

CONVERSÃO ENERGÉTICA DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS ENVOLVENDO TRIGO

Henrique Pereira dos Santos^{1(*)}, Genei Antonio Dalmago¹, Anderson Santi¹ e Renato Serena Fontaneli^{1,2}

¹Embrapa Trigo. Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 3081, CEP 99050-970 Passo Fundo, RS. (*)Autor para correspondência: henrique.santos@embrapa.br

²Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/UPF. Campus I, São José, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

A necessidade em se produzir alimento, para atender demanda crescente da população, vem se constituindo em um grande desafio. Com o objetivo de amenizar este problema, surgem inovações tecnológicas agrícolas que visam ao aumento da produtividade, demandando, na maioria dos casos, uma maior quantidade de energia, como por exemplo, sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas (Muller et al., 2017). Esse aumento na energia requerida é suprido pelo uso de energia fóssil, tendo em vista a maior utilização de insumos como fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos (Santos et al., 2013). A preocupação com o gasto dessa energia deve-se ao fato da escassez dos recursos energéticos, o que está ameaçando a sustentabilidade dos sistemas de produção de grãos.

O sistema de monocultura convencional de produção, baseado na agroquímica, causa redução na eficiência energética, devido à pequena cobertura do solo (que induz perdas de água por evaporação e por erosão), associado à grande dependência de insumos externos (adubos minerais e agroquímicos, ambos de alto custo energético) (Teixeira et al., 2008). Nesse sentido, o emprego de práticas que reduzam os problemas delineados pode ser a alternativa para aumento da eficiência dos sistemas produtivos de grãos, especialmente pelo emprego de rotações de culturas e pelo manejo de espécies

próprias para adubação verde, para cobertura do solo e fixação de carbono e nitrogênio (Ferreira et al., 2014). O presente trabalho teve, por objetivo, avaliar sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na conversão energética.

Os dados que serviram de base para a realização desse trabalho foram oriundos de rendimento de grãos, de rendimento de matéria seca, da quantidade de nitrogênio (N) na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies das parcelas do experimento de longa duração com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, instalado em 1985 na área experimental da Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS.

Os tratamentos consistiram em quatro tipos de manejo de solo: 1) plantio direto, 2) cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão, e três sistemas de rotação de culturas: sistema I - trigo/soja em monocultura; sistema II - trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho; e sistema III - trigo/soja, ervilhaca/sorgo ou milho e aveia branca/soja.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal (4 m de largura por 90 m de comprimento) foi constituída pelo manejo de solo, e as subparcelas (4 m de largura por 10 m de comprimento), pelas culturas componentes das rotações de culturas. A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a indicação para cada cultura (Manual..., 2016). A época de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram feitos seguindo-se as indicações de cada cultura. A colheita foi realizada com colhedora especial para parcelas experimentais, exceto na cultura de milho e sorgo, que foram realizadas manualmente. O rendimento de grãos de aveia branca, de milho, de soja, de sorgo e de trigo foi corrigido para umidade de 13%.

Na quantificação dos dados das culturas, utilizaram-se as matrizes de produção, a partir das quais se procederam as transformações para contabilizar a energia disponível e a consumida nesses processos (Santos et al., 2013). Para os cálculos dos diversos índices de conversão energética, foram empregados dados e orientações gerados por Santos et al. (2013). No caso da ervilhaca,

considerou-se como rendimento a contribuição auferida com base no percentual de N e palha da matéria seca. Os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

Como energia disponível ou receita energética, considerou-se a transformação em energia do rendimento de grãos, da quantidade de N na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies. Como energia consumida ou energia cultural, estimou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas e inseticidas usados em todos os tipos de manejo de solo ou de rotação de cultura, bem como a energia consumida em operações (semeadura, adubação, aplicação de agroquímicos e colheita). A conversão energética foi resultante da divisão da energia disponível pela consumida, em cada tipo de manejo de solo ou de rotação de culturas.

