

DEMANDA ENERGÉTICA E BALANÇO DE ENERGIA DAS CULTURAS DE MILHO E SOJA SEMEADAS DIRETAMENTE EM CAMPO NATURAL DEGRADADO¹

RENATO LEVIEN²; JOSUÉ F. BEUTLER³; CARLOS R. TREIN²

¹ Trabalho realizado com recursos do programa CNPq/PRONEX-SOLOS e Bolsa CNPq do segundo autor.

² Engº Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Solos, FA/UFRGS, Porto Alegre, RS, (51)33167425, renatole@ufrgs.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., AGCO do Brasil, Canoas, RS.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB

RESUMO: Com o objetivo de avaliar a demanda energética e o balanço energético de culturas produtoras de grãos, semeadas sobre área de campo natural, fisicamente degradado, foi instalado um experimento com diferentes culturas no inverno (CN/P - campo nativo/pousio; A - aveia e; A+E - aveia+ervilhaca). Com uma semeadora acoplada ao sistema de engate de três pontos do trator, as culturas do milho e da soja, 3 e 5 linhas, respectivamente, foram semeadas, regulando-se o sulcador de adubo, tipo facão para operar em duas profundidades (6 e 12 cm). O solo da área, Argissolo Vermelho Distrófico típico, apresentava-se compactado, com densidade de 1,7 Mg m⁻³. Foi empregado um delineamento em blocos casualizados, parcelas subdivididas, com 4 repetições, sendo os tratamentos principais as culturas de inverno e de (milho verão e, os secundários, as profundidades de sulcamento na linha de semeadura para implantação das culturas de verão e soja. Os fertilizantes representaram mais de 65% do custo energético total para produção do milho; para a soja estes valores baixam para 55% nos tratamentos A+E e A e 42% no CN/P. Nos dois anos agrícolas, a maior demanda energética ocorreu nos tratamentos envolvendo culturas implantadas para coberturas de inverno.

PALAVRAS CHAVE: semeadura direta, entrada de energia, culturas de cobertura de inverno.

POWER NEED AND ENERGY BALANCE IN MAIZ AND SOYBEAN PLANTED ON DEGRADED PASTURE FIELDS.

ABSTRACT: Aiming to evaluate power requirements and energy balance when introducing grain on physically degraded pasture fields, an experiment was established, comparing different winter crops (CN/P - Natural camp/ fallow; A-Oats; A+E - Oats plus vetch). With a planter coupled to the three point linkage of the tractor, maize and soybeans, (three and five rows, respectively), were planted, placing the fertilizer shank to work to 6 and 12 cm depths. The soil was fairly compacted averaging 1,7 Mg m⁻³ density. Completely randomized split plots were used working with four repetitions. Main treatments were the winter cover crops and summer grain crops (maize and soybeans), and secondary treatments were the working depth of fertilizer shanks. Fertilizer composed more than 65% of the total energy cost for maize growing; for soybeans it meant only 55% when following A + E and 42% following CN/P. Taking into account results from two years, the highest demand of energy was from those treatments using winter cover crops.

KEYWORDS: no tillage, total energy cost, winter cover crops.

INTRODUÇÃO: A análise energética de ecossistemas agrícolas é uma ferramenta útil na investigação e localização de problemas ambientais, bem como suas relações com a sustentabilidade (GIAMPIETRO et al. 1992). Os fluxos de energia são um importante componente dos ecossistemas agrícolas e muitos problemas ambientais sérios são relacionados à utilização da energia fóssil

