

Uma Nota Sobre Consumo Energético, Emissões, Renda e Emprego na Cadeia de Soja no Brasil

MARCO ANTONIO MONTOYA,^{*} LUÍS ANTÔNIO BERTUSSI^{*}
RICARDO LUÍS LOPES,[†] EDUARDO BELISÁRIO FINAMORE^{*}

Sumário

1. Introdução.....345
2. Metodologia.....347
3. PIB, emprego, consumo de energia e emissões de CO₂ na Cadeia Soja..... 351
4. Conclusões.....366

Palavras-chave

Agronegócio, cadeia soja, energia, emissões de CO₂, insumo-produto

JEL Codes

Q13, Q43, Q52, E01, J21, C67

Resumo • Abstract

Este artigo, com base na desagregação das matrizes energéticas de 2000 a 2014, compatíveis com as matrizes insumo-produto do Brasil, aponta que a Cadeia Soja no agronegócio responde por 12,70% do PIB, 12,10% dos empregos, 9,80% do consumo de energia e 8,70% das emissões de CO₂. Verificou-se, uma mudança estrutural pautada pela expansão do produto soja em grão em detrimento da industrialização e processamento da soja, bem como, um expressivo uso de energia renovável que alcança 59,05% da cadeia e representa 71,48% de suas emissões. Assim, no consumo de energia a cadeia apresenta atividades que conciliam o crescimento econômico acelerado com a preservação do meio ambiente.

1. Introdução

A produção comercial da soja no Brasil se iniciou na década de 1960, entretanto, a verdadeira expansão da Cadeia Soja (soja em grão, farelo e óleo) se deu a partir da década de 1970, motivada, fundamentalmente, pela alta do preço no mercado mundial, bem como pela vantagem competitiva do país em relação aos outros países produtores: o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações.

Desde então, abundantes recursos naturais, incentivos e subsídios oferecidos pelo governo federal aliados ao aumento da demanda interna e externa de insumos para a produção de carnes e óleos vegetais, desencadearam, de forma acelerada, o aumento da área plantada, a mecanização da lavoura e a profissionalização do setor. Em particular, a ampliação da área plantada que iniciou no Rio Grande do Sul, foi para o Paraná, seguiu serrado à dentro no Centro-Oeste e, nos dias atuais, migra em direção aos estados do Norte e até mesmo a estados do Nordeste, o que, há poucos anos, era impensável. Como resultado, no final da década de 2000, a área plantada de soja ocupou 21,7 milhões de hectares, sua produção

^{*} Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Ciência Econômicas Administrativas e Contábeis (UPF/FEAC), Campus I. BR 285, Km 292,7, Bairro São José, Passo Fundo, RS, CEP 99052-900, Brasil.

[†] Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Sociais Aplicadas (UEM/CSA). Av. Colombo, 5.790, Jd. Universitário, Maringá, PR, CEP 87020-900, Brasil.

✉ montoya@upf.br ✉ luisbertussi@upf.br ✉ rlopes@uem.br ✉ finamore@upf.br

alcançou 57,3 milhões de toneladas e seu valor de R\$37 bilhões, o que representa 33% do montante gerado por todas as culturas temporárias do país. Isso coloca o cultivo da soja como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, conforme [Dilson Trennepohl \(2011\)](#) e [Dall'Agnol \(2006\)](#).

Em virtude disso, as fortes relações setoriais que a Cadeia Soja apresenta com a produção de carne bovina, suína e de frango, aliadas ao crescente volume de sua produção, o que se deve, em grande parte, também, ao aumento do consumo global de carnes, têm dado à soja brasileira o reconhecimento como componente importante para o crescimento da renda e do emprego do país e o *status* de referência mundial no fornecimento de matéria-prima para alimentação animal, produção de óleos, biocombustíveis e outros produtos.

Contudo, para atender à crescente demanda mundial por soja são necessárias, cada vez mais, terras. Tal expansão vem gerando inúmeras críticas já que, quase sempre, é feita sem padrões de sustentabilidade ambiental e social. Por exemplo, estima-se que as emissões de dióxido de carbono (CO₂) oriundas da conversão do Cerrado equivalem à metade das emissões do Reino Unido em 2009 e, provavelmente, já superam as emissões provocadas pelo desmatamento da Amazônia (Associação Internacional para a Soja Responsável ([RTRS, 2016](#))).

Frente a esse panorama, muito se tem discutido sobre o aumento da fronteira agrícola, o processo de degradação do meio ambiente e as emissões de CO₂ decorrentes do desmatamento da Amazônia e da destruição do cerrado brasileiro. Porém, considerando que o volume de emissões de CO₂ também está diretamente associado ao mercado de energia do país, uma questão, de suma importância e ainda pouco discutida de forma empírica é: dado o acelerado crescimento da Cadeia Soja e o maior consumo de energia que isso implica, o desenvolvimento de suas atividades produtivas resultarão no aumento do consumo de energia renovável, ou irão promover o maior uso de energia fóssil?

De fato, não é difícil perceber que o crescimento da Cadeia Soja tem um relevante papel no aumento do consumo de energia e, portanto, nas emissões de gases no meio ambiente. Cabe lembrar que as previsões sobre a demanda de energia para o Brasil indicam, no período de 2006 a 2030, que o mercado energético nacional aumentará 196,25%, passando de 202,9 milhões de toneladas equivalente petróleo (tep) para 398,2 milhões de tep em 2030 ([Capeletto & Moura, 2010](#); [EIA, 2009](#)). Assim, fica evidente que os riscos e as incertezas das maiores emissões de CO₂, por conta do maior consumo de energia para crescimento das atividades produtivas da soja, tornam-se um tema relevante a ser avaliado no agronegócio brasileiro, isso até porque, [Montoya, Pasqual, Lopes, e Guilhoto \(2016\)](#) estima que o agronegócio em 2009 responde por 34,72% do consumo de energia e por 40,96% das emissões de CO₂ do país.

Nesse contexto, a fim de compreender melhor alguns aspectos econômicos e ambientais que envolvem as atividades da Cadeia Soja, neste artigo, questiona-se especificamente: de que maneira o crescimento da renda e do emprego da Cadeia Soja afeta o consumo de energia e emissões de CO₂? As emissões de CO₂ estão aumentando ou diminuindo na cadeia? Como está evoluindo o consumo de energia renovável *versus* não renovável? Qual é a intensidade das atividades produtivas da Cadeia Soja nas emissões de CO₂? Comparativamente, a intensidade nas emissões de CO₂ da Cadeia são maiores ou menores do que no agronegócio?

Com esses fins, o presente artigo, considerando o período de 2000 a 2014, tem como objetivo avaliar na Cadeia Soja brasileira a geração de renda e emprego, bem como suas implicações sobre o consumo de energia e emissões de CO₂ por fonte de energia renovável

e não renovável. Com isso, espera-se, num primeiro momento, compreender com mais detalhe as interações das atividades da Cadeia Soja com o meio ambiente, bem como, fornecer subsídios para um melhor planejamento energético e de emissões nos próximos anos.

O presente artigo está dividido da seguinte maneira: na [seção 2](#), é apresentada uma breve referência sobre a evolução da metodologia insumo-produto utilizada na economia brasileira para mensurar no agronegócio a renda, o emprego, o consumo de energia e as emissões de CO₂, bem como a estrutura matemática; a [seção 3](#) avalia, na estrutura da Cadeia Soja de 2000, 2005, 2010 e 2014, a evolução do Produto Interno Bruto (PIB), do emprego, do consumo de energia renovável e não renovável, e das emissões de CO₂ pelo consumo dessa energia, para logo estabelecer, com base nessas informações, indicadores de intensidade e produtividade; na última seção, são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

2. Metodologia

Para o cálculo do PIB e do emprego da Cadeia Soja, foram utilizadas como referencial as metodologias de [Davis e Goldberg \(1957\)](#), [Malassis \(1969\)](#) que utilizam as matrizes insumo-produto desenvolvidas por [Leontief \(1951\)](#), bem como das contribuições de [Araújo, Wedekin, e Pinazza \(1990\)](#), [Lauschner \(1993\)](#), [Furtuoso \(1998\)](#), [Montoya e Guilhoto \(2000\)](#), [Guilhoto, Furtuoso, e Barros \(2000\)](#), [Montoya e Finamore \(2001\)](#), [CEPEA \(2013\)](#), entre outros.

Já para calcular o Consumo de Energia e as Emissões de CO₂ da Cadeia Soja, foram abordadas as metodologias de [Montoya, Lopes, e Guilhoto \(2014\)](#), [Montoya e Pasqual \(2015\)](#) e [Montoya et al. \(2016\)](#) que compatibilizam e desagregam as Matrizes Energéticas e de Emissões de GEE do Balanço Energético Nacional (BEN) em nível das Matrizes Insumo-Produto (MIP).

2.1 Mensuração da Cadeia Soja

Para a operacionalização desse modelo proposto, foi necessária a compilação de uma matriz insumo-produto com tecnologia produto-produto, de forma a desagregar o Produto Soja do Setor Agropecuário, bem como desagregar a Indústria da Soja do setor Agroindústria.

Seguidamente, a Cadeia Soja foi dividida em quatro segmentos: I) Insumos soja em grão, II) Produto soja em grão, III) Indústria da soja, IV) Serviços da cadeia soja.

Além desse procedimento, para uma análise comparativa, neste trabalho foram realizadas algumas inovações metodológicas que permitem desagregar o segmento Serviços da cadeia soja em mais dois subsegmentos: A) Serviços da soja em grão; e B) Serviços da indústria da soja. E neles foi deixado em evidencia os serviços de comercialização, transporte e “outros serviços”, respectivamente.

Os “outros serviços” inclui, os Serviços de produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e, limpeza urbana; os Serviços de informação; a Intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados; as Atividades imobiliárias e alugueis; os Serviços de manutenção e negociação; os Serviços de alojamento e alimentação; e os Serviços prestados às empresas.

Para se obter os valores da renda (*PIB*), do emprego (*L*), do consumo de energia (*tep*) e, das emissões de dióxido de carbono (CO₂) da Cadeia Soja, o processo metodológico é similar e os cálculos são efetuados separadamente para cada variável, generalizada no

modelo matemático com o símbolo W que representa alternativamente as variáveis de interesse.

Inicialmente, para o cálculo a quantidade ou valor de W do segmento I ou Insumos soja em grão, são utilizadas as informações disponíveis nas tabelas de insumo-produto, referentes aos valores dos insumos adquiridos pelos produtores de soja. A coluna com os valores dos insumos é multiplicada pelos respectivos coeficientes da variável de interesse. Para se obter os coeficientes de W por unidade monetária da atividade q , divide-se o valor da variável de interesse (W_q), pela produção da atividade (X_q), ou seja,

$$CW_q = \frac{W_q}{X_q}, \quad \text{para } \begin{cases} q = 1, 2, \dots, 128 & (\text{produtos ou atividades}), \\ W = \text{PIB}, L, \text{ tep}, \text{ CO}_2 & (\text{alternativamente}), \end{cases} \quad (1)$$

em que CW_q é o coeficiente da variável W por unidade monetária da atividade q .

