



QÍ^caaa) AÜ^&aQI/Á^HÍ DÑ) /SÖVÖÖYÁHÁHÍ DÑeconocida por el DICE, incorporada a la base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 12. Nº 35
Diciembre 2019
<https://www.eumed.net/rev/delos/35/index.html>

SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA-ECONÔMICA DA SOJICULTURA EM SORRISO (BRASIL)

Racam Moreira Rodrigues¹
Alexandre Magno de Melo Faria²
Arturo Alejandro Zavala Zavala³
Dilamar Dallemole⁴
Eliane Veltrudes Zanata Benedito da Silva⁵

Conteúdo

Resumo.....	1
Abstract	1
Resumen.....	1
1. Introdução	2
2. A sojicultura em Sorriso	3
3. Economia e eficiência energética.....	4
4. Metodologia	6
5. Resultados e discussões	9
6. Considerações finais.....	13
Referências bibliográficas	14

¹ Graduado em Economia (UFMT). E-mail: racam.eco@gmail.com

² Pós-doutor em Economia (UBI/Portugal), Prof. da Faculdade de Economia da UFMT. E-mail: dr.melofaria@gmail.com

³ Pós-doutor em Economia (UFPE). Prof. da Faculdade de Economia da UFMT. E-mail: zavala.arturo@gmail.com

⁴ Pós-doutor em Economia (UBI/Portugal). Prof. da Faculdade de Economia da UFMT. E-mail: ddallemole@gmail.com

⁵ Mestra em Economia (UFMT). Profa. da Faculdade de Economia da UFMT. E-mail: elianeveltrudes@gmail.com

Resumo

O estado de Mato Grosso é o maior produtor de soja no Brasil. O município de Sorriso, no norte mato-grossense, concentra cerca de 9% da soja produzida no estado. Com dados da safra de 2012/2013, este trabalho avaliou sob o ponto de vista da economia ecológica a eficiência econômica e termodinâmica da sojicultura em Sorriso. A margem econômica bruta apresentou-se positiva em 1,57 frente aos custos, demonstrando capacidade de acumulação de capital. Quanto ao fluxo energético, a sojicultura apresentou uma eficiência termodinâmica de 4,13 na relação entradas e saídas de energia. Os insumos mais importantes no *input* foram de origem industrial como os adubos e defensivos (herbicida, inseticida e fungicida), com participação importante dos combustíveis fósseis. Os insumos de base industrial atingiram 91,92% dos *inputs* energéticos, enquanto os insumos biológicos (sementes e mão-de-obra) alcançaram 8,08% das entradas energéticas. Com base nesse panorama apresentado pelo trabalho, é possível concluir que o sistema produtivo de soja em Sorriso apresenta importante excedente energético, mas precisa de planejamento que reduza a dependência de energia exógena e de fontes industrializadas.

Palavras-chave: Eficiência energética, insumos industriais, soja, sustentabilidade, Mato Grosso.

Abstract

The state of Mato Grosso is the largest soybean producer in Brazil. The municipality of Sorriso, in the north of Mato Grosso, concentrates around 9% of the soy produced in the state. With data from the harvest of 2012/2013, this work evaluated from the point of view of ecological economics the economic and thermodynamic efficiency of soybean farmers in Sorriso. The gross margin was positive at 1.57 compared to the costs, demonstrating capacity of capital accumulation. As for energy flow, soybean showed a thermodynamic efficiency of 4.13 in relation to energy inputs and outputs. The most important inputs were from industrial sources such as fertilizers and pesticides (herbicide, insecticide and fungicide), with important participation of fossil fuels. Industrial inputs accounted for 91.92% of energy inputs, while biological inputs (seeds and labor) accounted for 8.08% of energy inputs. Based on this scenario presented by the work, it is possible to conclude that the soybean production system in Sorriso presents an important energy surplus, but it needs a planning to reduce dependence on exogenous energy and industrialized sources.

Key words: Energy efficiency, industrial inputs, soy, sustainability, Mato Grosso.

Resumen

El estado de Mato Grosso es el mayor productor de soja en Brasil. El municipio de Sorriso, en el norte de Mato Grosso, concentra cerca del 9% de la soja producida en el estado. Con datos de la cosecha de 2012/2013, este trabajo evaluó desde el punto de vista de la economía ecológica la eficiencia económica y termodinámica de la sojicultura en Sorriso. El margen económico bruto se presentó positivo en 1,57 frente a los costos, demostrando capacidad de acumulación de capital. En cuanto al flujo energético, la sojicultura presentó una eficiencia termodinámica de 4,13 en la relación entradas y salidas de energía. Los insumos más importantes en el *input* fueron de origen industrial como los abonos y defensivos (herbicida, insecticida y fungicida), con participación importante de los combustibles fósiles. Los insumos de base industrial alcanzaron el 91,92% de los insumos energéticos, mientras que los insumos biológicos (semillas y mano de obra) alcanzaron el 8,08% de las entradas energéticas. Con base en ese panorama presentado por el trabajo, es posible concluir que el sistema produtivo de soja en Sorriso presenta importante excedente energético, pero necesita de planificación que reduzca la dependencia de energía exógena y de fuentes industrializadas.

Palabras clave: Eficiencia energética, insumos industriales, soja, sostenibilidad, Mato Grosso.

1. Introdução

O objeto desse estudo se concentra nas dimensões econômica e energética da sustentabilidade da sojicultura no município de Sorriso em Mato Grosso (Brasil). A economia do município é focada no agronegócio, com destaque para a produção de soja, milho e algodão. A escolha da soja para este estudo é devido a sua importância econômica como a principal commodities na balança comercial de Sorriso, Mato Grosso e do Brasil. O grão também impulsiona toda a cadeia de agronegócios. Só no ano de 2013 o município de Sorriso exportou U\$\$ 1,458 bilhões e o complexo da soja respondeu por U\$\$ 814 milhões o equivalente a 55,84% de toda a exportação do município e representando respectivamente 11,75% de toda a exportação do estado de Mato Grosso.

Com informações do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio - (MDIC, 2013) tabela PPEXP-201312 para o exercício de 2013, foi demonstrado que o setor de cultivo e beneficiamento de soja gerou U\$\$6,933 bilhões de saldo positivo na Balança Comercial de Mato Grosso. No agregado, incluindo a exportação de Mato Grosso, o cultivo e beneficiamento de soja foi responsável por 43,85% das saídas de mercadorias. O comércio externo é determinante para a economia de Mato Grosso e regional, que em 2013 representou 28,86% de toda a exportação de soja pelo Brasil.

A cadeia produtiva da soja também é estratégica para o Brasil. Dados do Ministério do Desenvolvimento (MDIC, 2013) por meio da Secretaria de Relações Exteriores, apontaram que em 2013 o mercado externo do grão e do óleo de soja bruto, foram responsáveis por U\$\$ 24,027 bilhões de receitas das exportações, equivalendo a 9,92% do total de negócios de comércio exterior, realizados pelo Brasil naquele ano que foi de U\$\$ 242,178 bilhões, perdendo apenas para o mercado de minério de ferro e seus subprodutos, o montante de U\$\$ 32,491 bilhões, equivalente a 13,42% das exportações.

