

Análise do comportamento do consumo energético no setor agropecuário

Denise Barros de Azevedo¹
Guilherme Cunha Malafaia²
Maria Emilia Camargo³

Resumo: O presente artigo investiga o comportamento do consumo energético no setor agropecuário no Brasil, no período de 1970 a 2004. Utilizaram-se as análises descritiva, de correlação e de tendências. Com este estudo, constatou-se a importância de compreender o consumo de energia do setor agropecuário, principalmente durante o período analisado de 35 anos. As variáveis estudadas – lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal – apresentaram importâncias relevantes no decorrer do desenvolvimento econômico do País.

Palavras-chave: energia, agricultura, tendências de consumo.

Abstract: The present article investigates the behavior of the energy consumption in the farming sector in Brazil, in the period of 1970 the 2004. It was used descriptive analysis, analysis of correlation and analysis of trends. With this study importance was evidenced it to understand the consumption of energy of the farming sector, mainly during the analyzed period of 35 years. The studied variable: firewood, oil diesel, combustible oil, electricity and vegetal coal had presented resulted excellent in elapsing of the economic development of the country.

Key words: Energy, Agriculture, Trends of Consumer.

Introdução

A exploração intensiva das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis e os prejuízos ambientais trazidos pelo uso dos recursos energéticos pressupõem um cenário preocupante para o século 21. Há tendências globais para métodos de produção mais sustentáveis (mini-

mização de desperdício, redução da poluição e de emissões de gases, conservação de recursos naturais). Sabe-se também que os combustíveis fósseis devem se exaurir ou ficar muito caros num horizonte de 50 anos e que há limitação na exploração de petróleo. As demandas de energias globais estão aumentando cada vez mais porque os sistemas de produções atuais e

¹ Engenheira agrônoma, Mestre em Economia Rural, Doutoranda em Agronegócios, Cepan/UFRGS, deniazevedo@hotmail.com

² Administrador de Empresas, Mestre em Economia Rural, Doutor em Agronegócios, Professor adjunto da Universidade de Caxias do Sul (UCS), gcmalafa@ucs.br

³ Administradora de Empresas, Mestre em Engenharia de Produção, Doutora em engenharia, Professora adjunta da Universidade de Caxias do Sul (UCS), kamargo@terra.com.br

padrões de consumo são insustentáveis, haja vista ser a energia global dominada por combustíveis fósseis (JORGENSEN et al. , 2005). A eficiência e a conservação de energia podem reduzir o consumo de recursos, mas outras fontes de energia serão requeridas.

Entretanto, torna-se necessário primeiramente conhecer a amplitude do consumo de energia nos diversos setores econômicos, para num segundo momento buscar encontrar as alternativas mais apropriadas para a realidade de cada setor. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é verificar o consumo energético no setor agropecuário, utilizando as séries representativas dos consumos de lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal no período de 1970 a 2004.

Este artigo está estruturado em quatro partes: a primeira parte traz uma revisão de literatura sobre o consumo energético no setor agropecuário brasileiro. Logo em seguida, são discutidos os aspectos metodológicos e os resultados da pesquisa. Por fim, as considerações finais e as referências são apresentadas.

Revisão da literatura

O consumo energético no setor agropecuário brasileiro

O uso de energia agrícola pode ser definido como uma rede de energia fóssil mensurada em joules (J), usada para a produção de produtos agrícolas no setor “dentro da porteira”. Essa energia usada pode ser dividida em direta e indireta. A energia direta é aquele insumo (diesel, lubrificantes e eletricidade) usado na produção e convertido em unidade de energia. A energia indireta é aquele insumo (maquinários, fertilizantes e pesticidas) utilizado no processo de produção, mas não convertido em unidade de energia.

Sabe-se que a exploração intensiva das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis e os prejuízos ambientais trazidos pelo uso desses recursos energéticos pressupõem um cenário

preocupante para o século 21. Nesse sentido, o Brasil pode ser considerado um país com grande diversidade de recursos para uso de energias renováveis, por causa de sua hidrografia, suas condições climáticas e seu próprio modo de produção, entre outros. Das fontes de energias renováveis disponíveis no País, pode-se começar falando da possibilidade de uso de energia solar, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa, e resíduos da produção agrícola (JANNUZZI; SWISHER, 1997).

