

## 11. Efeito de sistemas de rotação de culturas na conversão e no balanço energético envolvendo a cultura de trigo

Santos, H.P. dos<sup>1</sup>, Fontaneli, R.S.<sup>1,2</sup>; Spera, S.T.<sup>1,3</sup>; <sup>4</sup>Paza, A.P. ;<sup>(1)</sup> Embrapa Trigo Cx. P. 451. CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br; <sup>(2)</sup> Professor da UPF/FAMV. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. Bolsista do CNPq-PQ. <sup>(3)</sup> Doutorando do PPGAgro/UPF. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br. <sup>(4)</sup> Acadêmica de agronomia da FAMV/UPF. Bolsista de IC da FAPERGS.

A análise energética de agrossistemas tem por objetivo descrever os fluxos energéticos e respectivo funcionamento e determinar o grau de eficiência energética a partir de medidas parciais (De Mori, 1998). A análise de fluxo energético requer a unificação do produto de diferentes fontes e conversores de energia, como máquinas, trabalho humano e combustível, em uma mesma unidade calórica (Comitre, 1995).

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de sistemas de rotação de culturas na conversão e no balanço energético envolvendo a cultura de trigo.

Dados de rendimento de grãos obtidos no experimento de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, de 1997 a 2003, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico serviram de base para este trabalho.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) preparo de solo com implemento para cultivo mínimo marca Jan, 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/milho ou sorgo) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo 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 pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas (4 m de largura por 10 m de comprimento), pelas culturas componentes das rotações de culturas. No presente trabalho serão abordados os dados sobre sistemas de rotação de culturas.

As amostragens de solo, para determinação dos níveis de nutrientes e do conteúdo de matéria orgânica, foram realizadas em todas as parcelas, após a colheita das culturas de inverno e de verão.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados para cada cultura, conforme a recomendação, e a colheita das culturas produtoras de grãos foi realizada com colhedora especial para parcelas experimentais. O rendimento de grãos de aveia branca, milho, soja e trigo foi corrigido para umidade de 13 %.

Na quantificação dos dados obtidos das culturas utilizou-se as matrizes de produção a partir das quais procederam as transformações para contabilizar a energia disponível e consumida nestes processos. Para os cálculos dos diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos, quantidade de palha

remanescente, quantidade de N na matéria seca e operações de campo, foram empregados dados e orientações gerados por Pimentel (1980), Zentner et al. (1984), Embrapa (1991), Freitas et al. (1994), Marchioro (1985), Monegat (1998) e Santos et al. (2001). No caso da ervilhaca, de 1997 a 2003, considerou-se como rendimento a contribuição auferida considerando percentual de nitrogênio da matéria seca (Tabela 1). Os dados foram transformados em MJ ( $\text{kcal} \times 1.000 \times 4,186\text{J}$ ).

Como energia disponível ou receita energética ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), 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 disponível ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), considerou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas e inseticidas usados em cada sistema de rotação de culturas, bem como a energia consumida pelas operações (semeadura, adubação, aplicação de defensivos e colheita). A conversão energética resulta da divisão da energia disponível ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ) pela consumida ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), em cada sistema de. O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ) e a consumida ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), em cada sistema de rotação de culturas.

A análise estatística consistiu na análise de variância da conversão energética e do balanço energético, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, nos períodos de 1997 a 2003. Na análise da variância, consideraram-se as energias disponível e consumida pelas culturas componentes dos sistemas de rotação de culturas estudados. Nas análises conjuntas, consideraram-se os tratamentos como efeito fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Devido ao número de parcelas diferentes por rotação de culturas, a avaliação, em todas as análises, foi realizada pelo teste F, usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas envolvidos em cada comparação. O método de contrastes compara os sistemas dois a dois, em uma unidade de base homogênea.

Na maioria das safras estudadas e na análise da média do conjunto dos anos, houveram diferenças significativas entre a conversão energética dos diferentes sistemas de rotação de culturas (Tabela 1). O valor mais elevado, na maioria das safras, no tocante à conversão energética, manifestou-se sob rotação de culturas, nos sistemas II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e III (trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo e aveia branca/soja), do que no sistema I (trigo/soja), com monocultura de inverno e de verão.

Na análise da média conjunta das safras, os sistemas II e III mostraram-se superiores ao sistema I para o índice de conversão energética. Isso, pode ser devido, em parte, às culturas de milho e de sorgo que apresentaram maior conversão energética do que a soja e as demais espécies de inverno estudadas. Além disso, no presente estudo, o milho produziu mais palha do que o trigo. Portanto, a rotação de culturas (sistemas II e III) foi mais eficiente na conversão de energia, em relação à monocultura trigo/soja (sistema I). Essa eficiência dos sistemas de rotação de culturas pode ser explicada, em parte, pela quantidade de palha remanescente do milho e do sorgo, adicionadas como energia disponível que nesse estudo foi maior do que as culturas de inverno e que a da soja.

