

CONVERSÃO E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS¹, JOÃO CARLOS IGNACZAK², JULIO CESAR BARRENECHE LHAMBY³ e CRISTIANO DO CARMO⁴

RESUMO - Foi conduzido, de 1986 a 1995, em Passo Fundo, RS, um experimento constituído de quatro sistemas de manejo de solo — 1) plantio direto, 2) cultivo mínimo, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas — e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e sistema III (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. Neste trabalho, apresentam-se a conversão energética (energia produzida/energia consumida) e o balanço energético (energia produzida - energia consumida) no período de 10 anos. Para conversão e balanço energético, o plantio direto (6,38 e 16.252 Mcal/ha) e o cultivo mínimo (6,53 e 16.434 Mcal/ha) apresentaram os maiores índices, enquanto o preparo convencional de solo com arado de discos situou-se em posição intermediária (6,27 e 17.578 Mcal/ha) e o preparo convencional de solo com arado de aivecas teve o menor índice (6,06 e 14.987 Mcal/ha), respectivamente. A rotação de culturas para trigo foi mais eficiente energeticamente do que a monocultura desse cereal. O milho apresentou maior eficiência energética.

Palavras-chave: energia, caloria, rotação de culturas, preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto.

ENERGY CONVERSION AND BALANCE OF SOIL TILLAGE SYSTEMS AND DIFFERENT WINTER CROPS

ABSTRACT - From 1986 to 1995, in Passo Fundo, RS, Brazil, the effects of soil tillage systems and crop rotation were assessed. Four soil tillage systems — 1) no-tillage, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using disk plow, and 4) conventional tillage using moldboard plow — and three crop rotation systems [system I (wheat/soybean), system II (wheat/soybean and common vetch/corn or sorghum), and system III (wheat/soybean, black oats or white oats/soybean, and common vetch/corn or sorghum)] were compared. An experimental design of blocks at random with split-plots and three replications was used. The main plot was formed by the soil tillage systems, while the split-plots consisted of the crop rotation systems. Energy conversion (energy produced/energy consumed) and balance (energy produced - energy consumed) during a ten-year period is presented in this paper. For energy conversion and balance, no-tillage (6.38 e 16,252 Mcal/ha) and minimum tillage (6.53 e 16,434 Mcal/ha) presented the higher rates, while conventional tillage using disk plow remained in an intermediate position (6.27 e 17,578 Mcal/ha) and tillage using moldboard showed the lowest rate (6.06 e 14,987 Mcal/ha), respectively. The crop rotation for wheat was more efficient in energy than the monoculture of this cereal. Corn presented the higher efficient in energy.

Key words: energy, calories, crop rotation, conventional tillage, minimum tillage, no-tillage.

¹ Bolsista CNPq-PQ, Eng. Agr., Dr., Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil, hpsantos@cnpt.embrapa.br

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa Trigo.

³ Eng. Agr., Dr., Embrapa Trigo

⁴ Bolsista CNPq-IC, Eng. Agr., Tomaz Gonzaga 461, 99020-170, Passo Fundo, RS, Brasil.

Recebido para publicação em 23-07-2002

INTRODUÇÃO

Em propriedade agrícola gasta-se energia desde o estabelecimento até a secagem das espécies em cultivo. Dependendo das tecnologias usadas, poder-se-á estar colocando mais energia do que a retirada via rendimento de grãos ou pastejo por animais. Se a energia produzida for menor do que a energia consumida, o balanço energético será negativo (QUESADA e BEBER, 1990).

A produção de cereais e de oleaginosas para consumo humano, em vários locais, como Alemanha, Brasil, Canadá, Estados Unidos da América, França e Inglaterra depende de elevado consumo de energia (WHITE, 1975; PIMENTEL, 1980). Segundo WILSON e BRIGSTOCKE (1980), a produção dessas espécies na região de clima tropical pode ocorrer com menor consumo de energia, em decorrência da elevada luminosidade.

