

CONVERSÃO E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA, SOB PLANTIO DIRETO

Henrique Pereira dos Santos^{1,4}, Renato Serena Fontaneli^{1,5}, Silvio Tulio Spera² e Geórgia Luiza Maldaner^{1,3}

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo. Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br; renatof@cnpt.embrapa.br. ² Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril. Rua dos Jacarandás, 2.639, CEP 78550-003 Sinop, MT. E-mail: silvio.spera@embrapa.br. ³ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: gemaldanerlrc@hotmail.com. ⁴ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. ⁵ Professor Titular da FAMV - UPF.

Na década de 1970, foram desenvolvidos os primeiros trabalhos sobre os índices de energia disponível e a energia consumida por algumas culturas produtoras de grãos, tais como: aveia branca, cevada, milho, soja e trigo (PIMENTEL, 1980). No sul do Brasil, também, foram desenvolvidos trabalhos relacionados à conversão e o balanço energético para várias espécies isoladamente (SANTOS et al., 2010). Contudo, existem relativamente poucos trabalhos com conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas ou em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição de culturas de inverno e de verão para conversão e balanço energético de SPILP, sob sistema plantio direto (SPD).

O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico. Os tratamentos consistiram de cinco SPILP, sendo assim definidos: sistema I (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho); sistema II (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho); sistema III [pastagens perenes da estação fria (festuca + trevo branco + cornichão)]; sistema IV [pastagens perenes da estação quente (pensacola + aveia preta + azevém + trevo vermelho + cornichão)]; e sistema V (alfafa). Todas as espécies foram

manejadas com SPD. 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 (Mcal/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 (Mcal/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 resultou da divisão da energia disponível (Mcal/ha) pela consumida (Mcal/ha), em cada SPILP. O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível (Mcal/ha) e a consumida (Mcal/ha), em cada SPILP. A análise estatística consistiu na análise da variância de conversão energética e balanço energético, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, nos períodos de 1997 a 2008. Na análise de variância, considerou-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 Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Quanto à conversão energética isolada das culturas de inverno e de verão dos cinco SPILPs, houve diferença entre as médias de cada ano e nas médias dos anos de 1997 a 2008. Nesse período de estudo, das culturas de grãos, de inverno e de verão, o milho foi mais eficiente na conversão de energia, em comparação com a aveia branca, pastagem de aveia preta + ervilhaca, ervilhaca, soja e trigo (Tabela 1). Deve-se considerar que a ervilhaca foi semeada sem adubação de manutenção e mostrou índice de conversão energética igual aos de aveia branca, soja e trigo. Porém, o consórcio aveia preta + ervilhaca, para pastejo, foi à cultura de menor retorno energético. No período de 1997 a 2008, houve diferença em três dos doze anos estudados e na média dos anos, na conversão energética anual (inverno + verão) entre os SPILPs (Tabela 2). Na média dos anos, os sistemas I, III, IV e V foram mais eficientes energeticamente do que o sistema II. A ervilhaca foi semeada sem adubação de manutenção e 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.

Em relação ao balanço energético isolado das culturas de inverno e de verão, houve diferenças entre as médias dos SPILPs, a cada ano e na média conjunta dos anos de 1997 a 2008. O milho foi a cultura mais eficiente na conversão de energia do que as demais, inclusive as pastagens de inverno (Tabela 3). A pastagem de aveia preta + ervilhaca e a ervilhaca mostraram os menores retornos energéticos. Porém, todas as espécies estudadas, tanto de inverno como de verão, consumiram menor energia do que disponibilizaram no sistema. Em dois dos doze anos estudados, no balanço anual (inverno + verão), houve diferença entre os SPILPs (Tabela 4). Não houve diferença entre as médias dos SPILPs para balanço energético. No ano de 2002, os sistemas I e II foram mais eficientes energeticamente do que os sistemas IV e V. Na safra agrícola de 2006, o sistema II, mostrou maior índice de balanço energético, em relação aos sistemas III, IV e V. Nesse dois anos, o sistema II foi o mais eficiente energeticamente, em relação aos sistemas IV e V. Pelo verificado no presente trabalho, todos os SPILPs apresentaram balanço energético positivo, o que significa que todos os SPILPs superaram o consumo de energia.

