

O consumo de energia e emissões de CO₂ na cadeia bovina de corte brasileira no período de 2000 a 2014: uma análise insumo-produto

*Marco Antonio Montoya**

*Eduardo Belisário Finamore ***

*Luís Antônio Sleimann Bertussi****

*Thelmo Vergara Martins Costa *****

Resumo

Este artigo, com base nas matrizes energéticas e de emissões desagregadas e compatibilizadas com as matrizes insumo-produto do Brasil, aponta, no final do período de 2000 a 2014, que a cadeia bovina de corte foi responsável, no agronegócio, por 8,00% do consumo de energia, por 5,50% das emissões de CO₂, por 14,20% do PIB e por 17,60% dos empregos. Os índices de intensidade e produtividade evidenciaram ganhos de eficiência no consumo de energia, uma trajetória de emissões mais limpas no meio ambiente e um processo de modernização da cadeia, dado o aumento da produtividade da mão de obra. Conclui-se, portanto, que a cadeia está conciliando suas atividades de produção com menores externalidades negativas sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Cadeia bovina de corte. Agronegócio. Energia. Emissões de CO₂. Insumo-produto.

* Doutor em Economia Aplicada. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo. E-mail: montoya@upf.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1566-7417>

** Doutor em Economia Aplicada. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo. E-mail: finamore@upf.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7506-6712>

*** Mestre em Economia. Professor Assistente da Universidade de Passo Fundo. E-mail: luisbertussi@upf.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2868-7046>

**** Doutor em Desenvolvimento Sustentável. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo. E-mail: mcosta@upf.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1466-306X>

<http://dx.doi.org/10.5335/rtee.v24i51.9606>

Submissão: 02/07/2019. Aceite: 14/10/2019.

1 Introdução

A cadeia bovina de corte no Brasil é composta por um conjunto de agentes que vão desde os pecuaristas altamente especializados e de grande escala de produção até pequenos produtores em geral, de frigoríficos que são líderes mundiais na produção de carne processada com alto padrão tecnológico a abatedouros dos mais diversos tipos e tamanhos que estão pulverizados no país. Tudo isso, num panorama em que a competitividade da cadeia está orientada pelas vantagens comparativas de custos de produção e seu crescimento acelerado sustentado por abundantes recursos naturais que lhe permitem ocupar posição relevante no mercado internacional.

O rebanho bovino brasileiro, entre 2000 e 2014, aumentou 24,98%, passando de 171 milhões para 213,7 milhões de cabeças. No mesmo período, o rebanho mundial passou de 1,467 bilhões para 1,668 bilhões de cabeças, com aumento de 13,77%. Como resultado, dentre os cinco maiores rebanhos bovinos do mundo, o rebanho brasileiro foi o que mais aumentou em número de cabeças (42,7 milhões) e, em 2014, além de contribuir com 12,80% do rebanho mundial, detinha o segundo maior rebanho de bovinos no mundo (FAOSTAT, 2017).

O crescimento da atividade pecuária possibilitou ao Brasil ingressar no grupo dos principais países exportadores de bovinos vivos e de carnes processadas no mundo. Em 2000, o país ocupava a 47ª posição nas exportações mundiais de bovinos vivos, com valor exportado de US\$ 232.535,00. O aumento do rebanho e a maior integração da cadeia bovina possibilitaram que, em 2014, o Brasil passasse para a 5ª posição, com US\$ 680.933.216,00 exportados, o que equivale a 7,26% das exportações mundiais. Em particular, o maior crescimento das exportações ocorreu no mercado de carne bovina congelada, no qual o país passou da 4ª posição, em 2000, para a liderança do *ranking*, em 2014, com 20,03% das exportações globais (UN COMTRADE, 2017).

Nessa dinâmica expansionista, a pecuária de corte é considerada como uma atividade extensiva e com possibilidade de geração de impactos negativos no meio ambiente, razão pela qual a comunidade internacional e as autoridades ambientais vêm questionando de forma crescente sobre a necessidade de adequar suas atividades produtivas à preservação do meio ambiente. Isso até porque, com o aumento da demanda mundial de carne bovina, ocorreu no país um significativo crescimento do rebanho de corte para atender essa demanda, o que levou à necessidade de

abertura de novas áreas para pastagens via desmatamento da Amazônia e destruição do Cerrado brasileiro.

Sob o particular, muito se vem discutindo sobre as emissões de dióxido de carbono (CO₂) oriundas do desmatamento, sobre as emissões crescentes de metano (CH₄) e de óxido nitroso (N₂O) decorrentes da fermentação entérica dos bovinos e do manejo de seus dejetos. Porém, pouco está sendo debatido sobre as emissões de CO₂ advindas do maior consumo de energia das atividades produtivas da cadeia bovina de corte. De fato, não é difícil perceber que, com o acelerado crescimento da pecuária de corte, bem como da produção de carnes processadas, a cadeia bovina tem um relevante papel no aumento do consumo de energia e, portanto, nos riscos e nas incertezas de maiores emissões de CO₂ no meio ambiente.

Nesse sentido, questiona-se de que maneira o crescimento econômico da cadeia bovina afeta o consumo de energia e as emissões de CO₂ no Brasil? Como está evoluindo o consumo de energia renovável *versus* não renovável? Qual é a eficiência e a intensidade do uso de energia e de emissões de CO₂ com relação à renda e ao emprego na cadeia?

Com fins de compreender melhor esses aspectos econômicos e ambientais, este artigo tem como objetivo, no período de 2000 a 2014, avaliar na cadeia bovina de corte brasileira o consumo de energia renovável e não renovável, as emissões de CO₂ desse consumo, bem como a eficiência e a intensidade do uso de energia e as emissões na geração de renda e emprego. Com isso, espera-se, num primeiro momento, compreender com mais detalhes as interações da cadeia com o meio ambiente, bem como visualizar se, em seu crescimento econômico, existem trajetórias que conciliem suas atividades produtivas com a preservação ambiental, de modo a fornecer subsídios para um melhor planejamento energético e de emissões nos próximos anos.