Nem toda a tecnologia usada em propriedade agrícola mostra-se eficiente energeticamente. No trabalho desenvolvido por QUESADA et al. (1987), houve espécies que tiveram balanço energético negativo. Isso também foi verificado no trabalho realizado por ZENTNER et al. (1984) com sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo, em que havia somente uma cultura por ciclo.

No Brasil, existem poucos estudos relacionando a conversão e o balanço energético entre espécies. Além disso, muitos desses trabalhos relataram essa relação em culturas isoladamente (QUESADA et al., 1987; QUESADA e BEBER, 1990; MONEGAT, 1998). Há também poucos trabalhos relativos à conversão e ao balanço energético em sistemas de produção de grãos usando rotação de culturas (SANTOS et al., 2000a; 2001).

Em sistemas mistos (lavoura + pecuária), sob plantio direto, SANTOS et al. (2000a) verificaram diferenças significativas entre os sistemas de produção de grãos para os índices de conversão e de balanço energético. Neste trabalho, os sistemas II (trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) e III (trigo/soja, aveia preta + ervilhaca/soja e aveia preta + ervilhaca/milho) foram mais eficientes energeticamente do que os sistemas I (trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). SANTOS et al. (2001) em sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, sob preparo convencional de solo, e

sob plantio direto no verão, não encontraram diferenças significativas entre essas variáveis.

Relacionado ao consumo de energia com sistemas de manejo de solo, existem relativamente poucos trabalhos (REGO, 1993; HERNÁZ et al., 1995; BORIN, et al., 1997; MONEGAT, 1998). Com sistemas de manejo de solo e rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, até ao presente momento não foi realizado nenhum trabalho.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo e de sistemas de produção de grãos usando rotação de culturas na conversão energética e no balanço energético, na região de Passo Fundo, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram usados dados de rendimento de grãos obtidos em experimento de sistemas de manejo de solo, incluindo a cultura de trigo, instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, de 1986 a 1995, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) preparo de solo com implemento 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), sistema II [trigo/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou sorgo (de 1994 a 1996)] e sistema III [trigo/soja, aveia preta (de 1986 a 1989) ou aveia branca (de 1990 a 1996)/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996)].

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.

Em novembro de 1985, antes da instalação do experimento, foram efetuadas descompactação e correção com calcário da área experimental de acordo com os resultados da análise de solo. As amostragens de solo, para determinação dos níveis de nutrientes e do teor 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 agroenergéticos das culturas utilizou-se as matrizes de produção a partir das quais procedeu-se as transformações para contabilizar as energias produzidas e consumidas no processo. Para os cálculos dos diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos, matéria seca, 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), MONEGAT (1998) e SANTOS et al. (2001). No caso aveia preta e ervilhaca, de 1989 a 1993, considerou-se como rendimento a contribuição ao solo de 90 kg ha^{-1} de $\text{N} = 90 \text{ kg/ha}$ (DERPSCH e CALEGARI, 1992), e na ervilhaca semeada de 1994 a 1995 levou-se em conta o percentual de nitrogênio da matéria seca. Os dados foram transformados em Mcal ($\text{kcal} \times 1.000$).

Como energia produzida ou receita energética (Mcal/ha), considerou-se a transformação do rendimento de grãos ou da quantidade de N na matéria seca em energia. Como energia consumida ou energia cultural (Mcal/ha), considerou-se a soma dos coeficientes energéticos equivalentes aos corretivos, aos fertilizantes, às sementes, aos fungicidas, aos herbicidas e aos inseticidas usados em cada sistema, bem como a energia consumida pelas operações de preparo de solo (aração e gradeação), de cultivo mínimo, de semeadura, de adubação, de aplicação de produtos, de adubação nitrogenada e de colheita. A conversão energética de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas resulta da divisão da energia produzida pela consumida, em cada sistema ou rotação. O balanço energético de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas resulta da diferença entre a energia produzida e a consumida, em cada sistema ou rotação.

