

A evolução do conceito de rendimento em agricultura e as estratégias de segurança alimentar

Gilberto Rocca da Cunha¹ (*), João Leonardo Fernandes Pires¹, Genei Antonio Dalmago¹, Anderson Santi¹ e Aldemir Pasinato¹



Foto: D. N. Gassen

Para o homem primitivo, rendimento era não mais que uma razão entre a energia derivada do alimento obtido e a energia que havia sido gasta no processo de obtenção. Depois, com a transição do homem caçador e coletor para o homem agricultor, com a criação de animais e o cultivo de plantas, começou o que se pode chamar de pressão para auferir os benefícios da produção e obtenção de energia, para fins de alimentação, em densidades elevadas.

Uma vez estabelecida a semeadura como prática corrente nas sociedades agrárias, a compreensão de rendimento, especificamente para os cultivos produtores de grãos, mudou da razão entre energias (obtida/gasta) para algo mais prático, tipo quantidade de sementes colhidas por quantidade de sementes lançadas ao solo. Isso foi fundamental para que, empiricamente, o homem tomasse a decisão de quanto da sua produção poderia ser utilizada para fins de alimentação e quanto deveria ser guardada para a semeadura da próxima safra. Em razão disso, não surpreende que, em regiões de agriculturas tecnologicamente atrasadas e com limitações ambientais fortes, ainda hoje, muitas pessoas usem esse conceito de rendimento, valendo-se de expressões tipo "colheita de tanto por um". A consequência, na evolução das espécies cultivadas, foi a seleção de plantas individualmen-

1. Introdução

Desde os primórdios da humanidade, quando o homem era caçador e coletor, até os dias atuais, caracterizados pela integração e intensificação de sistemas agrícolas, o entendimento do conceito de rendimento tem passado por modificações substanciais. Não obstante toda a evolução do ensino das ciências agrárias, ainda não há, de parte dos principais atores envolvidos com a atividade agrícola, um domínio pleno do assunto.

¹Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo/RS. E-mail: cunha@cnpt.embrapa.br. (*) Autor para correspondência.

te mais produtivas (maior número de grãos por plantas, no caso dos cereais, por exemplo).

Paralelamente ao aumento da população mundial, sobreveio o processo de urbanização, a degradação dos solos (desertificação, salinização, etc.) e a escassez de terras para fins agrícolas, em muitas regiões do mundo, tornou-se realidade. A maior produção por unidade de área passou a ser um critério mais importante para rendimento que produção por planta individualmente. Com isso, a seleção de plantas com rendimento elevado (grãos por grão/semente) mudou para plantas menos competitivas, mas com capacidade para produzir, na soma das individualidades, mais por unidade de área (quando cultivadas em populações). A agregação da dimensão tempo no conceito de rendimento foi o passo seguinte, surgindo, por exemplo, a expressão bastante familiar de rendimento por hectare e por ano/safra. Na medição da produtividade dos sistemas agrícolas, envolvendo intensificação e integração (lavoura-pecuária-floresta, por exemplo), a variável tempo assume posição de cada vez maior relevância.

Nesse artigo, são discutidos os significados de expressões que, no dia a dia, são usadas com muita frequência, mas, não raro, de maneira equivocada ou, pelo menos, não suficientemente clara e precisa, como é o caso

de "rendimento real", "rendimento atingível", "rendimento potencial" e "potencial de rendimento", e suas inserções em estratégias de segurança alimentar.

2. Conceitos de rendimento e segurança alimentar

Quer seja em âmbito do sistema global de alimentação ou em escala de nações, as estimativas de abastecimento de um produto agrícola qualquer, especialmente no caso dos cultivos produtores de grãos, são obtidas pela multiplicação entre área cultivada e rendimento (produção por unidade de área). Este fato, por si mesmo, justifica a necessidade de um melhor entendimento da dinâmica dessas duas variáveis (área cultivada e rendimento) e sua inserção em estratégias de manejo voltadas à garantia de segurança alimentar em um planeta que, nos últimos 10 mil anos, transformou-se em uma grande fazenda global.