O artigo está dividido da seguinte maneira: na seção 2, apresentam-se o método utilizado para desagregar os setores consumidores da Matriz Energética do Brasil compatível com o número de setores consumidores da Matriz Insumo-Produto, a metodologia para mensurar na cadeia bovina o consumo de energia, as emissões de CO₂, os índices de eficiência e intensidade na geração de renda e emprego e a base de dados utilizada; a seção 3, considerando que o consumo de energia e as emissões decorrem da atividade produtiva, avaliam-se, inicialmente, os resultados econômicos da cadeia bovina de corte, para então caracterizar a evolução do consumo de energia renovável e não renovável, das emissões de CO₂ e dos indicadores

de eficiência e intensidade do uso de energia e de emissões na geração de renda e emprego; na última seção, são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

2 Metodologia

Considerando que a matriz de consumo de energia do balanço energético nacional (BEN) apresenta um nível de agregação setorial diferente das matrizes insumo-produto (MIPs) do Brasil, o que limita a análise do consumo de energia e das emissões de CO₂ nas cadeias produtivas, torna-se necessário desagregar os setores consumidores do bem. Para isso, foram utilizadas como referências as metodologias de Montoya, Lopes e Guilhoto (2014) e de Montoya e Pasqual (2015), que compatibilizam e desagregam as matrizes energéticas e de emissões de gases do efeito estufa (GEE) do BEN no nível das MIPs do Brasil.

Já para o cálculo de consumo de energia, emissões de CO₂, renda e emprego na cadeia bovina de corte, foram utilizadas como referencial as metodologias insumo-produto de Araújo, Wedekin e Pinazza (1990), Lauschner (1993), Furtuoso (1998), Montoya e Guilhoto (2000), Cepea (2013), Montoya *et al.* (2017), entre outros.

2.1 Desagregação do consumo setorial da matriz energética e de emissões

No Brasil, embora o BEN e a MIP apresentem setores consumidores compatíveis, o nível de agregação é diferente. Enquanto a matriz energética apresenta uma tabela de recursos e usos composta por 24 fontes de energia e 21 setores consumidores em unidades físicas, a tabela de recursos e usos da MIP apresenta 127 produtos e 67 setores consumidores em unidades monetárias. Em decorrência disso, a compatibilização das informações gera um reduzido número de setores e/ou atividades consumidoras, o que limita e afeta os resultados e as análises do sistema. Assim, considerando que o maior nível de desagregação setorial do consumo de energia determinará a qualidade e a abrangência das análises da MIP, torna-se necessário desagregar os setores consumidores da matriz energética.

Para tal procedimento, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Montoya, Lopes e Guilhoto (2014), que compatibiliza os setores consumidores das duas bases

de dados, estima o consumo setorial da matriz energética em nível de 67 setores; seguidamente, para mensurar a cadeia produtiva, conforme Montoya *et al.* (2017), compila-se a matriz energética em 127 produtos, ou seja, o mesmo número de produtos que apresenta a MIP.

Inicialmente, para a compatibilização dos setores consumidores, levou-se em consideração a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0, bem como o grau de homogeneidade de suas atividades. Como resultado, obteve-se, pelo lado setorial da matriz energética, uma agregação de 15 grandes setores consumidores com seus respectivos subsetores, que perfazem um total de 67, tal qual a estrutura da MIP do país.

Na sequência, para estimar o consumo de energia dos 67 subsetores, esta pesquisa utiliza, como fator de expansão, o peso dos fluxos monetários apresentados na tabela de recursos e usos por origem e destino, que contém também as importações. A hipótese central é que o consumo de energia dos subsetores em taxa de motorização da população (TEP) está proporcionalmente relacionado com seus respectivos fluxos monetários contidos na MIP.

O método para estabelecer o fator de expansão compõe-se de duas etapas. A primeira consiste em compatibilizar as fontes de energia da matriz energética com os produtos da tabela de recursos e usos da MIP, com o objetivo de identificar em que fluxos dos produtos está contida cada fonte de energia. A segunda etapa consiste em estimar uma matriz de coeficientes a ser multiplicada pelos valores do consumo setorial de energia, de modo a alocar os valores entre seus subsetores da matriz energética ampliada.

Cabe salientar que uma avaliação mais particularizada das duas bases de dados devidamente compatibilizadas permite verificar que, em alguns casos, os fluxos de consumo que apresenta a matriz energética não são observados na MIP e vice-versa. Assim, segundo Montoya, Lopes e Guilhoto (2014), a utilização total ou parcial da matriz de coeficientes de expansão, de acordo com a disponibilidade de dados e a consistência dos fluxos de energia, permite assumir critérios alternativos que diferenciarão as metodologias de estimação do consumo de energia nos subsetores.

Para este artigo, utilizou-se a proposta metodológica (Base BEN)¹ que apresenta como fator de expansão dois critérios: 1) o consumo de energia de cada setor, em TEP, foi multiplicado pelo coeficiente que representa a participação do subsetor

no consumo total do setor, em R\$; e 2) na ausência deles, ou seja, para os setores que apresentam consumo de energia, em TEP, mas não apresentam coeficientes de expansão, em R\$, foi utilizado o coeficiente que representa a participação do subsector no consumo total da economia, em R\$.

A estimativa desses coeficientes (α_{ik}) é dada por:

$$\alpha_{ik} = \frac{Z_{ik}}{\sum_{k=1}^n Z_{ik}} \quad (1)$$

Em que:

Z_{ik} é o valor do produto i , que é vendido para o subsector k ; $\sum_{k=1}^n Z_{ik}$ representa o valor total do produto i vendido para o setor, em que n é o número de subsectores do setor.

Logo, a matriz do consumo setorial de energia (E_I) em TEP se obtém através da multiplicação do consumo de energia de cada setor (CS) pelo respectivo coeficiente de expansão (α_{ik}), ou seja:

$$E_I = CS * \alpha_{ik} \quad (2)$$

Com esses critérios, somente ocorrerá consumo da fonte energética se esta for observada no BEN. Isso permitirá manter inalterada a estrutura de consumo setorial publicada pela empresa de pesquisa energética (EPE); ou seja, tanto o consumo total de energia como o consumo setorial permanecem inalterados.

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, obteve-se, para cada ano (2000, 2005, 2010 e 2014), uma matriz energética nacional desagregada setorialmente em 67 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, obtendo-se uma matriz de 127 atividades, de forma a desagregar o produto bovino do setor agropecuário, bem como desagregar a indústria bovina do setor agroindústria. Esse procedimento torna-se necessário para mensurar na cadeia bovina o consumo de energia, as emissões de CO₂, a renda e o emprego.

2.2 Mensuração da cadeia bovina

Para a operacionalização do processo de cálculo, a cadeia bovina foi dividida em quatro segmentos: I) insumos bovinos; II) produto bovino; III) indústria bovina; IV) serviços da cadeia bovina. Além desse procedimento, para uma análise comparativa, neste trabalho foram realizadas algumas inovações metodológicas que permitem desagregar o segmento serviços da cadeia bovina em mais dois subsegmentos: A) serviços bovinos; e B) serviços da indústria bovina; neles, foram deixados em evidência os serviços de comercialização, transporte e “outros serviços”, respectivamente.