(SCHROLL, 1994). O incremento da produção de alimentos durante as décadas recentes é baseado em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, predominantemente com utilização de grande quantidade de energia, direta ou indiretamente, na forma de óleo, eletricidade e fertilizantes (SCHROLL, 1994). Este uso intensivo de energia tem criado dois problemas relacionados à sustentabilidade da agricultura: a limitação da energia fóssil, exaurindo-se com o passar do tempo, e os problemas ambientais criados pelo impacto causado pelo uso desta energia, como a acidificação, aumento dos níveis de CO₂, eutrofização das águas e poluição (SCHROLL, 1994). As produtividades obtidas na agricultura moderna têm sido possíveis pela utilização crescente de insumos, energia, máquinas e equipamentos e engenharia genética. (HETZ & MELO, 1997) Os campos naturais representam grande parte da área do Estado do Rio Grande do Sul e, seguramente, a maior área potencial de utilização para agricultura, isoladamente, ou em integração com a pecuária. A conversão dos campos em áreas de lavoura tem sido feita empregando elevadas doses de calcário e adubos e preparos do solo com aração e gradagens. Além de grandes despesas com insumos, essa técnica exige alto investimento energético. O presente trabalho objetivou avaliar a demanda energética e calcular o balanço energético das culturas de milho e soja semeadas diretamente sobre diferentes sistemas de culturas e graus de mobilização no sulco de semeadura em uma área de campo natural degradado fisicamente.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento está localizado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul, RS, região fisiográfica da Depressão Central. O solo, no local, possui textura superficial arenosa de origem granítica, e atualmente está classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico típico – PVD, unidade de mapeamento São Jerônimo. Anteriormente à instalação do experimento, a área de campo natural vinha sendo utilizada como piquete para gado bovino, há mais de dez anos, o que levou que a densidade média do solo fosse alta (1,7 Mg m³), com forte indício de estar compactado, segundo REICHERT et al. (2003). A área foi inicialmente dessecada. Após foi feita a calagem (2,6 Mg ha⁻¹ calcário PRNT 65%), a lancha, em superfície. Os tratamentos culturas anteriores (inverno 2002 e 2003), sobre os quais foi realizada a semeadura de milho e soja foram: (i) A - aveia preta (*Avena strigosa*); (ii) A+E - aveia preta consorciada com ervilhaca (*Vicia sativa*); e, (iii) CN/P - campo nativo dessecado no ano 2002 e pousio em 2003. Cada tratamento com a cultura principal (milho e soja) teve quatro repetições, delineamento em blocos casualizados. A semeadura das culturas teste (milho e soja) foi realizada com uma semeadora-adubadora Vence-Tudo, com 3 linhas espaçadas em 0,80 m para a cultura do milho e com 5 linhas espaçadas em 0,40 m para a cultura da soja, com densidade de 5 e 16 sementes por metro, respectivamente. Cada tratamento foi subdividido no momento da semeadura em função da profundidade de atuação do sulcador de adubo do tipo facão, regulada para 0,06 m e 0,12 m. Os demais mecanismos da semeadora foram disco de corte de resíduos, sulcador de sementes tipo discos duplos, rodas limitadoras de profundidade de semeadura e roda compactadora. Na semeadura foi empregado um trator John Deere, modelo 5600, com Tração Dianteira Auxiliar (TDA), potência máxima no motor de 53 kW (75CV). Para possibilitar a avaliação energética, foram quantificadas e qualificadas todas as operações realizadas, bem como considerados todos os insumos utilizados em cada um dos sistemas avaliados, denominando-se estes de entrada energética. Para constituir o balanço, considerou-se a extração (grãos) de cada tratamento como saída energética. Ainda, de modo a estimar a maior ou menor expectativa de sustentabilidade, foi considerada a palha que permaneceu na superfície do solo também como saída. O cálculo da energia necessária para execução de cada uma das operações foi realizado através das informações obtidas durante a execução do trabalho de pesquisa a campo, sendo que para as máquinas e equipamentos, os custos energéticos foram calculados com inclusão de fabricação, transporte e reparos, segundo a metodologia proposta por BRIDGES & SMITH (1979). Foi considerado como período de vida útil, 12.000 h para o trator, 8.000 horas para colhedora, 3.000 horas para semeadora e 2.300 horas para o pulverizador de barras tratorizado (BALASTREIRE, 1987). O consumo de combustível nas operações de semeadura e de colheita foi estimado com base nas médias de consumo por operações feitas durante o acompanhamento do trator e colhedora utilizados, em suas atividades no programa PRONEX-CNPq, sendo de cerca de 5,5 e 12,0 L.h⁻¹, respectivamente. Para o combustível (óleo diesel) adotou-se o poder calorífico de 9.210 kcal L⁻¹, para o trator e a colhedora 16.690 kcal kg⁻¹ e para os demais equipamentos, 13.760 kcal kg⁻¹. A energia considerada para os fertilizantes formulados foi de 15.247 kcal kg⁻¹ para o N, 3.340 kcal kg⁻¹