Os dados apresentados demonstram que o processo de geração de riquezas em Mato Grosso está ligado direta ou indiretamente à cultura da soja. Outros estudos são necessários para garantir que a produção da soja seja duradoura e sustentável economicamente. O sucesso conquistado com a soja deve ser de base e ampliação para o desenvolvimento de outras cultivares, que afaste o perigo da monocultura no estado, provocando diversidade econômica, menos impacto de adubos e defensivos químicos. Mesmo com esse sistema de produção em larga escala, também se faz necessário a agregação de valor ao grão com métodos mais eficazes na produtividade e proteção ao solo. A soja ocupa cada vez mais posição de destaque na economia global, no entanto é uma fonte permanente que consome esforço social para gerar renda e mais riquezas para Mato Grosso e região.

Na cadeia da sojicultura a produção é de capital-intensivo devido à evolução tecnológica, metal-mecânica, biológica e química que vem sendo implantada no cultivo a mais de quatro décadas, mas somente alcançou consistência e plenitude a partir da década de 1990 (PEREIRA, 1995; PEREIRA, 2007). A produção em Sorriso possui características idênticas as de outras áreas produtoras de soja em Mato Grosso, a exemplo da região Norte, que engloba os municípios de Sapezal, Nova Mutum, Campo Novo do Parecis, Nova Ubiratã, Diamantino, Lucas do Rio Verde, Campos de Júlio, Santa Rita do Trivelato, Brasnorte, Tapurah, Ipiranga do Norte, Nova Maringá, Vera, Sinop e São José do Rio Claro, dentre outros dessa região. Também há similaridade com a produção que é desenvolvida nas regiões Sudeste e Nordeste de Mato Grosso e outros municípios da microrregião

O estudo de caso pode sinalizar uma tendência regional, acredita-se que a análise da eficiência energética e econômica da produção de soja em Sorriso, permitirá diagnosticar as condições estruturais de produção em uma macro região de Mato Grosso que tem expressividade na economia estadual. Respeitando as limitações do estudo em função das especificidades microrregionais, este material lança olhares sobre a eficiência energética e as vertentes, de utilização de energia na produção de soja no Brasil central ou centro oeste brasileiro, e sobre a capacidade econômico/financeira e longevidade dos negócios com a soja.

Dentro deste cenário é possível um exame reflexivo quanto ao aumento do consumo dos insumos nos inputs (entradas) no processo de produção no setor sojeiro em Sorriso com relação à eficiência econômica e energética deste sistema, sendo este o desafio do trabalho, pois há muito tempo os estudos da economia agrícola lançou olhares apenas às questões de custo de produção, produtividade, logística, ganho em escala e destinação de áreas a produção. Com foco neste contexto, passaram-se despercebidas às implicações do uso sustentável dos recursos orgânicos e inorgânicos da terra nas propriedades rurais, sendo que o sistema produtivo como um todo e em especial o da soja, tem sofrido grandes impactos pelo uso intensivo de fertilizantes, agrotóxicos e combustíveis fósseis que são exógenos ao ecossistema regional.

Quanto maior a dependência em recursos exógenos à economia regional, maiores as possibilidades de flutuação dada a dificuldade de controle das variáveis. Além disso, se os insumos são de origem fóssil e industrial, deve-se planejar cenários com insumos substitutos, considerando a exauribilidade e a dependência externa.

São três os objetivos específicos deste trabalho. Primeiro, a descrição da potencialidade econômica do município de Sorriso, com ênfase nas commodities de soja. O segundo objetivo é avaliar tanto a eficiência termodinâmica dos fluxos energéticos de entrada e saída (input-output) quanto à eficiência econômica (rendimento) da produção de soja em Sorriso na safra 2012/2013, atrelando a análise destes fatores às tendências de aumento ou retração da participação de cada insumo no custo de produção e nas entradas energéticas. Por fim, buscar-se-á identificar a relação entre a eficiência econômica e a eficiência termodinâmica do processo de produção de soja no município de Sorriso.

2. A sojicultura em Sorriso

O município de Sorriso está localizado às margens da BR-163, na região norte de Mato Grosso, a 420 quilômetros capital Cuiabá. O município conta com uma população de 66.521 habitantes e uma área total de 9.424,01 km². O núcleo urbano está localizado a uma altitude de 360 metros em relação ao nível do mar, longitude 55°06'36"W e latitude 11°43'38"S. O clima do município é tropical úmido com estação de seca bem definida, com temperatura média anual de 26°C e umidade relativa do ar na estação chuvosa (outubro a abril) acima de 80% e na estação seca (maio a setembro) abaixo de 60%. O capital agrário concentra sua atuação nas áreas remanescentes de Cerrado, aptas à cultura mecanizada, notadamente para soja, milho e algodão. A grande produção agrícola está centrada na região centro-oeste mato-grossense (FARIA, 2012). A região é reconhecida como um dos polos de produção de grãos de Mato Grosso e participa do complexo agroindustrial brasileiro com lavouras altamente tecnificadas, que ocupam cerca de 30% da área do município segundo o IMEA – Instituto Mato-Grossense de Economia Agrícola, sendo a soja sua principal lavoura, seguida pelas lavouras de milho e algodão.

O potencial agrícola da região foi desenvolvido fortemente a partir de 2010 por decreto presidencial por meio da Lei número 12.724/2012 o município de Sorriso foi denominado como a “capital do agronegócio” (SORRISO, 2010). Pode-se visualizar na Tabela 1 área plantada de soja no município na safra 2012/2013. Nota-se que o município possui considerável quantidade de área plantada em relação a Mato Grosso, alcançando cerca de 9% da área cultivada regionalmente e 2,41% da área brasileira de cultivo de soja para o período.

Tabela 1. Área plantada (hectares) de soja no Brasil, Mato Grosso e Sorriso, 2012/2013.

Safra	Brasil	Mato Grosso	Sorriso
2012	25.090.559	6.980.690	605.700

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE, Censo Agropecuário 2013.

As técnicas de produção implantada e assimiladas em Sorriso, fazem parte de uma estrutura tradicional de desenvolvimento econômico que tende à insustentabilidade por afetar os recursos

ecológicos disponíveis. Esse formato de agribusiness usa o solo apenas como um substrato inerte onde se aplicam os insumos químicos externos aos ecossistemas, com redução da mão de obra humana e de máquinas e implementos agrícolas com tecnologia intensiva (FARIA *et.al.*, 2007), objetivando-se com isso o aumento exponencial da produção e assim maximizar a acumulação de capital na fronteira agrícola.