Pelas estatísticas da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), somam 4,92 bilhões de hectares (ha) a área economicamente explorada com agricultura no mundo, sendo, 1,54 bilhões de ha com cultivos tipo cereais, oleaginosas, fruteiras e espécies olerícolas, e 3,38 bilhões de ha com pastagens (nativas e cultivadas), que dão sustentação à pro-

dução animal. Isso corresponde a 38% da superfície terrestre livre de gelo ocupada em agricultura. Indiscutivelmente, o maior uso da terra no planeta é em agricultura. E, ainda, estamos ocupando o que há de melhor em termos de terras, pois o restante abrange desertos, montanhas, tundras, cidades, reservas ecológicas e áreas "inadequadas" para a agricultura. Indubitavelmente, o planeta Terra vem sendo cultivado mais do que nunca. Em termos de biomas, já foram convertidos para a agricultura (cultivo vegetal e produção animal): 70% dos campos, 50% das savanas (cerrado brasileiro, por exemplo), 45% das florestas temperadas e 27% das florestas tropicais.

De tudo que é produzido em agricultura no mundo (em quantidade de massa), estima-se que 62% sejam usados diretamente para consumo humano, 35% em alimentação de animais (indiretamente também consumidos pelos humanos) e o restante 3% distribuídos entre a produção de biocombustíveis, reserva de sementes e outros usos industriais.

Nesse momento, quando já somos sete bilhões de criaturas humanas sobre a face da Terra, com o diagnóstico de que uma a cada sete pessoas no mundo sofre algum tipo de fome ou desnutrição e a perspectiva de chegarmos a uma população de nove bilhões de seres humanos ainda antes do ano 2050, pode-se mensurar



Fotos: D.N. Cassen

o tamanho do desafio (e oportunidade de negócio) que está posto para agricultura mundial. Paralelamente ao compromisso moral de acabar com a fome no mundo (ou reduzir à metade, conforme a meta do milênio, até o ano 2015), diante do crescimento populacional, da mudança de hábitos alimentares (aumento no consumo de carnes e lácteos) e do avanço dos agrocombustíveis, estima-se, para que haja garantia de segurança alimentar no planeta, que a produção agrícola no mundo seja, no mínimo, duplicada até meados do século 21. O desafio é buscar soluções para, simultaneamente, aumentar a produção de alimentos e reduzir os danos ambientais. Ou seja: produzir mais e com menos danos ao ambiente. Como isso pode ser feito?

Em extensiva análise publicada na revista Nature, edição de 20 de outubro de 2011, sob o título "Solutions for a cultivated planet", Jonathan A. Foley

e colaboradores (FOLEY et al., 2011), embasados no diagnóstico e cenário futuro supra apresentados, discutem as estratégias que ora se mostram como as mais viáveis para o equacionamento da delicada questão envolvida com o aumento da produção de alimentos e a preservação ambiental. Inquestionavelmente, temos que deixar de tangenciar a necessidade de busca de soluções para problemas afetos à atividade agrícola (embora não exclusivamente), que dizem respeito à emissão de gases causadores de efeito estufa (gás carbônico, metano e óxido nitroso; especialmente), à perda da biodiversidade e à necessidade de valoração dos serviços ambientais.

Foram quatro as estratégias analisadas por Foley et al. (2011). Nenhuma delas, isoladamente, é solução para o problema. A primeira, por razões óbvias, envolveu a proposta de paralisação da expansão da agricultura (limitar

o aumento de área), especialmente na região tropical, em que se estima uma derrubada anual de 5 a 10 milhões de hectares de floresta. Essa estratégia, se adotada, exige, como corolário, o caminho da intensificação sustentável da agricultura, que se insere na estratégia de diminuição da diferença entre os rendimentos reais, que são atualmente obtidos, e os rendimentos atingíveis ou potências. Há oportunidade para se aumentar rendimento dos cultivos onde esses são limitados pelo manejo inadequado, a exemplo de vastas regiões na África, na América Latina e no leste europeu, e/ou pela via da inovação tecnológica. A terceira estratégia foi a de aumentar a eficiência de uso de recursos do ambiente (água e nutrientes, por exemplo). E, por fim, melhorar a logística de distribuição de alimentos, reduzindo o desperdício (que pode chegar a 1/3 de tudo que é produzido) e, quem sabe, por que não

SETT[®]

MAIOR PEGAMENTO DE VAGENS



3.149 kg/ha

Testemunha



+ 16%
vagens

+ 8 sc/ha

3.645 kg/ha

SETT

Amostragem de
20 plantas por
tratamento



Testemunha



SETT

Benefícios

- ✓ Maior fixação de flores e vagens
- ✓ Maior qualidade e peso de grãos
- ✓ Ganhos em produtividade



Stoller do Brasil Ltda

Tel: (19) 3707 1200 - Fax: (19) 3707 1201

www.stoller.com.br - info@stoller.com.br

envolver também mudanças de hábitos alimentares e de dietas.