Logo, para se estimar o valor do segmento I , multiplicam-se os valores de cada atividade comprados pela produção de soja em grão pelo respectivo coeficiente da variável de interesse W de cada atividade:

$$E_I = \sum_{q=1}^n Z_q * CW_q, \quad (2)$$

em que E_I é a quantidade de W no segmento I ou Insumos soja em grão; e Z_q é o valor total do Insumo da atividade q para a produção de W .

Para o segmento II, considera-se, no cálculo, a quantidade de W gerado pela produção de soja em grão e, para evitar dupla contagem, subtraem-se dele as quantidades que foram utilizados como insumos, já incorporados na quantidade de E_I do segmento I .

Tem-se, então, que

$$E_{II} = W_q - Z_{ql} * CW_q, \quad (3)$$

em que E_{II} é a quantidade de W no segmento II ou Produto soja em grão; e Z_{ql} é a quantidade do insumo soja em grão adquirido pela própria atividade da produção de soja em grão.

No caso da estimação do segmento III ou Indústria da soja, adota-se o somatório da quantidade de W gerada pelas atividades da indústria da soja, subtraídos das quantidades de insumos da indústria da soja que foram utilizados como insumos no segmento I:

$$E_{III} = \sum_{qal} (W_{qal} - Z_{qal} * CW_{qal}), \quad (4)$$

em que E_{III} é a quantidade de W do segmento III ou Indústria da soja; e Z_{qal} é a quantidade do insumo da indústria da soja adquirido pela produção de soja em grão.

Para fins de definição do valor da indústria da soja, utilizou-se a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 1.0 do IBGE. Como resultado, verificou-se que as indústrias esmagadoras, refinadoras e produtoras de derivados de óleos que constituem o segmento da indústria da soja, na MIP estão contidas: na atividade óleo de soja em bruto e tortas, bagaços e farelo de soja; na atividade óleo de soja refinado; na atividade óleos e gorduras vegetais e animais; e na atividade rações balanceadas para animais.

No caso do segmento IV ou Serviços da cadeia soja, referente à distribuição final, considera-se, para fins de cálculo, o valor agregado das atividades relativas ao transporte, ao comércio e aos “outros serviços”. Do valor total obtido, destina-se à Cadeia Soja apenas a parcela que corresponde à participação do Produto soja em grão e a parcela da Indústria da soja na demanda final de produtos, respectivamente.

A sistemática adotada no cálculo do valor da distribuição final ou os serviços da cadeia soja pode ser representada por

$$DFD = DFG - IIL_{DF} - PI_{DF}, \quad (5)$$

em que

DFD = demanda final doméstica;

DFG = demanda final global;

IIL_{DF} = impostos indiretos líquidos pagos pela demanda final;

PI_{DF} = produtos importados pela demanda final.

Para evitar uma dupla contagem no cálculo das variáveis de interesse da Cadeia Soja, é necessário subtrair da margem de comercialização as parcelas de insumos utilizados nas atividades de serviços, pertencentes ao segmento I:

$$MC = (WT + WC + WS) - (Z_{qs} * CW_{qs}), \quad (6)$$

em que:

MC = margem de comercialização;

WT = quantidade de W da atividade transporte;

WC = quantidade de W da atividade comércio;

WS = quantidade de W da atividade serviços;

Z_{qs} = quantidade do insumo serviços adquiridos pelos produtores de soja;

CW_{qs} = coeficiente de serviços da variável de interesse.

Logo, o segmento IV ou Serviços da cadeia soja é

$$E_{IV} = MC * \frac{DF_{ql} + \sum_{qal} DF_{qal}}{DFD}, \quad (7)$$

em que

E_{IV} = quantidade de W do segmento IV ou Serviços da cadeia soja;

DF_{ql} = demanda final doméstica da produção de soja;

DF_{qal} = demanda final doméstica da atividade indústria da soja.

Finalmente, a quantidade total de W da Cadeia Soja é dada pela soma dos seus segmentos, ou seja,

$$E_{CadeiaSoja} = E_I + E_{II} + E_{III} + E_{IV}. \quad (8)$$

2.2 Índices de Intensidade e produtividade parcial da Cadeia Soja

Com fins de visualizar o processo de modernização e de eficiência com que se usam os fatores físicos de produção na Cadeia Soja, foram calculados índices de intensidade do uso da mão de obra (L), do consumo de energia (tep) e das emissões de dióxido de carbono (CO_2) por unidade de renda (PIB) gerada na cadeia, expressos pelas seguintes razões: $(L \div PIB)$, $(tep \div PIB)$ e $(CO_2 \div PIB)$. Seguidamente, complementando esses índices foi utilizada produtividade Parcial da mão de obra na geração de renda, no uso de energia e emissões expressos por $(PIB \div L)$, $(tep \div PIB)$ e $(CO_2 \div L)$, respectivamente.

Embora, os índices de intensidade e produtividade parcial tenham limitações, no curto prazo, por ignorar a contribuição de outros fatores na modernização e ganhos de eficiência do sistema de produção, suas tendências de longo prazo quando comparadas com a produtividade total dos fatores tendem a apresentar variações percentuais bastante próximas o que valida nestes casos seu uso (Messa, 2014, p.95–96).

2.3 A Matriz energética nacional e as emissões de gases do efeito estufa

No Brasil, embora o BEN e a MIP apresentem setores consumidores compatíveis com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 1.0 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o nível de agregação é diferente, já que a Matriz Energética do BEN apresenta 22 setores consumidores em unidades físicas e a MIP 56 setores em unidades monetárias. Em decorrência disso, a compatibilização das informações gera um reduzido número de setores e/ou atividades consumidoras, o que afeta os resultados e as análises do sistema.

Para superar esse problema e calcular o impacto da Cadeia Soja no consumo energético e nas emissões de gases de efeito estufa é necessário compatibilizar e desagregar por produto ou atividade os dados do BEN, tomando como referência os dados da MIP. Para tal procedimento, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Montoya et al. (2014). Com base nesse método que compatibiliza, por um lado, os setores consumidores de energia e, por outro, os fluxos das fontes de energia com os setores consumidores, se obteve, para cada ano (2000, 2005, 2010 e 2014), uma Matriz Energética Nacional desagregada setorialmente em 56 setores compatíveis com o número de setores consumidores que apresenta a MIP do país.

Em seguida, foi necessária a compilação das matrizes insumo-produto, energéticas e de emissões, com tecnologia produto-produto, de forma a desagregar o produto Soja em grão do setor Agropecuário, bem como desagregar a indústria da soja do setor Agroindústria. Esse procedimento torna-se necessário para mensurar o PIB, o emprego, o consumo de energia da Cadeia Soja e suas emissões de CO_2 por fontes de energia.

2.4 Base de dados

Para o cálculo da Cadeia Soja, os dados utilizados foram extraídos da Matriz Insumo-Produto do Brasil de 2000, 2005, 2010 e 2014 estimada por Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010) e da Matriz Energética do Brasil de 2000, 2005, 2010 e 2014 publicada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2015).

Com fins de avaliar consumo de energia da Cadeia Soja, com base no EPE (2015), estabeleceu-se que a fonte de energia renovável está composta pela lenha, produtos da cana, outras fontes primárias, eletricidade, carvão vegetal e, álcool etílico anidro e hidratado. Já a fonte de energia não renovável compõe-se pelo gás natural, carvão vapor, óleo diesel, óleo

combustível, gasolina, glp, querosene, gás de cidade e de coqueria, coque de carvão mineral, outras secundárias de petróleo e, alcatrão.

Para calcular as emissões de gases de efeito estufa da economia brasileira, foi necessário fazer a conversão da matriz energética estimada em mil tep para uma matriz de emissões por produto ou atividade em Gg de CO₂-eq. Para isso, foram utilizados os coeficientes de conversão encontrados no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006), os quais representam a quantidade total de GEE medido em Gg/1000 tep emitida na atmosfera.

Em geral, as estatísticas do país utilizadas representam as últimas informações disponíveis em matéria de insumo-produto. Portanto, o presente estudo, baseado nas fontes empregadas, tem o grau máximo de atualização possível.

3. PIB, emprego, consumo de energia e emissões de CO₂ na Cadeia Soja

A seguir são apresentados os principais resultados da Cadeia Soja. A organização desses permite uma visualização das mudanças significativas que ocorreram no período de 2000 a 2014, bem como as implicações da atividade econômica sobre o consumo de energia e as emissões de CO₂ decorrentes desse consumo.

3.1 O Produto Interno Bruto da Cadeia Soja

O PIB da Cadeia Soja a preços básicos (Tabela 1) apresentou uma taxa de crescimento de 8,2% ao ano no período de 2000 a 2014, passando de R\$41.146 milhões em 2000 para R\$129.810 milhões em 2014, em virtude disso, sua dimensão econômica vem ganhando importância relativa na economia do país. Por um lado, no ano 2000, a Cadeia Soja foi responsável por 1,40% do PIB nacional e, em 2014, sua contribuição passou para 2,60%. Por outro, no agronegócio foi responsável por 6,00% do PIB em 2000, por 8,50% em 2005, por 9,40% em 2010 e por 12,70% em 2014, isto é, a cadeia vem impactando significativamente e de forma crescente a geração de renda do agronegócio brasileiro.

Tabela 1. PIB da Cadeia Soja brasileira de 2000 a 2014 (R\$ milhões e a preços de 214).

Segmentos	2000 Valores	2005 Valores	2010 Valores	2014 Valores	Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos Soja em grão	3.195	6.085	6.035	9.701	7,9%
II Produto Soja em grão	15.281	24.549	30.275	50.664	8,6%
III Indústria da Soja	6.300	11.013	9.558	11.983	4,6%
IV Serviços da Cadeia Soja (A + B)	16.370	26.715	37.055	57.463	9,0%
A) Serviços da soja em grão	5.544	10.986	15.016	32.258	12,6%
IV - a) Comercialização da soja	816	1.718	2.463	5.514	13,6%
IV - b) Transporte da soja	368	752	648	1.410	9,6%
IV - c) Outros Serviços da soja	4.360	8.516	11.905	25.334	12,6%
B) Serviços da Indústria da Soja	10.826	15.729	22.038	25.205	6,0%
V - a) Comercialização da indústria da soja	1.593	2.460	3.615	4.309	7,1%
V - b) Transporte da indústria da soja	719	1.077	951	1.101	3,0%
V - c) Outros Serviços da indústria da soja	8.514	12.192	17.473	19.795	6,0%
Cadeia Soja (I + II + III+ IV)	41.146	68.363	82.924	129.810	8,2%
Agronegócio	689.233	801.763	882.226	1.022.626	2,8%
Brasil	3.019.093	3.468.718	4.312.601	4.972.734	3,6%
Participação da Cadeia Soja no Agronegócio	6,0%	8,5%	9,4%	12,7%	
Participação da Cadeia Soja no Brasil	1,4%	2,0%	1,9%	2,6%	

Nesse contexto, na estrutura da Cadeia Soja, observa-se que o segmento Insumos, composto pela indústria de fertilizantes, defensivos, máquinas, etc., tem a menor participação relativa com 7,80% em 2000, 8,90%, em 2005, 7,30%, em 2010 e 7,50% em 2014 (Figura 1(a)). Contudo, a taxa de crescimento de 7,9% a.a. apresentada pelo segmento no período sugere que ocorreram investimentos significativos no campo, uma vez que seu PIB aumentou em termos reais 3,04 vezes, passando de R\$3.195 milhões em 2000, para R\$9.701 milhões em 2014.

