

BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA TRIGO, EM PLANTIO DIRETO¹

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS, ANTONIO LUIZ FANCELLI² e ERLEI MELO REIS³

RESUMO - De 1990 a 1992, na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, Brasil, foi estimado o balanço energético dos sistemas de rotação de culturas para trigo. Os tratamentos foram constituídos de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo: 1) monocultura (trigo); 2) rotação, com um inverno sem trigo; 3) rotação, com dois invernos sem trigo; 4) rotação, com três invernos sem trigo. As culturas de inverno (aveia, cevada, ervilhaca e trigo), bem como as de verão (milho e soja), foram estabelecidas em plantio direto. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas com área útil de 60 m². O trigo, no ano de 1990, apresentou menor índice energético de produtividade cultural em monocultura. A soja apresentou eficiência energética e estabilizou a produtividade cultural dos diversos sistemas de rotação de culturas de inverno.

Termos para indexação: aveia, cevada, ervilhaca, milho, soja, energia, produtividade cultural.

ENERGETIC BALANCE FOR CROP ROTATION SYSTEMS TO WHEAT UNDER NO-TILLAGE

ABSTRACT - From 1990 to 1992, at the Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., in Guarapuava, PR, Brazil, the effect of some crop rotation systems of wheat on energetic balance was estimated. Four rotation systems for wheat were studied: 1) monoculture; 2) rotation of one winter without wheat; 3) rotation of two winters without wheat; 4) rotation of three winters without wheat. The winter crops (oat, barley, common vetch, and wheat) and summer crops (corn and soybean) were seeded under no-tillage. A randomized complete block design, with four replications and plots with 60 m², was used. In the 1990 growing season under monoculture wheat showed lower energetic balance than under rotation. Soybean presented energetic efficiency and stabilized cultural productivity of several winter crop rotation systems.

Index terms: oat, barley, common vetch, corn, soybean, energy, cultural productivity.

INTRODUÇÃO

A rotação de culturas tem apresentado inúmeras vantagens sobre a monocultura, principalmente para alguns cereais de inverno, como a cevada e o trigo, em áreas de clima adverso (excesso hídrico e alta temperatura), como as localizadas próximas ao paralelo 24°S (Reis et al., 1988; Santos et al., 1988). Nestas condições, a rotação de culturas estabiliza o rendimento de grãos e, com isto, possibilita ao produtor a obtenção da renda agrícola.

Deve ser levado em consideração que a diversificação de culturas permite ao agricultor melhor uso dos equipamentos de semeadura, de tratamentos culturais e de colheita, durante maior número de horas/ano, o que reduz o custo do capital imobilizado (Santos, 1990; Santos et al., 1987b). Por outro lado, o cultivo de espécies diferentes aumenta a demanda de insumos, tais como adubos, herbicidas, inseticidas e sementes. A modernização da agricultura está vinculada a diversos fatores, dentre eles a intensificação de produtos obtidos com alto conteúdo energético (Mello, 1986). Desta maneira, o aumento da produtividade importa no incremento de dispêndio de energia. Estudos feitos por Berardi (1978), com a cultura do trigo, revelaram que a utilização de insumos que demandam altas quantidades de energia renderam mais do que os obtidos a partir de baixas quantidades de energia.

¹ Aceito para publicação em 31 de janeiro de 1994.

Extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à USP/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ).

² Eng.-Agr., Dr.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPq), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., Dr.Sc., USP/ESALQ, Caixa Postal 9, CEP 13400-000 Piracicaba, SP.

Nos Estados Unidos, Pimentel (1980b) coordenou vários trabalhos, contabilizando detalhadamente a energia gasta na obtenção dos principais insumos agrícolas e a energia gasta nas operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), bem como a avaliação de algumas espécies, com diferentes estruturas tecnológicas e em diferentes locais. Assim, foram estimados o balanço energético para as culturas de aveia (Weaver, 1980), cevada (Bukantis & Goodman, 1980), milho (Pimentel & Burgess, 1980), soja (Scott & Krummel, 1980) e trigo (Briggle, 1980).