O modelo agroquímico se materializa no volume produzido de soja, sendo que o município de Sorriso produziu na safra 2012/2013, 1.961.880 toneladas, correspondendo a algo em torno de 9% da produção regional de soja, conforme Tabela 2. Em nível nacional, Sorriso contribuiu com 3% de toda a produção de soja.

Tabela 2. Quantidade produzida (Toneladas) na lavoura de soja no Brasil, Mato Grosso e Sorriso, 2012/2013.

Safra	Brasil	Mato Grosso	Sorriso
2012	65.848.857	21.841.292	1.961.880

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE, Censo Agropecuário 2013.

Na Tabela 3 percebe-se uma relação positiva receita/custo e muito eficiente do ponto de vista econômico nos levando a crer na viabilidade produtiva nesta região sobre a ótica da margem bruta da produção

Tabela 3. Custo e Receita por hectare (R\$/ha) e valor da produção em R\$1000 no município de Sorriso, 2012/2013.

Safra	Custo (R\$/ha)	Valor da produção (R\$1000)	Receita (R\$/ha)	Rentabilidade
2012	1.376,12	1.307.118	2.158,03	56,82%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE, Censo Agropecuário 2013.

Estes dados demonstram a relevância da soja na atividade econômica da região e servem de parâmetro para compreender a necessidade da construção de mecanismos institucionais que possam amenizar as flutuações do sistema produtivo, garante mais estabilidade ao cultivo da sojicultura, maior valor adicionado bruto na economia regional, promovendo a estratégia de Sorriso na geopolítica do estado de Mato Grosso e do Brasil.

3. Economia e eficiência energética

Georgescu-Roegen foi o primeiro economista a se preocupar com a entropia nos sistemas produtivos. Georgescu tentou modificar a visão do fluxo circular unitário e isolado, conforme a qual capital e trabalho são apontados como a estrutura do processo que converte fluxo de energia em produtos e resíduos. Propôs uma visão metabólica do processo, demonstrando que o sistema econômico não é um moto-perpétuo, que mantém a si mesmo de forma circular, sem perdas, ao contrário, é um sistema que torna recursos naturais em rejeitos que não podem mais ser utilizados. Ao desenvolver uma nova representatividade do processo, Georgescu revelou que ele não é isolado, porem aberto (CECHIN, 2010).

O atual modelo de desenvolvimento se sustenta no conceito da alta tecnologia, tecnificação e uso indiscriminado de moléculas sintéticas de fertilizantes e defensivos, sem maximizar os efeitos ao ambiente, envolvendo seus ecossistemas e a biodiversidade, com grandes probabilidades de formação de entropia. A perspectiva aponta que a falta de rotação de culturas, técnica tradicional, mas eficaz na reposição de nutrientes ao solo, após cada safra, acarreta o desperdício ou a indisponibilidade de energia. Além disso, o sistema necessita de aportes crescentes de energia para manter níveis de produtividade, comparados com os padrões alcançados nas mesmas proporções de matéria e energia materializadas em produtos. Em síntese, o modelo de produção,

em larga escala, lavoura mecanizada com auto impacto de agrotóxicos, pode ser tornar ineficiente, no que se refere a termodinâmica. Este panorama leva ao maior uso de recursos energéticos exógenos para gerar a mesma produção e produtividade, provocando mais entropia no final do processo dos negócios agrícolas.

Para Odum e Barret (2008), a alta eficiência e altas taxas de renda proveniente das commodities agrícolas são ocasionadas pelas entradas de fontes energéticas não renovável e em sua maioria exógenas. O combustível fóssil empregado no funcionamento do maquinário das propriedades é uma entrada de energia tanto quanto o sol. Um exemplo disso ocorre na agricultura dos Estados Unidos, onde a entrada dos subsídios de energia na agricultura cresceu dez vezes entre 1900 e 1980, com entrada de energia que oscila de uma a dez calorias para cada caloria de alimento colhido. Webber (2012) exprime que na agricultura dos Estados Unidos da América a relação entre entrada e saída de energia está em 10:1, ou seja, são introduzidos 10,0 kcal e saem apenas 1,0 kcal. Se quiser duplicar o rendimento da colheita vai exigir incremento de dez vezes nas entradas de combustíveis fósseis, adubos e defensivos.

Odum e Barret (2008) acrescenta que a entrada da tecnologia das sementes geneticamente modificadas, mais resistentes a algumas variáveis, tem apresentado melhor rendimento na hora da colheita. A inconveniência é que a plantas com modificação genética não tem energia para gerar defensivos naturais a pragas e competidores, por esta fragilidade genética torna-se dependente química de produtos industrializados demandando uso intensivo de energia exógena não disponível no bioma local para se defender e crescer em segurança. Em geral, essa energia exógena de defesa está contida nos agrotóxicos como herbicidas, inseticidas e fungicidas.

A transferência de energia através da cadeia alimentar de um ecossistema é chamada de cadeia trófica ou malha de transformação dos fluxos de energia porque, de acordo com a lei da entropia, as transformações da energia são “unidirecionais” em contraste com o comportamento cíclico da matéria (ODUM e BARRET, 2008). Conforme descrito, as elevadas taxas de produtividade acontecem quando os elementos físicos são favoráveis, principalmente, quando a entrada de energia (por exemplo os adubos - fonte exógena) maximizam o crescimento ou elevam as taxas de produtividade do sistema. Nesta linha, a energia pode ser aportada de fontes naturais assim como as industriais, podendo ser por ação do vento e da chuva em uma floresta, ou de introdução de combustíveis fósseis, em função do trabalho animal ou humano usado no cultivo agrícola ou até adição de tecnologia e suas inovações.

O comportamento da energia está descrito pela primeira e segunda lei da termodinâmica. A primeira lei da termodinâmica é ambiciosa: ela trata com a quantidade total de energia no universo, e mais especificamente, afirma que esta quantidade total não se altera. Colocado de outra forma, a primeira lei da termodinâmica afirma que a energia não pode ser criada ou destruída. Ela pode somente ser modificada ou transferida de um objeto a outro. A segunda lei termodinâmica estabelece que os processos que envolvem transformações de energia não ocorrerão naturalmente são estimulados a menos que haja uma degradação de uma energia ordenada para uma forma não organizada (a entropia tende a aumentar). Esta determinação remete à importância da cautela ecológica na escolha de alternativas das fontes de energia (limpa de preferência) e de cadeias tróficas que requerem o mínimo de etapas de transformação, além da admissão de sistemas eco eficientes (ODUM e BARRETT, 2008).

Os processos pelos quais ocorrem a distribuição de energia demonstra-se ser elemento fundamental e não pode ser negligenciado na avaliação da sustentabilidade dos sistemas produtivos, pois ela está relacionada ao fluxo de matéria e de receitas dentro e entre os sistemas envolvidos na produção. Isto posto, a revitalização parcial de um sistema de produção, resulta na fragilidade ou extinção de outros, em função das relações de troca e/ou transferência que se desenvolvem entre eles (ALTIERI e MASERA, 1997).