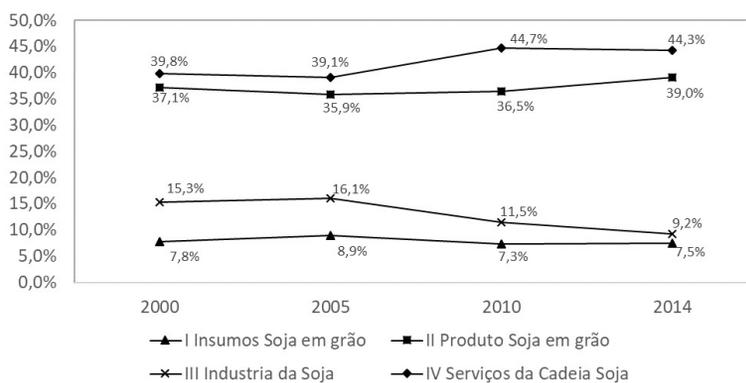
Já dentro da propriedade o produto soja em grão apresenta uma taxa de crescimento de 8,6% a.a. no período. Em decorrência disso, sua participação torna-se crescente no PIB total da cadeia, com 37,10% em 2000, e com 39,00% em 2014. Esse fato, certamente, foi influenciado pelo consumo interno, pelo aumento acelerado da demanda externa, principalmente, com a entrada da China na Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2006, bem como pela Lei Kandir, que isenta a tributação de ICMS sobre a soja de exportação, o que possibilitou que a soja em grão se posicionasse de maneira mais competitiva no mercado internacional, exercendo influência direta para o crescimento acelerado do produto soja em grão. Ver Santos e Marta (2014); Brum (2013); e Soccoloski e Montoya (2017).

Embora o segmento Indústria da soja, composta pelas indústrias esmagadoras, refinadoras e produtoras de derivados de óleo, apresente uma taxa de crescimento da ordem de 4,6% a.a. no período, sua importância relativa na cadeia vem perdendo espaço, passando de 15,30% em 2000, para 16,10% em 2005, para logo apresentar uma sensível redução atingindo 11,50% em 2010 e 9,20% em 2014 (Figura 1(a)). Essa perda de espaço, certamente, é resultado da menor dinâmica de suas atividades produtivas, isso porque, dentre os segmentos da Cadeia Soja, a menor taxa de crescimento do período se encontra na indústria da soja.

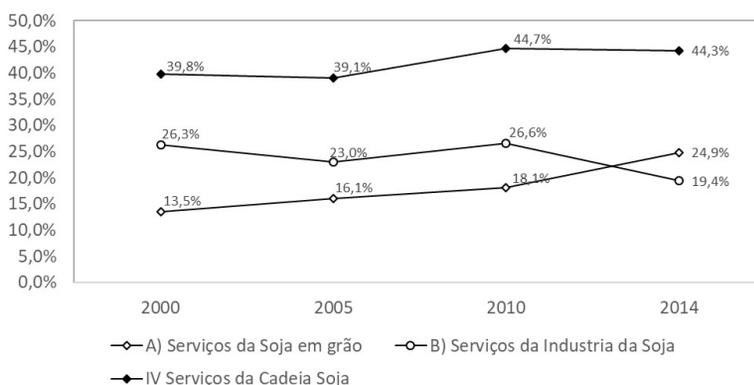
A taxa de crescimento de 9,0% a.a., apresentada pelo segmento serviços da Cadeia Soja é mais elevada que o do Produto Soja em Grão. Porém, pelo montante de renda gerada, principalmente, pelos “outros serviços” constitui-se no componente com maior peso da Cadeia Soja, com participação de 39,80% em 2000; 39,10%, em 2005; 44,70% em 2010; e 44,30% em 2014. Nos Serviços, em particular, destacam-se dois movimentos ou tendências antagônicas, conforme se observa na Figura 1(b). Por um lado, o subsegmento serviços da soja em grão em franca expansão no PIB da cadeia, passando de 13,5% em 2000, para 24,90% em 2014 e, por outro, o subsegmento serviços da Indústria da soja perdendo espaço, decrescendo de 26,30% em 2000 para 19,40% em 2014. Isso representa uma quase inversão nas participações relativas dos serviços entre soja em grão e indústria da soja.

Constata-se que os perfis dessas tendências estão influenciados, tanto na soja em grão quanto na indústria da soja, pelo componente “outros serviços” que representa pouco mais de 78% do segmento serviços da Cadeia Soja no período. Ou seja, ocorreu um significativo aumento de “outros serviços” da soja em grão, passando de 10,60% em 2000 para 19,50% em 2014 e uma redução expressiva nos “outros serviços” da indústria da soja de 20,70% em 2000 para 15,20% em 2014 (Tabela 1).

Provavelmente, a explicação de primeira ordem se deve a uma mudança estrutural na Cadeia Soja no período de 2000 a 2014, pautada pela expansão do produto soja em grão de 37,10% do total da Cadeia Soja para 39,00% e, pelo recuo significativo tanto da indústria da soja de 15,30% para 9,20%, como do serviço da indústria da soja de 26,30% para 19,40%. Portanto, evidencia-se uma mudança estrutural em favor da produção de grãos em detrimento da industrialização e do processamento da soja no período analisado. Certamente, em nível nacional, a Lei Kandir isenta tributos para a soja em grão e a carga tributária que



(a)



(b)

Fonte: Elaborado com base na Tabela 1.

Figura 1. Tendência relativa do PIB nos segmentos da Cadeia Soja e nos subsegmentos serviços no período de 2000 a 2014 (em percentuais).

recai sobre a indústria da soja vem contribuindo com essa mudança estrutural que prejudica a agregação de valor sobre a soja em grão. Além disso, no mercado internacional, as barreiras tarifárias praticada pela China e Europa para produtos industrializados da soja podem estar contribuindo também contra o desenvolvimento do segmento Indústria da soja no Brasil (Rodrigues, Burnquist, & Costa, 2011).

Cabe salientar que o PIB gerado na Cadeia Soja por meio dos serviços de comercialização, tanto da soja em grão (2,0%) como da indústria da soja (3,9%) em conjunto, passou, em termos relativos, de 5,90% em 2000, para 7,50% em 2014. Ao contrário disso, nos serviços de transportes, o valor agregado conjunto, além de já ser relativamente pequeno, está apresentando redução na Cadeia Soja, passando de 2,60% em 2000, para 1,90% em 2014. Assim, embora o serviço transporte seja estratégico para a competitividade da soja e fundamental para o escoamento da produção, fica evidente que a agregação de valor desse serviço na Cadeia Soja é mínima.

3.2 A geração do emprego na cadeia soja

O número total de empregos gerados pela Cadeia da Soja entre os anos 2000 e 2014, conforme a [Tabela 2](#), passou de 2.352.839 para 3.758.773. Em nível nacional, essa parcela de empregos representa 3,00% em 2000 e 3,60% em 2014. Já no agronegócio, a participação da Cadeia Soja é mais relevante e com significativa ascensão no período avaliado, isso porque em 2000 representava 7,80% e atingiu 12,10% em 2014.

Em geral, na Cadeia Soja, observa-se no período uma tendência crescente de criação de empregos, a qual encontra-se, igualmente, presente em todos seus segmentos, com maior destaque em taxa de crescimento para o serviço da soja em grão (11,70% a.a.) e em termos absolutos para os serviços da Cadeia Soja (1.101.761–357.468 = 744.293 novos empregos).

Em termos relativos, na Cadeia Soja, pode-se observar que o segmento Insumos soja em grão representa a menor parcela e com tendência à redução ([Figura 2\(a\)](#)), uma vez que foi responsável por 7,00% dos empregos em 2000 e reduziu para 5,70% em 2014.

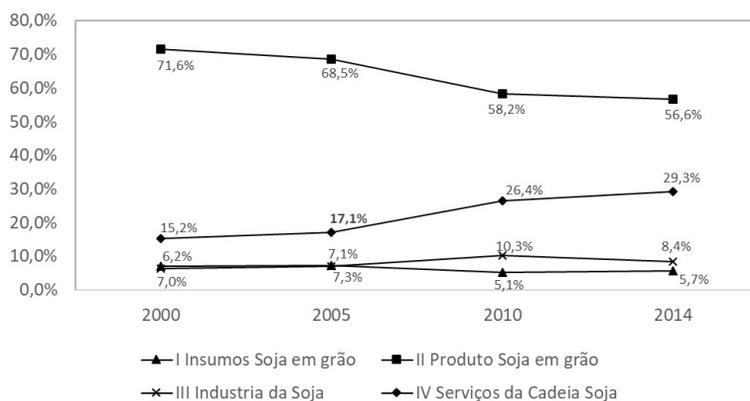
Embora, na propriedade agrícola, o segmento produto soja em grão gere a maior parcela dos empregos, observa-se uma redução significativa e constante na composição do emprego. Isso porque o segmento que contribuiu, com 71,60% em 2000, com 68,50%, em 2005 e, com 58,20% em 2010, passou a contribuir com 56,60% em 2014. A associação dessa tendência decrescente de empregos no segmento produto soja em grão ([Figura 2](#)), com a tendência crescente apresentada na contribuição do PIB ([Tabela 1](#)) sugere, além de uma mudança estrutural no emprego da Cadeia Soja, a existência de inovação tecnológica na propriedade rural com ganhos de produtividade na mão de obra. Esse fato fica evidente na [seção 3.5](#).

O segmento Indústria da soja teve uma contribuição crescente no emprego na década, passando de 6,20% em 2000, para 10,30% em 2010; contudo, no ano de 2014, recuou para 8,40% em função da menor atividade econômica do segmento em favor do segmento produto soja em grão, observada na [Tabela 1](#).

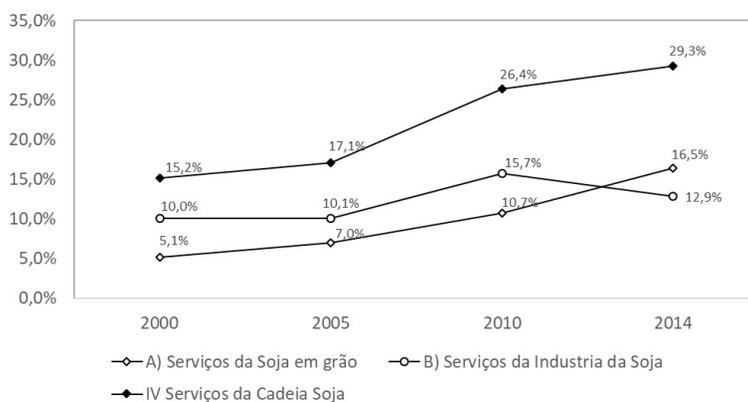
Já o segmento serviços da Cadeia Soja avançou significativamente ao ponto de duplicar sua importância relativa no período. Isto é, a escalada do segmento serviços foi de 15,20% em 2000, para 29,30% em 2014. O número de empregos que foi de 357.468 em 2000 e atingiu

Tabela 2. Número de empregos gerados na Cadeia Soja brasileira de 2000 a 2014.