No Brasil, destaca-se o trabalho desenvolvido por Mello (1986), estimando o balanço energético para diversos sistemas de cultivos, envolvendo feijoeiro, milho e soja, para o Estado de Santa Catarina, em plantio convencional. Foi comparado o cultivo do milho com insumos de alta e de baixa quantidades de calorías. O mesmo autor relatou que a variação dos produtos obtidos para cada unidade de Mcal investida na cultura foi proporcional ao nível de utilização da mecanização e dos insumos químicos.

O presente trabalho teve por objetivo estimar o balanço energético dos sistemas de rotação de culturas para trigo, em plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no período compreendido pelos anos de 1990, 1991 e 1992, como parte de um ensaio instalado desde 1984, em área da Cooperativa

Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, em solo classificado como associação Bruno Álico + Cambissolo (EMBRAPA, 1984).

Os tratamentos constaram de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo: 1) monocultura; 2) rotação, com um inverno sem trigo; 3) rotação, com dois invernos sem trigo; 4) rotação, com três invernos sem trigo. No verão, a área experimental foi cultivada com milho ou com soja (Tabela 1). As cultivares das diversas espécies utilizadas no experimento foram as seguintes: aveia UPF 7 (1990) e UPF 5 (1991), cevada Antartica 5 (1990) e BR 2 (1991), milho híbrido Pioneer (1990 e 1991), soja IAS 5 (1990 e 1991) e trigo BR 23 (1990 e 1991).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizadas parcelas apresentando 10 m de comprimento por 6 m de largura, perfazendo a área útil de 60 m².

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura e baseada nos resultados de análise do solo. As amostras do solo foram coletadas após a colheita das culturas de inverno e de verão. Em 1989, antes da semeadura de inverno, a área experimental foi corrigida com 11,7 t/ha de cálcio, PRNT de 75%.

As culturas de inverno e de verão foram estabelecidas em plantio direto. As épocas de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários, inclusive o tratamento de sementes da cevada e do trigo, foram realizados de acordo com a recomendação para cada cultura, e a colheita foi realizada com automotriz especial de parcelas.

O rendimento de grãos da aveia, da cevada, do milho, da soja e do trigo foi calculado com umidade de 13%. Além disso, o rendimento de grãos da cevada foi

TABELA 1. Sistemas de rotação de culturas para trigo com culturas de inverno e de verão. EMBRAPA-CNPT, Guarapuava, 1993.

Sistema de rotação	Ano							
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Monocultura de trigo	T/S							
Rotação, sendo um inverno sem trigo	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S
	E/M	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S	T/S
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	T/S	L/S	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M
	L/S	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M	A/S
	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	L/S	A/S	T/S
Rotação, sendo três invernos sem trigo	T/S	A/S	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S
	A/S	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S	T/S
	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	Se/M	T/S	E/M
	Tr/M	T/S	A/S	C/S	Tr/M	T/S	E/M	C/S

A = aveia, C = cevada, E = ervilhaca, L = linho, M = milho, Se = serradela, S = soja, Tr = tremço e T = trigo.

corrigido de acordo com a classificação comercial (CEVACOR) (Ignaczak et al., 1980).

Na conversão dos sistemas de rotação de culturas para trigo em unidades energéticas, foi utilizado um índice adaptado de Heichel (1980), de Pimentel (1980a), de Felipe Junior et al. (1984) e de Mello (1986). O índice referido corresponde ao quociente do rendimento de grãos de cada espécie em estudo pela energia cultural, representada pelo uso de insumos e pelas atividades de operações realizadas no sistema. Este índice é denominado de "produtividade cultural". O resultado é dado em kg/kcal.

$$\text{Produtividade cultural} = \frac{\text{rendimento de grãos (kg/ha)}}{\text{energia cultural (calorias/ha)} \times 1.000}$$

Energia cultural é a energia gasta na obtenção de um bem ou serviço. Exemplo: a energia gasta para se obter um kg de uréia é 6.917 kcal; ou: a energia para se aplicar um fungicida é 2.356 kcal por hora. Desta maneira, o total de kcal é uma função da quantidade ou do número de horas utilizadas nas operações de campo (Mello, 1986).