Para se obter os valores do consumo de energia (*TEP*) renovável e não renovável, das emissões de dióxido de carbono (CO_2), da renda (*PIB*) e do emprego (*L*) da cadeia bovina, 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 da quantidade ou do valor de *W* do segmento *I* ou insumos bovinos, são utilizadas as informações disponíveis nas tabelas de insumo-produto, referentes aos valores dos insumos adquiridos pelos pecuaristas ou produto bovino. 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:

$$CW_q = \frac{W_q}{X_q} \quad (3)$$

$q = 1, 2, \dots, 127$ produtos ou atividades

$W = PIB, L, TEP, CO_2$, alternativamente

em que:

CW_q = coeficiente da variável *W* por unidade monetária da atividade *q*.

Logo, para se estimar o valor do segmento *I*, multiplicam-se a coluna com os valores dos insumos comprados pela produção de bovinos pelo coeficiente da variável de interesse *W* dessas atividades:

$$E_1 = \sum_{k=1}^n Z_q * CW_q \quad (4)$$

em que:

E_1 = quantidade de W no segmento I ou insumos bovinos;

Z_q = 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 bovinos e, para evitar dupla contagem, subtraem-se dele as quantidades que foram utilizados como insumos, já incorporados na quantidade de E_1 do segmento I .

Tem-se, então, que:

$$E_{II} = W_q - Z_{ql} * CW_q \quad (5)$$

em que:

E_{II} = quantidade de W no segmento II ou produto bovino;

Z_{ql} = quantidade do insumo bovino adquirido pela própria atividade da produção de bovino.

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

$$E_{III} = \sum_{qal} (W_{qal} - Z_{qal} * CW_{qal}) \quad (6)$$

em que:

E_{III} = quantidade de W do segmento III ou indústria bovina;

Z_{qal} = quantidade do insumo da indústria bovina adquirido pela produção bovina.

Com base na CNAE 2.0 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, verificou-se que os frigoríficos, as indústrias processadoras da carne e couro que constituem o segmento da indústria bovina, na MIP, estão contidas: na atividade abate de carne de bovinos e preparação de produtos de carne; na atividade preparação do couro e fabricação de artefatos; e na atividade fabricação de calçados.

No caso do segmento IV ou serviços da cadeia bovina, 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 bovina apenas a parcela que corresponde à participação do produto bovino e a parcela da indústria bovina na demanda final de produtos, respectivamente.

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

$$DFD = DFG - IIL_{DF} - PI_{DF} \quad (7)$$

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, é necessário subtrair da margem de comercialização as parcelas de insumos utilizados nas atividades de serviços, pertencentes ao segmento I :

$$MC = (WT + WC + WS) - (Z_{qs} * CW_{qs}) \quad (8)$$

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 bovinos;

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

Logo, o segmento IV ou serviços da cadeia bovina é:

$$E_{IV} = MC * \frac{DF_{qt} + \sum_{qal} DF_{qal}}{DFD} \quad (9)$$

em que:

E_{IV} = quantidade de W do segmento IV ou serviços da cadeia bovina;

DF_{qt} = demanda final doméstica da produção de bovinos;

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

Finalmente, a quantidade total de W da cadeia bovina é dada pela soma dos seus segmentos, ou seja:

$$E_{Cadeia\ Bovina} = E_I + E_{II} + E_{III} + E_{IV} \quad (10)$$

2.3 Índices de eficiência e intensidade na cadeia bovina

Com fins de visualizar o processo de modernização (eficiência) e a intensidade com que se usam os fatores físicos de produção na cadeia bovina, foram calculados índices de eficiência ou produtividade parciais da mão de obra na geração de renda, no uso de energia e nas emissões expressos por (PIB/L) , (TEP/L) e (CO_2/L) , respectivamente. A eficiência está relacionada aos maiores resultados da atividade produtiva pelo uso de recursos produtivos, de modo que quanto maior for o índice, melhor será a eficiência produtiva.

Seguidamente, complementando essas informações, 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 por: (L/PIB) , (TEP/PIB) e (CO_2/PIB) ; por conseguinte, os melhores índices de intensidade estão associados ao menor uso de recursos por atividade produtiva; assim, quanto menor o índice, melhor será a intensidade.

Embora os índices de eficiência (produtividade parcial) e intensidade tenham limitações, no curto prazo, por ignorar a contribuição de outros fatores na modernização 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, o seu uso (MESSA, 2014, p. 95-96).

2.4 Bases de dados

Para o cálculo da cadeia bovina de corte de 2000, 2005, 2010 e 2014, os dados utilizados foram extraídos da MIP do Brasil, estimada por Guilhoto e Sesso Filho (2010), e da matriz energética do Brasil, publicada pelo BEBRASIL (2015). Já 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 CO_2 -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 medida em Gg/1.000 TEP emitida na atmosfera.

Com base nessas informações, o consumo de energia por fontes renováveis e não renováveis da cadeia bovina de corte associado aos seus respectivos coeficientes de conversão de mil TEP para Gg de CO₂ ficou definido como: a) **fonte de energia renovável**, composta por lenha (2,75), produtos da cana (4,36), outras fontes primárias (2,28), eletricidade (0,00), carvão vegetal (2,67) e álcool etílico anidro e hidratado (3,07); b) **fonte de energia não renovável**, compõe-se por gás natural (1,34), carvão vapor (2,30), óleo diesel (1,77), óleo combustível (1,85), gasolina (1,66), glp (1,51), querosene (1,71), gás de cidade e de coqueria (2,56), coque de carvão mineral (2,26), outras secundárias de petróleo (1,38) e alcatrão (1,93).

As informações das MIPs são a preços básicos e estão em milhões de reais de 2015, e as informações físicas estão em mil TEP.

3 Renda, emprego, consumo de energia e emissões de CO₂ da cadeia bovina de corte

Considerando que nesta pesquisa o consumo de energia e as emissões decorrem da atividade produtiva, a seguir, apresentam-se os resultados econômicos da cadeia bovina de corte para, nesse contexto, avaliar a evolução do consumo de energia renovável e não renovável e as respectivas emissões de CO₂. Com esse fim, a organização das informações permite visualizar comparativamente as mudanças que ocorreram na atividade econômica da cadeia e suas implicações sobre o consumo de energia e as emissões de CO₂ no período de 2000 a 2014.

3.1 Evolução e distribuição do PIB da cadeia bovina

Com base na metodologia descrita e observando a Tabela 1, verifica-se que a taxa de crescimento da renda gerada pela cadeia bovina de corte no período de

2000 a 2014 foi de 3,1% a.a., maior do que a taxa de crescimento de 2,9% a.a. do agronegócio, passando de R\$ 94.063 milhões, em 2000, para R\$ 145.407 milhões, em 2014. Como resultado, a participação da cadeia no PIB do agronegócio brasileiro aumentou de 13,8%, em 2000, para 14,2%, em 2014.