Segmentos	2000 Empregos	2005 Empregos	2010 Empregos	2014 Empregos	Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos Soja em grão	163.560	259.439	147.410	213.479	1,9%
II Produto Soja em grão	1.684.824	2.421.337	1.675.822	2.126.040	1,7%
III Indústria da Soja	146.987	251.827	295.923	317.493	5,5%
IV Serviços da Cadeia Soja (A + B)	357.468	604.099	761.999	1.101.761	8,0%
A) Serviços da soja em grão	121.060	248.419	308.797	618.495	11,7%
IV - a) Comercialização da soja	31.795	66.029	80.490	157.894	11,4%
IV - b) Transporte da soja	8.087	16.549	16.452	33.147	10,1%
IV - c) Outros Serviços da soja	81.179	165.841	211.856	427.454	11,9%
B) Serviços da Indústria da Soja	236.408	355.680	453.202	483.267	5,1%
V - a) Comercialização da indústria da soja	62.089	94.539	118.130	123.372	4,9%
V - b) Transporte da indústria da soja	15.792	23.695	24.145	25.900	3,5%
V - c) Outros Serviços da indústria da soja	158.528	237.447	310.927	333.995	5,3%
Cadeia Soja (I + II + III+ IV)	2.352.839	3.536.703	2.881.154	3.758.773	3,3%
Agronegócio	30.066.458	34.336.249	30.918.872	30.974.547	0,2%
Brasil	78.972.347	90.905.673	98.116.218	105.472.678	2,1%
Participação da Cadeia Soja no Agronegócio	7,8%	10,3%	9,3%	12,1%	
Participação da Cadeia Soja no Brasil	3,0%	3,9%	2,9%	3,6%	



(a)



(b)

Fonte: Elaborado com base na Tabela 2.

Figura 2. Tendência dos empregos nos segmentos da Cadeia Soja e nos subsegmentos serviços no período de 2000 a 2014.

1.101.761 em 2014 evidência que a dimensão do mercado de trabalho deste segmento triplicou ($1.101.761 \div 357.468 = 3,08$) no período.

Uma análise mais detalhada dos subsegmentos serviços da cadeia soja (Figura 2) indica perda significativa de mão de obra dos serviços da indústria da soja em relação aos serviços da soja em grão. Esse fato novamente corrobora que a mudança estrutural da Cadeia Soja está direcionada para a produção de grãos em prejuízo da agregação de valor na atividade industrial.

3.3 O Consumo de energia na Cadeia Soja

O crescimento de 8,20% a.a. do PIB da Cadeia Soja no período de 2000 a 2014, certamente, pressionou o aumento do consumo de energia a uma taxa de 7,10% a.a. (Tabela 3), dada a vital importância desse insumo para o desenvolvimento de suas atividades produtivas. Por conta disso, observa-se, por um lado, que o consumo total de energia da Cadeia, em 2000, foi de 2.651 mil tep e, em 2014, alcançou a magnitude de 7.120 mil tep, ou seja, o mercado energético aumentou em 2,68 vezes. Por outro, o consumo da Cadeia Soja no agronegócio

aumentou sua importância relativa, passando de 6,40% em 2000, para atingir 9,80% em 2014.

Com relação aos segmentos da Cadeia Soja, no período de 2000 a 2014, os quatro mostram uma contribuição relativamente estável no consumo total de energia. Em primeiro lugar, destaca-se o segmento Indústria da soja com uma participação média de 45,05%, seguido pelo produto Soja em grão com 26,60%, pelos serviços com 16,28% e, pelos insumos com 12,08%.

Nos subsegmentos dos serviços da Cadeia Soja, emergem, no período de 2000 a 2014, dois padrões de comportamento no consumo de energia: a) os serviços da indústria da soja apresentaram uma contribuição decrescente no consumo de energia, em 2000 representava 11,40% e, em 2013, sua queda alcançou 7,40% do consumo da Cadeia Soja; b) já os serviços da soja em grão apresentaram uma contribuição crescente, passando de 5,80% em 2000, para um avanço significativo de 9,50% em 2014. Os dados da pesquisa permitem, ainda, destacar que os serviços de transporte tanto para soja em grão como para a indústria da soja concentram o maior consumo de energia dos serviços da Cadeia Soja.

Nesse contexto e considerando que o aumento do consumo de energia contribui com o aumento dos riscos e das incertezas sobre o meio ambiente, torna-se necessário avaliar na Cadeia Soja a tendência do consumo de energia por fonte renovável *versus* não renovável.

Com base na [Figura 3](#), pode-se afirmar que a economia do país apresentou expressiva participação de energia renovável no consumo energético. Em 2000, nada menos que 40,10% do consumo de energia no Brasil foi originária de fontes renováveis e em 2014 alcançou a marca significativa de 46,90%. Esse fato ganha relevância se considerar-se que, segundo o Key World Energy Statistics (EIA, 2009), no âmbito mundial, esse percentual foi de 12,70% e nos países da OCDE foi de somente 7,20%.

Com relação ao consumo do agronegócio, os resultados foram mais expressivos uma vez que a presença da energia renovável é majoritária e crescente no período, passando de 60,70% em 2000 para 71,30% em 2014 ([Figura 3](#)).

Tabela 3. Consumo de energia na Cadeia Soja no período de 2000 a 2014 (em 1000 tep).

Segmentos	2000 Valores em 1000 tep	2005 Valores em 1000 tep	2010 Valores em 1000 tep	2014 Valores em 1000 tep	Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos Soja em grão	328	543	593	918	7,3%
II Produto Soja em grão	711	1.092	1.367	2.153	7,9%
III Indústria da Soja	1.156	2.041	2.794	2.846	6,4%
IV Serviços da Cadeia Soja (A + B)	456	755	776	1.203	6,9%
A) Serviços da soja em grão	154	310	315	675	10,5%
IV - a) Comercialização da soja	4	7	19	42	17,1%
IV - b) Transporte da soja	115	225	173	365	8,2%
IV - c) Outros Serviços da soja	35	78	123	268	14,5%
B) Serviços da Indústria da Soja	302	445	462	528	4,0%
V - a) Comercialização da indústria da soja	8	10	28	33	10,6%
V - b) Transporte da indústria da soja	225	323	253	285	1,7%
V - c) Outros Serviços da indústria da soja	69	112	180	209	7,9%
Cadeia Soja (I + II + III+ IV)	2.651	4.432	5.530	7.120	7,1%
Agronegócio	41.687	52.120	68.890	72.366	3,9%
Brasil	136.968	160.403	177.784	195.541	2,5%
Participação da Cadeia Soja no Agronegócio	6,4%	8,5%	8,0%	9,8%	
Participação da Cadeia Soja no Brasil	1,9%	2,8%	3,1%	3,6%	

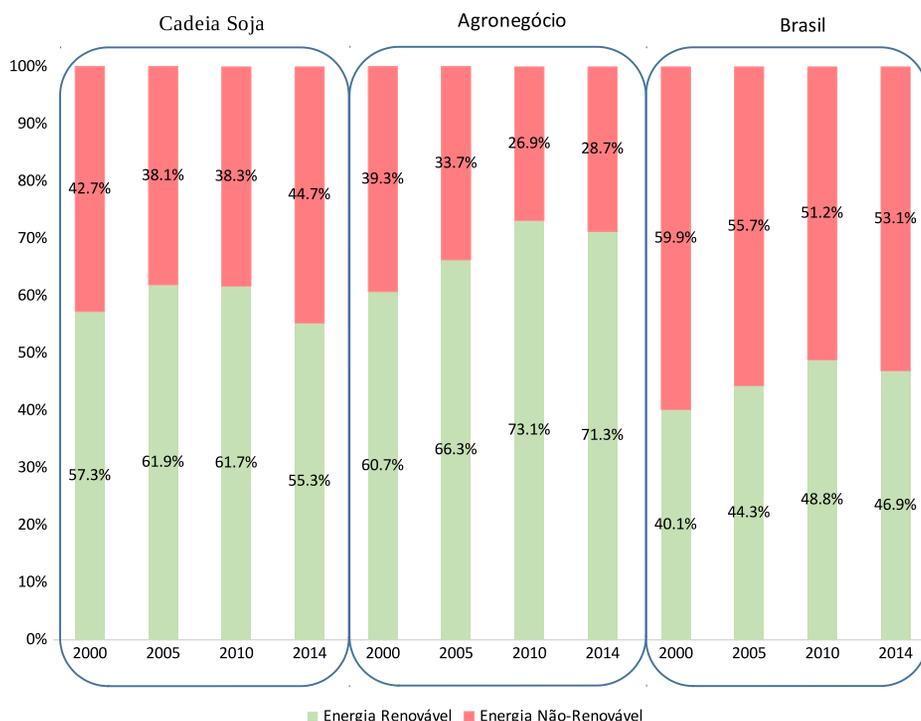


Figura 3. Evolução do consumo de energia renovável e não-renovável na Cadeia Soja, no Agronegócio e no Brasil – 2000 a 2014.

Já na composição do consumo de energia da Cadeia Soja, em termos gerais, observa-se que a participação da energia renovável, quando comparada ao agronegócio, apresenta um padrão relativo de menor consumo. Contudo, a presença de energia renovável na cadeia é majoritária; em 2000 a participação da energia renovável foi de 57,30%, em 2005 aumentou para 61,90%, em 2010 se manteve em 61,70% e, apresentando recuo significativo para 55,30% em 2014 (Figura 3). Portanto, fica evidente, no período, uma relativa estabilidade do consumo de energia renovável e não renovável nas atividades econômicas da Cadeia.

Embora na Cadeia Soja o uso de energia renovável seja predominante, os segmentos insumos, produto soja em grão e serviços utilizam majoritariamente energia não renovável em todo o período analisado (Figura 4). Entre 2000 e 2014 a participação relativa do consumo de energia não renovável no segmento Insumos, em média, foi de 69,50%; do segmento produto soja foi de 63,82%; e do segmento serviços 73,72%. Apesar das tendências decrescentes no uso de energia não renovável no segmento Insumos e das tendências crescentes nos segmentos produto da soja e serviços, o grande consumo de energia renovável que apresenta a Cadeia Soja foi impulsionado fortemente pelo segmento Indústria da soja. Isto é, a indústria da soja, além de consumir, em média, 45,05% (Tabela 4) da energia total da cadeia no período, 92,12% dessa energia é renovável e somente 7,88% é energia não renovável (Figura 4).

