

CONVERSÃO E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS COM PASTAGENS ANUAIS DE INVERNO, SOB PLANTIO DIRETO

Henrique Pereira dos Santos¹, Renato Serena Fontaneli², Ana Maria Vargas³ e Amauri Colet Verdi³

¹Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: henrique.santos@embrapa.br.

²Pesquisador da Embrapa Trigo e Professor Titular da FAMV-UPF. ³Acadêmico de Agronomia da UPF, Passo Fundo, RS. Bolsista de Iniciação Científica.

No Brasil, pouca atenção se tem dado às formas e caminhos com que os fluxos energéticos se distribuem nos sistemas produtivos (Campos & Campos, 2004). Na agropecuária, a atenção tem sido voltada a novas fontes de energia (biomassa) ou em tecnologia alternativa, visando à racionalização do uso de energia fóssil. Uma das maneiras de se avaliar a disponibilidade e o consumo de energia poderia ser através da conversão e do balanço energético. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição de culturas de inverno e de verão para conversão e balanço energético de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPIILP).

Foram obtidos dados de rendimento de grãos, rendimento de matéria seca, da quantidade de nitrogênio (N) na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies avaliadas no experimento de SPIILP, instalado na Embrapa Trigo, no município de Coxilha (RS) de 2009 a 2010. Os tratamentos foram constituídos por seis SPIILP; Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho; III: trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja; IV: trigo/soja e ervilha/milho; V: trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja; e VI: trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Como energia disponível ou receita energética (MJ/ha), considerou-se a transformação em energia do

rendimento de grãos, do rendimento de matéria seca, da quantidade de N na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies. Como energia consumida (MJ/ha), estimou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas e inseticidas usados em cada SPILP, bem como a energia consumida pelas operações (semeadura, adubação, aplicação de pesticidas e colheita). A conversão energética resulta da divisão da energia disponível pela consumida, em cada SPILP. O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível e a consumida, em cada SPILP. Os dados foram transformados em MJ (kcal x 1.000 x 4,186). A análise estatística consistiu na análise da variância de conversão e balanço energético, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, no período de 2009 e 2012. Na análise de variância, consideraram-se a energia disponível e consumida pelas culturas que compõem os SPILP. Nas análises conjuntas, consideraram-se os tratamentos com efeito fixo, e o efeito do ano, como aleatório. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

As análises de variância da conversão e do balanço energético do conjunto dos anos apresentaram efeito significativo para anos e SPILP. As médias da conversão e do balanço energético anual e no conjunto do período de 2009 a 2012, e as comparações estatísticas, do rendimento de grãos, de matéria seca, das culturas de inverno e de verão, dos seis SPILP, encontram-se nas tabelas de 1 e 2. Quanto à conversão energética isolada das culturas de inverno e de verão dos seis SPILP, no período de 2009 a 2012, houve diferença entre as médias dos anos e na média do período (Tabela 1). Das espécies produtoras de grãos de inverno e de verão, o milho foi a mais eficiente na conversão de energia de todas as demais culturas estudadas. A ervilhaca, soja, trigo de duplo propósito, triticale de duplo propósito, trigo e aveia branca de duplo propósito, situaram-se numa posição intermediária para conversão energética. Deve-se levar em conta que, nesse período, algumas espécies foram semeadas com dupla finalidade, ou seja, ofertar biomassa aos animais e ainda produzir grãos, como foi o caso da aveia branca, de uma cultivar de trigo e de triticale. Nesse período de estudo, a ervilhaca foi mais eficiente na conversão de energia do que

a ervilha. Deve-se levar em consideração que a ervilhaca foi semeada sem adubação de manutenção e praticamente não teve nenhum ataque de doença ou praga, nesse período de estudo. Tanto a ervilhaca quanto a ervilha, foram semeadas como cobertura, com a finalidade de produzir palha ao solo e adubação verde, antecedendo a cultura de milho. Notou-se, assim, que a ervilha não produziu ao longo dos anos tanta biomassa quanto à ervilhaca, conseqüentemente, produziu menor percentual de N em relação a esta. No caso das leguminosas de cobertura de solo e de adubação verde, reduziu-se a entrada de energia fóssil, especialmente aquela relacionada à aplicação de fertilizantes. A aveia preta, para pastejo, foi a espécie de menor retorno energético.