Tabela 1 – PIB da cadeia bovina de corte brasileira de 2000 a 2014 (R\$ milhões de 214)

Segmentos	2000 Valores	2005 Valores	2010 Valores	2014 Valores	Taxa cres- cimento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos bovinos	6.616	8.627	8.594	8.923	2,1%
II Produto bovino	22.203	24.267	29.119	31.973	2,6%
III Indústria bovina	13.504	18.188	14.545	18.336	2,2%
IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	51.740	63.452	71.623	86.175	3,6%
A) Serviços do produto bovino	8.012	8.831	9.509	7.644	-0,3%
IV - a) Comercialização do bovino	1.188	1.393	1.559	1.307	0,7%
IV - b) Transporte do bovino	534	606	410	334	-3,3%
IV - c) Outros serviços do bovino	6.290	6.832	7.539	6.003	-0,3%
B) Serviços da indústria bovina	43.729	54.621	62.115	78.532	4,2%
V - a) Comercialização da indústria bovina	6.483	8.613	10.187	13.425	5,2%
V - b) Transporte da indústria bovina	2.913	3.749	2.682	3.432	1,2%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	34.333	42.259	49.246	61.675	4,2%
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	94.063	114.535	123.881	145.407	3,1%
Agronegócio	682.872	793.506	882.226	1.022.626	2,9%
Nacional	3.019.093			4.972.734	3,6%
Participação da cadeia bovina no agronegócio	13,8%	14,4%	14,0%	14,2%	
Participação da cadeia bovina no Brasil	3,1%	3,3%	2,9%	2,9%	

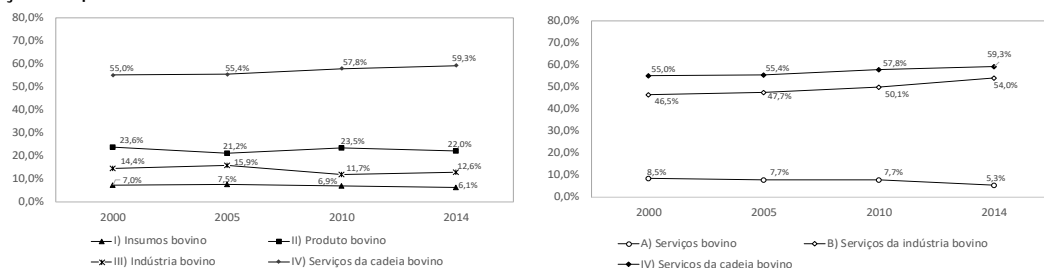
Fonte: elaboração dos autores com base nos dados da pesquisa.

Com relação aos segmentos da cadeia, os insumos bovinos compostos pela indústria de fertilizantes, defensivos, máquinas, etc., além de ter a menor participação relativa, estão reduzindo de 7,00%, em 2000, para 6,10%, em 2014 (Figura 1). A taxa média de crescimento de 2,1% a.a. apresentada pelo segmento no período foi a menor dentre todos os segmentos, contudo, observa-se que ocorreram investimentos importantes no campo, uma vez que seu PIB aumentou em termos reais 1,35 vezes, passando de R\$ 6.616 milhões, em 2000, para R\$ 8.923 milhões, em 2014.

O segmento produto bovino ou produção pecuária mostrou um crescimento de 2,6% a.a., também abaixo da média da cadeia como um todo, e sua participação relativa apresentou flutuações no período, passando de 23,6%, em 2000, para 22,00%, em 2014. Note-se que esse segmento é o segundo em importância relativa, ficando atrás somente do segmento de serviços.

O segmento indústria bovina ou de beneficiamento da carne bovina detinha uma participação de 14,4% em 2000, passando para 15,9% em 2005 e caindo bruscamente para 11,7% em 2010, finalizando o período com uma participação de 12,6%, em 2014 (Figura 1). A taxa média de crescimento da indústria foi de 2,2% a.a., superando somente o segmento de fornecimento de insumos.

Figura 1 – Tendência relativa do PIB nos segmentos da cadeia bovina e dos subsegmentos serviços no período de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores com base na Tabela 1.

Quanto ao segmento serviços da cadeia bovina, verifica-se no subsegmento serviços bovinos, que atende a produção pecuária, uma queda de -0,3% a.a., já o subsegmento serviços da indústria bovina, destinado a atender a produção industrial de carnes, cresceu a um ritmo de 4,2% a.a. A explicação para a queda do valor adicionado gerado pelos serviços prestados à atividade de pecuária bovina se

deve fortemente aos serviços de transporte, que caíram -3,3% a.a. Esse fato revela ganho de eficiência no transporte de gado, seja por uma melhor logística, seja por ganho de escala, possibilitando inferir que houve uma especialização produtiva no segmento. Já o que explica o grande ritmo de crescimento dos serviços de apoio ao segmento industrial são as atividades de comercialização, que cresceram na ordem de 5,2% a.a., revelando um aprofundamento do segmento de comércio para o mercado internacional de carnes processadas, bem como para o mercado nacional, seja atacado, seja varejo, com a introdução de casas especializadas e a entrada de um maior número de empresas no segmento.

3.2. Geração de empregos na cadeia bovina

Tradicionalmente, no agronegócio brasileiro, observa-se maior uso de mão de obra do que no resto da economia, contudo, chama a atenção que, ao longo do período analisado, está perdendo importância relativa, pois, em 2000, empregava 37,7% do contingente de trabalhadores brasileiros, já em 2014, somente empregou 29,37% (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de empregos gerados na cadeia bovina de corte de 2000 a 2014

Segmentos	2000 Valores	2005 Valores	2010 Valores	2014 Valores	Taxa cresci- mento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos bovinos	350.789	417.076	327.355	304.336	-1,0%
II Produto bovino	2.079.437	2.196.908	3.532.672	3.074.074	2,8%
III Indústria bovina	538.875	620.402	391.414	430.965	-1,6%
IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	1.130.719	1.435.892	1.472.866	1.652.278	2,7%
A) Serviços do produto bo- vino	175.082	199.843	195.534	146.558	-1,3%
IV - a) Comercialização do bovino	46.289	53.527	50.967	37.414	-1,5%
IV - b) Transporte do bo- vino	11.727	13.335	10.417	7.854	-2,9%