O estudo das entradas energéticas das atividades de cultivo são fundamentais para mensurar a energia empreendida nos insumos produtivos e identificar os sinais de desperdícios de energia e os recursos energéticos que podem ser substituídos por outro recurso mais eficaz, além de

colocar mais eficiência e entendimento do composto do balanço energético, construindo um novo padrão de suporte ao sistema produtivo baseado em ciência para a produção de energia utilizável e de modo sustentável.

4. Metodologia

Para conseguir a eficiência termodinâmica dos fluxos energéticos da soja foi necessário elaborar levantamento energético da lavoura na safra 2012/2013⁶ estudado pelo método do input-output, que implica em converter as quantidades de insumos e produtos para fluxos agregados de energia mediante o uso de coeficientes energéticos equivalentes a cada insumo, ou seja, calcular as energias das entradas (inputs) e as energias da saída (output), utilizados na lavoura de soja em Sorriso na safra 2012/2013. O Coeficiente Energético refere-se a mensuração de energia gasta para se obter determinado recurso utilizado na agricultura como insumo. Este coeficiente é geralmente retirado de estudos de levantamento de insumos utilizados em uma área de lavoura. Seu objetivo principal é interpretar em equivalentes energéticos os fatores de produção provenientes da economia humana, possibilitando a construção de valores de energia agregada comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência (BUENO et.al., 2000).

Confirmando a importância desta metodologia, diversos pesquisadores têm se utilizado do balanço energético para avaliar sistemas agrícolas, em diversas regiões, dimensões e culturas. A conversão energética dos fatores de produção envolvidos na produção de soja tem respaldo na literatura (SCOTT e KRUMMEL, 1980; PIMENTEL, 1983; CAMPOS, 1998).

Para quantificar o balanço energético dos insumos efetuou-se a multiplicação do produto (no caso quantidade de insumo utilizado) pelo respectivo índice de conversão e a saída de dados desta equação foi expressa em quilocalorias (kcal) unidade padrão para medir a eficiência energética. Para obtenção das entradas de energia foram considerados os índices calóricos constantes no Quadro 1.

Quadro 1. Coeficientes energéticos na agropecuária.

Bibliografia	Insumo	Coeficiente
Beltrão et.al. (1993), Albuquerque et.al.(2007)	Óleo diesel (7,0 l/hora)	9.583kcal/l
Pimentel et.al. (1973)	Gasolina (15 l/hora)	9.532,89 kcal/l
Albuquerque, Beltrão e Vale (2007)	Calcário	398,9 kcal/kg;
Pimentel et.al. (1973)	Nitrogênio (inclui produção e processamento)	21.000 kcal/kg
Pimentel et.al. (1973)	Fósforo (inclui mineração e processamento)	3.800 kcal/kg
Pimentel et.al. (1973)	Potássio (inclui mineração e processamento)	2.625 kcal/kg

⁶ A definição da safra 2012/2013 refere-se à disponibilidade de dados fornecidos pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) em um planilha de custos detalhada, que não está disponível para safras posteriores.

Bibliografia	Insumo	Coeficiente
Albuquerque et.al. (2007); Pimentel (1980)	Herbicidas	83.090kcal/kg
Albuquerque et.al. (2007); Pimentel (1980)	Inseticidas	74.300kcal/kg
Albuquerque et.al. (2007); Pimentel (1980)	Formicidas	21.340kcal/kg
Pimentel (1980)	Fungicidas	50.083 kcal/kg
Pimentel (1980)	Acaricidas, espalhantes, óleos minerais, inoculantes, adjuvantes	64.683 kcal por kg ou L
Albuquerque et.al.(2010)	Força de trabalho humana	225kcal/hora
Ulbanere (1988); Freitas, Oliveira e Fredo (2006)	Demanda específica de energia (DEE) de máquinas agrícolas, trator com 65cv	4.322,70 kcal/hora
Ulbanere (1988); Freitas, Oliveira e Fredo (2006)	Demanda específica de energia (DEE) de máquinas agrícolas, trator com 105cv (7,6 ton de peso)	5.674,6kcal/h
Doering e Peart (1977); Castanho Filho e Chabariberi (1982)	Trator (ajustes em função da potência)	3.494.000 kcal/t

Fonte: (CARVALHO, FARIAS, *et al.*, 2015)

O valor energético da soja foi obtido a partir da multiplicação da produção total em toneladas pelo potencial de geração de calor deste produto constante nas Tabelas de Composição de Alimentos do IBGE (1999) que é de 4.000 calorias por quilo, valor também constatado em pesquisas por Melo et.al. (2007) e Campos et.al. (2009).

Eficiência termodinâmica

A eficiência termodinâmica é representada pela razão *output* (kcal de saída) entre *input* (kcal de entrada), como pode ser visto na equação 1.

$$(ET) = \Sigma E \text{ Output} / \Sigma E \text{ Input} \quad (1)$$

Tem-se:

$\Sigma E \text{ Output}$ = Total de saídas de energia (kcal)

$\Sigma E \text{ Input}$ = Total de entradas de energia (kcal)

Tem-se que, o output representa a saída de soja (em forma de energia); e o input representa a entrada de insumos mais importantes (em forma de energia), que são necessários para produzir aquele montante de soja.

Resultados com valores superiores a 1,00 caracteriza um excedente energético, ou seja, na produção há maior energia de saída do que de entrada. Resultados com valores inferiores a 1,00 caracteriza uma situação de perda energética, nos leva a constatar uma produção sobre a ótica da termodinâmica ineficiente. Para Risoud (1999), se o excedente energético for superior a um pode-se afirmar que houve eficiência naquele sistema agrícola, em sendo contrário houve ineficiência.

Com abordagem totalmente diversa Schroll (1994) define como índice de sustentabilidade da produção agrícola um excedente de duas unidades energéticas (kcal) para que se possa considerar que as técnicas de produção são sustentáveis. No entanto, esta é somente uma fração

da análise. Deve-se calcular igualmente a estrutura energética de entrada. O consumo crescente de insumos da indústria química de origem não renovável e exaurível estão evidenciando um problema eminente para o sistema de produção, sobretudo em função da origem exógena de insumos vitais ao equilíbrio econômico regional. Entretanto, quanto maior a participação de insumos de origem biológica e renovável, maiores as possibilidades de resistência e resiliência do sistema.

Após a equação entre outputs e inputs de energia, para determinar excedente ou déficit energético, observou-se a participação percentual de cada insumo. Os insumos foram agrupados de acordo com o tipo de recurso:

- a) Industriais-exauríveis: adubo (nitrogênio, fósforo, potássio e calcário); agrotóxicos (herbicida, inseticida, formicida e fungicida), combustíveis (diesel e gasolina); máquinas;
- b) Renováveis: sementes; mão-de-obra.

Eficiência econômica

Apurado da mesma maneira que índice da Eficiência Termodinâmica (ET), calcula-se o índice da Eficiência Econômica (EC) que objetiva demonstrar matematicamente através da razão entre o Valor Bruto da Produção (VBP) e o Custo Total (CT) o quão sustentável pode ser a atividade de produção de soja a cada safra produzida, conforme a equação 2.