Pelo exposto, não há soluções simples e nem genéricas para reconciliar produção agrícola, conservação ambiental e segurança alimentar. Não obstante, a interferência na variável rendimento dos cultivos parece ser a mais plausível, reforçando ainda mais a necessidade de entendimento desse conceito, cujas expressões mais comumente usadas são "rendimento real", "rendimento atingível", "rendimento potencial" e "potencial de rendimento".

O rendimento real é a média de rendimento (kg/ha) de uma cultura em escala municipal, regional ou de lavoura, em determinada safra (ou média de safras). É resultado das condições de solo, de clima, do nível de tecnologia e da habilidade do agricultor, por isso podendo ser considerado como sinônimo de rendimento médio de agricultores (yMedAg). Por sua vez, o chamado rendimento atingível corresponde ao melhor rendimento obtido com o uso pleno da melhor tecnologia disponível. São rendimentos alcançados experimentalmente (yExp) ou pelos agricultores de melhor desempenho produtivo (yMaxAg), em uma dada região. Rendimento potencial (yP) corresponde ao rendimento máximo que poderia ser obtido por uma cultura, em um dado ambiente, em função da fisiologia da espécie. Às vezes confunde-se rendimento potencial com potencial de rendimento (Py), que é o rendimento de uma cultivar em um ambiente para o qual é adaptada, sem limitação de nutrientes, de água e na ausência de danos causados por pragas, doenças ou competição com plantas daninhas. Rendimento potencial no âmbito de espécie (atributo fisiológico) e potencial de rendimento de cultivar, envolvendo além de ambiente, também práticas de manejo. Havendo aqueles que, conscientemente, usam rendimento potencial e potencial de rendimento como sinônimos (LOBELL et al., 2009, por exemplo).

Evans & Fischer (1999) sugerem que o termo rendimento potencial seja usado para o rendimento máximo que pode ser atingido por uma cultura em um dado ambiente, conforme estimativas de modelos de simulação

a partir de suposições fisiológicas e agrônomicas plausíveis. Segundo esses autores, potencial de rendimento deveria ser usado, preferencialmente, para mensurar comparações entre cultivares, e rendimento potencial para comparações entre diferentes culturas e diferentes ambientes, além de traçar o futuro para os limites de rendimento dos cultivos.

As diferentes categorias de rendimento – potencial de rendimento (Py), rendimento potencial (yP), rendimento de experimentos (yExp), rendimento máximo obtido por agricultores (yMaxAg) e rendimento médio de agricultores (yMedAg) – são esquematicamente representadas na Figura 1. Nessa, ficam expressas as diferenças (Δ) que existem entre as categorias de rendimento, possibilitando, a partir do esquema geral aplicado ao caso concreto, quantificar a possibilidade de avanço e a identificação das melhores táticas de manejo de cultivo para propósitos específicos. Matematicamente, a partir do rendimento médio de agricultores (yMedAg), tem-se as seguintes diferenças de rendimento:

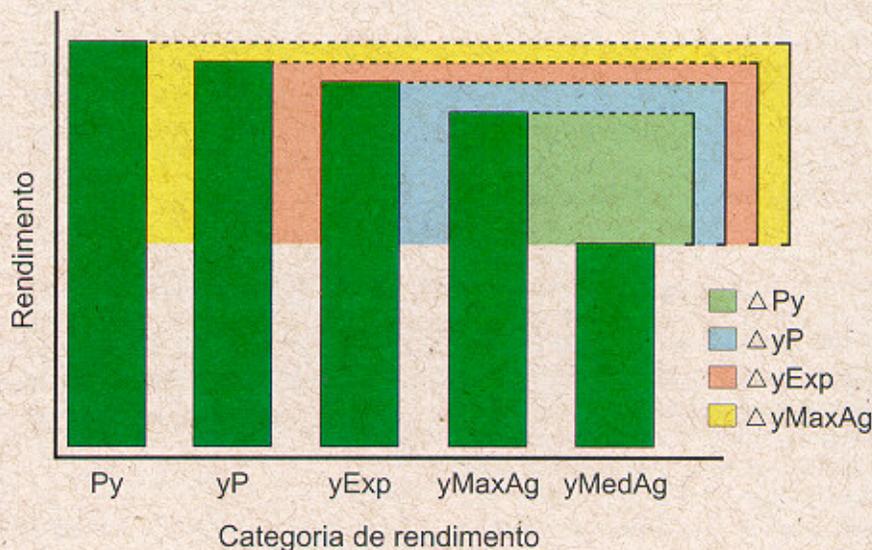
$$\Delta Py = (Py - yMedAg) \quad (1)$$

$$\Delta yP = (yP - yMedAg) \quad (2)$$

$$\Delta yExp = (yExp - yMedAg) \quad (3)$$

$$\Delta yMaxAg = (yMaxAg - yMedAg) \quad (4)$$

Sadras et al. (2009), em ordem crescente de magnitude, hierarquizam rendimento real, seguido de rendimento atingível, depois por rendimento potencial e, no grau mais avançado da escala, potencial de rendimento. Adotando esse ordenamento, em relação às diferenças de rendimento, tem-se: $\Delta yMaxAg \leq \Delta yExp < \Delta yP < \Delta Py$. Conforme expressa a Figura 2, com base em análise de categorias de rendimento conceitualmente construídas a partir de Rabbinge (1993), Evans & Fischer (1999), Sadras et al. (2009) e Lobell et al. (2009), intervenções táticas de manejo de cultivos podem estreitar essas diferenças de rendimento, via a gestão de fatores protetores e promotores do rendimento, combinadas com estratégias de otimização da exploração dos fatores de definição de rendimento. Identificar e entender as



Py - potencial de rendimento

yP - rendimento potencial

yExp - rendimento de experimentos

yMaxAg - rendimento máx. obtido por agricultores

yMedAg - rendimento médio de agricultores

Figura 1. Categorias de rendimento em agricultura (construída a partir de RABBINGE, 1993; EVANS & FISCHER, 1999, SADRAS et al., 2009 e LOBELL et al., 2009).