Caloria (cal) é definida como a quantidade de calor necessária para elevar de 14,5°C para 15,5°C a temperatura de um grama de água. A unidade de energia correspondente, utilizada no sistema internacional, é 1 cal = 4,186 J (joule); 1 kcal = 10³ cal e 1 Mcal = 10⁶ cal. Como os valores da produtividade cultural foram relativamente baixos, os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

Os valores obtidos devem ser utilizados com certa cautela, pois trata-se de coeficientes técnicos que, na quase totalidade, foram calculados para outros países e adaptados, no presente trabalho, às condições da região de Guarapuava, PR. Além disso, não foram computados o potencial genético das espécies envolvidas nem as condições meteorológicas ocorrentes nesse período que pudessem contribuir para a alteração desses índices.

Foi realizada a análise de variância individual e conjunta dos dados quanto as características estudadas. As médias foram comparadas entre si pela aplicação do teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de grãos da aveia, cevada, milho, soja e trigo, obtidos no período de 1990 e 1991, nos diversos sistemas de rotação de culturas para trigo, podem ser observados na Tabela 2.

O balanço energético dos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, no inverno, e para soja, no verão, estão apresentados na Tabela 3.

Pela análise desta tabela, verificaram-se diferenças significativas entre as médias da produtividade cultural no inverno de 1990. O trigo em monocultura mostrou menores índices energéticos de produtividade cultural (1,935 kg/Mcal) do que em rotação por um (2,200 kg/Mcal), por dois (2,240 kg/Mcal) ou por três invernos (2,251 kg/Mcal). Isto indica que, no inverno de 1990, cada unidade de Mcal investida nos sistemas de um, de dois ou de três anos de rotação de culturas para trigo rendeu mais do que na monocultura. Assim, neste ano, a rotação de culturas estabilizou os sistemas para trigo. No ano de 1991 e na média geral dos dados, não houve diferenças entre as médias.

Considerando a aveia, a cevada, o trigo e a soja, que compõem alguns dos sistemas de rotação

TABELA 2. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos (kg/ha) de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo. EMBRAPA-CNPT, Guarapuava, 1993.

Sistema de rotação	Ano							
	1990/1991		1991/1992					
	inverno	verão	inverno	verão				
	kg/ha-----							
Monocultura de trigo	Trigo	3.152	Soja	3.996	Trigo	3.814	Soja	3.046
	Rotação, sendo um inverno sem trigo	Trigo	3.583	Soja	4.085	Aveia	3.232	Soja
Aveia		2.703	Soja	4.120	Trigo	3.973	Soja	3.051
Rotação, sendo dois invernos sem trigo		Trigo	3.650	Soja	4.081	Erv. ¹	*	Milho
	Erv.	*	Milho	3.238	Aveia	2.697	Soja	3.093
	Aveia	2.920	Soja	4.026	Trigo	4.161	Soja	3.089
	Rotação, sendo três invernos sem trigo	Cevada	2.413	Soja	4.021	Aveia	3.069	Soja
Aveia		2.878	Soja	4.073	Trigo	3.907	Soja	3.031
Trigo		3.666	Soja	3.983	Erv.	*	Milho	8.110
Erv.		*	Milho	3.416	Cevada	3.936	Soja	3.322

¹ Erv. = ervilhaca.

* Cultura para cobertura do solo, no inverno, e para adubação verde, no verão.