Verifica-se, no Brasil, que o setor agropecuário caminha para um uso mais intensivo das fontes não renováveis de energia, afastando-se, portanto, dos preceitos de sustentabilidade nesse setor. Atualmente, o uso dessas fontes renováveis está diminuindo na zona rural brasileira, que traz uma comparação do consumo energético do setor agropecuário em um intervalo de dez anos (STREB et al., 2000).

Essa preocupação também se justifica, tendo em vista que, das ações anunciadas como “política energética brasileira” para os próximos anos, destaca-se a construção de diversas centrais termelétricas, que terão como principal combustível o gás natural, trazendo consigo uma maior participação das fontes fósseis na matriz energética brasileira e, conseqüentemente, para o setor rural. No meio rural, concomitantemente à chamada “modernização do campo”, o uso intensivo de máquinas e outros implementos aponta para um incremento no consumo de derivados de petróleo.

O uso de combustível fóssil também é justificado por quem controla esse mercado, como a única solução diante das diversas dificuldades de suprimento energético na zona rural. Uma publicação de Andrade et al. (1999), destaca como as principais dificuldades relacionadas ao atendimento no meio rural: grande dispersão geográfica dos consumidores; elevados investimentos necessários à implementação de redes de distribuição; longas extensões de linhas para o atendimento de cargas leves e dispersas; elevados custos de operação e manutenção dos sistemas elétricos e pouca atratividade para os

investidores por causa dos baixos níveis de rentabilidade dos investimentos.

No entanto, esses fatos apontados como dificuldades poderiam ser interpretados segundo Streb et al. (2000) como vantagem para a introdução de fontes renováveis de energia, pois entre as características de algumas dessas fontes está a possibilidade de uso em pequena escala. Isso dispensa a necessidade de grandes redes de distribuição e de grandes investimentos, o que resolveria o problema de abastecimento de pequenas propriedades e de comunidades isoladas, por exemplo.

Outro ponto a se considerar com relação ao uso de combustível fóssil no Brasil é que este é um país importador de petróleo e gás natural. Assim, o uso de fontes renováveis poderia ser uma forma de libertar-se da tradicional dependência internacional. Além disso, o uso de fontes renováveis poderia facilitar o surgimento de pequenos produtores independentes de energia, o que resultaria em maior poder de barganha diante da possibilidade de comercialização do produto final (STREB et al., 2000).

O consumo total de energia do setor agropecuário brasileiro tem crescido a uma taxa média de 3 % ao ano, desde 1984, acompanhando a evolução do PIB do setor, que apresentou uma taxa média anual de crescimento de 3,2 % no mesmo período. Percebeu-se que a evolução do consumo de energia está atrelado ao crescimento do PIB, mas houve uma significativa mudança da composição da matriz energética do setor agropecuário. Ocorreu uma migração para fontes de energia mais modernas, como a eletrificação e o óleo diesel, em detrimento de fontes convencionais utilizadas no meio rural, como a lenha. Esse movimento é explicado pelo progresso técnico na produção agropecuária decorrente da automação de processos produtivos na década de 1980 (OLIVEIRA, 2001). Segundo dados de 1992 da Companhia Energética de São Paulo (CESP), citados por Oliveira, 2001, no setor agropecuário 40 % da energia vem do óleo diesel, 30 % da eletricidade e 20 % de lenha.

O crescimento do consumo de óleo diesel foi impulsionado pela larga difusão de máquinas que utilizam esse combustível, principalmente os tratores. O consumo de eletricidade aumentou 148,5 % entre 1983 e 1993 com o uso concentrado na geração de força motriz. Percebeu-se que a utilização de eletricidade está relacionada com o nível dos fatores determinantes do investimento, como o bombeamento de água para irrigação e o acionamento de máquinas agrícolas (OLIVEIRA, 2001).