Fatores determinantes do rendimento dos cultivos

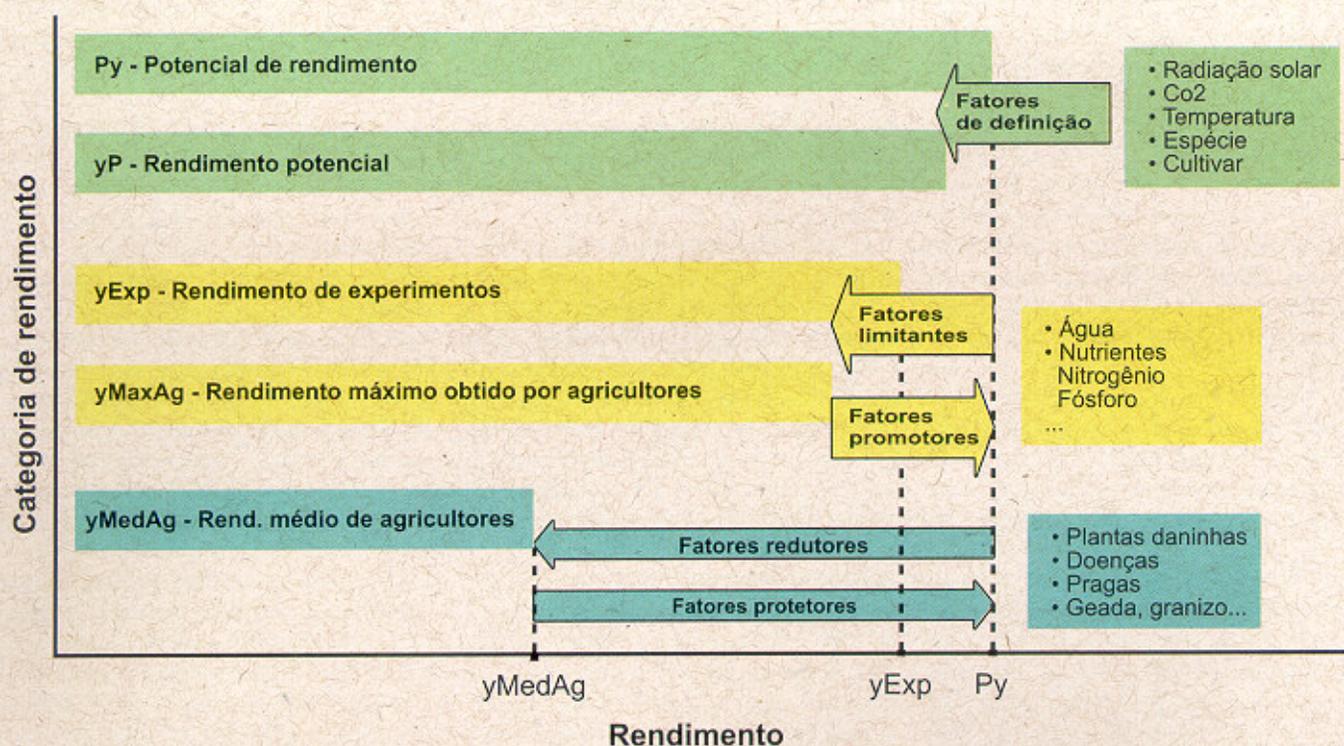


Figura 2. Fatores determinantes do rendimento dos cultivos (construída a partir de RABBINGE, 1993; EVANS & FISCHER, 1999, SADRAS et al., 2009 e LOBELL et al., 2009).

causas de distanciamento entre esses níveis hierárquicos de rendimento dos cultivos e buscar, pela via da inovação tecnológica, a redução dessas diferenças é o desafio que compete às ciências agrárias, no seu papel de garantir a segurança alimentar globalmente.

3. Considerações finais

O relevante é que se busque aproximar as categorias de rendimento de seus limites superiores, estreitando as diferenças. Para tal, não obstante o entendimento que 80% do potencial de rendimento possa ser considerado o máximo alcançável pelos rendimentos reais (LOBELL et al., 2009), a gestão tática e estratégica do rendimento dos cultivos não pode ser dissociada do enfoque de sistemas em agricultura. Nesse caso, tomando-se por base as definições postas por Loomis & Connor (1988) e suas possíveis adaptações para a língua portuguesa, há que se considerar, no caso concreto:

(1) sistema de cultivo (cropping system) – refere-se a uma cultura agrícola, trigo ou soja por exemplo, e suas práticas de manejo associadas;

(2) sistema de produção (farming system) – nesse caso, o enfoque é o gerenciamento da propriedade agrícola com uma filosofia de empreendimento econômico, envolvendo a exploração de diferentes culturas e animais, de forma isolada ou em integração, e práticas de manejo; e

(3) sistema agrícola (agricultural system) – quando se refere à organização regional dos diferentes sistemas de produção, com destaque para as suas similaridades, que, de uma maneira ou de outra, acabam sendo identificadas como próprias de uma determinada região ou país.

Referências bibliográficas

- EVANS, L.T.; FISCHER, R.A. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Science*, v.39, p.1544-1551, 1999.
- FOLEY, J.A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.A. et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, v. 478, p. 337-342, 2011.
- LOBELL, D.B.; CASSMAN, K.G.; FIELD, C.B. Crops yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environmental Resource*, v. 34, p.179-204, 2009.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. *Crop ecology-productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press, 538p. 1998.
- RABBINGE, R. The ecological background of food production. In: *Crop Protection and Sustainable Agriculture*. Ciba Foundation Symposium 177. John Wiley and Sons, 1993. p. 2-29
- SADRAS, V.; CALDERINI, D.; CONNOR, D. Sustainable Agriculture and Crop Physiology. In: SADRAS, V.; CALDERINI, D. (Eds.). *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Academic Press, 2009. p.1-20.