IV - c) Outros serviços do bovino	117.066	132.981	134.149	101.289	-1,0%
B) Serviços da indústria bovina	955.637	1.236.048	1.277.332	1.505.720	3,2%
V - a) Comercialização da indústria bovina	252.653	331.067	332.945	384.391	3,0%
V - b) Transporte da indústria bovina	64.010	82.480	68.051	80.696	1,7%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	638.974	822.501	876.336	1.040.634	3,5%
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	4.099.820	4.670.278	5.724.307	5.461.654	2,0%
Agronegócio	29.922.030	34.153.783	30.918.872	30.974.547	0,2%
Nacional	78.972.347	90.905.673	98.116.218	105.472.678	2,1%
Participação da cadeia bovina no agronegócio	13,7%	13,7%	18,5%	17,6%	
Participação da cadeia bovina no Brasil	5,2%	5,1%	5,8%	5,2%	

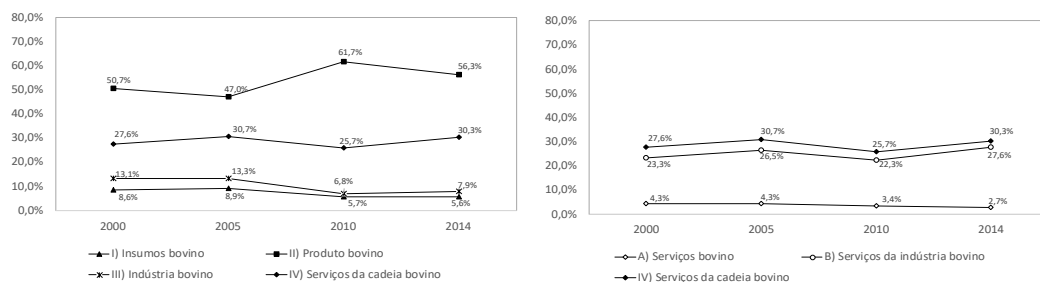
Fonte: elaboração dos autores.

Em sentido contrário, a cadeia bovina de corte vem absorvendo uma quantidade maior de trabalhadores, em 2000 e 2005, detinha 13,7% dos empregos do agronegócio, passando para 18,5% em 2010 e recuando levemente para 17,6% em 2014. De fato, a geração de empregos na cadeia cresceu a uma taxa de 2,00% a.a., entre 2000 e 2014, em contraste com a economia brasileira, que cresceu somente 0,20% a.a.

Em números absolutos, no período, a cadeia gerou uma quantidade de empregos líquidos ($5.461.654 - 4.099.820 = 1.361.834$) maior do que o agronegócio como um todo ($30.974.547 - 29.922.030 = 1.052.517$), passando de um contingente de 4 milhões de trabalhadores, em 2000, para 5,4 milhões, em 2014.

Nesse contexto, o segmento produto bovino (Figura 2) absorveu, em termos relativos, 50,7% dos trabalhadores da cadeia em 2000, alcançando 61,70% em 2010 e recuando para 56,30% em 2014. Como resultado, a atividade pecuária gerou 994.637 novos empregos líquidos, passando de um contingente de 2,08 milhões de trabalhadores, em 2000, para 3,07 milhões, em 2014.

Figura 2 – Tendência dos empregos nos segmentos da cadeia bovina e nos subsegmentos serviços no período de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores com base na Tabela 2.

Na mesma direção de geração positiva de empregos, apresenta-se o subsegmento serviços da indústria bovina. Conforme a Tabela 2, essa atividade aumentou o número de empregos a uma taxa de crescimento de 3,2% a.a., puxado principalmente pela comercialização (3,00% a.a.) e por “outros serviços da indústria” (3,50% a.a.). Em decorrência disso, o subsegmento dos serviços ligados à indústria gerou 550.083 novos postos de trabalho, passando de 955 mil trabalhadores, em 2000, para 1,5 milhões, em 2014.

A participação relativa dos trabalhadores da indústria bovina de beneficiamento passou de 13,10%, em 2000, para 13,30%, em 2005, com uma queda estrutural de 6,80% em 2005 e de 7,90% em 2014. Essa diminuição de trabalhadores na indústria pode ser atribuída ao aumento da eficiência produtiva do fator trabalho, já que sua renda cresceu a uma taxa de 2,2% a.a. (Tabela 1), ou seja, houve um aumento do produto por trabalhador no segmento industrial.

O segmento insumos bovinos acompanhou o movimento da indústria, com participação de 8,6%, em 2000, e 5,6%, em 2014. O número de trabalhadores do segmento de insumos apresentou uma taxa de crescimento negativa de -1,00% a.a., ou seja, empregou em 2000 mais de 350 mil trabalhadores, já em 2014 reduziu o emprego para 300 mil trabalhadores.

Por fim, o subsegmento de serviços bovinos ligados à pecuária também diminuiu seu peso na contratação de trabalhadores dentro da cadeia produtiva, passando de 4,3%, em 2000, para 2,7%, em 2014. Como resultado, a perda de empregos líquidos foi de -28.524, fato explicado pelo aumento da eficiência dos serviços de transporte da atividade pecuária (Tabela 2 e Figura 2).

Em resumo, ficou evidente que a cadeia bovina de corte, em 2014, é responsável, por 5,20% dos empregos gerados no país e por 17,6% dos empregos do agronegócio. Os ganhos de competitividade e crescimento da cadeia representaram maior geração de empregos, em particular, observa-se que mais da metade dos empregos gerados ocorre no meio rural, na produção bovina (56,3%), e quase um terço no setor urbano, especificamente nos serviços vinculados com a indústria bovina (27,6%). Pelo contrário, os empregos têm sido decrescentes tanto no segmento insumos bovinos quanto na indústria bovina, fato que pode ser explicado pelo aumento da produtividade da mão de obra, bem como pela modernização e automação das indústrias desses segmentos.

3.3 Consumo de energia na cadeia bovina

A seguir, observa-se a evolução do consumo de energia na cadeia bovina. A Tabela 3 mostra que o agronegócio brasileiro vem aumentando o consumo de energia ao longo do tempo, passando de 41 milhões de toneladas equivalente petróleo (TEP) em 2000, para 72 milhões de TEP em 2014. Em virtude disso, sua participação no consumo nacional de energia aumentou significativamente no período, passando de 30,1% para 37,01%. Pelo contrário, a cadeia bovina mostra, no consumo de energia, participação relativa decrescente, já que em 2000 respondia por 11,2% do total consumido pelo agronegócio e 3,4% do consumo de energia brasileiro, e em 2014 o consumo de energia da cadeia foi de apenas 8% do total consumido pelo agronegócio e de 3,0% do total consumido no país.