Margem bruta (MB) = Σ Receita Total (R\$) / Σ Custo Total (R\$) (2)

A Receita Total corresponde a toda pecúnia recebida pela produção, que corresponde a multiplicação do valor de produção obtido do IBGE vezes o preço médio recebido pelo produtor daquela região. O Custo Total representa o somatório de todos os insumos necessários à produção convertidos em valores monetários.

O custo de produção e o preço de venda da saca de 60 quilos de soja é a referência para se mensurar o valor econômico da sojicultura local. Na Tabela 4 pode-se visualizar o preço anual da soja.

Tabela 4. Custo e preço (R\$/saca 60 quilos) de soja em Sorriso, 2012/2013.

Safra	Custo (R\$/saca)	Preço (R\$/saca)
2012	27,60	39,98

Fonte: elaborado pelo autor com dados da CONAB (2012/2013).

Para medir a eficiência econômica utilizamos coeficientes com os seguintes parâmetros: os coeficientes abaixo de 1,00 indicam perca da capacidade de acumular capital, enquanto coeficientes iguais a 1,00 indicam ponto de equilíbrio, ou seja, onde receitas e custos se igualam. Coeficientes acima de 1,00 indicam margem de contribuição positiva, ou seja, acumulação de capital, e quanto maior o coeficiente acima da unidade maior a capacidade de geração de capital excedentes.

A análise conjunta destes dos indicadores de eficiência termodinâmica e eficiência econômica podem ampliar o entendimento sobre a capacidade de reprodução econômica e energética do sistema de produção de soja em Mato Grosso e Sorriso ou até mesmo ser replicado em qualquer lugar do Brasil. Muito além de quantificar, mensurar ou catalogar os insumos que fazem parte da apuração da eficiência, torna-se interessante reconhecer a dinâmicas de tais métricas, que podem propor uma alternativa em direção à sustentabilidade do sistema de produção. De certa forma, podem indicar duas dimensões da sustentabilidade, a econômica e a ambiental.

Com os dados de preço de venda e custos de produção, viabilizou-se calcular a rentabilidade econômica do complexo sojeiro em Sorriso. A rentabilidade é um indicativo de desempenho monetário, podendo se medir por ela a capacidade de retenção do excedente econômico no setor avaliado. Na equação 3 demonstra-se a metodologia de cálculo. Se a rentabilidade for negativa, a firma está deixando de acumular capital em suas operações. Se a rentabilidade for positiva está

havendo acumulação de capital, estes recursos podem alimentar a cadeia econômica como um todo ou ser totalmente acumulado o excedente por parte do produtor.

$$\text{Rentabilidade} = (\text{Vendas} - \text{Custo total}) / \Sigma \text{Custo Total} \quad (3)$$

Reformatando os dados obtidos junto à GECUP (Gerência de Custos) da CONAB (Companhia Nacional Abastecimento), empresa pública ligada ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil), tem-se a Tabela 5.

Tabela 5. Insumos utilizados na sojicultura de Sorriso, em kcal: 2012/2013.

Safras 2012/2013	Adubos	Herbicida	Combustíveis	Inseticida	Sementes	Fungicida	Máquinas	Mão de obra	Calciário	Total calorías
	1.629.986,92	466.145,02	238.271,71	189.201,40	230.000,00	92.107,15	14.747,82	1.057,95	598,35	2.862.116,32

Fonte: elaborada pelo autor a partir de CONAB (2012/2013).

5. Resultados e discussões

A monocultura, sistema empregado na base desse estudo, a produção da soja no município de Sorriso, tem como principal característica a transformação completa de áreas de vegetação. No período inicial, a matéria orgânica do solo é uma das principais fontes de energia endógena, com grande impacto positivo na produção, com acúmulo de grandes percentuais de micronutrientes como NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) e outros. Esse recurso natural reflete os depósitos de sedimentos milenares provenientes da interação da flora e fauna microbiana. No processo de produção contínua, a matéria orgânica disponível diminui drasticamente, bem como a função microbiana aliada a extração dos micronutrientes materializados na soja e outras cultivares. Com o sistema exaustivo de produção, em um período curto, os recursos biológicos, ou adubo endógeno, que garantem bons níveis de produtividade ficam exauridos. No ciclo da monocultura, as etapas posteriores absorvem grandes volumes de adubos exógenos, para manter ou ampliar os níveis de produção.

No mesmo paradigma da evolução dos sistemas de produção, a soja geneticamente modificada não inclui em seu pacote tecnológico os recursos genéticos endógenos para produzir os compostos bioquímicos necessários para a defesa de pragas e combater invasores concorrentes no mesmo ambiente de diversidade biológica. Desta forma, as sementes e a planta em desenvolvimento necessita dos produtos da indústria química e farmacêutica para proteção. Assim, os agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas) passam a ser importantes na produção agrícola. Essas substâncias garantem melhores rendimentos, considerando que em solos semiúmidos a proliferação de espécies invasoras é elevada. As variáveis de condições do ecossistema e da modificação genética, elevam os custos dos agrotóxicos. O sistema de fertilizantes básicos à avançados e os defensivos específicos, tem impacto expressivo no custo total da produção, com participação de 18,45%. Para evitar perdas e com acesso aos agrotóxicos, a maioria dos agricultores faz uso excessivo de defensivos no combate às pragas, por exemplo, pois na ponta do sistema, esse é o fator de risco de perda da safra. A maioria dos empresários do setor, não investe o necessário em planejamento e manejo sustentável das áreas agricultáveis. Dados demonstram que desde a safra 2002, a incidência de ferrugem asiática tem forçado a aplicação progressiva de fungicidas (YORINORI et al., 2005).

Os combustíveis de origem fósseis, representam uma grande fonte de energia exógena, obtendo destaque devido ao uso intensivo de implementos e máquinas agrícolas, que operam exclusivamente com este tipo de energia. Esse modal é a base logística e sustentação do sistema da monocultura para transportar insumos e produtos primários, no manejo das propriedades, esta matriz energética e a sustentação deste modal e todos os demais veículos automotores utilizados direta ou indiretamente no processo produtivo. Na safra 2012/2013 foi analisado que o custo com

combustíveis representou 10,27% dos custos totais. A tecnologia aplicada aos implementos mecanizados na agricultura é um dos pilares do agronegócio, que está substituído mão de obra por tecnologia de ponta e outras milhares de técnicas de desenvolver o solo. A participação relativa da mão-de-obra dentro do custo de produção foi de 7,75%. As sementes de soja compõem o terceiro maior insumo, alcançando a participação de 9,71% dos custos de produção.

No esboço de dados constata-se que o conjunto formado por adubos químicos (50,68%), agrotóxicos (18,45%) e combustíveis (10,27%), representam 79,40% dos custos totais. Somando a biotecnologia das sementes (9,71%), neste caso o pacote de insumos representa 89,11% dos custos totais.