Se considerarmos o crescimento econômico acelerado da Cadeia Soja, o consumo de energia não renovável continuará a crescer e, com isso, nos segmentos insumo, produção de soja e serviços, os riscos e as incertezas da maior degradação do meio ambiente pelo uso de energia fóssil, principalmente do petróleo e de seus derivados, serão um grande desafio para

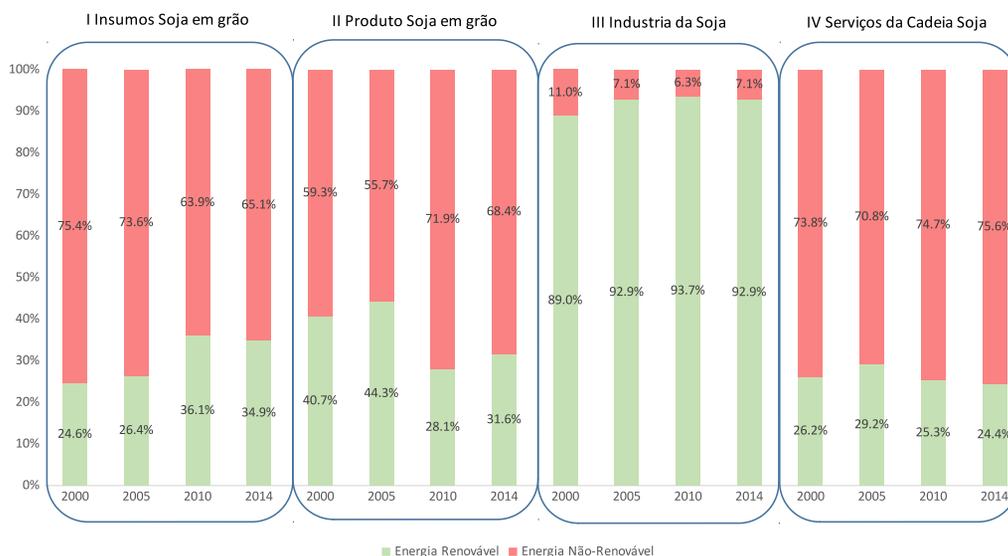


Figura 4. Evolução do consumo de energia renovável e não-renovável nos Segmentos da Cadeia Soja – 2000 a 2014.

o crescimento econômico sustentável de alta produtividade. Será preciso definir com clareza as metas e o papel que a Cadeia Soja deverá desempenhar no crescimento econômico e energético do agronegócio e do país.

3.4 As emissões de CO₂ pelo consumo de energia

O crescente consumo de energia observado na economia do país e do agronegócio no período de 2000 a 2014 salienta a importância de avaliar as emissões de CO₂, em particular na Cadeia Soja que apresentou acelerado crescimento no consumo de energia. Assim, verifica-se, com base na Tabela 4, que, de 2000 a 2014 as emissões decorrentes do agronegócio passaram de 100.600 para 191.899 Gg de CO₂, ou seja, as emissões aumentaram 90,75%. Já as emissões da Cadeia Soja, no mesmo período, passaram de 6.523 para 16.638 Gg de CO₂, aumentaram, portanto, 155,07%, o que representa 64,32 pontos percentuais a mais do que o agronegócio. Por conta disso, a participação relativa ou o peso da Cadeia Soja nas emissões do agronegócio aumentou significativamente, passando de 6,50% em 2000, para 8,70% em 2014.

Os resultados da Tabela 4 demonstram, no período de 2000 a 2014, que, em média, o segmento Indústria da soja (63,75%) contribui com a maior parcela das novas emissões da Cadeia Soja, seguido de longe pelos segmentos produto soja em grão (17,98%), serviços (10,40%) e insumos (7,88%). Contudo, para estabelecer uma análise mais objetiva de controle das emissões, torna-se necessário avaliá-las por fonte energética renovável e não renovável. Isso até porque, os riscos sobre as alterações do clima devido ao “efeito estufa” se agravam na medida em que o aumento das emissões de CO₂ forem oriundas do uso de combustíveis fósseis, ou seja, o acúmulo de CO₂ na atmosfera terá um impacto maior se as emissões forem produtos da queima de combustíveis não renováveis.

Nesse sentido, as emissões de fontes renováveis devem ser vistas como, ecologicamente, mais adequada para o gerenciamento do “efeito estufa”. Embora a queima de biomassa e bioenergia contribua para emissão de CO₂, este efeito é minimizado pela absorção das plantas

Tabela 4. Emissões de CO₂ pelo consumo de energia na Cadeia Soja no período de 2000 a 2014 (valores em Gg de CO₂).

Segmentos	2000 Valores em Gg de CO ₂	2005 Valores em Gg de CO ₂	2010 Valores em Gg de CO ₂	2014 Valores em Gg de CO ₂	Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos Soja em grão	548	897	950	1.450	6,9%
II Produto Soja em grão	1.284	1.994	2.167	3.285	6,7%
III Indústria da Soja	3.902	7.291	10.074	10.237	6,9%
IV Serviços da Cadeia Soja (A + B)	788	1.358	1.097	1.665	5,3%
A) Serviços da soja em grão	267	559	445	935	9,0%
IV - a) Comercialização da soja	1	1	18	31	29,1%
IV - b) Transporte da soja	217	426	303	642	7,7%
IV - c) Outros Serviços da soja	49	131	124	262	12,0%
B) Serviços da Indústria da Soja	521	800	653	730	2,4%
V - a) Comercialização da indústria da soja	1	2	27	24	22,5%
V - b) Transporte da indústria da soja	425	611	444	501	1,2%
V - c) Outros Serviços da indústria da soja	96	187	182	205	5,4%
Cadeia Soja (I + II + III+ IV)	6.523	11.541	14.289	16.638	6,7%
Agronegócio	100.600	133.133	190.216	191.899	4,6%
Brasil	256.450	312.736	356.485	379.595	2,8%
Participação da Cadeia Soja no Agronegócio	6,5%	8,7%	7,5%	8,7%	
Participação da Cadeia Soja no Brasil	2,5%	3,7%	4,0%	4,4%	

durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, o que ajuda a minimizar o impacto ambiental. Portanto, o foco para conciliar o crescimento econômico com a preservação do meio ambiente passa também pela maior utilização de fontes energéticas renováveis.

Conforme a [Figura 5](#), como esperado, em função da composição do consumo de energia, os resultados para a economia brasileira, para o agronegócio e para a Cadeia Soja, em geral, mostraram em termos relativos que as emissões de CO₂ oriundas da queima de energia não renovável são menores que as emissões de CO₂ pelo consumo de energia renovável no período em análise.

Em particular, na Cadeia Soja, conforme a [Figura 5](#), as emissões pelo consumo de energia não renovável foram relativamente pequenas. Em 2000, essas representavam 31,80%, passando, em 2005, para 24,70%, em 2010 para 25,20% e em 2014 com um significativo aumento para 32,40%. Nota-se que essas emissões se localizam num patamar relativamente inferior ao da economia brasileira e superior ao do agronegócio.

A Cadeia Soja apresenta certa estabilidade nas emissões de fontes de energia renováveis em contraponto ao aumento total da produção para a geração de renda no período estudado e o avanço de segmentos intensivos em uso de fontes não renováveis de energia como os serviços e o produto soja em grão. Já o Agronegócio apresentou uma elevação de emissões de CO₂ pelo uso de energia renovável entre 2000 e 2014, passando de 69,60% em 2000 para 81,90% em 2014 ([Figura 5](#)). Em outras palavras, apresenta, em geral, um resultado positivo para o meio ambiente em função de ter reduzido as emissões de fontes não renováveis de 30,40% para 18,10% no mesmo período.

Observa-se, também, que o agronegócio caminha no mesmo sentido das emissões em nível nacional, uma vez que o país aumentou de 45,10% para 53,20% as emissões por uso de energia renovável e reduziu as emissões de fonte não renovável de 54,90% para apenas 46,80%. Contudo, fica evidente, portanto, que o agronegócio em relação ao Brasil e à Cadeia Soja, em termos relativos, não somente é mais eficiente na emissão de gases ecologicamente corretos, mas apresenta, igualmente, avanço significativo nas emissões de fontes renováveis

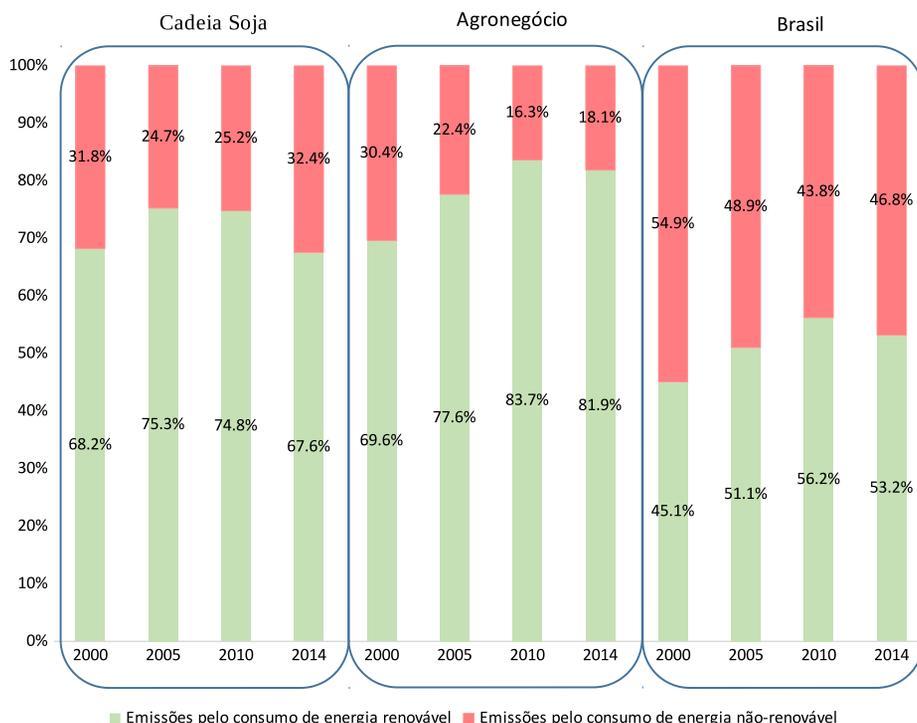


Figura 5. Evolução das emissões de CO₂ pelo consumo de energia renovável e não renovável na Cadeia Soja, no Agronegócio e no Brasil – 2000 a 2014.

no período. Ou seja, no mercado energético, o agronegócio no desenvolvimento de suas atividades produtivas está mitigando o meio ambiente.

Na [Figura 6](#), o maior grau de transformação estrutural na tendência de emissões de CO₂ de fontes não renováveis se deu no segmento da soja em grão, o qual passou de 58,10% em 2000 para 79,10% em 2014, ou seja, a maior mudança observada dentre os quatro segmentos. A elevada taxa de crescimento ao ano do PIB do produto soja em grão (8,60% a.a.) no período de 2000 a 2014 aliada à sua crescente participação relativa na composição da Cadeia Soja, que avançou de 37,10%, em 2000, para 39,00% em 2014 ([Tabela 1](#)), explicam a mudança estrutural nas emissões da cadeia.

Entretanto, com exceção da indústria da soja ([Figura 6](#)), que, além de apresentar as menores emissões de energia não renováveis, conseguiu reduzi-las de 5,70% para 3,10% entre 2000 e 2014, resta muito por fazer nos demais segmentos da Cadeia Soja para reduzir as emissões decorrentes do consumo de energia não renovável. Sobretudo, considerando que, no segmento serviços, em média, 84,98% das emissões decorrem do consumo de energia não renovável, no segmento produto soja em grão e segmento Insumos, essas emissões, em média, participam com 67,85% e 67,18%, respectivamente. Portanto, os esforços para substituir combustíveis fósseis deverão focalizar esses segmentos que emitem majoritariamente CO₂ de energia não renovável.