Porém, é preferível a análise dos SPILP em vez de analisar as culturas isoladamente (Tabela 1). No período de 2009 a 2012, em três dos quatro anos estudados, na conversão anual (inverno + verão) e na média dos anos, houve diferença entre os SPILP. Na média dos anos, os sistemas I e IV foram os mais eficientes energeticamente diferindo significativamente dos sistemas II, III, V e VI. A razão dessa diferença a favor dos sistemas I e IV, em relação aos demais sistemas estudados (II, III, V e VI), pode estar relacionada à presença da cultura de milho, que por sua vez, foi antecedida por ervilha e ervilhaca. Como as culturas de adubação de inverno foram semeadas sem adubação de manutenção, isso demandou menos energia consumida e ao mesmo tempo, mais energia disponível aos referidos sistemas, e ao milho que foi cultivado sem adubação de cobertura nitrogenada. Isso por si só tornou os sistemas I e IV mais eficientes energeticamente, repercutindo diretamente na conversão energética dos sistemas.

Quanto ao balanço energético isolado das culturas de inverno e de verão dos seis SPILP, no período de 2009 a 2012, houve diferença entre as médias dos anos e na média do período (Tabela 2). Das espécies produtoras de grãos de inverno e de verão, o milho foi a mais eficiente no balanço de energia de todas as demais culturas estudadas. A soja, trigo de duplo propósito e triticale de duplo propósito, situaram-se numa posição intermediária para os valores de balanço energético. A aveia branca cultivada com duplo propósito não diferiu das

demais espécies que foram pastejadas com dupla finalidade. As culturas de cobertura do solo (ervilha e ervilhaca) e pastagem de aveia preta foram às espécies de menor retorno energético. Porém, todas as espécies estudadas, tanto no inverno como no verão, consumiram menos energia do que retiraram do sistema.

De modo similar à conversão energética, é preferível analisar o balanço energético na forma de SPILP, em vez de analisar as culturas isoladamente. Em todos os anos estudados, no balanço energético anual (inverno + verão) e na média dos anos, houve diferença entre os SPILP (Tabela 2). Na média dos anos, o sistema II foi o mais eficiente energeticamente, em relação aos demais sistemas estudados. Os sistemas I, IV e V situaram-se numa posição intermediária para os índices de balanço energético. Pode-se dizer, em parte, que a maior diferença do balanço energético, nesse caso, em relação aos sistemas III e VI, deve-se à cultura de milho que foi a espécie de mais elevado retorno energético.

Concluindo, a cultura de milho destacou-se, nesses períodos de estudo, como a de maior retorno energético, em relação às demais culturas produtoras de grãos e às pastagens de inverno. Entre as culturas de cobertura de solo e de adubação verde de inverno, a ervilhaca foi a mais eficiente na conversão de energia. Os sistemas I (trigo/soja e ervilhaca/milho) e IV (trigo/soja e ervilha/milho) foram os mais eficientes para conversão energética e o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho) para balanço energético. A integração de lavoura com pecuária sob sistema plantio direto foi viável, pois mostra conversão e balanço energético positivo.

Referências bibliográficas

CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, v.34, p.1977-1985, 2004.

Tabela 1. Conversão energética da produtividade de matéria seca das culturas e dos sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (MJ/ha), sob plantio direto, na média dos anos, de 2009 a 2012. Passo Fundo, RS¹