Tabela 3 – Consumo de energia na cadeia bovina de corte no período de 2000 a 2014 (em 1.000 TEP)

Segmentos	2000 Valores	2005 Valores	2010 Valores	2014 Valores	Taxa cresci- mento a.a. de 2000 a 2014
I Insumos bovinos	511	673	776	839	3,5%
II Produto bovino	840	921	1.459	1.589	4,6%
III Indústria bovina	1.833	2.711	1.447	1.583	-1,0%

IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	1.445	1.796	1.501	1.804	1,6%
A) Serviços do produto bovino	224	250	199	160	-2,4%
IV - a) Comercialização do bovino	6	6	12	10	4,2%
IV - b) Transporte do bovino	167	182	109	87	-4,7%
IV - c) Outros serviços do bovino	51	63	78	63	1,6%
B) Serviços da indústria bovina	1.221	1.546	1.301	1.644	2,1%
V - a) Comercialização da indústria bovina	31	36	80	103	8,7%
V - b) Transporte da indústria bovina	912	1.123	714	889	-0,2%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	279	387	508	652	6,1%
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	4.629	6.101	5.183	5.815	1,6%
Agronegócio	41.232	51.591	68.890	72.366	4,0%
Nacional	136.968	160.403	177.784	195.541	2,5%
Participação da cadeia bovina no agronegócio	11,2%	11,8%	7,5%	8,0%	
Participação da cadeia bovina no Brasil	3,4%	3,8%	2,9%	3,0%	

Fonte: elaboração dos autores.

Observa-se, nessa trajetória, que houve uma quebra estrutural, de 2005 para 2010, na cadeia bovina, com queda no consumo, passando de 6,1 milhões de TEP em 2005 para 5,1 milhões de TEP em 2010. Essa diminuição é fortemente influenciada pelo segmento indústria bovina, que vem reduzindo seu consumo a uma taxa de crescimento negativa de -1,0% a.a. e, em menor importância relativa, pelo recuo do consumo no subsegmento serviços bovinos e atividades de transporte em geral.

Pelo contrário, nos segmentos de fornecimento de insumos (3,5% a.a.) e de produção pecuária (4,6% a.a.), existe um aumento do uso de energia a um ritmo maior do que apresenta o país (2,5% a.a.). Acompanha o crescimento, num ritmo menor, o segmento serviços da cadeia bovina (1,6% a.a.), impulsionado principalmente pelas atividades de comercialização e outros serviços.

Em geral, observa-se que o consumo de energia da cadeia bovina em relação ao consumo brasileiro é relativamente baixo, em torno de 3% do consumo energético nacional. Apesar do aumento absoluto no seu consumo energético, a cadeia bovina tem reduzido sua participação relativa no agronegócio. Em particular, observa-se que, a partir de 2005, a cadeia mostra ganhos de eficiência no consumo de energia, já que simultaneamente apresenta crescimento na geração de renda (Tabela 1) e redução de consumo de energia de 6,1 milhões de TEP, em 2005, para 5,8 milhões de TEP, em 2014 (Tabela 3).

3.3.1 Consumo de energia renovável versus não renovável

A questão central e controversa dos impactos ambientais decorrentes do consumo de energia destaca-se pelo acúmulo de gases “efeito estufa” global. Em virtude disso, o uso de fontes de energias não renováveis ou fósseis é questionado frequentemente pela comunidade internacional e por autoridades ambientais. Já o consumo de energia renovável é considerado ecologicamente correto, pois, embora com a queima de biomassa se libere abundante emissão de CO₂, este impacto é minimizado pela captura de carbono das plantas durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, o que ajuda a controlar o “efeito estufa”. Portanto, quanto mais se utilizam fontes de energia renováveis nas atividades econômicas, maiores serão os benefícios ambientais.

Nesse contexto, a cadeia bovina, com exceção de 2005, que alcançou a consumir 61% de energia renovável, apresenta um padrão estável no uso de energia renovável, que atinge 54,38%, com uma taxa de crescimento de 1,5% a.a. no período (Tabela 4 e Figura 3). Já o agronegócio, em termos relativos, aumentou o uso de energia renovável ao longo do tempo, passando de 61,2%, em 2000, para 71,3%, em 2014. De um modo geral, no período de 2000 a 2014, a cadeia bovina consome (54,38%) mais energia renovável do que o Brasil (45,2%) e menos do que o agronegócio (68,08%).

A Figura 4 mostra a evolução do consumo de energia renovável e não renovável nos segmentos da cadeia bovina. Verifica-se, dentre os segmentos da cadeia, que a indústria de beneficiamento de bovinos é a que consome mais energia renovável, passando de 85,1%, em 2000, para 90,7%, em 2005, estabilizando em 82,2% / 82,1%, entre 2010 e 2014.

Tabela 4 – Consumo de energia renovável e não renovável da cadeia bovina de corte no período de 2000 a 2014 (em 1.000 TEP)

Segmentos	2000 Valores em 1.000 TEP			2014 Valores em 1.000 TEP			Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014	
	Consumo de energia renovável	Consumo de energia não renovável	Total consumo de energia	Consumo de energia renovável	Consumo de energia não renovável	Total consumo de energia	Consumo de energia renovável	Consumo de energia não renovável
I Insumos bovinos	251	260	511	465	374	839	4,4%	2,6%
II Produto bovino	262	578	840	822	768	1590	8,2%	2,0%
III Indústria bovina	1.561	272	1.833	1.300	283	1.583	-1,3%	0,3%
IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	379	1.067	1446	441	1.364	1805	1,1%	1,8%
A) Serviços do produto bovino	59	165	224	39	121	160	-2,9%	-2,2%
IV - a) Comercialização do bovino	5	0	5	8	2	10	2,9%	1/3,7%
IV - b) Transporte do bovino	21	146	167	1	86	87	-25,4%	-3,8%
IV - c) Outros serviços do bovino	32	19	51	31	33	64	-0,4%	4,0%
B) Serviços da indústria bovina	320	901	1221	402	1.243	1645	1,6%	2,3%
V - a) Comercialização da indústria bovina	29	2	31	81	22	103	7,4%	18,2%
V - b) Transporte da indústria bovina	115	798	913	6	883	889	-20,9%	0,7%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	177	102	279	314	337	651	4,1%	8,5%