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 1986 a 1995. Na análise da variância, consideraram-se as energias produzida e consumida pelas culturas componentes dos sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas estudados. Nas análises conjuntas, considerou-se o efeito tratamento como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Devido ao número balanceado de parcelas nos sistemas de manejo de solo, as diferenças entre as médias de tratamentos foram avaliadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 %. 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. Essa metodologia de contrastes compara os sistemas dois a dois, em uma unidade de base homogênea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos de 1986/87, 1989/90, 1990/91 e 1992/93, não houve diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo para conversão energética (Tabela 1). No ano de 1987/88, o plantio direto, o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de aivecas apresentaram os valores mais elevados para conversão energética. Entretanto, os dois últimos tratamentos foram semelhantes estatisticamente ao preparo de convencional de solo com arado de discos. No ano de 1988/89, o cultivo mínimo, o plantio direto e o preparo convencional de solo com arado de discos foram superiores ao preparo convencional de solo com arado de aivecas, para conversão energética. No ano de 1991/92, o preparo convencional de solo com arado de discos e o cultivo mínimo mostraram os maiores índices de conversão energética. Todavia, o último tratamento foi estatisticamente equivalente ao plantio direto e ao preparo convencional de solo com arado de aivecas. No ano de 1993/94, o cultivo mínimo e o plantio direto manifestaram índices mais elevados para conversão energética. Contudo, este último tratamento foi estatisticamente semelhante ao preparo convencional de solo com arado de discos. No ano de 1994/95, o cultivo mínimo foi superior aos demais sistemas de manejo de solo, para conversão energética. No ano de 1995/96, o cultivo mínimo e o plantio direto foram superiores ao preparo convencional de solo com arado

de discos e com arado de aivecas.

Na média conjunta dos anos (1986/87 a 1995/96), houve diferenças significativas entre os índices de conversão energética, em função dos sistemas de manejo de solo (Tabela 1). O cultivo mínimo e o plantio direto apresentaram conversão energética superior à do preparo convencional de solo com arado de aivecas. O preparo convencional de solo com arado de discos mostrou índice de conversão energética intermediária, não se diferenciando dos outros três sistemas de manejo de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por REGO (1993). A maior conversão energética dos sistemas conservacionistas de manejo de solo, em relação aos sistemas de preparo convencionais de solo, pode ser explicada, em parte, pela redução das demandas energéticas propiciadas pela diminuição no número de operações agrícolas (ZENTNER et al., 1991; BURT et al., 1994; HERNÁNZ et al., 1995; BORIN et al., 1997). Além disso, os sistemas de manejo de solo influíram no aumento rendimento de grãos das culturas. No decorrer dos anos estudados, aveia branca (2.818 kg/ha), milho (5.955 kg/ha), sorgo (6.109 kg/ha) e trigo (2.504 kg/ha) tiveram menor rendimento de grãos (SANTOS et al., 2000b) sob preparo convencional de solo com arado de aivecas do que sob plantio direto e sob cultivo mínimo (aveia branca: 3.110 e 3.121 kg/ha; milho: 6.921 e 6.879 kg/ha; sorgo: 6.992 e 6.958 kg/ha; e trigo: 2.798 e 2.729 kg/ha, respectivamente).

Em todos os anos estudados e na média conjunta dos anos, houve diferenças significativas entre a conversão energética dos diferentes sistemas de rotação de culturas (Tabela 2). O valor mais elevado, na maioria dos anos, no tocante à conversão energética, manifestou-se no sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho), em comparação com os sistemas I (trigo/soja) e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho).