Aspectos metodológicos

Diante do objetivo proposto, qual seja o de verificar o consumo energético no setor agropecuário, optou-se pela realização de uma pesquisa quantitativa de caráter descritivo. A operacionalização dessa pesquisa realizou-se por meio da utilização de séries temporais do consumo de lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal para o setor agropecuário, no período de 1970 a 2004. Os dados são de origem secundária, coletados no Ministério de Minas e Energia, conforme relatório sobre o Balanço Energético Nacional 2005, ano base de 2004. O tratamento foi feito mediante análise exploratória de dados e análise de correlação e de tendência.

É importante observar que, neste estudo, a unidade padrão utilizada é 10^3 tep, o que significa a equivalência energética de petróleo. A equivalência tep foi estabelecida a partir de poderes caloríficos médios estimados, em que 1 tep é igual a 10.000 kcal, e 1 tep corresponde a uma tonelada de petróleo (BRASIL, 2005). A tep foi a unidade básica adotada na composição do Balanço Energético Nacional 2005:

- É um energético importante.
- É expressa em valor físico.
- É um critério internacional, como o British Thermal Unit (BUT).

Considerando a unidade 10^3 tep como padrão, os fatores de conversão de energia são:

1 tonelada equivalente de petróleo (tep) = 10,00 x 10⁹ Calorias.

1 tonelada equivalente de petróleo (tep) = 11,63 x 10³ KWh.

Descrição e análise dos dados

Análise descritiva

As séries temporais utilizadas para verificar o consumo energético no setor agropecuário são os consumos de lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal, no período de 1970 a 2004. Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas descritivas.

Conforme a Tabela 1, e considerando a média das variáveis, pode-se ressaltar que a média de consumo de lenha no setor agropecuário ficou em 2.795,40 x 10³ tep/ano, seguido de óleo diesel, 2.941,58 x 10³ tep/ano; óleo combustível 66,76 x 10³ tep/ano; eletricidade, 514,78 x 10³ tep/ano; e carvão vegetal, 10,28 x 10³ tep/ano.

Em relação à média, quando se compara o consumo das diferentes fontes de energia no setor agropecuário no Brasil observa-se que o consumo, em ordem decrescente, está distribuído da seguinte forma: óleo diesel, lenha, eletricidade, óleo combustível e carvão vegetal.

Os coeficientes de variação do consumo de lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal são, respectivamente, 35 %, 48 %, 54 %, 77 %, 41 %. Dessa forma, a maior variação ocorre na eletricidade, seguida por óleo combustível, óleo diesel, carvão vegetal e lenha, auxiliando no entendimento da simetria dos dados.

Correlação entre as variáveis

Na Tabela 2, apresenta-se a matriz de correlação entre as variáveis estudadas. Verificou-se a existência e a intensidade da associação entre as variáveis de consumo lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para as variáveis em estudo (10³ tep/ano) no período de 1970 a 2004.

Estatísticas	Lenha	Óleo diesel	Óleo combustível	Eletricidade	Carvão vegetal
Média	2.795,40	2.941,58	66,79	514,78	10,28
Mediana	2.510,00	3.230,57	70,97	505,05	9,69
Máximo	4.900,69	4.855,39	143,85	1.280,97	19,37
Mínimo	1.638,00	392,65	11,05	27,25	4,52
Desvio padrão	989,24	1.409,11	36,22	397,69	4,21
Coefficiente de variação	0,35	0,48	0,54	0,77	0,41

Fonte: elaborado com base no banco de dados Consumo de Energia do Setor Agropecuário (BRASIL, 2005).

Tabela 2. Matriz de correlação entre as variáveis lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal.

	Lenha	Óleo diesel	Óleo combustível	Eletricidade	Carvão vegetal
Lenha	1				
Óleo diesel	-0,97*	1			
Óleo combustível	-0,05	0,11	1		
Eletricidade	-0,89*	0,96*	0,13	1	
Carvão vegetal	0,88*	-0,89*	-0,32	-0,83*	1

* Significativo para p < 0,05.

Fonte: elaborado com base no banco de dados Consumo de Energia do Setor Agropecuário (JORGENSEN et al., 2005).

Observou-se também que existe uma correlação significativa ($p < 0,05$) entre as variáveis lenha e carvão vegetal, óleo diesel e eletricidade, mas não existe uma correlação significativa entre óleo combustível e eletricidade.

