.<sup>2</sup>, Sentelhas, P.C.<sup>2</sup>

Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Doutoranda, PPG em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP, F. (0xx19) 34478510, [maria.andrea@usp.br](mailto:maria.andrea@usp.br), <sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Prof. Associado, Depto Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

Apresentado no

XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Na busca por intensificação da produção agrícola, o conhecimento das quebras de produtividades (diferença entre a atingível e real), em geral representa oportunidade para mudanças no manejo e produtividade das culturas. O manejo da quebra de produtividade, que é facilitado pela mecanização pode ser complementado com o monitoramento do custo econômico e ambiental (e.g. uso de energia). O objetivo desse trabalho foi simular o custo econômico e energético do manejo de fertilizante nitrogenado, em doses pré-determinadas, aplicado à cultura do milho (grão), buscando o aumento da produtividade em classes de alta e baixa resposta. O custo econômico na alta resposta foi de 88 R\$ ha<sup>-1</sup> e 265 R\$ ha<sup>-1</sup> para 3 e 11 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; na baixa resposta foi de 33 R\$ ha<sup>-1</sup> e 143 R\$ ha<sup>-1</sup>, para 3 e 11 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O custo energético na alta resposta de 2,5 e 8,0 GJ ha<sup>-1</sup> para 3 e 11 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; e na baixa resposta de 0,8 e 4,2 GJ ha<sup>-1</sup> para 3 e 11 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Áreas em condições de maior degradação apresentaram maiores custos econômico (85%) e energético (90%) na busca pelas maiores produtividades (11 t ha<sup>-1</sup>).

**PALAVRAS-CHAVE:** rentabilidade, mecanização, *yield gap*

### Economic and energy assessment in the search of potential yield of maize

**ABSTRACT:** In the search for intensification of agricultural production, knowledge on yield gap (difference between attainable and actual yield), general represents opportunity for changes in management to increase crop yields. The management of lower yields, which is facilitated by mechanization, can be complemented with the monitoring of economic and environmental demands (e.g. energy use). The aim of this study was to simulate the economic and energy demand of nitrogen fertilizer management in predetermined rates, applied to maize (grain), seeking increasing of yields in classes of high and low response. The economic demand in the high response rate was 88 R\$ ha<sup>-1</sup> and 265 R\$ ha<sup>-1</sup> for 3 and 11 t ha<sup>-1</sup>, respectively; the low response was 33 R\$ ha<sup>-1</sup> and 143 R\$ ha<sup>-1</sup> for 3 and 11 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The high energy demand in response to 2.5 and 8.0 GJ ha<sup>-1</sup> to 3 and 11 t ha<sup>-1</sup>, respectively; and low response of 0.8 and 4.2 GJ ha<sup>-1</sup> for 3 and 11 t ha<sup>-1</sup>, respectively. Areas with more intense deterioration in fertility conditions presented greater economic (85 %) and energy (90 %) demand in the search for higher yields (11 t ha<sup>-1</sup>).

**KEYWORDS:** profitability, mechanization, *yield gap*

**INTRODUÇÃO:** O crescente aumento da demanda mundial por alimentos, que é amplamente conhecido e reportado, pode ter como origem a ampliação de áreas para uso agrícola, ou a intensificação da produção agrícola em áreas já cultivadas (LOBELL et al., 2009). A ampliação de áreas é menos desejada, visto que pode implicar no uso de áreas fragilizadas (BINDRABAN et al., 2000) e na degradação de ecossistemas. Sendo assim, o objetivo de muitas pesquisas e decisões políticas é de aumentar as produtividades em taxa suficiente, mantendo os preços baixos, evitando a expansão de áreas agrícolas e melhorando a segurança alimentar (LOBELL et al., 2009). Medidas de manejo na produção agrícola visam, geralmente, o aumento da produtividade com melhor retorno econômico, diminuindo a quebra da produtividade, ou *yield gap*, (diferença entre a produtividade potencial ou atingível, que é aquela obtida quando a cultura é conduzida em condições não limitantes