Finalmente, o milho destacou-se como a cultura produtora de grãos de maior retorno energético em relação às demais culturas estudadas e às pastagens de inverno; os sistemas I, III, IV e V foram os mais eficientes na conversão energética; e a conversão e balanço energético positivo dos sistemas que integram lavoura com pecuária evidenciaram a sustentabilidade desses sistemas sob plantio direto.

Referências

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

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Conversão e balanço energético de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP), sob plantio direto. In: PIRES, J. L. F.; PASINATO, A.; CAIERÃO, E.; TIBOLA, C. S. (Org.). **Trigo: resultados de pesquisa - safra 2009**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. p. 71-87. (Embrapa Trigo. Documentos, 96).

Tabela 1. Conversão energética (Mcal/ha) das culturas de inverno e de verão, na média dos anos, de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP), sob sistema plantio direto, de 1997 a 2008. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano												Média
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Aveia branca	8,79 c	8,67 c	14,90 c	18,03 c	9,17 c	13,01 b	11,08 b	9,42 c	14,80 b	5,37 d	15,66 a	15,97 a	12,07 b
Ap + E (pastagem)	11,61 b	7,95 c	4,83 d	7,45 e	7,10 c	7,46 c	3,14 c	6,39 d	4,36 d	6,62 cd	2,73 e	7,34 c	6,42 c
Milho	19,30 a	17,42 a	27,44 a	36,47 a	22,10 a	11,91 b	25,43 a	7,40 d	23,77 a	21,21 a	11,62 b	17,63 a	20,14 a
Ervilhaca	5,52 d	11,45 b	18,19 b	24,29 b	13,54 b	10,07 b	12,11 b	13,75 b	13,54 bc	8,27 bc	10,53 b	8,65 c	12,49 b
Soja	7,10 cd	4,67 d	19,19 b	26,46 b	13,54 b	12,38 bc	11,17 b	1,77 e	12,76 bc	19,76 a	4,04 d	17,19 a	12,50 b
Trigo	5,39 d	11,33 b	17,23 bc	11,40 d	8,40 c	16,74 a	11,97 b	15,45 a	12,42 c	9,24 b	7,16 c	11,60 b	11,53 b
Média	9,07	10,25	16,96	20,68	12,40	11,93	12,48	9,03	13,60	11,75	8,63	13,06	12,52
C.V. (%)	33	18	18	17	19	32	25	23	18	17	18	19	-
F tratamento	58**	152**	45**	105**	80**	7**	61**	186**	63**	171**	185**	34**	71**

Ap: aveia preta; e E: ervilhaca. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. **: nível de significância de 1%.

Tabela 2. Conversão energética (Mcal/ha) de cinco sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP) na média dos anos (inverno e verão), sob sistema plantio direto, de 1997 a 2008. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano												Média
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Sistema I	10,22	10,97	20,96 a	24,19	14,16	16,53 a	15,42	8,83	16,23 a	14,83	9,64	14,91	14,74 a
Sistema II	8,37	9,29	15,21 b	18,06	11,41	13,65 b	11,30	7,51	11,76 b	12,78	7,44	14,02	11,73 b
Sistema III	8,71	10,42	20,10 a	24,07	13,89	12,64 bc	14,87	8,18	16,45 a	14,06	8,87	15,59	13,99 a
Sistema IV	9,74	10,50	20,44 a	25,25	14,65	10,41 c	14,87	8,91	17,23 a	13,04	9,67	15,62	14,19 a
Sistema V	9,92	10,24	20,14 a	24,81	14,04	10,66 c	14,87	7,73	15,38 a	13,59	9,62	14,60	13,80 a
Média	9,39 FG	10,28 F	19,37 B	23,27 A	13,63 DE	12,78 E	14,26 CDE	8,23 G	15,41 C	13,66 DE	9,05 FG	14,95 CD	13,69
C.V. (%)	43	38	23	31	33	23	37	25	28	23	30	18	-
F tratamento	1ns	1ns	3*	2ns	1ns	8**	2ns	1ns	3*	1ns	1ns	1ns	5**

I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns: não significativo; *: nível de significância de 5%; e **: nível de significância de 1%.