À medida que aumenta o consumo de lenha, aumenta o consumo de carvão vegetal; à medida que o consumo de óleo diesel aumenta, o consumo de eletricidade aumenta; e quando o consumo do óleo diesel aumenta, diminui o consumo do carvão vegetal.

Análise de tendências de consumo

Neste item, é apresentada uma análise de tendências de consumo com o objetivo de comparar dados secundários com os resultados encontrados. Os setores primários da agropecuária e de extração representam a base da economia brasileira, oferecendo insumos para as indústrias básicas, como as de alimentos e bebidas, e para as indústrias de refino, de produção de energia elétrica e da construção. Depois dos setores de transformação e de transporte, os setores primários ocupam o terceiro lugar no consumo energético brasileiro e nas emissões de CO_2 associadas (WACHSMANN, 2005).

No período entre 1970 e 2000, o valor adicionado dos setores primários agropecuários e de extração apresentou taxas altas de crescimento. Porém, houve uma forte queda em 1990, quando a produção desses setores caiu para níveis de 1975. A queda foi causada pelo baixo desempenho econômico geral dessa época, decorrente dos problemas da alta inflação no final da década de 1980 que atingiu principalmente os setores primários e de transformação (WACHSMANN, 2005). A partir de 1985, o uso de energia do setor se apresenta relativamente constante, com um leve aumento entre 1995 e 2000. A matriz energética desse setor é composta principalmente por lenha e óleo diesel (WACHSMANN, 2005).

Observando as Fig. 1 e 2, pode-se constatar uma diminuição do consumo de lenha no

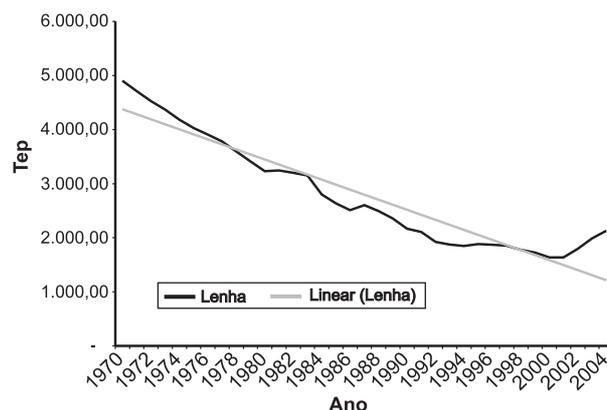


Fig. 1. Tendência do consumo de lenha no período de 1970 a 2004.

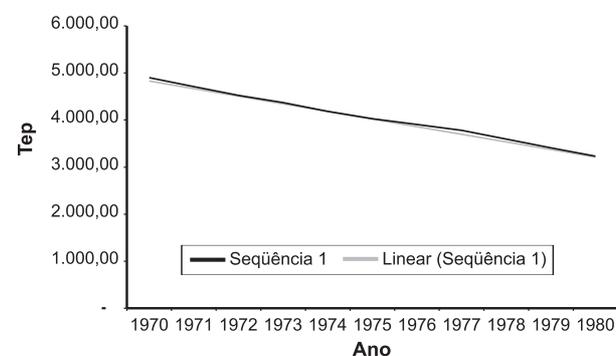


Fig. 2. Tendência do consumo de lenha no período de 1970 a 1980.

período de 1970 a 2004 e, quando se estratifica o período em 10 anos, separadamente, constata-se que existem diminuições do consumo de 1970 a 1980 e (Fig. 3 e 4) de 1981 a 1991, com exceção do período entre 1992 e 2004, quando praticamente houve uma ligeira estagnação do consumo.

Segundo estudos de Wachsmann (2005) em 1970, a lenha representou praticamente a única fonte energética do setor, enquanto em 2000 podem-se distinguir três fontes principais: lenha, óleo diesel e eletricidade. No caso da agricultura, que também abrange as carvoarias onde a lenha é transformada em carvão vegetal, a lenha não perde sua predominância ao longo dos 30 anos. Portanto, apesar de o uso de lenha (sem considerar as perdas) nas carvoarias ter