de água, nutrientes e livres de estresses bióticos, e a produtividade real, aquela que é atingida na prática, por produtores). A importância do estudo da quebra da produtividade está no fato de que produtividades médias são condicionadores dos preços dos alimentos, segurança alimentar e expansão agrícola. Esses estudos levarão a melhor compreensão da trajetória da economia dos alimentos no mundo, além de pontos chave na melhoria da produção agrícola e qualidade ambiental (LOBELL et al., 2009). O objetivo desse trabalho foi determinar o custo econômico e ambiental (uso de energia oriunda dos insumos) do manejo do fertilizante nitrogenado na cultura do milho, na busca por maiores produtividades, com base em recomendações de adubação para o estado de SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Utilizaram-se dados de recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho (VAN RAIJ et al., 1996), feitas para diferentes classes de resposta, pois as mesmas variam com as condições locais. Classe de alta resposta refere-se a condições de solo em estágio de degradação mais avançado e classe de baixa resposta representa área em que a cultura do milho foi conduzida após soja ou outra leguminosa de verão, em melhores condições de fertilidade do solo. Simulou-se a aplicação de ureia a lanço, baseada em características de maquinário pré-determinadas: a capacidade de campo operacional (CcO) em função de largura de trabalho, velocidade e eficiências de manobras e abastecimento de combustível; e a área coberta em uma aplicação (Aap) como sendo a relação entre a capacidade de carga de insumo do implemento e as diferentes doses aplicadas. Considerando-se o tempo de abastecimento da carga de insumo aplicado de 0,25 h, e a área coberta em uma aplicação para cada dose (Aap), determinou-se assim o tempo total de duração da operação de aplicação do fertilizante (equação 1). Assim, pôde-se determinar a CcO acrescida do tempo auxiliar, aqui definido como o tempo usado para abastecimento da carga de insumo (equação 2). Determinou-se então a eficiência total da operação (equação 3), ou seja, a capacidade total (acrescida do tempo auxiliar) em relação à capacidade operacional sem o tempo auxiliar de reabastecimento de carga. Determinou-se também a participação do tempo destinado ao abastecimento de carga no tempo total de operação (equação 4).

Com o cálculo dos parâmetros operacionais para as diferentes doses relativas às produtividades almeçadas, como o consumo operacional de combustível (equação 5) e demanda de energia oriunda da depreciação do maquinário (equação 6) determinou-se os custos (econômico e energético) da operação para todas as doses (equações 7 e 8, respectivamente). Valores de índices energéticos dos insumos foram obtidos da literatura (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979; PIMENTEL, 1980; IPT, 1985, bem como características de maquinário utilizado (AgraFNP 2012).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As doses aplicadas à classe de alta resposta (0,07; 0,1; 0,17; 0,2 e 0,23 t ha<sup>-1</sup>) e doses aplicadas à classe de baixa resposta (0,02; 0,03; 0,07; 0,08 e 0,12 t ha<sup>-1</sup>) referem-se às mesmas produtividades almeçadas (3; 5; 7; 9 e 11 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Cada dose em sua classe de resposta apresentou um respectivo custo econômico e energético (Figura 1).