TABELA 3. Efeito de sistemas de rotação de culturas na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de soja e de trigo. EMBRAPA-CNPT, Guarapuava, 1993

Sistema de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	----- kg/Mcal -----				
Monocultura de trigo	Trigo 1,935b	Soja 3,037	Trigo 2,688	Soja 2,311	2,493
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Trigo 2,200a	Soja 3,104	Trigo 2,800	Soja 2,319	2,606
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Trigo 2,240a	Soja 3,101	Trigo 2,932	Soja 2,348	2,655
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Trigo 2,251a	Soja 3,027	Trigo 2,753	Soja 2,304	2,584
Média	2,157	3,067	2,793	2,320	2,585
C.V. (%)	5,52	3,36	6,86	4,74	-
F de tratamentos	6,31*	0,64	1,17ns	0,13ns	3,30ns

Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

*: nível de significância de 5%.

ns: não significativo.

de culturas para trigo em plantio direto, notaram-se diferenças entre as médias quanto à produtividade cultural, nos invernos de 1990 e 1991 (Tabela 4). A cultura da cevada, em 1990, foi a que apresentou menor índice de produtividade cultural, correspondente a 1,422 kg/Mcal, o que indica que, em função do seu baixo rendimento de grãos (Tabela 2), teve menor aproveitamento energético do que os tratamentos com trigo e com aveia, no mesmo período agrícola. Em 1991, dois tratamentos com aveia mostraram os menores índices de produtividade cultural, em comparação aos tratamentos com cevada e com trigo. Neste caso, a cevada, em 1990, e alguns tratamentos com aveia, em 1991, apresentaram rendimentos de grãos relativamente baixos (Tabela 2), em comparação com seu potencial de produção, o que justifica a baixa produtividade cultural. Por outro lado, o comportamento da soja foi independente dos sistemas de rotação de culturas, tanto de inverno como de verão. O rendimento de grãos (Tabela 2) e, conseqüentemente, a produtividade cultural desta leguminosa (Tabela 4), foram uniformes,

dentro de cada período de estudo. Desta forma, a soja diluiu os efeitos dos diversos sistemas de rotação de inverno, estabilizando a produtividade cultural por eles apresentada. Assim, a soja mostrou ser uma espécie eficiente e estável energeticamente.

Quando uma espécie não responde adequadamente aos seus investimentos energéticos, como foi observado na cevada, em 1990, e para alguns tratamentos com aveia, em 1991 (Tabela 4), pode-se considerar que se está incorrendo em desperdício, principalmente em países onde existe carência de produtos agrícolas. Isto também pode ser verdadeiro quando se utilizam sistemas irracionais de manejo de cultura. Tal fato pode ser relacionado ao manejo do trigo em monocultura (Tabela 3), em anos com excesso de precipitação e com temperaturas relativamente elevadas, em relação à normal, onde o rendimento de grãos chega a ser nulo, dada a alta incidência de doenças tanto do sistema radicular como da parte aérea (Reis et al., 1983; Santos et al. 1987a e 1987b). Desta forma, o balanço energético das espécies em estudo, aliado

TABELA 4. Efeito de sistemas de rotação de culturas na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) de aveia, de cevada, de soja e de trigo. EMBRAPA-CNPT, Guarapuava, 1993.

Sistema de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	----- kg/Mcal -----				
Monocultura de trigo	Trigo 1,935ab	Soja 3,037	Trigo 2,688ab	Soja 2,311	2,493
Rotação, sendo um inverno sem trigo	Aveia 1,836b	Soja 3,131	Aveia 2,641ab	Soja 2,440	2,512
	Trigo 2,200ab	Soja 3,104	Trigo 2,800ab	Soja 2,319	2,606
Rotação, sendo dois invernos sem trigo	Aveia 1,983ab	Soja 3,059	Aveia 2,204c	Soja 2,351	2,399
	Trigo 2,240a	Soja 3,101	Trigo 2,932a	Soja 2,348	2,655
Rotação, sendo três invernos sem trigo	Aveia 1,955ab	Soja 3,095	Aveia 2,508bc	Soja 2,204	2,441
	Cevada 1,422c	Soja 3,056	Cevada 2,862a	Soja 2,526	2,466
	Trigo 2,251a	Soja 3,027	Trigo 2,753ab	Soja 2,304	2,584
Média	1,978	3,076	2,674	2,350	2,520
C.V. (%)	13,78	3,91	7,86	5,35	-
F de tratamentos	4,03**	0,36ns	4,85**	2,33ns	0,85ns

Médias seguidas da mesma letra na vertical não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

** : nível de significância de 1%.

ns : não significativo.

aos rendimentos de grãos, pode contribuir para a compreensão do desempenho das culturas (inverno e verão) em diferentes sistemas de produção.