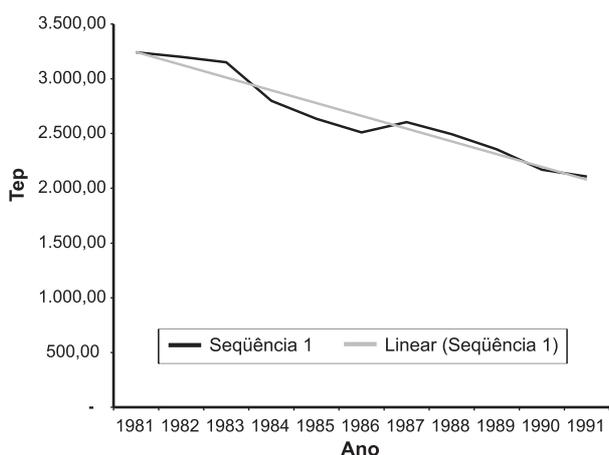


Fig. 3. Tendência do consumo de lenha no período de 1981 a 1991.

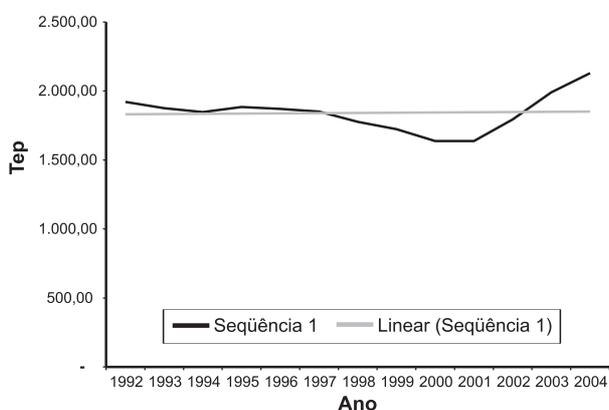


Fig. 4. Tendência do consumo de lenha no período de 1992 a 2004.

diminuído desde 1970, as perdas absolutas da lenha na produção de carvão vegetal aumentaram por causa da maior produção de carvão vegetal. A partir de 1990, a produção deste último recuou, levando a uma diminuição do consumo da lenha no setor agropecuário.

Segundo Brasil (2002), apenas 80 % da lenha no setor agropecuário são considerados emissores de CO₂ (gás carbônico). A lenha representa a fonte de maior emissão no setor, mas com valores decrescentes, enquanto a participação das emissões causadas pela queima do óleo diesel aumenta. Em 1970, com aproximadamente 6,6 x 10⁶ toneladas de CO₂, a lenha utilizada no setor agropecuário representou a

maior fonte emissora de CO₂ da economia brasileira, enquanto em 2000 ela ocupou, com aproximadamente 22,2 x 10⁶ toneladas de CO₂, apenas o terceiro lugar (depois do diesel no setor de transporte e do coque de carvão mineral na siderurgia).

Outra importante fonte do setor é o óleo diesel, que aumentou sua participação consideravelmente, de um consumo quase nulo em 1970 para aproximadamente 193 106 GJ em 2000. A eletricidade apresenta um crescimento menos pronunciado que em outros setores, porém, por causa da maior mecanização da produção primária, sua participação na matriz energética do setor também aumentou. O óleo diesel e a eletricidade agem como força motriz tanto na lavoura quanto no beneficiamento dos produtos. A primeira fonte, abastecendo motores de combustão e a segunda, alimentando máquinas elétricas (WACHSMANN, 2005).

Em relação às Fig. de 5 a 8, percebeu-se que realmente houve um crescimento acentuado de consumo de óleo diesel no período estudado, principalmente entre as décadas de 1970 e de 1980. Em estudos que apenas consideram o consumo final das fontes energéticas, sem incluir as perdas durante a transformação e as perdas de distribuição e armazenagem, o consumo de óleo diesel supera, a partir de 1985, o consumo da lenha (WACHSMANN, 2005).

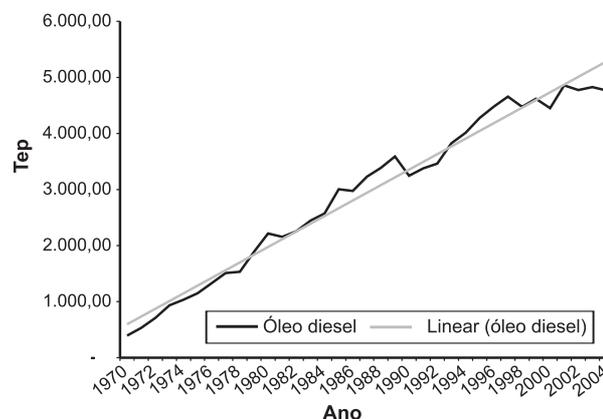


Fig. 5. Tendência do consumo de óleo diesel no período de 1970 a 2004.