Cultura	Ano				Média
	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	
	Conversão energética das culturas ²				
Ab (duplo propósito)	28,96 cd	43,97 d	43,23 bc	26,43 cd	35,65 c
Ap (pastagens)	13,89 de	23,32 e	28,42 d	21,12 de	21,69 d
Ervilha	5,42 e	21,11 e	2,96 e	15,61 e	11,28 e
Ervilhaca	32,81 c	81,81 b	50,98 b	43,31 b	52,22 b
Milho	126,71 a	115,81 a	66,20 a	94,65 a	100,84 a
Soja	69,10 b	63,86 c	29,23 d	34,46 bc	49,16 b
Tl (duplo propósito)	25,38 cd	42,40 d	40,66 c	41,44 b	37,47 c
Trigo	40,52 c	43,04 d	29,03 d	35,74 bc	37,08 c
Td (duplo propósito)	25,71 cd	45,99 d	50,99 b	35,20 bc	39,48 c
Média	40,94 A	53,47 A	37,97 C	38,65 B	42,76
C.V. (%)	23	24	21	22	-
Significância	**	**	**	**	**
	Conversão energética dos sistemas				
Sistema I (T/S e E/M)	75,77 a	80,17 a	45,66	58,10 a	64,92 a
Sistema II (T/S e Ap/M)	51,42 b	52,00 c	34,92	46,50 ab	46,21 b
Sistema III (T/S e Ap/S)	45,53 b	45,23 c	31,94	32,64 b	38,84 b
Sistema IV (T/S e Er/M)	73,98 a	72,08 ab	39,75	55,99 a	60,45 a
Sistema V (T/S, Ti/S E/S)	52,98 b	61,60 bc	32,31	36,46 b	45,84 b
Sistema VI (T/S, Ab/S e Td/S)	46,21 b	48,76 c	35,20	33,24 b	40,85 b
Média	56,50 A	59,29 A	36,62 B	43,82 B	49,51
C.V. (%)	29	31	30	35	-
Significância	**	**	ns	**	**

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. ²Ab: aveia branca de duplo propósito; Ap: aveia preta; Er: ervilha; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; Tl: triticale de duplo propósito; T: trigo e; Td: trigo de duplo propósito. ns: não significativo; e ** nível de significância de 1%.

Tabela 2. Balanço energético da produtividade de matéria seca das culturas e dos sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (MJ/ha), sob plantio direto, na média dos anos, de 2009 a 2012. Passo Fundo, RS

Cultura	Ano			Média	
	2010/11	2011/12	2012/13		
	Balanço energético das culturas ²				
Ab (duplo propósito)	61.549 c	101.602 b	104.099 bc	59.298 ef	81.637 cd
Ap (pastagens)	26.363 d	50.160 c	55.318 d	42.492 fg	43.583 e
Ervilha	825 e	11.224 d	-799 f	8.803 h	5.013 f
Ervilhaca	19.146 d	51.469 c	30.597 e	30.135 gh	32.837 e
Milho	212.070 a	181.955 a	142.247 a	209.837 a	186.527 a
Soja	99.599 b	90.597 b	83.769 c	106.151 b	95.029 b
Tl (duplo propósito)	57.535 c	100.104 b	96.005 c	99.883 bc	88.382 bcd
Trigo	85.240 b	91.008 b	56.910 d	72.746 de	76.476 d
Td (duplo propósito)	57.927 c	108.776 b	121.910 b	82.904 cd	92.879 bc
Média	68.917 A	87.432 A	76.672 B	79.138 A	78.440
C.V. (%)	17	16	22	21	-
Significância	**	**	**	**	**
	Balanço energético dos sistemas				
Sistema I (T/S e E/M)	194.194 ab	201.651 ab	148.319 bc	196.011 ab	185.044 b
Sistema II (T/S e Ap/M)	217.294 a	212.772 a	164.148 ab	230.440 a	206.164 a
Sistema III (T/S e Ap/S)	166.882 bc	164.972 c	156.323 abc	170.070 b	164.562 c
Sistema IV (T/S e Er/M)	184.054 bc	184.503 bc	128.601 c	194.836 ab	172.998 bc
Sistema V (T/S, Ti/S E/S)	160.367 c	180.843 bc	146.308 bc	172.554 b	165.018 c
Sistema VI (T/S, Ab/S e Td/S)	169.353 bc	181.039 bc	182.999 a	176.472 b	177.466 bc
Média	182.024 A	187.630 A	154.450 B	190.064 A	178.542
C.V. (%)	15	14	19	19	-
Significância	**	*	**	**	**

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. ²Ab: aveia branca de duplo propósito; Ap: aveia preta; Er: ervilha; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; Tl: triticale de duplo propósito; T: trigo e; Td: trigo de duplo propósito. *: nível de significância de 5%; e ** nível de significância de 1%.