Na comparação das práticas com os resultados obtidos, a conclusão é que a produção de soja em Sorriso mantém fortes ligações com setores agroindustriais focados na atividade primária, com forte integração com a indústria química, petrolífera, mecânica e de biotecnologia. Por outro lado, a entrega ou processamento da produção ainda estimula a formação de oligopólios agroindustriais, um fator de risco para a atividade agrícola. Com alinhamento das ações da própria indústria nesse quesito, qualquer desajuste ou fator externo relacionado às commodities, causa grande impacto, por exemplo, no excedente do produtor e não garante a cobertura de elevados custos dos insumos, atrelados à base cambial.

Os insumos de calcário (3,14%) e mão-de-obra (7,75%) são insumos regionais, abundantes no arranjo produtivo local e por estas razões exercem pouca pressão na formação do custo. Com esses dados disponíveis, pode-se analisar a margem bruta, fruto da comparação entre a receita total (R\$) e o custo total (R\$). Hipoteticamente, quanto maior a margem bruta de um sistema econômico, maiores serão os níveis de concentração de capital e, por suposto, tem-se substancial aumento da capacidade produtiva no sistema, em função do controle sobre excedentes passíveis de inversão. Esta equação apresenta um indicador da eficiência econômica do sistema de produção de soja, similar ao que pode ser apreciado na Tabela 6.

Tabela 6. Margem Bruta a partir da relação receita/custos para produção de soja em Sorriso, 2012/2013.

Safra	Receita Bruta (mil R\$)	Custo Total (mil R\$)	Margem Bruta (mil R\$)	Margem Bruta (%)
2012/2013	1.307.118,00	833.515,88	473.602,11	1,57

Fonte: Elaborada a partir dos dados da CONAB, 2013 e IBGE, 2013.

Na safra 2012/2013 é possível identificar uma eficiência da margem bruta com níveis estáveis de acumulação do capital. Essa margem atingiu os valores de (1:1,57), ou seja, para cada unidade de Real (R\$) gasto no custo de produção, ocorreu uma contrapartida de R\$1,57 na receita. Não se pode afirmar que essa é a taxa de acumulação ou a taxa de lucro do sistema, mas tão somente o lucro bruto antes de impostos, custos financeiros e custos administrativos.

Um levantamento minucioso das matérias primas aplicadas para a produção de soja na safra 2012/2013, conforme Tabela 7, verificou-se quais insumos tem maior importância no composto de energia de entrada. Com isso foi possível conhecer o principal insumo responsável pela eficiência ou ineficiência termodinâmica do sistema em análise. Os insumos analisados foram: mão-de-obra, adubos (NPK), sementes, combustíveis, máquinas e agrotóxicos. A Tabela 7, demonstra que a participação da mão-de-obra na análise energética é bem reduzida, de 0,04%, revelando com isto que o processo ou a cadeia produtiva da soja é altamente mecanizado com o uso de automação e tecnologias de fronteira.

Tabela 7. Participação relativa (%) dos insumos na análise energética (kcal) da produção de soja em Sorriso, 2012/2013.

Safras 2012/2013	Adubos	Herbicida	Combustíveis	Inseticida	Sementes	Fungicida	Máquinas	Mão de obra	Calciário
Part. %	56,95%	16,29%	8,33%	6,61%	8,04%	3,22%	0,52%	0,04%	0,02%

Fonte: Elaborada a partir dos dados da CONAB, 2013.

Os insumos de adubos responderam pela parcela dos custos de produção e são igualmente representativos no cálculo de entradas energéticas, com representatividade de 56,95% na safra 2012/2013. Os componentes do adubo com maior participação foram fósforo e potássio, em proporções variáveis em função da safra. O uso de nitrogênio foi registrado somente no início do processo produtivo, pois segundo Sfredo (2008), a fixação biológica do nitrogênio (FBN) realizado pelas micorrizas presentes na raiz da planta de soja é a principal fonte de nitrogênio para a própria cultura, não havendo necessidade de aplicar esse nutriente na adubação.

As sementes representam 8,04% nos inputs na safra analisada. A participação dos insumos complementares como os combustíveis e maquinários, foi relevante no período. Os combustíveis somaram 8,33% e as máquinas 0,52%. Fica evidente o uso de máquinas agrícolas e confirma a teoria da mecanização do cultivo da soja em detrimento da mão de obra humana.

Os agrotóxicos são os insumos que apresentam maior participação no input energético da produção de soja. Na Safra 2012/2013 este insumo representou 26,12%. A defesa pelo maior emprego de defensivos nesse cenário da termodinâmica, está no fator de que a soja geneticamente modificada não dispõe de processos biológicos autoimune e depende dos compostos agroquímicos, em maior escala para se defender de ataques de pragas e doenças. Nesse sistema os agrotóxicos exigem uma maior demanda de energia (ODUM e BARRET, 2008).

A Tabela 8 demonstra as participações relativas dos agrotóxicos no input energético da soja. Os herbicidas são os principais componentes do uso de agrotóxicos, com participação de 16,29% na Safra 2012/2013. A semente geneticamente modificadas necessitam de maior aporte de herbicidas, pois a soja é resistente a este produto químico e o seu uso elimina outras plantas competidoras. Além disso, essa tecnologia substitui a mão de obra que era utilizada na fase de capina manual.

Há mais um composto nesse sistema de custo energético, são os inseticidas que representaram 6,61% dos agrotóxicos utilizados na safra. O de fungicidas é crescente desde a safra 2006, impulsionado pela ferrugem asiática, que provocou perdas econômicas consideráveis. A sua participação na safra 2012/2013 foi de 3,22%.

O contexto analítico esclarece que a maioria dos empreendimentos monocultores, busca soluções temporais e paliativas no combate a proliferação de espécies predadoras das plantas, aplicando maior índice de controladores químicos. Dialeticamente, quanto maior for o uso de controladores na natureza, maior será o impacto nos ecossistemas, gerando menor resistência e resiliência das culturas agrícolas. Neste quadro, o ataque de espécies predadoras pode se tornar exponencial (FARIA, 2013).

Tabela 8. Participação relativa (%) dos agrotóxicos na análise energética (kcal) da produção de soja em Sorriso, 2012/2013.

Safras 2012/2013	Herbicida	Inseticida	Fungicida
Part. %	16,29%	6,61%	3,22%

Fonte: Elaborada a partir dos dados da CONAB, 2013.

Desta forma, entende-se que o complexo da indústria agroquímica se tornou o principal fornecedor de fontes energéticas necessários ao cultivo da soja. Somando as participações dos adubos (56,95%), dos agrotóxicos (26,12%), dos combustíveis (8,33%) e das máquinas (0,52%), tem-se 91,92% da energia exógena incorporada ao sistema produtivo advindo de fornecedores da indústria química. As fontes biológicas se limitam a 8,08% com a participação das sementes, sendo a mão de obra infinitesimal, a fonte energética do calcário mostrou-se irrelevante no processo de produção.