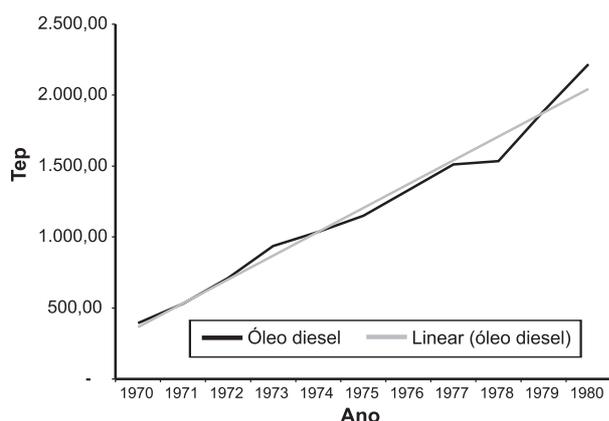


Fig. 6. Tendência do consumo de óleo diesel no período de 1970 a 1980.

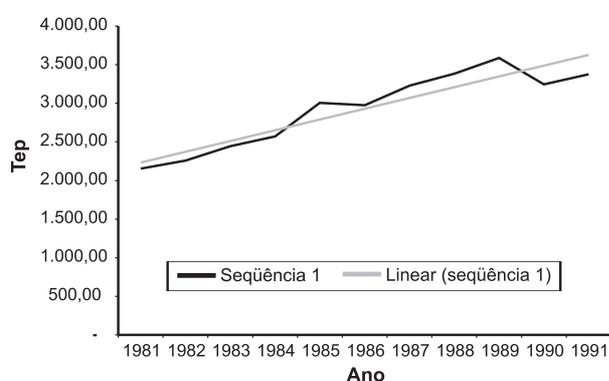


Fig. 7. Tendência do consumo de óleo diesel no período de 1981 a 1991.

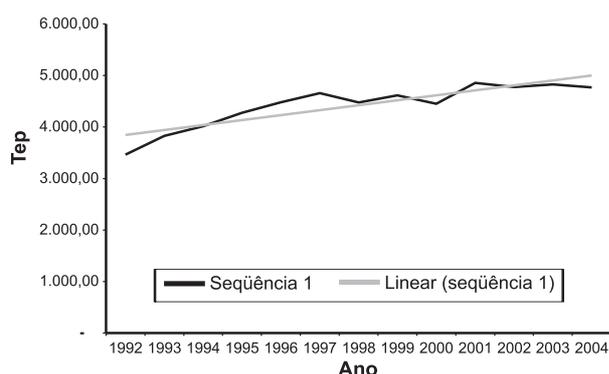


Fig. 8. Tendência do consumo de óleo diesel no período de 1992 a 2004.

Na década de 1970, o Brasil já era industrial. O desenvolvimento ocorrido na época do milagre econômico acarretou a redução da

importância dos setores agroexportadores para a economia nacional. No meio rural, o avanço da modernização restringiu-se aos espaços econômicos agrícolas eficientes para o desenvolvimento industrial do País. Na década de 1970, iniciou-se a construção de eletrificação e surgiram iniciativas como a da Confederação Brasileira de Cooperativa de Eletrificação Rural (Conbracer), congregando federações e cooperativas independentes (OLIVEIRA, 2001).

De acordo com o Censo Agropecuário de 1980, 83,33 % das propriedades rurais no Brasil não dispunham de energia elétrica. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentavam déficits superiores a 90 %. A década de 1980 foi marcada por alta inflação e extrema dificuldade de obtenção de recursos, estrangulada por um crescente déficit fiscal. Os investimentos das concessionárias em eletrificação rural ficaram limitados pela disponibilidade de recursos próprios e pelos recursos do crédito rural do Banco do Brasil (OLIVEIRA, 2001).