Tabela 3. Balanço energético (Mcal/ha) das culturas de inverno e de verão, na média dos anos, de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP), sob sistema plantio direto, de 1997 a 2008. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano												Média
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Aveia branca	15.817 b	18.092 c	33.578 b	36.174 b	16.586 c	23.080 ab	20.630 b	19.063 b	29.534 b	8.056 e	26.666 a	32.222 a	23.291 b
Ap + E (pastagem)	11.308 c	15.715 d	7.266 d	18.038 d	12.565 d	11.977 c	4.250 e	14.452 c	9.266 d	11.083 d	5.845 c	12.492 c	11.188 d
Milho	25.924 a	32.250 a	39.421 a	51.902 a	34.891 a	21.136 b	40.281 a	11.608 d	42.792 a	36.495 a	20.107 b	29.741 ab	32.212 a
Ervilhaca	4.168 d	9.603 e	10.440 d	12.652 e	9.661 e	7.644 c	8.253 d	8.857 e	9.015 d	5.225 f	6.852 c	5.765 d	8.178 e
Soja	10.180 c	5.313 f	29.467 c	35.589 b	22.570 b	19.389 b	15.551 c	1.267 f	16.950 c	23.850 b	4.530 c	26.062 b	17.560 c
Trigo	9.061 c	22.437 b	36.195 ab	21.524 c	12.658 d	28.818 a	22.056 b	32.062 a	30.505 b	20.990 c	21.970 b	28.296 b	23.881 b
Média	12.743	15.235	26.061	29.313	18.155	18.674	18.504	14.552	23.018	17.617	14.328	22.430	19.385
C.V. (%)	29	17	14	13	15	37	22	23	14	17	20	18	-
F tratamento	74**	296**	132**	194**	160**	15**	115**	328**	252**	212**	230**	79**	161**

Ap: aveia preta; e E: ervilhaca. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. **: nível de significância de 1%.

Tabela 4. Balanço energético (Mcal/ha) de cinco sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP) na média dos anos (inverno e verão), sob sistema plantio direto, de 1997 a 2008. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano												Média
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Sistema I	25.580	32.371	60.993	63.704	39.641	49.602 a	41.709	25.826	48.475	41.647 ab	28.476	47.895	42.160
Sistema II	25.869	33.840	56.589	66.866	40.825	48.221 a	39.149	27.500	45.918	44.700 a	28.733	53.848	42.671
Sistema III	23.563	30.446	59.254	62.323	38.318	39.623 ab	39.638	24.064	49.645	38.558 b	26.381	50.641	40.204
Sistema IV	25.861	30.570	60.324	66.343	40.768	30.964 b	39.881	25.976	52.060	36.310 b	28.637	50.566	40.688
Sistema V	27.058	29.824	59.395	64.942	39.641	32.129 b	40.316	22.039	46.896	38.181 b	28.531	46.205	39.596
Média	25.586 F	31.410 E	59.310 B	64.835 A	39.838 D	40.107 D	40.138 D	25.080 F	48.598 C	39.879 D	28.151 F	49.830 C	41.064
C.V. (%)	29	30	16	12	15	29	21	29	11	17	17	24	-
F tratamento	1ns	1ns	1ns	1ns	1ns	7**	1ns	1ns	2ns	3*	1ns	1ns	1ns

I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns: não significativo; *: nível de significância de 5%; e **: nível de significância de 1%.