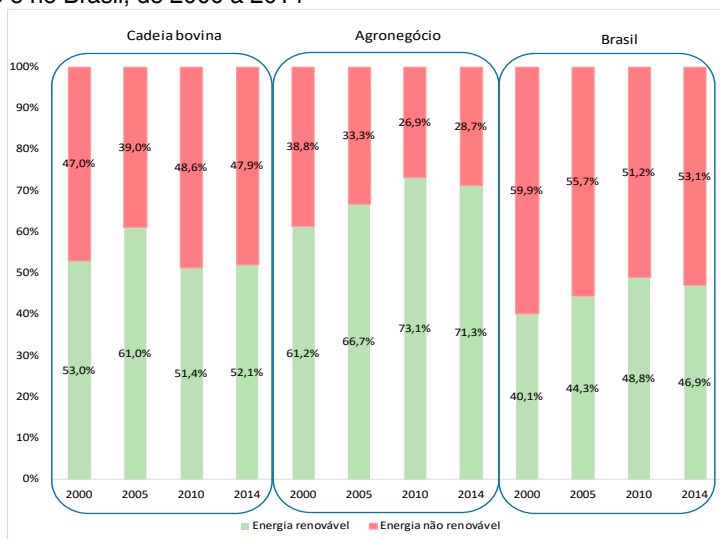
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	2.452	2.177	4.629	3.027	2.788	5.815	1,5%	1,8%
Agronegócio	25.229	16.003	41.232	51.594	20.772	72.366	5,1%	1,9%
Nacional	54.984	81.984	136.968	91.744	103.798	195.542	3,7%	1,7%

Fonte: elaboração dos autores.

O segmento fornecedor de insumos, em média, consome 53,8% de energia renovável, e o segmento de produção pecuária vem aumentando essa fonte de energia, passando de 31,2%, em 2000, para 51,7%, em 2014.

O segmento que utiliza menos energia renovável é o de serviços, passando de 26,2%, em 2000, para 24,4%, em 2014, fortemente influenciado pelo consumo dos serviços de transporte (Tabela 4), que possui um grande peso no segmento e utiliza, basicamente, derivados de petróleo para o seu funcionamento. Do ponto de vista da sustentabilidade da produção de alimentos, verifica-se que o elo frágil do ponto de vista ecológico é o de serviços de transportes. Assim, em uma perspectiva de desenvolvimento setorial, há que se pensar em tecnologias alternativas para reconversão de um sistema de transporte intensivo em energia fóssil, ou seja, petróleo e derivados, para fontes renováveis como o biodiesel.

Figura 3 – Evolução do consumo de energia renovável e não renovável na cadeia bovina, no agronegócio e no Brasil, de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores com base nas Tabelas 3 e 4.

Figura 4 – Evolução do consumo de energia renovável e não renovável nos segmentos da cadeia bovina, de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores com base nas Tabelas 3 e 4.

Em síntese, quando se desagrega o consumo total em consumo de energia renovável e energia não renovável, verifica-se que, na cadeia bovina, em média, o uso de energia renovável é majoritário, alcançando 54,38% do consumo total. Em termos de mudança estrutural, o consumo de ambas as fontes de energia aumentou durante o período de análise, porém, constatou-se que o aumento no consumo de energia renovável (1,5% a.a.) foi inferior ao aumento no consumo de energia não renovável (1,8% a.a.). Tal fato pode ser explicado pelo comportamento do consumo energético do segmento serviços da cadeia, em particular pelos transportes da indústria.

3.4 Emissões de CO₂ pelo consumo de energia na cadeia bovina

O crescente consumo de energia observado na economia do país e do agronegócio, no período de 2000 a 2014, salienta a importância de avaliar a evolução das emissões de CO₂, em particular, na cadeia bovina, que apresenta ligeiro crescimento no consumo de energia, mas que se destaca por apresentar, em sua trajetória, perda relativa e desaceleração nas emissões de CO₂.

Tabela 5 – Emissões de CO₂ pelo consumo de energia na cadeia bovina de corte no período de 2000 a 2014 (valores em Gg de CO₂)

Segmentos	2000	2005	2010	2014	Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014
	Valores em Gg de CO ₂	Valores em Gg de CO ₂	Valores em Gg de CO ₂	Valores em Gg de CO ₂	
I Insumos bovinos	1.149	1.672	1.681	1.855	3,4%
II Produto bovino	1.265	1.379	2.386	2.441	4,7%
III Indústria bovina	5.865	9.401	3.513	3.710	-3,3%
IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	2.499	3.232	2.121	2.497	0,0%
A) Serviços do produto bovino	387	450	282	222	-4,0%
IV - a) Comercialização do bovino	1	1	12	7	16,1%
IV - b) Transporte do bovino	315	344	192	152	-5,2%
IV - c) Outros serviços do bovino	71	105	78	62	-0,9%
B) Serviços da indústria bovina	2.112	2.782	1.839	2.276	0,5%
V - a) Comercialização da indústria bovina	4	6	75	75	20,6%
V - b) Transporte da indústria bovina	1.721	2.125	1.252	1.563	-0,7%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	387	651	512	638	3,6%
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	10.777	15.684	9.701	10.504	-0,2%
Agronegócio	99.888	132.322	190.216	191.899	4,7%
Nacional	256.450	312.736	356.485	379.595	2,8%
Participação da cadeia bovina no agronegócio	10,8%	11,9%	5,1%	5,5%	
Participação da cadeia bovina no Brasil	4,2%	5,0%	2,7%	2,8%	

Fonte: elaboração dos autores.

De fato, na Tabela 5, observa-se que a participação das emissões da cadeia tem se reduzido de 2000 a 2014, tanto em relação às emissões nacionais, de 4,2% para 2,8%, como às emissões do agronegócio, de 10,8% para 5,5%. Certamente, a perda de participação da cadeia em âmbito nacional ocorreu pelo aumento das emissões da economia brasileira como um todo. Isto é, as emissões da cadeia bovina no período praticamente se mantiveram no patamar de 10.500 giga gramas, com uma taxa de crescimento negativa de -0,2% a.a., enquanto as emissões do agronegócio e do país cresceram a uma taxa de 4,7% a.a. e 2,8% a.a., respectivamente.

Em termos relativos, o segmento indústria bovina foi responsável, em 2014, por um terço (35,3% ou 3.710 Gg de CO₂) das emissões totais, seguido pelos segmentos produto bovino (23,2% ou 2.441 Gg de CO₂) e serviços da cadeia bovina (23,8% ou 2.497 Gg de CO₂), ambos com praticamente a mesma participação relativa. O segmento insumos bovinos apresenta a menor participação nas emissões (17,7% ou 1.855 Gg de CO₂).

Porém, chama a atenção o segmento indústria bovina, que detinha as maiores emissões de CO₂ em 2000 (54,4% das emissões) e 2005 (59,9% das emissões), mas diminuiu sua participação drasticamente em 2010 (34,8% das emissões) e 2014 (35,3% das emissões). Essa redução de emissões se deve, basicamente, à perda de importância relativa da indústria na geração de riqueza da cadeia bovina como um todo (Tabela 1), bem como à significativa diminuição do consumo de energia (Tabela 3). Pelo contrário, no período de 2000 a 2014, os segmentos insumos (de 10,7% para 17,7%) e produto bovino (de 11,7% para 23,2%) aumentaram sua participação relativa, com destaque para a produção bovina, cujas emissões cresceram a uma taxa de 4,7% a.a.