para o P₂O₅, 2.340 kcal kg⁻¹ para o K₂O (ULBANERE, 1988) e de 16.507 kcal kg⁻¹ para o N em forma de uréia (HETZ & BARRIOS, 1997). Para os agrotóxicos foram utilizados os seguintes valores energéticos: 108,20; 254,57 e 184,71 MJ L⁻¹, respectivamente para glifosate, demais herbicidas e inseticidas empregados (HETZ & BARRIOS, 1997). Para as sementes e grãos de aveia preta, ervilhaca, milho e soja foram empregados os valores de energia de 4.440; 4.488; 3.690 e 4.019 kcal kg⁻¹, respectivamente. A saída de energia dos sistemas foi representada pela produção de massa seca da parte aérea das culturas de cobertura de inverno (aveia e aveia+ervilhaca), somada à produção de massa seca da parte aérea e de grãos das culturas de verão (soja e milho). Também foram calculados o ganho líquido de energia e a relação entrada/saída de energia necessária para produção de massa seca e/ou de grãos de cada uma das culturas avaliadas, segundo metodologia citada em SIQUEIRA (1999). Maiores detalhes podem ser encontrados em BEUTLER (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 estão apresentadas as variáveis de eficiência energética para a cultura do milho nas safras 2002/03 e 2003/04. Observa-se que a saída de energia pela massa seca total produzida é superior no tratamento A+E, porém quando se trata de grãos, este tratamento foi superado pelo tratamento CN/P. Na safra 2002/03 foi necessário 1,8 MJ para produção de 1 kg de massa seca no tratamento A; 1,6 para o tratamento A+E e 0,9 no C/N. Na safra 2003/04 o tratamento A+E foi responsável pelas maiores saídas de energia, tanto de massa total, quanto de grãos. Da mesma forma que na safra anterior, as maiores saídas energéticas ocorreram acompanhadas das menores necessidades energéticas para produção de apenas 1 kg de grãos. SIQUEIRA (1999) trabalhando com três espécies de plantas de cobertura, não obteve o mesmo resultado. Em seu trabalho, enquanto a aveia teve uma maior saída, o nabo forrageiro teve a menor necessidade energética para produção de 1 kg de massa seca da parte aérea. Os valores de energia necessária para produção de 1 kg de massa seca total, ficaram próximos aos obtidos por KNAPP (1980) na produção de milho para silagem. Porém, o valor de 2,696 kJ kg⁻¹, encontrado por este autor é cerca de três vezes superior aos constantes da Tabela 1. Já para a produção de grãos de milho, os valores encontrados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por HETZ & BORQUEZ (1987).

Tabela 1. Variáveis de eficiência energética (MJ ha⁻¹) para produção e manejo da cultura do milho, safras 2002/03 e 2003/04.

Indicador	Safrá 2002/03			Safrá 2003/04		
	A+E*	A	CN/P	A+E	A	CN/P
Saída de energia (massa total)	249.859	237.671	210.145	350.384	323.346	82.938
Saída de energia (grãos)	67.867	64.782	74.034	106.427	97.173	8.330
Entrada de energia	18.948	20.294	12.849	18.526	19.872	12.849
Ganho líquido de energia (massa total)	230.911	217.377	197.297	331.858	303.474	70.089
Ganho líquido de energia (grãos)	48.918	44.488	61.186	87.901	77.300	70.442
Energia p/ produzir 1 kg de massa total	1,6	1,8	0,9	0,8	0,9	0,8
Energia p/ produzir 1 kg de grãos	4,3	4,6	2,7	2,7	2,9	1,9
Relação entrada/saída (massa total)	13,2	11,7	16,4	18,9	16,3	6,5
Relação entrada/saída (grãos)	3,6	3,2	5,8	5,7	4,9	6,5

*A+E = aveia + ervilhaca; A = aveia; CN/P = campo natural/pousio.