Na média conjunta dos anos, os sistemas II e III foram superiores ao sistema I para o índice de conversão energética (Tabela 2). Isso, pode ser devido, em parte, a cultura de milho que mostrou maior conversão energética do que a soja e as espécies de inverno estudadas. Por sua vez, o sistema II foi superior ao sistema III para conversão energética. Portanto, a rotação de culturas (sistemas II e III) foi mais eficiente na conversão de energia, em relação à monocultura trigo/soja (sis-

tema I), e o melhor sistema foi o sistema II. Resultados similares foram obtidos por SANTOS e REIS (1995). De acordo com PELLIZZI (1992), o cultivo de cereais em monocultura tende a gastar de 1 a 3 % mais energia do que em rotação de culturas devido ao ataque de doenças.

ZENTNER et al. (1984), trabalhando com 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, durante 12 anos, observaram que os sistemas com um inverno sem trigo (0,93) e com dois invernos sem trigo (0,97) mostram índice de conversão energética maior do que a monocultura desse cereal (0,68). Nesses estudos não foram semeadas culturas no verão e por esse motivo a conversão energética foi bem inferior aos verificados no presente estudo.

SANTOS et al. (2000a), trabalhando com sistemas mistos (integração lavoura + pecuária), durante seis anos, sob sistema plantio direto, verificaram que os sistemas trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (5,78) e trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (5,44) apresentam maior índice de conversão energética do que os sistemas trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja (3,79) e trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja (4,33). Nesse estudo, o milho foi a espécie que apresentou maior conversão energética, daí a importância dessa gramínea em sistemas de rotação de culturas. SANTOS et al. (2001), comparando índices de conversão energética para sistemas de rotação de culturas para trigo, durante nove anos, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob plantio direto, no verão, não encontraram diferenças significativas entre os sistemas estudados.

Pelo observado, todos os sistemas de manejo de solo, bem como os sistemas de rotações de culturas, mostraram índice de conversão energética superior ao da unidade (1,0). Segundo QUESADA e BEBER (1990), isso caracteriza um balanço positivo dos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Quando menor do que 1,0, o balanço é negativo. Logo, do ponto de vista energético, todos os sistemas de manejo de solo ou de rotação de culturas estudados podem ser considerados sustentáveis.

Nos anos de 1986/87, 1989/90 e 1992/93, os sistemas de manejo de solo não diferiram entre si

para os índices de balanço energético (Tabela 3). Nos anos de 1987/88 e 1990/91, o plantio direto, o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de aivecas apresentaram os maiores valores para balanço energético, enquanto o preparo convencional de solo com arado de discos apresentou o menor valor. No ano de 1988/89, o cultivo mínimo, o plantio direto e o preparo convencional de solo com arado de discos foram superiores ao preparo convencional de solo com arado de aivecas, para balanço energético. No ano de 1991/92, o preparo convencional de solo com arado de discos e o cultivo mínimo mostraram os valores mais elevados para balanço energético. Contudo, o último tratamento foi estatisticamente semelhante ao plantio direto e ao preparo convencional de solo com arado de aivecas. Nos anos de 1993/94 e 1995/96, o cultivo mínimo e o plantio direto foram superiores para balanço energético, em relação ao preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. No ano de 1994/95, o plantio direto situou-se em posição intermediária para balanço energético, entre o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas.

Na média conjunta dos anos (1986/87 a 1995/96), os maiores valores de balanço energético ocorreram no cultivo mínimo e no plantio direto. Contudo, o plantio direto foi semelhante estatisticamente ao preparo convencional de solo com arado de discos (Tabela 3). O preparo convencional de solo com arado de aivecas mostrou o menor valor para balanço energético, porém estatisticamente equivalente ao preparo convencional de solo com arado de discos.

Conforme foi relatado anteriormente, inexistiu estudo envolvendo sistemas de manejo de solo no que tange ao balanço energético. Neste estudo, o sistema de manejo de solo que mais usou energia (preparo convencional de solo com arado de aivecas) teve o menor retorno energético.

Em todos os anos estudados e na média conjunta dos anos, houve diferenças significativas entre o balanço energético obtido nos diferentes sistemas de rotação de culturas avaliados (Tabela 4). Na média conjunta dos anos (de 1986/87 a 1995/96), para o índice de balanço energético, os sistemas II e III foram estatisticamente semelhantes entre si, mas superiores ao sistema I (Tabela 4).