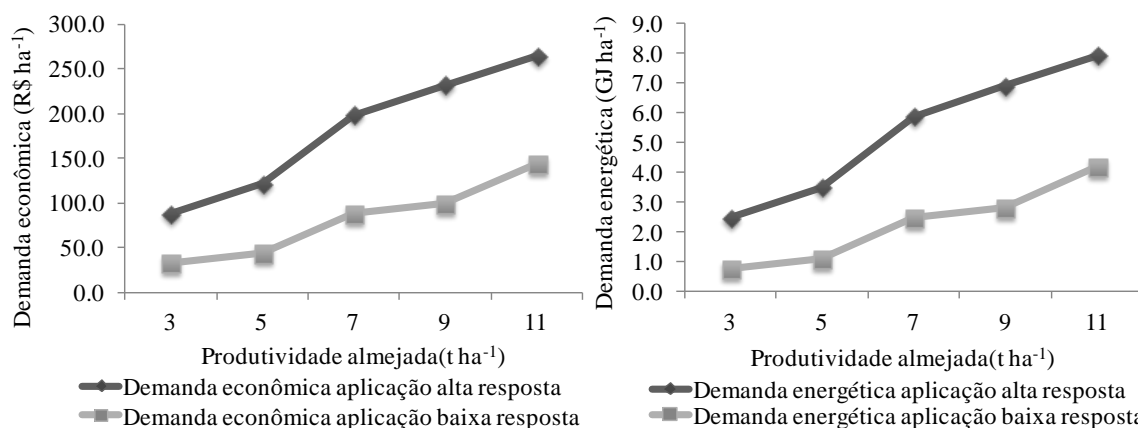


Figura 1. Custo econômico e energético da aplicação de doses de ureia para produtividades almeçadas em cenário de alta e baixa resposta ao fertilizante.

Observa-se que, em termos gerais, a operação para a classe de alta resposta possui maiores custos por área (Figura 1). Para a menor produtividade almejada, o custo da classe de alta resposta (R\$ 88,0 ha<sup>-1</sup>) é quase três vezes maior que o custo para a classe de baixa resposta (32,8 R\$ ha<sup>-1</sup>). Já para a maior produtividade almejada, o custo para a classe de alta resposta (264,7 R\$ ha<sup>-1</sup>) é 1,8 vez maior que para a classe de baixa resposta (143,3 R\$ ha<sup>-1</sup>). O custo total da operação é, portanto, diretamente relacionado com a dose a ser aplicada, que por sua vez é reflexo do tempo total de operação. Maiores doses aplicadas implicam em maior tempo gasto com reabastecimento de insumo (porção de tempo auxiliar) e que por sua vez determina uma nova capacidade operacional para cada dose. A importância econômica e energética da operação de aplicação de fertilizante é amplamente conhecida. ANDREA (2013) apontou que a operação representa 54% da demanda energética total entre todas as operações mecanizadas (da semeadura até a colheita) em um sistema de produção de milho para silagem. De acordo com AgraFNP (2012), a adubação de cobertura na cultura, no estado de SP, considerando o uso do maquinário e dose de ureia aplicada de 0,2 t ha<sup>-1</sup>, representa um custo de 239,5 R\$ ha<sup>-1</sup>, para uma produtividade média de 6 t ha<sup>-1</sup>. Para o presente trabalho, o mesmo valor apontado pela AgraFNP do custo econômico da operação, corresponde à dose de 0,2 t ha<sup>-1</sup> na classe de alta resposta. Na classe de baixa resposta, o valor é maior do que os calculados para o presente trabalho, até para a maior produtividade almejada. Portanto, tendo como base a recomendação de adubação de VAN RAIJ et al., 1996, os custos apontados pela AgraFNP referem-se a sistemas de produção em ambientes de condições mais precárias de fertilidade.

**CONCLUSÕES:** Conclui-se que em áreas com condições mais precárias de fertilidade do solo e degradação -classe de alta resposta- o custo econômico e energético da aplicação de fertilizante nitrogenado é maior, para um mesmo valor de produtividade almejado, quando comparado com áreas em condição de baixa resposta à fertilização, onerando econômica e ambientalmente a busca pela produtividade atingível da cultura do milho.