Nos Estados Unidos, com diferentes tecnologias e locais, a aveia-branca (1,055 kg/Mcal), a cevada (1,030 kg/Mcal), o milho (0,930 kg/Mcal), a soja (0,763 kg/Mcal) e o trigo (0,941 kg/Mcal) apresentaram menores índices de produtividade cultural do que os obtidos neste estudo (Weaver, 1980; Bukantis & Goodman, 1980; Pimentel & Burgess, 1980; Scott & Krummel, 1980; Briggles, 1980). No Brasil, onde foram analisadas algumas espécies, no Estado de Santa Catarina, Mello (1986), obteve índices energéticos quanto à

produtividade cultural relativamente baixos para as culturas do milho e da soja, em plantio convencional, isto é, 1,253 e 0,781 kg/Mcal, respectivamente.

Por outro lado, espécies que apresentam rendimentos maiores pelo uso de insumos que demandam grandes quantidades de calorías, dependem mais energia do que sistemas com rendimentos menores e com menos consumo de energia (Berardi, 1978). Este caso pode ser interpretado de duas maneiras: o que é mais importante? Produzir mais, gastando grande quantidade de energia, e suprir a possível demanda de alimentos, de fibras e de resinas, ou produzir menos, sem satisfazer essas

necessidades? De modo geral, quando se aumenta a produtividade das culturas, gasta-se mais energia. Todavia, deve-se almejar sistemas de produção eficientes e racionais, fundamentados em uma atividade energeticamente sustentável, buscando-se o máximo rendimento econômico.

CONCLUSÕES

1. O trigo em rotação de culturas apresentou maior eficiência energética, em comparação com o manejo em monocultura.

2. A soja mostrou eficiência e estabilidade com relação ao consumo de energia.

REFERÊNCIAS

- BERARDI, G.M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. *Agro-Ecosystems*, Amsterdam, v.4, n.3, p.367-376, 1978.
- BRIGGLE, L.W. Introduction to energy use in wheat production. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.109-116.
- BUKANTIS, R.; GOODMAN, N. Energy inputs in barley production. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.59-65.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. v.1. (EMBRAPA/SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27).
- FELIPPE JUNIOR, G. de; SOCOLOWSKI, J.C.; FANTI, O.D.J. Considerações sobre as tecnologias e a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.21-71.
- HEICHEL, G.H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.27-33.
- IGNACZAK, J.C.; ARIAS, G.; IORCZESKI, E.J. Produção de grãos de cevada corrigida em função de classificação comercial. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 11., 1980, Porto Alegre. *Solos, ecologia, fisiologia e práticas culturais*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1980. v.3, p.98-100.
- MELLO, R. de. *Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina*. Florianópolis: UFSC, 1986. 139p. Tese de Mestrado.
- PIMENTEL, D. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980a. p.45-48.
- PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980b. 475p.
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Energy inputs in corn production. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.67-84.
- REIS, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. *Estratégias para o controle de doenças do trigo*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 50p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- REIS, E.M.; SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas. I. Efeito sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 a 1982. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.8, n.3, p.431-437, out. 1983.
- SANTOS, H.P. dos. *Rotação de culturas e produtividade do trigo no Sul do Brasil*. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, 1990. 56p.
- SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R.; REIS, E.M. Rotação de culturas. VIII. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.3, p.231-237, mar. 1988.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R.; VIEIRA, S.A. Efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças radiculares de trigo (*Triticum aestivum*) e de outras culturas de inverno e de verão, de 1979 a 1986. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987a. 38p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987b. 32p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).

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.

WEAVER, S.H. Energy use in the production of oats. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.85-92.