A análise da eficiência termodinâmica (ET) dos fluxos energéticos para o sistema de produção de soja em Sorriso está apresentada na Tabela 9, onde se demonstra os valores agregados de entrada (input) e saída (output). Nela, fica evidenciado os resultados da razão output/input com valor de 4,13E+00.

Embora os indicadores de eficiência estejam acima dos indicados por Risoud (1999) e de Schroll (1994) para sistemas superavitários em energia, a produção em Sorriso mostrou-se menos eficiente que a região oeste do Paraná analisadas por Melo et.al. (2007), onde foi possível identificar excedentes de 5,47 e de 5,41 na sojicultura da região oeste daquele estado nas safras 2002 e 2003 respectivamente, não bastasse o excedente econômico o mesmo levantamento de campo et.al. (2009) estimou o excedente energético de 18,64 em Medianeira, cidade no Oeste do Paraná. Um outro estudo de Serrão e Ocácia (2007) apontou excedente energético de 6,33 na sojicultura do Rio Grande do Sul.

Os resultados da sojicultura em Sorriso devem ser analisados a partir de uma série histórica que reflete a necessidade da manutenção desta atividade no trópico úmido e subúmido. O desenvolvimento de modelos produtivos mais próximos da sustentabilidade, torna-se imprescindível identificar os sistemas produtivos mais eficientes, dadas as condições edafoclimáticas locais e regionais. Esse trabalho também indica que para o cultivo da sojicultura em zonas tropicais úmidas e subúmidas, se torna necessário avaliar tendências e todo o complexo relacionado ao ambiente e emprego de energias, para se ter clareza da sua real capacidade de manutenção no longo prazo.

A medição da eficiência termodinâmica distingue a energia útil para propósitos humanos e pode revelar que sistemas altamente produtivos do ponto de vista econômico podem ser deficitários ou com propensão a ineficiência do ponto de vista energético. Atentar-se aos fluxos energéticos pode sinalizar entropias em função da qualidade do balanço energético, quanto maior a energia organizada no processo de produção mais eficiente energeticamente a lavoura será com maior produtividade por consequência. Analisando o município de Sorriso, os insumos que apresentam importância expressivas são os agrotóxicos, que podem inviabilizar a produção de soja sobre a ótica energética e mudar a realidade econômica.

Tabela 9. Eficiência termodinâmica da produção de soja em Sorriso, 2000 a 2010 (em kcal).

Safra 2012/2013	Input	Output	Eficiência Termodinâmica (Output/Input)
2012/2013	2,89E+06	1,19E+07	4,13

Fonte: Elaborada a partir dos dados da CONAB, 2013.

Em qualquer sistema de produção se espera a maximização da produtividade para que haja mais excedente. Em Sorriso percebe-se que a produtividade, na safra de 2012/2013, mostra ligeira queda em relação à safra anterior, com índice em torno de 3.239 ton./hectare, e um máximo de 3.600 ton./hectare na safra de 2012/2013.

Como o rendimento da atividade agrícola (toneladas de soja/ha/ano) depende da interação dos processos biológicos com o meio físico, é importante compreender as restrições impostas pelos

ecossistemas, na investida de um desenvolvimento sustentável. Caso a expansão da produção de soja tenha como base a incorporação de novas áreas e não no aumento da produtividade, cria-se, de forma sucinta uma oposição.

A contradição habita justamente em não aceitar o quão complexo é o ecossistema local, em acreditar que a monocultura não interfere no equilíbrio da biodiversidade e não diminui a oferta de nutrientes endógenos. Por vocação, o esforço produtivo deveria priorizar a disseminação de tecnologias de produção apropriadas, capazes de reduzir as perdas de biodiversidade, degradação, assoreamento e compactação da terra e atividades micro bacterianas. Quanto menor a resistência e resiliência dos ecossistemas, maiores serão as possibilidades de ataques de populações ofensivas aos agroecossistemas (COSTA, 2007) e, isso explica a grande dependência do uso de agrotóxicos na produção de soja em Sorriso. Ou seja, quanto mais agricultura avança suas fronteiras para novas terras, elimina-se mais biodiversidade do ecossistema do entorno impedindo a regeneração dos insumos endógenos e defesas naturais, podendo diminuir a resistência das variedades agrícolas, aumentando, por conseguinte o consumo de insumos exógenos para o êxito da lavoura.

Uma mutação genética pode tornar uma praga altamente resistente a agrotóxicos e defensivos, estas mutações podem ser transferidas para futuras gerações de pragas por meio do gene. Com as sucessivas safras e insistências em aplicar tais agrotóxicos e defensivos eles perdem a eficiência e as pragas resistentes aumentam por força da mutação. E para tentar conter o agricultor alimenta um círculo vicioso de aumentar as doses ou trocar os produtos por outro causando um outro efeito de resistência no metabolismo das pragas. De modo geral, nos insetos os genes ou os grupos de genes responsáveis pelos mecanismos de eliminação de toxinas, possuem amplo espectro de ação, isto é, são capazes de codificar enzimas que metabolizam e degradam diferentes grupos químicos de agrotóxicos (GRISÓLIA, 2005, p.392).

Apesar dos riscos de dependência energética exógena, os resultados práticos da eficiência energética e das margens econômicas da sojicultura em Sorriso indicam situação de excedente. Ademais, o ponto mais sensível apontado no sistema econômico tem relação com a renda do agricultor, muitos eventos dependem de variáveis externas sem qualquer controle do produtor, sendo que estas variáveis podem sofrer oscilações que afetam os custos e os preços da soja no mercado.

6. Considerações finais

A eficiência energética da lavoura da soja em Sorriso apresentou um indicador de 4,13E+00 na safra de 2012/2013. Conforme Schroll (1994), para que uma lavoura seja eficiente do ponto de vista energético ela deve estar acima de 2,00 para ser considerada sustentável. Para Risoud (1999), há necessidade apenas que os indicadores de eficiência do sistema estejam com rendimento acima de um (1,0) para que se possa reconhecê-lo como sistema gerador de excedente energético.

Todavia, submeter-se a avaliar somente o balanço energético não basta. É necessário identificar as origens dos insumos e as possibilidades de manutenção e longevidade. Continuar produzindo com a ajuda de produtos da indústria agroquímica cujo a fonte é esgotável e poluente além de perigo eminente pode causar danos irreversíveis. Além disso, deve-se avaliar o potencial tóxico dos insumos utilizados. Os agrotóxicos pelo seu poder contaminante podem comprometer todo o micro ecossistema causando danos irreversíveis em toda a fauna e flora da região. A adubação pode interferir no equilíbrio das populações de bacias hídricas pelo processo de eutrofização. O uso de combustíveis de fontes não renováveis aumenta os níveis de gás carbono e não é mais admissível a perpetuidade desta fonte energética nos tempos atuais.