Isso, pode ser devido, em parte, a cultura de milho 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 o sistema II superou a monocultura trigo/soja (sistema I).

No trabalho desenvolvido por ZENTNER et al. (1984), com 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, não foram observadas diferenças significativas para o balanço energético entre os sistemas estudados. Nesses casos havia somente uma cultura por ciclo.

No trabalho conduzido por SANTOS et al. (2000a) com sistemas mistos, durante seis anos, sob plantio direto, os sistemas trigo/soja e aveia preta pastejada/milho (23.728 kg/Mcal) e trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejadas/soja e aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho (21.741 kg/Mcal) mostraram maior índice de balanço energético do que os sistemas trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja (11.553 kg/Mcal) e trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja (12.879 kg/Mcal). SANTOS et al. (2001), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, durante nove anos, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob semeadura direta, no verão, verificaram que os sistemas de rotação com um, dois e três invernos sem trigo foram superiores ao pousio de inverno para índice de balanço energético. Por outro lado, esses mesmos autores não encontraram diferenças significativas para os índices de balanço energético entre os sistemas com rotação de culturas e a monocultura desse cereal.

CONCLUSÕES

Os maiores índices de conversão energética e de balanço energético ocorrem nos sistemas de manejo conservacionistas, cultivo mínimo e plantio direto, em comparação com os sistemas de preparo convencional de solo, com arado de discos e de aivecas.

Os sistemas II (trigo/soja e ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho), por serem mais eficientes energeticamente e por incorporarem a prática de rotação de culturas em suas composições, devem ser preferidos, em substituição ao sistema I, monocultura trigo/soja.

Tabela 1. Efeito de sistemas de manejo de solo na conversão energética no ano (inverno + verão) de 1986 a 1995. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD ¹	PCD	PCA	PM	
1986/87	3,91A ²	3,88A	3,94A	3,91A	3,91
1987/88	5,68A	5,25B	5,42AB	5,55 ^{AB}	5,48
1988/89	7,67A	7,64A	6,90B	7,88 ^A	7,52
1989/90	8,31A	8,72A	8,32A	8,36 ^A	8,43
1990/91	2,90A	2,61A	2,86A	2,97 ^A	2,84
1991/92	7,20B	7,73A	7,29B	7,41 ^{AB}	7,41
1992/93	5,05A	5,19A	4,96A	5,19 ^A	5,10
1993/94	4,09AB	3,81B	3,47C	4,31 ^A	3,92
1994/95	11,61B	11,35B	11,10B	12,23 ^A	11,57
1995/96	7,38A	6,50B	6,32B	7,46A	6,91
Média	6,38	6,27	6,06	6,53	6,31

¹PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. ²Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan ao nível de 5 %.

Tabela 2. Efeito de sistemas de rotação de culturas na conversão energética no ano (inverno + verão) de 1986 a 1995. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação de culturas ¹			Contraste entre sistemas (P>F)		
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	I x II	I x III	II x III
1986/87	5,00	3,86	3,58	**	**	**
1987/88	3,85	6,94	5,04	**	**	**
1988/89	4,52	8,64	7,78	**	**	**
1989/90	4,71	10,24	8,46	**	**	**
1990/91	3,27	2,18	3,13	**	ns	**
1991/92	5,81	7,60	7,81	**	**	ns
1992/93	5,85	4,27	5,40	**	**	**
1993/94	3,95	3,20	4,39	**	**	**
1994/95	7,44	13,56	11,63	**	**	**
1995/96	5,91	6,97	7,21	**	**	ns
Média	5,03	6,75	6,44	**	**	**

¹Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou sorgo (de 1994 a 1996); e Sistema III: trigo/soja, aveia preta (de 1986 a 1989) ou aveia branca (de 1990 a 1996)/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou sorgo (de 1994 a 1996).

ns: não significância.