Ainda, a análise comparativa das [Figuras 5 e 6](#) demonstram na Cadeia Soja uma tendência de estabilidade nas emissões por fontes de energia renovável que oscilam em torno de 71,48% e as transformações observadas nos segmentos insumos e serviços indicam que os aumentos de emissões no segmento da soja em grão por fontes não renováveis foram

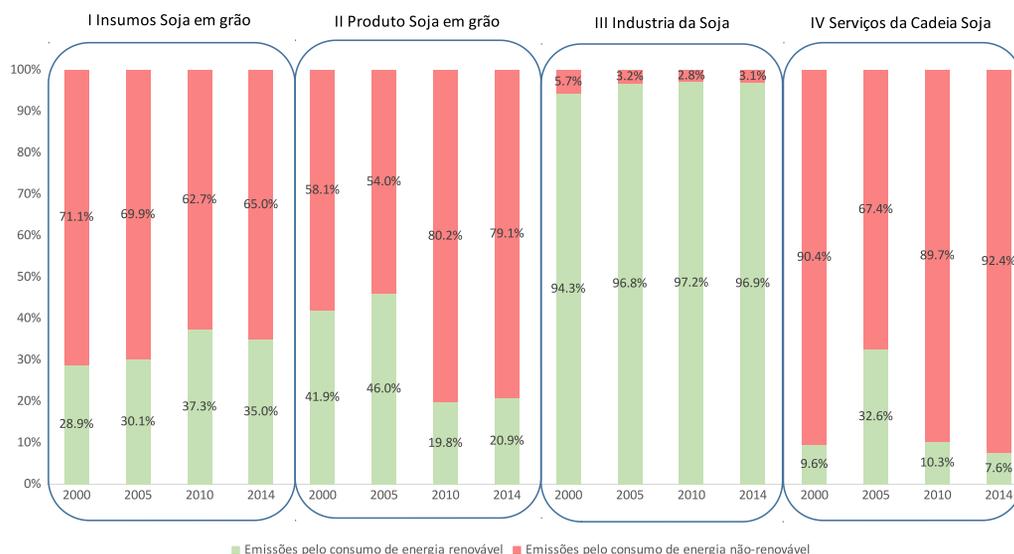


Figura 6. Evolução das Emissões de CO₂ pelo consumo de energia renovável e não renovável nos segmentos da Cadeia Soja – 2000 a 2014.

mais que compensados pela emissão de CO₂ por fontes de energia renováveis do segmento Indústria da soja. Essa composição estrutural se constata em virtude de dois fatores chaves, pelo o uso de energia renovável do segmento Indústria e por sua participação relativa no total de consumo de energia. Em que pese a queda da contribuição do segmento Indústria no PIB total da Cadeia Soja, a sua utilização de fontes energéticas renováveis contribuiu para a estabilidade de emissões ecologicamente mais adequadas para o gerenciamento do “efeito estufa” na Cadeia Soja. Assim, se persistir nos próximos anos a queda das atividades da indústria da soja, essa estabilidade poderá dar espaço para maiores riscos e incertezas nos padrões de emissões da Cadeia no meio e longo prazo.

3.5 Indicadores físico-econômico da Cadeia Soja

A fim de compreender melhor as implicações ambientais da Cadeia Soja, a seguir, são analisadas as relações entre o pessoal ocupado, o consumo de energia e as emissões de CO₂ por unidade de renda e empregos gerados. A Figura 7 mostra a intensidade de uso dos insumos trabalho, energia e do CO₂, por milhão de reais de renda gerada pela cadeia de soja, pelo agronegócio e pelo país, permitindo avaliar a dinâmica destes indicadores nos anos 2000 a 2014. Um dos indicadores mais utilizados para a avaliação do grau de modernização e/ou industrialização de um país é a intensidade de uso do fator trabalho ou do fator capital físico. Na análise a seguir a intensidade de mão de obra é captada pela divisão do número de trabalhadores pelo PIB. A intensidade do uso de energia que é uma medida de eficiência do uso do capital físico, neste caso medida pela razão do consumo de energia em tep e a renda setorial. Por fim a intensidade de emissão de CO₂ por milhão de renda gerada, media pelo PIB, permite avaliar se a cadeia de soja é mais limpa, ou menos poluidora do que o agronegócio como um todo ou até mesmo que o país.

Já a Figura 8 mostra os indicadores de produtividade do trabalhador quanto à geração de renda, e do uso de energia e de emissões de gases. Claro, o desenvolvimento do país será

melhor quanto maior a produtividade de renda dos trabalhadores e ao contrário, quanto menor o seu gasto energético e emissão correspondente de CO₂, que é um subproduto do desenvolvimento que gera externalidades indesejáveis, pressionando negativamente o meio ambiente.

3.5.1 A intensidade do uso da mão de obra, do consumo energético e das emissões de CO₂ por unidade de renda gerada

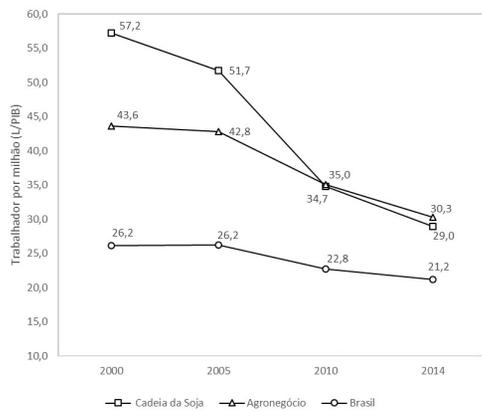
A intensidade de uso da mão de obra, medida pelo coeficiente trabalhador por PIB gerado ($L \div PIB$) mostra, na economia brasileira, no agronegócio e na Cadeia Soja (Figura 7(a)) que houve no período analisado uma redução constante de unidades de trabalhadores por milhões de unidades de renda. Contudo, na Cadeia Soja esse fenômeno de menor uso da mão de obra em suas atividades produtivas é mais intenso do que para o agronegócio como um todo, já que de 57,20 trabalhadores, por cada milhão de reais em 2000, passaram a utilizar somente 29,00 trabalhadores em 2014, ou seja, os ganhos de produtividade reduziram 28,20 trabalhadores por milhão de reais gerado no período. Observa-se ainda que o agronegócio é mais intensivo em mão de obra do que a economia brasileira como um todo que utilizou, em média, somente 21,2 trabalhadores por cada milhão produzido em 2014.

Observando os segmentos da Cadeia Soja (Figura 7(b)) pode atribuir que houve uma inovação tecnológica, com ganhos de produtividade na mão de obra, no segmento de produção de insumos para a soja e, principalmente, com mais intensidade no segmento propriedade rural, visto que, no período de 2000 a 2014, o segmento “antes da porteira” insumos da soja em grão passou de 51,20 para 22,00 trabalhadores por milhão de reais e o segmento “dentro da porteira” produção de soja em grão passou de 110,30 para 42,00 trabalhadores por milhão. Em particular, chama atenção os ganhos de produtividade da mão de obra no produto soja em grão, já que no período reduziu 68,30 trabalhadores por milhão de reais gerado.

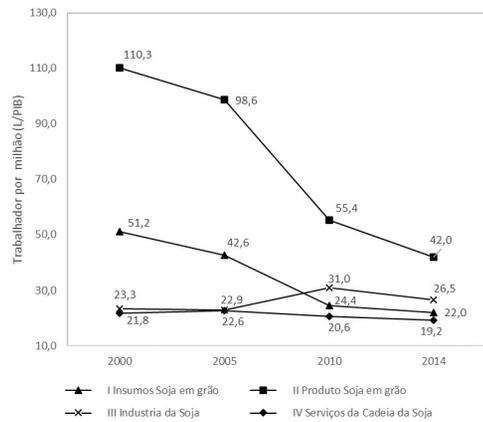
Em caminho contrário, a indústria da soja apresentou aumento da intensidade de uso de mão de obra por unidade de renda gerada no período, uma vez que em 2000 utilizava 23,30 trabalhadores por milhão e, em 2014, passou a utilizar 26,50 trabalhadores por milhão, ou seja, teve perda de eficiência na ordem de 3,2 trabalhadores por milhão. Cabe dizer que com o aumento da intensidade do uso do fator trabalho haverá uma perda de produtividade deste fator no segmento da indústria de beneficiamento da soja. Também pode-se dizer que a produtividade costuma ser menor nos setores de trabalho intensivo o que será verificado adiante.

Trata-se de um resultado que difere do contexto da Cadeia Soja, do Agronegócio e do país, sendo que fica registrada a necessidade de se avaliar de forma mais aprofundada as mudanças estruturais ocorridas dentro da indústria da soja. Contudo, o número maior de trabalhador por milhão que equivale à menor produtividade de renda por trabalhador sugere uma mudança estrutural na produção da indústria da soja direcionada para a produção de produtos com menor valor agregado e, portanto, com menor capacidade para a geração de renda por trabalhador. As estatísticas de comércio exterior da MDIC (2015) corroboram essa percepção já que, nas exportações brasileiras do complexo soja do período de 2000 para 2014, a soja em grão registra, na participação total, um aumento relativo de 52,72% para 74,43%, e redução significativa no farelo de 39,78% para 22,38%, bem como no óleo de 7,50% para 3,19%.

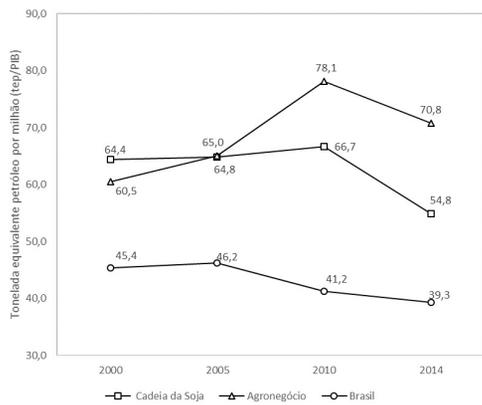
A intensidade de uso de energia, medida pelo coeficiente do consumo de energia em tep por milhão de reais ($tep \div PIB$) de 2014 evidência, na Cadeia Soja (54,80 tep), uma



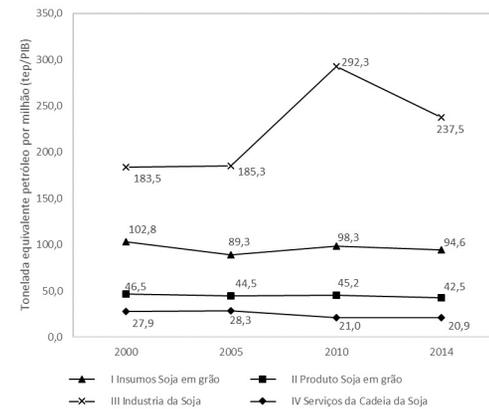
(a)



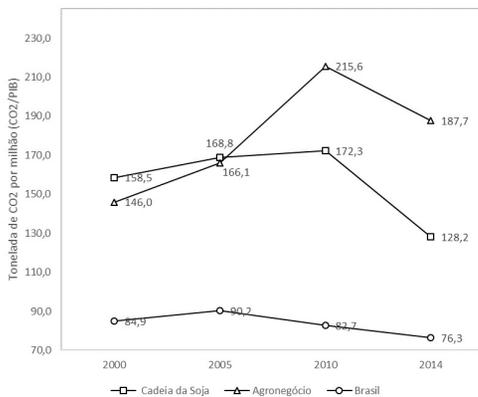
(b)



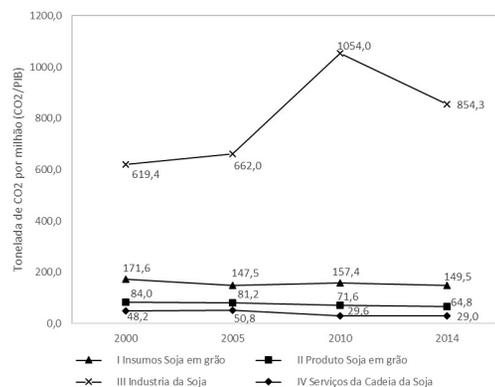
(c)



(d)



(e)



(f)

Fonte: Elaborado com base nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Figura 7. Evolução da intensidade do uso da mão de obra, do consumo energético e das emissões de CO2 por unidade de renda gerada na Cadeia Soja – 2000 a 2014.

menor intensidade no uso de energia do que no Agronegócio (70,80 tep) e maior uso de energia do que na economia brasileira (39,30 tep) (Figura 7(c)). Cabe observar ainda que a intensidade de uso de energia, considerando ano inicial e final, caiu para a Cadeia Soja e para a economia do país ao longo do tempo, mas aumentou para o agronegócio como um todo. Portanto, pode-se afirmar que a Cadeia Soja em relação ao restante da economia é uma atividade que apresenta acelerada expansão da renda com menor uso relativo de energia.