Segundo a FAO (1992), citada por Oliveira (2001), a tendência é que haja um crescimento do consumo de energia em razão da introdução de novos hábitos de consumo e novos aparelhos que utilizam energia elétrica.

De forma geral, a Fig. 9 capta o aumento do consumo da energia elétrica, e com certeza esse aumento contribuiu para a conversão e uso final da energia no meio rural, principalmente entre os períodos de 1970 a 1980 (Fig. 10). Já entre 1981 e 1991 (Fig. 11), houve um crescimento de acordo com os estudos e durante os anos de 1992 a 2004 (Fig. 12) o crescimento não foi ligeiramente acentuado.

Considerações finais

Com este estudo, constatou-se a importância de compreender o consumo de energia do setor agropecuário, principalmente durante o período analisado de 35 anos. As variáveis estudadas – lenha, óleo diesel, óleo combustível, eletricidade e carvão vegetal – apresentaram importâncias relevantes no decorrer do desenvolvimento econômico do País.

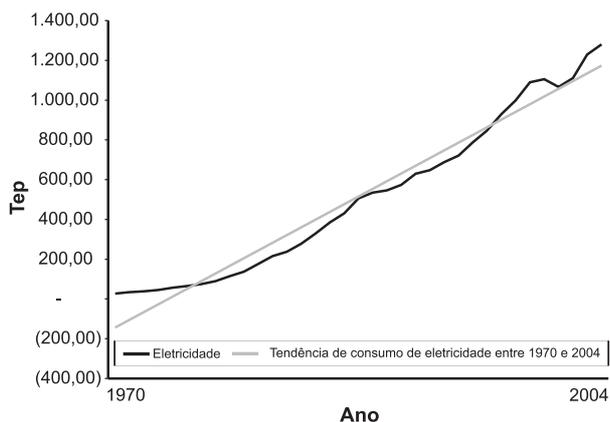


Fig. 9. Tendência do consumo de eletricidade no período de 1970 a 2004.

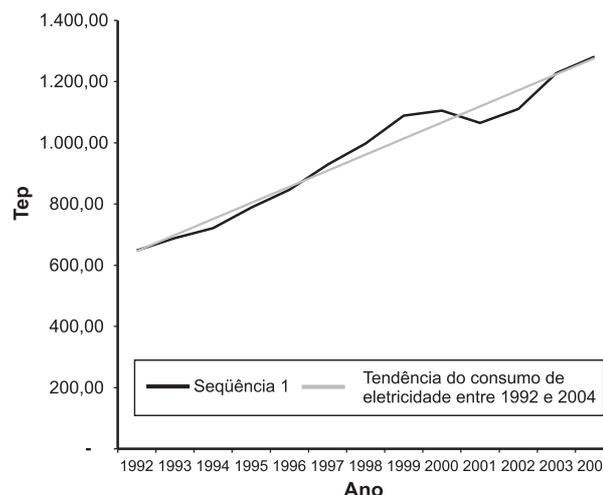


Fig. 12. Tendência do consumo de eletricidade no período de 1992 a 2004.

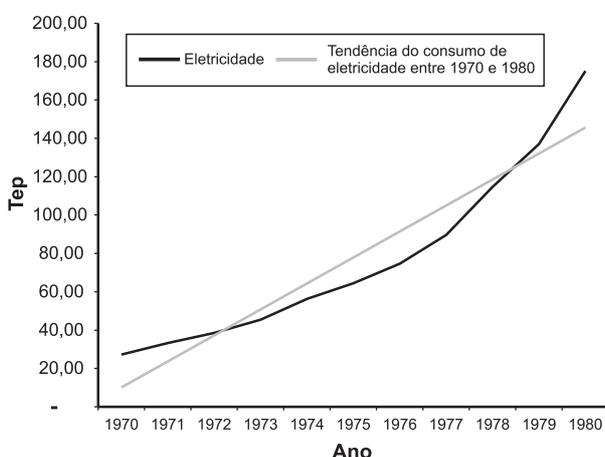


Fig. 10. Tendência do consumo de eletricidade no período de 1970 a 1980.