** : nível de significância de 1 % (teste F para contrastes).

Tabela 3. Efeito de sistemas de manejo de solo no balanço energético no ano (inverno + verão) de 1986 a 1995. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD ¹	PCD	PCA	PM	
			Mcal/ha		
1986/87	10.668A ²	10.326A	10.529A	10.694A	10.554
1987/88	14.288A	12.647B	13.290AB	13.562AB	13.447
1988/89	20.551A	19.872A	18.035B	20.930A	19.847
1989/90	19.697A	20.249A	18.924A	19.674A	19.636
1990/91	8.279AB	6.843B	7.880AB	8.370A	7.843
1991/92	18.591B	19.907A	18.570B	18.923AB	18.998
1992/93	15.130A	15.363A	14.498A	15.257A	15.062
1993/94	11.553A	10.231B	8.965C	12.053A	10.700
1994/95	25.663B	24.580C	23.986C	26.850A	25.270
1995/96	18.103A	15.761B	15.199B	18.026A	16.772
Média	16.252AB	15.578BC	14.987C	16.434A	15.813

¹PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão. ²Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan ao nível de 5 %.

Tabela 4. Efeito de sistemas de rotação de culturas no balanço energético no ano (inverno + verão) de 1986 a 1995. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação de culturas					
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	I x II	I x III	II x III
	Mcal/ha					
	Contraste entre sistema s (P>F)					
1986/87	15.294	10.390	9.084	**	**	**
1987/88	11.390	17.163	11.655	**	ns	**
1988/89	14.860	22.537	19.716	**	**	**
1989/90	14.728	23.164	18.920	**	**	**
1990/91	9.505	5.174	9.069	**	ns	**
1991/92	16.258	18.955	19.940	**	**	*
1992/93	18.146	12.453	15.773	**	**	**
1993/94	11.236	8.366	12.078	**	*	**
1994/95	20.797	27.360	25.367	**	**	**
1995/96	16.166	16.147	17.391	ns	ns	*
Média	14.838	16.171	15.899	**	**	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou sorgo (de 1994 a 1996).

Sistema III: trigo/soja, aveia preta (de 1986 a 1989) ou aveia branca (de 1990 a 1996)/soja e ervilhaca/milho (de 1986 a 1993) ou sorgo (de 1994 a 1996).

ns: não significância.

*: nível de significância de 5 % (teste F para contrastes).

** : nível de significância de 1 % (teste F para contrastes).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 40, n. 3-4, p. 209-226, 1997.
- BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (IAPAR. Circular, 73).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia, 1991. 97p. (EMBRAPA-CNPASA. 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. 33 p. (EPAGRI. Documentos, 155).
- HERNÁZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.
- 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.
- PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, n.1, p. 111-119, 1992.
- PIMENTEL, D., (Ed.) **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475 p.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C. Energia e mão-de-obra. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.11, n.62, p.21-26, 1990.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos agropecuários. Uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.
- REGO, P. Q. A sustentabilidade do plantio direto. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: SEAB/IAPAR, 1993. p. 89-100.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.; ZONDAN, S.M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 743-752, abr. 2000a.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, 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.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M.R. de. Efeito de manejo de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento e doenças de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, dez. 2000b.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas em Guarapuava, PR. Brasil. XVI Eficiência energética dos sistemas de rotações de culturas com trigo, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 215-222, fev. 1995.
- WHITE, D. J. Energy in agricultural systems. **The Agricultural Engineer**, Bedford, v. 30, n. 3, p. 52-58, 1975.
- WILSON, P. N.; BRIGSTOCKE, T. D. A. Energy usage in British agriculture - a review of future prospects. **Agricultural Systems**, Essex, v. 5, n. 1, p. 51-70, 1980.
- 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.
- ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F.B.; CAMPBELL, C.A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan, **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 21, n. 3-4, p. 225-242, 1991.