Nesse panorama, conforme a Figura 7(d), o segmento Indústria da soja (237,50 tep) no final do período consolida-se como o de maior intensidade no uso de energia da Cadeia Soja, seguido de longe pelo segmento Insumo da soja em grão (94,60 tep). Contudo, cabe lembrar que em média 92,12% da energia que utiliza a indústria da soja são provenientes de fontes de energia renováveis (Figura 4).

A intensidade de emissão de gases, medida pelos coeficientes de emissões de CO₂ por milhão de reais (CO₂ ÷ PIB) apresentam a mesma hierarquia observada no consumo de energia por milhão de reais (tep ÷ PIB). Entretanto, observa-se que as maiores proporções de emissões pelo consumo de energia localizam-se na indústria da soja, ou seja, trata-se de um segmento que, por unidade monetária, emite CO₂ com maior intensidade no meio ambiente se comparado com os outros segmentos da Cadeia, e inclusive em relação ao Agronegócio e à economia brasileira (figuras 7(e) e 7(f)). Assim, pode-se afirmar que a eficiência do insumo energia e de suas emissões dependem fundamentalmente mais da composição setorial do segmento Indústria da soja do que da trajetória determinada pela renda obtida por cada trabalhador.

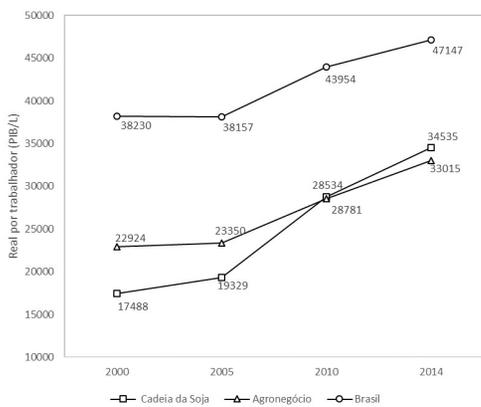
3.5.2 A produtividade da renda, do consumo energético e das emissões de CO₂ por trabalhador

Como era de se esperar, conforme a Figura 8(a), a produtividade do fator trabalho, medido pelo coeficiente da renda gerada por trabalhador (PIB ÷ L) indica na Cadeia Soja que a renda gerada por trabalhador aumentou de R\$17.488 em 2000, para R\$34.535 em 2014. Em virtude disso, em 2014, a renda gerada na Cadeia Soja (com crescimento de 4,9% ao ano) tornou-se maior que no Agronegócio (R\$33.015 com crescimento de 2,6% ao ano) e menor do que no Brasil (R\$47.147 com crescimento de 1,5% ao ano).

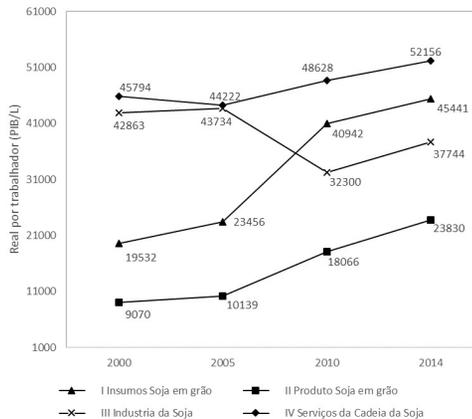
Da comparação dos diversos segmentos da cadeia soja emergem três tendências na renda gerada por trabalhador no período de 2000 a 2014: a) níveis de produtividade da mão de obra com taxas de crescimento elevadas, sendo que no segmento de insumos da soja em grão foi de 6,0% a.a. passando de R\$19.532 para R\$45.441 e, no segmento produto soja em grão foi de 6,9% a.a. passando de R\$9.070 para R\$23.830; b) níveis de produtividade da mão de obra com baixo crescimento no segmento de serviços da Cadeia Soja sendo de apenas 0,9% a.a. passando de R\$45.794 para R\$52.156; e c) níveis decrescentes de produtividade do fator trabalho no segmento da indústria da soja (-0,9% a.a. passando de R\$42.863 para R\$37.744).

As tendências da produtividade apresentadas pelo segmento produto soja em grão e serviços no Brasil são observadas, também, por Menezes Filho, Campos, e Komatsu (2014, p.18). Em particular, esse autor afirma que a agropecuária foi aquela cuja produtividade na mão de obra mais cresceu em termos relativos na década de 2000 (4,3% a.a.), enquanto que a produtividade dos serviços, foi quase estável, cresceu somente 0,4% a.a.

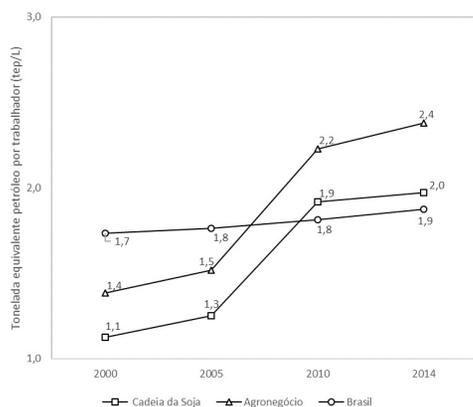
Cabe salientar, nesse contexto, que a renda gerada por trabalhador no segmento serviços em 2000 era 5,05 vezes maior do que a renda gerada no produto Soja em grão (R\$45.794 ÷



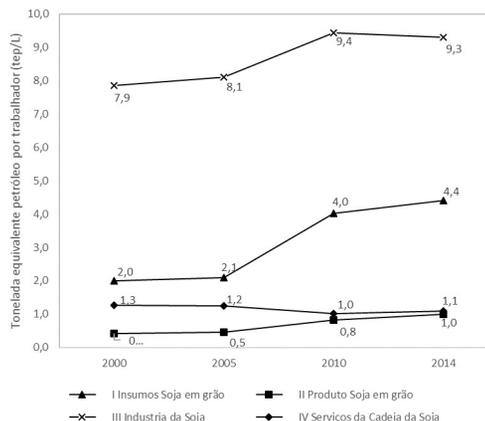
(a)



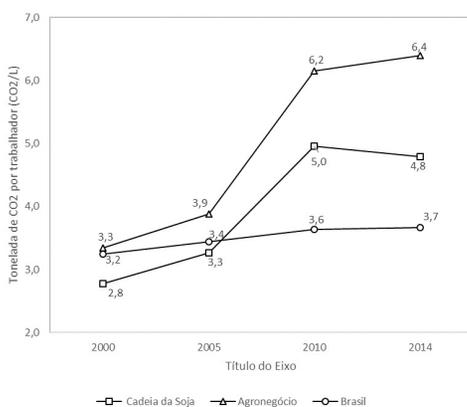
(b)



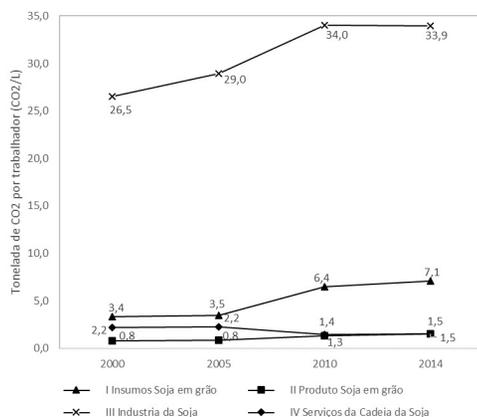
(c)



(d)



(e)



(f)

Fonte: Elaborado com base nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Figura 8. Evolução da produtividade da renda, do consumo energético e emissões de CO2 por unidade de emprego gerado na Cadeia Soja – 2000 a 2014.

R\$9.070 = 5,05), contudo em 2014 essa proporção caiu para 2,19 vezes ($R\$52.156 \div R\$23.830 = 2,19$), o que indica elevados ganhos de produtividade do fator de produção capital no campo, ou seja, no produto soja em grão. A respeito, a decomposição estrutural do crescimento da produtividade da mão de obra na agropecuária do Brasil, segundo [Menezes Filho et al. \(2014, p.23\)](#), se explica fundamentalmente pelo efeito tecnológico pautado por práticas produtivas intensivas em capital.

Por sua vez, um argumento plausível para explicar a perda de produtividade da mão de obra na indústria da soja pode ser encontrado no aumento da produção de produtos industriais com pouco valor agregado e com maior uso de mão de obra, isto é, o aumento de proporções maiores de produção de farelo de soja ao invés de óleo de soja. A respeito, segundo [Rodrigues et al. \(2011\)](#), as barreiras tarifárias da China e da Europa para a indústria da soja podem ser um dos fatores que prejudicaram a produção de farelo de soja e com mais incidência o óleo de soja no país.

Observando a [Figura 8\(c\)](#), verifica-se que o consumo de energia por trabalhador ($tep \div L$) na economia como um todo vem aumentando lentamente ao longo do tempo, passando de 1,7 tep por trabalhador para 1,9 tep por trabalhador em 2014. Destaca-se que, como visto anteriormente, a intensidade de consumo energético na economia brasileira diminuiu ao longo do tempo, fator positivo para o meio ambiente e do ponto de vista da eficiência deste insumo, e ao mesmo tempo houve um aumento da eficiência dos trabalhadores brasileiros, fator positivo para a criação de riqueza pelo fator trabalho.

Interessante observar que tanto a Cadeia Soja quanto o agronegócio ultrapassaram a economia brasileira quanto ao consumo de energia entre 2005 e 2010. Em particular, na Cadeia Soja passou de 1,1 tep por trabalhador em 2000, para 2,0 tep em 2014.

Observando a [Figura 8\(d\)](#), verifica-se que dos distintos segmentos da Cadeia, o consumo de energia em 2014 apresenta padrões diferenciados. O segmento de serviços prestados para a Cadeia Soja diminuiu ao longo do tempo sendo de 1,1 tep no final do período. Os demais segmentos aumentaram o consumo de energia, justificando a ultrapassagem observada anteriormente sendo que o segmento da indústria de beneficiamento da soja se destaca como o maior consumidor, em virtude de utilizar 9,3 tep por trabalhador, seguido pelos insumos com 4,4 tep e pelo produto soja em grão com 1,0 tep por trabalhador.