A análise estatística consistiu na análise de variância da conversão energética, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, nas safras agrícolas de 2010/2011 a 2017/2018. Na análise da variância, consideraram-se a energia disponível e a consumida pelas culturas. Nas análises conjuntas, consideraram-se os tratamentos como efeito fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Os parâmetros em estudo foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico SAS versão 9.4 (SAS, 2017). As médias dos tipos de manejo de solo ou de rotação de culturas foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

A análise de variância da conversão energética, do conjunto dos anos, resultou em efeito significativo dos anos, dos tipos de manejo de solo e das rotações de culturas. Quanto à conversão energética isolada das culturas de inverno e de verão dos sistemas de manejo do solo, houve diferença entre as médias de cada ano. No período de estudo, entre as culturas produtoras de grãos e de cobertura do solo, de inverno e de verão, o milho e o sorgo foram mais eficientes na conversão de energia, em comparação com aveia branca, ervilhaca, soja e trigo. No período de 2010/2011 a 2017/2018, houve diferença, em cinco dos oito anos estudados, na conversão energética anual (inverno + verão) e na média dos anos entre os sistemas de manejo de solo. Na safra

agrícola de 2012/2013, o sistema plantio direto foi superior para conversão energética, em comparação com o preparo convencional de solo com arado de aivecas, e não diferiu do preparo convencional de solo com arado de discos e cultivo mínimo. Nas safras agrícolas de 2013/2014 e de 2014/2015, o sistema plantio direto mostrou maior valor de conversão energética do que o dos demais tipos de manejo de solo. Na safra agrícola de 2016/2017, o sistema plantio direto, o preparo convencional de solo com arado de aivecas e o cultivo mínimo apresentaram maior índice de conversão energética do que o preparo de solo com arado de discos. Na safra agrícola de 2017/2018, o sistema plantio direto e o cultivo mínimo destacaram-se para os valores de conversão energética, em relação aos sistemas de preparo convencionais de solo. Na média conjunta do período estudado, o sistema plantio direto (12,31 Mcal/ha) obteve conversão energética superior à do cultivo mínimo (11,33 Mcal/ha) e à dos preparos convencionais de solo com arado de discos (9,94 Mcal/ha) e com arado de aivecas (10,21 Mcal/ha). O cultivo mínimo situou-se em posição intermediária para os índices de conversão energética.

Na maioria dos oito anos estudados e na análise da média do conjunto dos anos, houve diferenças entre a conversão energética dos diferentes sistemas de rotação de culturas. O valor mais elevado, na maioria das safras, manifestou-se sob rotação de culturas, nos sistemas II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho) e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo ou milho), quando comparado ao sistema monocultura trigo/soja. A rotação de culturas (sistemas II e III) foi mais eficiente na conversão de energia que a monocultura trigo/soja (sistema I). Essa eficiência pode ser explicada, em parte, pela quantidade de palha remanescente de milho ou de sorgo, adicionada como energia produzida, que, neste estudo, foi maior do que a das culturas de inverno e a de soja. Em relação ao índice de conversão energética, os sistemas II (11,32 Mcal/ha) e III (11,34 Mcal/ha) mostraram, na análise da média conjunta dos anos, serem superiores ao sistema I (9,04 Mcal/ha). Isso pode ser devido, em parte, à cultura do milho ou do sorgo, que mostraram maior conversão energética do que a soja e as espécies de inverno. Os tipos de manejo de solo e de rotação de culturas avaliados apresentaram índices de conversão energética positivos

(acima de 1,0 Mcal/ha), o que significa que todos produziram mais energia do que consumiram (9,04 Mcal/ha a 12,31 Mcal/ha). Nesse caso, os tipos de manejo de solo ou de rotação de culturas estudados podem ser considerados sustentáveis do ponto de vista energético.

Conclui-se que os maiores índices de conversão energética ocorrem no sistema plantio direto, em comparação aos demais tipos de manejo de solo. Os sistemas de rotação trigo/soja e ervilhaca/sorgo e trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja, por serem mais eficientes na conversão de energia, devem ser preferidos, em substituição à monocultura trigo e soja.

Referências

- FERREIRA, F. de F.; NEUMANN, P. S.; HOFFMANN, R. Análise da matriz energética e econômica das culturas de arroz, soja e trigo em sistemas de produção tecnificados no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 380-385, 2014.
- MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.
- MULLER, J.; LEVIEN, R.; MAZURANA, M.; ALBA, D.; CONTE, O.; ZULPO, L. Energy balance in crop-farming system under soil management and cover crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 3, p. 348-353, 2017.
- SAS Institute. **SAS system for microsoft windows version 9.4**. Cary, 2017.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Conversão e balanço energético de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2013.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; AHMAD, N. D.; MOURA, M. S. B.; BOS, M. G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, n. 1/2, p. 110-127, 2008.