Diferentemente do que aconteceu para a cultura do milho, para a soja nas duas safras avaliadas, o tratamento A+E foi o que apresentou o pior resultado na produção de energia (Tabela 2). A exemplo do que ocorreu para o milho (Tabela 1), a maior produtividade de soja foi verificada onde a energia necessária para produção de 1 kg de grãos foi menor. Para a soja, a energia necessária para produção de 1 kg de massa seca total, variou de 1,0 a 1,4 MJ neste trabalho, sendo estes valores próximos aos encontrados por Siqueira (1999) para o tremoço azul e a aveia preta, sendo superiores, porém semelhantes ao valor de 0,893 MJ encontrado por aquele autor para a cultura do nabo forrageiro. SCOTT & KRUMMEL (1980) encontraram valores para produção da mesma quantidade de soja em grãos de 4.279 kJ kg⁻¹, valores estes superiores aos encontrados neste trabalho.

Tabela 2. Variáveis de eficiência energética (MJ ha⁻¹) para produção e manejo da cultura da soja, safras 2002/03 e 2003/04.

Indicador	Safrá 2002/03			Safrá 2003/04		
	A+E*	A	CN/P	A+E	A	CN/P
Saída de energia (massa total)	156.036	169.512	133.523	183.695	183.825	114.439
Saída de energia (grãos)	29.695	38.974	40.830	24.127	25.983	25.983
Entrada de energia	13.080	14.425	11.452	12.658	14.004	6.980
Ganho líquido de energia (massa total)	149.957	155.056	124.624	171.038	169.821	107.459
Ganho líquido de energia (grãos)	16.615	24.549	31.931	11.469	11.979	19.003
Energia p/ produzir 1 kg de massa total	1,4	1,4	1,0	1,2	1,3	1,0
Energia p/ produzir 1 kg de grãos	8,2	6,9	4,0	9,7	10,0	5,7
Relação entrada/saída (massa total)	11,9	11,8	15,0	14,5	13,1	16,4
Relação entrada/saída (grãos)	2,3	2,7	4,6	1,9	1,9	3,7

*A+E = aveia + ervilhaca; A = aveia; CN/P = campo natural/pousio.

CONCLUSÕES: Os fertilizantes representaram mais de 65% dos custos energéticos para produção do milho; para a soja estes valores baixam para 55% nos tratamentos A+E e A e 42% no CN/P. Nos dois anos agrícolas, a maior demanda energética ocorreu nos tratamentos envolvendo culturas implantadas com objetivo de cobertura de solo no inverno. Para a soja, a quantidade de energia necessária para produção de 1 kg de massa seca total variou de 1,0 a 1,4 MJ e, para o milho, de 0,9 a 1,8 MJ, dependente dos investimentos energéticos realizados nas culturas de coberturas de inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.
- BEUTLER, J.F.. Parâmetros de solo e máquinas na semeadura direta de milho e soja em duas coberturas de solo sobre campo natural. 2005. 107f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
- BRIDGES, T.C.; SMITH, E.M. A method for determining the total energy input for agricultural practices. Transactions ASAE, St.Joseph, v.57, 1979, p.121 – 124.
- HETZ, E.J.; BARRIOS, A.I. Reducción Del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas em Chile. Agro-ciencia, Chile, v.13, n.1, 1997, p. 41-47.
- HETZ, E.J.; BORQUEZ, M.F. Requerimiento energéticos para la produccion de frejoles en la Zona Centro Sur de Chile. Agro-ciencia, Chile, v. 3, n.2, 1987, p. 135 - 141.
- HETZ, E.J.; MELO, L.A. Evaluación energética de un sistema de producción de mays y trigo con cero labranza: el caso de Chequen, Concepcion, Chile. Agro-Ciencia, Chile, v. 13, n.2, 1997, p. 181-187.
- GIAMPIETRO, M.; CERRETELLI, G. ;PIMENTEL, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment, Charlottetown, Canadá, v. 38, p. 219 – 144, 1992.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29., 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBCS/UNESP, 2003. CD-ROM.
- SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, Charlottetown, Canadá, v. 51, p. 301-310, 1994.
- SCOTT, W.O.; KRUMMEL, J. Energy used in producing soybeans. In. PIMENTEL, D. (ed) Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 117 – 121.
- SIQUEIRA, R. Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo. Botucatu, SP : UNESP,1999. 160f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 1999.
- ULBANERE, R.C. Análise dos balanços energético e econômico relativa à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo. Botucatu, SP: UNESP, 1988. 127f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 1999.