Com este cenário, é importante canalizar forças na observação da sojicultura plantada na região tropical úmida, visando perceber se há uma tendência de ineficiência energética que implica em um sistema produtivo insustentável. Como a sojicultura apresenta uma margem bruta financeira

positiva, em uma análise estritamente comercial e materialista, poderia omitir possível incerteza ecológica endógena.

Uma assimilação mais contextualizada e abrangente necessita incluir indicadores ecológicos e sociais. Esse artigo busca a compreensão fundamentada sobre a ótica do indicador da produtividade termodinâmica. Evoluindo-se para estudos de maior envergadura e investigação mais aprofundadas sugere-se a anexação de indicadores socioeconômicos.

O estudo é uma ferramenta ao alcance dos agentes econômicos e dos gestores do desenvolvimento regional. Com isso é possível reajustar os sistemas produtivos promovendo a sustentabilidade, com base em indicadores energéticos combinados com indicadores econômicos e sociais. A falta de conhecimento dos conceitos ecológicos e a negligência dos danos ambientais irreversíveis, já conduzem para impactos de uma crise econômica, pelo alto valor do custo de produção. A conclusão é que a região de Sorriso, para se manter com crescimento elevado de geração de riquezas por meio da produção de soja, deve investir em conhecimento e a adoção de providências adequadas ao modelo de desenvolvimento escolhido, caso contrário a região pode sofrer em pouco espaço de tempo, uma inversão do processo evolutivo e provocar uma forte crise socioeconômica.

Referências bibliográficas

- ALTIERI, M.; MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, J., NAVARRO, Z. (Coord.). Reconstruindo a agricultura: ideias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural 20 sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1997. p. 72-105.
- BUENO, O. C. Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- CAMPOS, A. T.; FERREIRA, W. A.; JÁMAGUCHI. Balanço econômico e energético na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite. Engenharia Rural, Piracicaba, v. 9, n.1, p.10-20, 1998.
- CAMPOS, Alessandro Torres, KLOSOWSK, Elcio Silvério; SOUZA, Cássio Vinícius; ZANINI, Agostinho; PRESTES, Tânia Maria Vicentini. Análise Energética da Produção de Soja em Sistema Plantio Direto. Global Scientific Technology, v.02, n.02, p.38-44, mai/ago. 2009.
- CARNOT, N. L. S. (1824 apud Nascimento, C. K., Braga, J. P. e Fabris, J. D.). Reflexões sobre a Contribuição de Carnot à Primeira Lei da Termodinâmica. Quim. Nova. Belo Horizonte, 21 nov. 2004. Vol. 27, No. 3, 513-515. Disponível em: <www.ams.org/.../S0002-9904-1952-09615-4.pdf>. Acesso em: 12 out. 2010.
- CECHIN, Andrei. A natureza como limite da economia: A contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. São Paulo: Editora SENAC São Paulo/Edusp, 2010.
- CARVALHO, E. F. D. et al. Análise da eficiência econômica e termodinâmica da produção de soja em primavera do leste. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, México, 05 maio 2015. 71-90.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). (2012). Dados referentes a coeficientes técnicos, custos, produtividade e área de plantada de soja em Sorriso - MT, Safra 2012/2013. Fornecido em mídia pela GECUP/CONAB, em 30 de março de 2014.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). (2012). Dados referentes ao custo de produção – resumo, soja em Sorriso - MT, Safra 2012/2013. Fornecido em mídia pela GECUP/CONAB, em 30 de março de 2014.

- COSTA, F.A. O Desafio do Desenvolvimento na Amazônia. In: BRITO, M.F.; FANZERES, A.; ELIA, C. Entrevista com Francisco de Assis Costa. Revista Amazônia Legal de Estudos Sócio-Jurídicos-Ambientais. Cuiabá, ano 1, n. 1, p.41-52, jan.-jun. 2007.
- DOERING, O. C.; PEART, R. N. Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis. Indiana: Purdue University, 1977. 128 p.
- FARIA, A.M.M. Destramando o tecido do desenvolvimento. Cuiabá, MT: UFMT, 2012.
- HEITSCHMIDT, R. K., SHORT, R. E., GRINGS, E. E. Ecosystems, sustainability, and animal agriculture. Journal of Animal Science, Champaign, v. 74, p.1395-1405, 1996.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Produção Agrícola Municipal: Tabela área plantada, área colhida, quantidade e valor da produção da lavoura temporária. _____ . Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em 26 de abr. 2016.
- MELO, Dirceu de; PEREIRA, Joaquim Odilon; SOUZA, Eduardo Godoy de; GABRIEL FILHO, Antônio, NÓBREGA, Lucia Helena Pereira; PINHEIRO NETO, Raimundo. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do Paraná. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 29, n. 2, p. 173-178, 2007.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO. Dados referente a exportação Brasileira – Principais Produtos – BCE014. Disponível em ><http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano?layout=edit&id=1183>> Acessado em 11/05/2016.
- ODUM, E. P.; BARRET, G. W. Fundamentos de Ecologia. São Paulo: Cengage Learning, 612p. 2008.
- PEREIRA, Benedito Dias. Industrialização da Agricultura de Mato Grosso. Cuiabá, EdUFMT, 1995. _____ . Mato Grosso: Principais Eixos Viários e Modernização da Agricultura. Cuiabá, EdUFMT, 2007.
- PIMENTEL, D., BERARDI, G., FAST, S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, n.9, p.359 -372, 1983.
- RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. Économie Rurale, n. 252, p.16-27, juil./août., 1999.
- ROMEIRO, A.R.. Introdução à Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. MAY, P. H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. (org.) Editora Campus, 2003.
- SÁ, J.C.M. Plantio Direto em Mato Grosso. Palestra na Assembleia Legislativa de Mato Grosso. Outubro de 2009.
- SCOTT, W. O & KRUMMEL, John (1980). Energy Used in Producing Soybeans. In: PIMENTEL, D. Handbook of Energy Utilization in Agriculture. Florida: CRC Press p. 117-119. 1980.
- SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agriculture. Ecosystems and Environment, v.5, p.301-310, 1994.
- SERRÃO, Adriana Amado; OCÁCIA, Gilnei Carvalho. Produção de biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. Novo Hamburgo, Revista Liberato, v.8, n.9, jan./jun 2007.
- SFREDO, G. J. Soja no Brasil: Calagem, Adubação e Nutrição Mineral. EMBRAPA Documento 305. Embrapa Soja. Londrina. PR. Setembro. 2008. 148 pg. Disponível em ><http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc305.pdf>> Acesso em: 03/02/2013.
- YORINORI JT; PAIVA, WM; FREDERICK RD; COSTAMILAN LM; BERTAGNOLLI PF; HARTMAN GE; GODOY CV; NUNES JUNIOR J. (2005) Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. Plant Disease 89:675-677.
- WEBBER, Michael E. Mais alimento, menos energia. SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, Aula aberta. Editora Moderna: Ano II, nº12, 2012, p.34-39.