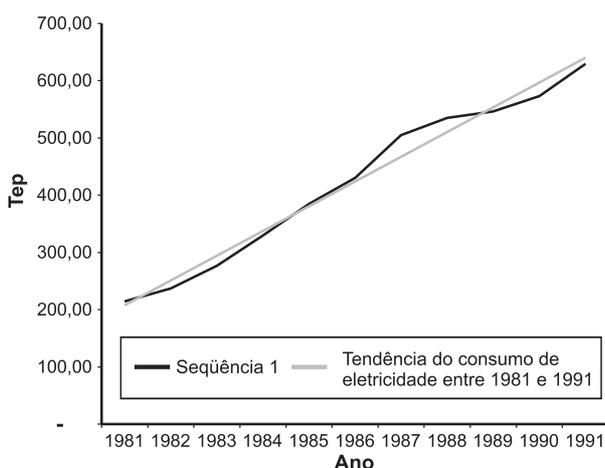


Fig. 11. Tendência do consumo de eletricidade no período de 1981 a 1991.

Buscou-se aperfeiçoar as relações estatísticas dos dados estudados quando se inseriu a análise de tendência do estudo. Com isso, foi possível verificar que as variáveis lenha, óleo diesel e eletricidade são fontes de recursos não renováveis da economia rural e, mediante este estudo, revela-se que elas foram responsáveis pelo desenvolvimento econômico do País, principalmente nas décadas estudadas.

Ao verificar as análises de tendência central durante o período de 35 anos, percebeu-se que o crescimento dos consumos de lenha, óleo diesel e eletricidade coincidiu com as perspectivas históricas do Brasil no meio rural. E isso é verificado ao compararmos as médias aritméticas das diferentes fontes de energia no setor agropecuário. O consumo, em ordem decrescente, é distribuído da seguinte forma: óleo diesel, lenha, eletricidade, óleo combustível e carvão vegetal.

Outro resultado interessante refere-se às correlações entre óleo diesel e eletricidade, pois à medida que o consumo de óleo diesel aumenta, também aumenta o consumo de eletricidade. Mas esse comportamento não foi verificado entre o consumo de lenha e o consumo de óleo diesel, pois eles apresentam uma correlação negativa, ou seja, à medida que cresce o consumo de lenha, diminui o consumo de óleo diesel no setor agropecuário.

Em conclusão, percebeu-se uma diminuição acentuada do consumo de lenha no período analisado e aumento do consumo de energia entre as variáveis óleo diesel e eletricidade, coincidindo com o crescimento das inovações tecnológicas (Revolução Verde) para a área rural durante as décadas de 1970, 1980, 1990 e início da década de 2000.

Referências

ANDRADE, C. S.; NETO, E. C.; GUERRA, H. N. Outorga de Permissão de Serviços Públicos de Energia Elétrica às Cooperativas de Eletrificação Rural. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 7. n. 2, p. 1470-1479, dez. 1999.

JANNUZZI; SWISHER. **Planejamento de recursos energéticos**: meio ambiente conservação de energia e fontes renováveis. Campinas, SP: Autores Associados, 1997.

JORGENSEN, U.; DALGAARDA, T.; KRISTENSEN, S. E. Biomass energy in organic farming: the potential role of short rotation coppice. **Biomass and Bioenergy**, Tjele, v. 28 n. 2 p. 237-248, fev. 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2005**: ano base 2004. Disponível em: <www.mme.gov.br/

download.do?attachmentId=4758&download >. Acesso em: 07 set. 2006.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Emissões de gases de efeito estufa do sistema energético: abordagem *bottom-up*. In: **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília, DF: MCT, 2002. 95 p.

OLIVEIRA, L. C. **Perspectivas para eletrificação rural no novo cenário econômico-institucional do setor elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001. 116 p. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

STREB, C.; PIUNTI, R.; BARBOSA, S.; SILVA, E. Energia no meio rural: uma análise na perspectiva da sustentabilidade. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings...** Campinas: UNICAMP, 2000.

WACHSMANN, U. **Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de Co2 no Brasil entre 1970 e 1996: uma análise de decomposição estrutural**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. 215 p. Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WEC. World energy council; FAO. Food and agriculture organization of the united nations. **The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries**. Londres, 1999.