Nesse estudo, o milho foi a espécie que apresentou maior conversão energética, daí a importância dessa gramínea em sistemas de rotação de culturas. Neste trabalho, os sistemas de rotações de culturas avaliados mostraram índices

de conversão energética positivo, o que significa que todos produziram mais energia do que consumiram. Nesse caso, os sistemas de rotação de culturas estudados podem ser considerados sustentáveis do ponto de vista energético.

Em todas as safras estudadas e na média conjunta das safras, comparadas duas a duas, houve diferenças significativas entre o balanço energético obtido nos diferentes sistemas de rotação de culturas avaliados (Tabela 2). Na média conjunta das safras (de 1997/98 a 2003/04), para o índice de balanço energético, os sistemas II e III foram estatisticamente semelhantes entre si, e superiores ao sistema I. Isso, pode ser devido, em parte, a cultura de milho ou de sorgo que foi a espécie mais eficiente no aproveitamento da energia disponível. Para o balanço energético, repetiu-se, em parte, o desempenho da conversão energética dos sistemas de rotação de culturas, na qual os sistemas II e III superaram a monocultura trigo/soja (sistema I). Por incorporarem a prática de rotação de culturas em suas composições, devem ser preferidos, em substituição ao sistema I, monocultura trigo/soja.

Os maiores índices de conversão energética e de balanço energético ocorreram nos sistemas II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e III (trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo e aveia branca/soja).

## Referências bibliográficas

COMITRE, V. A eficiência energética na atividade florestal. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.25, n.10, p.61-67, 1995.

DE MORI, C. Mensuração do desempenho produtivo de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos. 1998. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. 3.ed. Concórdia, 1991. 97p. (Documentos, 19).

FREITAS, E.A.G. de; DUFLOTH, J.H.; GREINER, L.C. Tabela de composição química-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 1994. 33p. (Documentos, 155).

MARCHIORO, N.P.X. Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas. In: *TREINAMENTO EM ANÁLISE ECOENERGÉTICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS*, 1., 1985, Curitiba, PR. Curitiba : Iapar, 1985. p.24-40.

MONEGAT, C. Avaliação multidimensional do desempenho do manejo do solo no sistema do pequeno agricultor. 1998. 144f. Tese (Mestrado em Agrossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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

SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; IGNACZAK, J.C.; SCHENEIDER, G.A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.1, n.2, p.191-198, 2001.

ZENTNER, R.P.; CAMPBELL, D.W.; CAMPBELL, C.A.; REID, D.W. Energy consideration of crop rotation in southwestern Saskatchewan. *Canadian Agricultural Engineering*, Ottawa, v.26, n.1, p.25-29, 1984.

**Tabela 1.** Efeito de sistemas de rotação de culturas na conversão energética nas safras (inverno + verão) de 1997/98 a 2003/04. Passo Fundo, RS

Saфра	Conversão energética (MJ ha <sup>-1</sup> )					
	Sistema de rotação de culturas (inverno + verão) <sup>1</sup>					
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	I x II	I x III	II x III
	Contraste entre sistemas (P>F)					
1997/98	51,99	59,99	58,44	ns	ns	ns
1998/99	33,74	56,55	54,71	**	**	ns
1999/00	49,81	72,33	69,86	**	**	ns
2000/01	54,08	74,93	75,52	**	**	ns
2001/02	40,73	69,61	62,92	**	**	**
2002/03	51,78	88,58	78,70	**	**	**
2003/04	22,73	44,37	37,38	**	**	**
Média	43,55	66,62	62,50	**	**	ns

<sup>1</sup>Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo; e Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.  
ns: não significância; e \*\*: nível de significância de 1 % (teste F para contrastes).

**Tabela 2.** Efeito de sistemas de rotação de culturas no balanço energético nas safras (inverno + verão) de 1997/98 a 2003/04. Passo Fundo, RS

Saфра	Balanço energético (MJ ha <sup>-1</sup> )					
	Sistema de rotação de culturas (inverno + verão)					
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	I x II	I x III	II x III
	Contraste entre sistema (P>F)					
1997/98	171.212	145.321	152.772	ns	ns	ns
1998/99	106.140	148.192	154.108	*	**	ns
1999/00	170.751	179.383	194.854	ns	ns	ns
2000/01	149.382	176.649	198.027	ns	**	ns
2001/02	113.210	137.841	145.970	**	**	*
2002/03	172.626	200.723	199.848	**	*	ns
2003/04	70.404	95.713	88.433	**	**	**
Média	136.246	154.832	162.002	*	**	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

ns: não significância; \*: nível de significância de 5 % (teste F para contrastes); e \*\*: nível de significância de 1 % (teste F para contrastes).