#### **EQUAÇÕES:**

$$T_{top} = A_{ap} / C_{cO} \quad (1)$$

T<sub>top</sub> - tempo total de uma aplicação, h.

$$C_{cO} + \text{taux} = A / T_{top} \quad (2)$$

C<sub>cO</sub> + taux - C<sub>cO</sub> considerando o tempo de reabastecimento da carga de insumo, ha h<sup>-1</sup>;

A - área de trabalho, ha.

$$E_{top} = C_{cO} + \text{taux} / C_{cO} \quad (3)$$

E<sub>top</sub> - eficiência total da operação, %.

$$P_{tab} = 1 - E_{top} \quad (4)$$

P<sub>tab</sub> - participação do tempo de reabastecimento da carga de insumo no tempo total da aplicação, %.

$$C_{cop} = C_c / C_{cO} \quad (5)$$

C<sub>cop</sub> - consumo operacional de combustível, L ha<sup>-1</sup>;

C<sub>c</sub> - consumo horário de combustível, L h<sup>-1</sup>. (utilizou-se fator para motores a diesel, 0,163 L \* kW h, de Molin e Milan, 2002).

$$Dec = ((M_t * VU_t / C_{cO}) * E_{It}) + (M_{imp} * VU_{imp} / C_{cO}) * E_{Iimp} \quad (6)$$

Dec - demanda de energia do uso do conjunto trator e implemento, MJ ha<sup>-1</sup>;

M<sub>t</sub> e M<sub>imp</sub> - massas do trator e do implemento, respectivamente, kg (usou-se 7300 e 1950 kg, respectivamente);

VU<sub>t</sub> e VU<sub>ip</sub> - vida útil do trator e do implemento, respectivamente, h (usou-se 1000 e 6000 h, respectivamente).

$$\text{Ceco} = (\text{PHM} * \text{Ttop} / \text{A}) + (\text{Ccop} * \text{PC}) + (\text{D} * \text{PI}) \quad (7)$$

Ceco - custo econômico da aplicação de fertilizante em determinada dose, R\$ ha<sup>-1</sup>;

PHM - preço da hora máquina, R\$ h<sup>-1</sup>;

Ccop - consumo operacional de combustível, R\$ ha<sup>-1</sup>;

PC - preço do combustível, R\$ L<sup>-1</sup>;

PI - preço do insumo aplicado, R\$ t<sup>-1</sup>.

$$\text{Cen} = [(\text{Dec}) + (\text{Ccop} * \text{EIc}) + (\text{D} * \text{Eli})] / 1000 \quad (8)$$

Cen - custo energético da aplicação de fertilizante em dose pré determinada, GJ ha<sup>-1</sup>;

EIc - energia incorporada do combustível, MJ L<sup>-1</sup> (usou-se 49 MJ L<sup>-1</sup>, de acordo com Boustead e Hancock, 1979);

Eli - energia incorporada do insumo aplicado, MJ t<sup>-1</sup> (usou-se 57 MJ t<sup>-1</sup> de Nitrogênio, de acordo com IPT, 1985).

**AGRADECIMENTOS:** A CAPES pela bolsa de estudos concedida.

### **REFERÊNCIAS:**

AgraFNP - Consultoria & Comercio, AGRIANUAL 2012. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2012, 512p.

ANDREA, M. C. S. Fluxos de energia em sistemas de produção de forragens. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-17072013-085223/>>. Acesso em: 2014-03-15.

BINDRABAN, P.S. et al. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* v.81, p.103-112, 2000.

BOUSTEAD, I.; HANCOCK, G.F. Handbook of industrial energy analysis. New York: Halsted Press. 1979. 422p.

INSTITUO de PESQUISAS TECNOLÓGICAS – Manual de Recomendações: conservação de energia na indústria de fertilizantes. São Paulo, 1985.

LOBELL, D.B.; CASSMAN, K.G.; FIELD, C.B. Crop yield gaps: their importance magnitude and causes. *Annu. Rev. Environm. Resour.* v.34, p.179-204, 2009.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed) Conservação e cultivo de solo para plantações florestais, Piracicaba: IPEF, 2002, chap.13, p. 409-436.

PIMENTEL, D. (Ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.

RAIJ, B. van et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).