Como resultado, as emissões de CO₂ por trabalhador aumentaram consideravelmente na Cadeia Soja e no agronegócio, concentrando-se, significativamente, na indústria da soja por apresentar 33,9 toneladas de CO₂ por trabalhador (figuras [8\(e\)](#) e [8\(f\)](#)).

4. Conclusões

O artigo avalia na Cadeia Soja brasileira, dos anos e 2000, 2005, 2010 e 2014, a geração de renda e emprego, bem como suas implicações sobre o consumo de energia e emissões de CO₂ por fonte de energia. Verificou-se que a Cadeia Soja em 2014 responde no agronegócio por 12,70% do PIB, 12,10% dos empregos, 9,80% do consumo de energia e por 8,70% das Emissões de CO₂ decorrentes do consumo de energia.

Em particular, o PIB da Cadeia Soja indica que existe uma mudança estrutural pautada pela expansão relativa do produto soja em grão em detrimento da industrialização e do processamento da soja no período analisado. Em virtude disso, os serviços da indústria vêm perdendo espaço para os serviços da soja em grão, o que permite afirmar que existe uma

constante especialização dos serviços para a exportação com pouco valor agregado. Verificou-se, também, que nos serviços de transportes, o valor agregado além de ser relativamente pequeno, está reduzindo na Cadeia Soja, passando de 2,60% em 2000, para 1,90% em 2014.

Na composição do emprego da Cadeia em estudo, verificou-se no produto soja em grão uma tendência decrescente de empregos, de 71,60% em 2000, para 56,60% em 2014 e, um avanço significativo do segmento serviços da cadeia, passando de 15,20% em 2000, para 29,30% em 2014. No resultado dessas tendências contrárias primou, no período de 2000 a 2014, um saldo positivo de 1.405.937 novos empregos na Cadeia Soja.

Com relação ao consumo energético, verificou-se que o mercado da Cadeia Soja aumentou em 2,68 vezes, passando de 2.651 mil tep em 2000, para 7.120 mil tep em 2014. Entretanto, na Cadeia Soja, em média, 59,05% da energia utilizada no período advém de fontes renováveis, o que permite afirmar que suas emissões tendem a ser, ecologicamente, mais adequadas para o gerenciamento do “efeito estufa” o que facilitará a conciliação do crescimento econômico de alta tecnologia com a preservação do meio ambiente. Cabe salientar, contudo, que o consumo de energia não renovável é majoritário nos segmentos insumos, produto soja em grão e serviços. Ficou, “na verdade”, evidente que o grande consumo de energia renovável da Cadeia Soja está impulsionado fortemente pelo segmento Indústria da soja.

Com relação ao indicador físico-econômico, verificou-se uma menor intensidade do uso da mão de obra na cadeia da soja, medida pelo coeficiente trabalhador por PIB gerado ($L \div PIB$) revelando a introdução de inovações tecnológicas com ganhos de produtividade na mão de obra na ordem de 28,20 trabalhadores a menos por milhão de reais. Tal produtividade ocorreu, principalmente, na propriedade rural, ou seja, no produto soja em grão que reduziu 68,30 trabalhadores por milhão de reais gerado. Contudo, verificou-se que a indústria da soja foi o único segmento que teve perda de produtividade na ordem de 3,2 trabalhadores por milhão, o que sugere uma mudança estrutural na indústria da soja direcionada para a produção de produtos com menor valor agregado e, portanto, com menor capacidade para a geração de renda por trabalhador.

A produtividade do trabalhador, medida pelo coeficiente da renda gerada por trabalhador ($PIB \div L$) na cadeia corrobora essa tendência já que evidência níveis crescentes na renda gerada por trabalhador nos serviços da Cadeia Soja, nos insumos soja em grão, no produto soja em grão e níveis decrescentes na indústria da soja. Um argumento plausível para explicar tal fato pode ser encontrado no aumento da produção de produtos industriais com pouco valor agregado, em função das barreiras tarifárias internacionais impostas à indústria da soja brasileira.

O coeficiente do consumo de energia em tep por milhão de reais ($tep \div PIB$) em 2014 consolida a indústria da soja (237,5 tep) como o segmento de maior intensidade no uso de energia da cadeia, seguido de longe pelo insumo soja em grão (94,6 tep). Contudo, cabe lembrar que 92,90% da energia utilizada pela indústria da soja nesse ano são provenientes de fontes de energia renovável. Os coeficientes de emissões de CO₂ por milhão de reais ($CO_2 \div PIB$) apresentam a mesma hierarquia observada no consumo de energia por milhão de reais ($tep \div PIB$).

Por fim, o conjunto de informações geradas permite compreender com mais detalhe as interações das atividades da Cadeia Soja com o meio ambiente, bem como, fornece subsídios para um melhor planejamento energético e de emissões nos próximos anos. Um avanço natural desta pesquisa seria a comparação dos indicadores analisados para diferentes países

de forma a verificar se consumo de energia renovável e a emissão de gases na atmosfera da cadeia de soja são similares ou não.

Referências bibliográficas

- Araújo, N. B. d., Wedekin, I., & Pinazza, L. A. (1990). *Complexo agroindustrial: O “agribusiness” brasileiro*. São Paulo: Agroceres.
- Brum, D. M. (2013). *A deterioração recente nas transações correntes brasileiras* [Comentário macro-econômico].
- Capeletto, G. J., & Moura, G. H. Z. d. (2010). *Balanço Energético do Rio Grande Do Sul – 2010: Ano base 2009* [Séries Históricas RS – 30 anos]. Porto Alegre: Grupo CEEE, Secretaria de Infra-Estrutura e Logística do Rio Grande do Sul. http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/BERS2012/Balanco_Energetico_RS_2010-base_2009.pdf
- CEPEA. (2013). *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – Esalq/USP* [sítio eletrônico]. Acessado em 28 de março de 2013: <http://www.cepea.esalq.usp.br>
- Dall’Agnol, A. (2006). *A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: Histórico e contribuições*. Brasília, DF: Embrapa. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>
- Davis, J. H., & Goldberg, R. A. (1957). *A concept of agribusiness*. Boston: Harvard University Press.
- Dilson Trennepohl, C. Á. N. P. (2011). A importância da sojicultura para o desenvolvimento da Região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Ensaios FEE*, 31(Número Especial), 741–778. <https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/2578>
- EIA – U.S. Energy Information Administration. (2009, maio). *International energy outlook 2009*. Washington, DC: EIA. <https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo09/index.html>
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2015). *Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014*. Rio de Janeiro, RJ: EPE. <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2015>
- Furtuoso, M. C. O. (1998). *O produto interno bruto do complexo agroindustrial brasileiro* (Tese de Doutorado). Esalq/USP, Piracicaba, SP.
- Guilhoto, J. J. M., Furtuoso, M. C. O., & Barros, G. S. d. C. (2000). *Agronegócio na economia brasileira 1994 a 1999* (Relatório de Pesquisa). Piracicaba, Esalq/USP: ESALQ-USP/CEPEA, CNA.
- Guilhoto, J. J. M., & Sesso Filho, U. A. (2005). Estimativa da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. *Economia Aplicada*, 9(2), 277–299.
- Guilhoto, J. J. M., & Sesso Filho, U. A. (2010). Estimativa da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: Aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. *Economia & Tecnologia*, 6(23). <http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/Metodologia-guilhoto-sesso-EA-2010.pdf>
- IPCC 2006. (2006). *IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Vols. 2, Energy) [Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds)]. Hayama, Japão. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- Lauschner, R. (1993). *Agribusiness, cooperativa e produtor rural*. São Leopoldo: Unisinos.
- Leontief, W. W. (1951). *The structure of the American economy, 1919–1939: An empirical application of equilibrium analysis* [2ª edição ampliada]. New York: Oxford University Press.
- Malassis, L. (1969). Analyse du complexe agro-alimentaire d’après la Comptabilité Nationale française. *Économies et Sociétés*, 3(9), 1667–1687.

- MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. (2015). *Estatísticas do Comércio Exterior: Series históricas – 2015*. Acessado em 9 de dezembro de 2016: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-externor/estatisticas-de-comercio-externor/series-historicas>
- Menezes Filho, N. A., Campos, G. S., & Komatsu, B. K. (2014, agosto). *A evolução da produtividade no Brasil* (Policy Paper N° 12). São Paulo, SP: Insper/CPP. <https://www.insper.edu.br/wp-content/uploads/2018/09/Evolucao-Produtividade-Brasil.pdf>
- Messa, A. (2014). Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. In F. De Negri & L. R. Cavalcante (Orgs.), *Produtividade no Brasil: Desempenho e determinantes* (pp. 87–109). Brasília: IPEA. http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/produtividade_no_brasil_miolo_cap03.pdf
- Montoya, M. A., & Finamore, E. B. (2001). Evolução do PIB do agronegócio brasileiro de 1959 a 1995: Uma estimativa na ótica do valor adicionado. *Revista Teoria e Evidencia Econômica*, 9(16), 9–24.
- Montoya, M. A., & Guilhoto, J. J. M. (2000). O agronegócio brasileiro entre 1959 e 1995: Dimensão econômica, mudança estrutural e tendências [Capítulo 1]. In M. A. Montoya & J. L. Parré (Orgs.), *O agronegócio brasileiro no final do século XX: Estrutura produtiva, arquitetura organizacional e tendências* (Vol. 1, pp. 3–32). Passo Fundo, RS: UPF Editora. <http://editora.upf.br/index.php/obras-digitalizadas/93-o-agronegocio-brasileiro-no-final-do-seculo-xx>
- Montoya, M. A., Lopes, R. L., & Guilhoto, J. J. M. (2014). Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: Uma avaliação metodológica. *Economia Aplicada*, 18(3), 379–419. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-8050/ea463>
- Montoya, M. A., & Pasqual, C. A. (2015). O uso setorial de energia renovável versus não renovável e as emissões de CO₂ na economia brasileira: Um modelo insumo-produto híbrido para 53 setores. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 45(2), 289–335. <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/1627>
- Montoya, M. A., Pasqual, C. A., Lopes, R. L., & Guilhoto, J. J. M. (2016). Consumo de energia, emissões de CO₂ e a geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto. *Economia Aplicada*, 20(4), 383–412. <http://dx.doi.org/10.11606/1413-8050/ea134600>
- Rodrigues, F. R., Burnquist, H. L., & Costa, C. C. d. (2011). Escalada tarifária e exportações brasileiras da agroindústria do café e da soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(2), 295–322. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000200002>
- RTRS – Associação Internacional para a Soja Responsável. (2016). *Soja e o Cerrado: A joia esquecida do Brasil* [Sumário Executivo]. Acessado em 17 de agosto de 2016: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/sumario_executivo_relatorio_soja.pdf
- Santos, D. A. d., & Marta, J. M. C. (2014). A Lei Kandir e o desenvolvimento de Mato Grosso: Análise do período 1990–2009. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 10(1), 206–228. <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/1217>
- Socoloski, V., & Montoya, M. A. (2017, agosto). Os impactos econômicos da Lei Kandir no Corede Produção – RS: Uma análise sobre as exportações de soja, de 1997 a 2014. In *55° Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (Sober)*, Santa Maria, RS.