3.4 Emissões de CO₂ pelo consumo de energia renovável *versus* não renovável

Considerando que a fonte de energia consumida determina a qualidade de emissões acumuladas no meio ambiente, ou seja, o “efeito estufa” decorrente das maiores emissões não renováveis, a seguir, analisam-se as emissões de CO₂ decorrentes do consumo de energia por fonte renovável e não renovável na cadeia bovina.

Em termos gerais, verifica-se na cadeia que as emissões renováveis estão diminuindo de 6.616 Gg para 5.770 Gg, a uma taxa de crescimento de -1,0% a.a., e as não renováveis estão aumentando de 4.161 Gg para 4.734 Gg, a uma taxa de 0,9% a.a., no período de 2000 a 2014 (Tabela 6). Embora no período se observe a redução nas emissões totais da cadeia bovina, de 10.777 Gg para 10.504 Gg (Tabela 5), e uma maior participação de emissões renováveis (média do período de 61,32%), o meio ambiente, em termos relativos, sofreu prejuízos, já que as emissões renováveis perderam importância, passando de 61,4%, em 2000, para 54,9%, em 2014 (Figura 5).

As emissões renováveis no agronegócio e no Brasil cresceram de forma acelerada, apresentando, no período, taxas de 5,8% a.a. e 4,0% a.a., respectivamente (Tabela 6). Em virtude disso, as emissões renováveis ganharam importância relativa, no período de 2000 a 2014, passando, no agronegócio, de 69,9% para 81,1%, e na economia brasileira, de 45,1% para 53,2% (Figura 5).

Uma análise comparativa da Figura 5 com a Figura 3, que mostram, respectivamente, a evolução relativa das emissões e do consumo de energia, permite identificar dois padrões de comportamento: a) a ordem das emissões no período segue a mesma hierarquia que apresenta o consumo de energia, ou seja, em média, maiores emissões renováveis no agronegócio, seguido pela cadeia bovina e, em menor grau, pelo país; b) o consumo de energia renovável, em média, gerou proporcionalmente mais emissões de CO₂, do que o consumo de energias não renováveis, ou seja, na cadeia bovina, o consumo de energia renovável foi de 54,53% e suas emissões 61,32%, no agronegócio, o consumo foi de 67,60% e suas emissões de 77,90%, já no país, o consumo foi de 44,55% e as emissões de 50,65%.

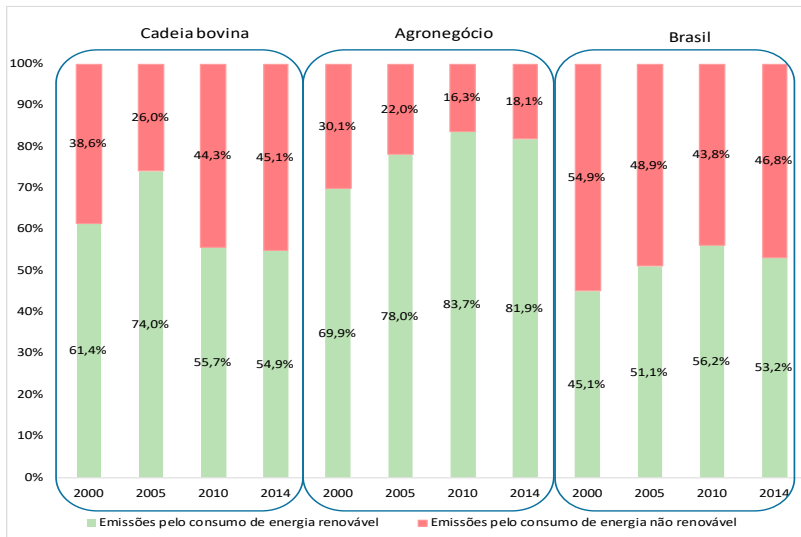
Tabela 6 – Emissões de CO₂ pelo consumo de energia na cadeia bovina de corte no período de 2000 a 2014 (valores em Gg de CO₂)

Segmentos	2000 valores em Gg de CO ₂			2014 valores em Gg de CO ₂			Taxa crescimento a.a. de 2000 a 2014	
	CO ₂ de energia renovável	CO ₂ de energia não renovável	Total emis- sões de CO ₂	CO ₂ de energia renovável	CO ₂ de energia não re- novável	Total emis- sões de CO ₂	CO ₂ de energia renovável	CO ₂ de ener- gia não re- novável

I Insumos bovinos	747	402	1149	1.250	605	1.855	3,7%	2,9%
II Produto bovino	240	1.024	1264	1.090	1.351	2.441	10,8%	2,0%
III Indústria bovina	5.390	475	5.865	3.240	470	3.710	-3,6%	-0,1%
IV Serviços da cadeia bovina (A + B)	240	2.259	2499	189	2.308	2497	-1,7%	0,2%
A) Serviços do produto bovino	37	350	387	17	205	222	-5,7%	-3,8%
IV - a) Comercialização do bovino	0	1	1	4	3	7	21,1%	12,9%
IV - b) Transporte do bovino	0	315	315	1	151	152		-5,3%
IV - c) Outros serviços do bovino	37	34	71	12	50	62	-8,2%	2,8%
B) Serviços da indústria bovina	203	1.909	2112	172	2.104	2.276	-1,2%	0,7%
V - a) Comercialização da indústria bovina	1	3	4	40	35	75	25,7%	17,4%
V - b) Transporte da indústria bovina	0	1.721	1721	12	1.551	1.563		-0,7%
V - c) Outros serviços da indústria bovina	202	185	387	121	518	639	-3,7%	7,3%
Cadeia bovina (I + II + III+ IV)	6.616	4.161	10.777	5.770	4.734	10.504	-1,0%	0,9%
Agronegócio	69.846	30.043	99.889	157.126	34.774	191.900	5,8%	1,0%
Nacional	115.651	140.799	256.450	202.047	177.548	379.595	4,0%	1,7%

Fonte: elaboração dos autores.

Figura 5 – Evolução das emissões de CO2 pelo consumo de energia renovável e não renovável na cadeia bovina, no agronegócio e no Brasil, de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores.

Figura 6 – Evolução das emissões de CO2 pelo consumo de energia renovável e não renovável nos segmentos da cadeia bovina, de 2000 a 2014



Fonte: elaboração dos autores.

Sob o particular, deve-se manifestar que os maiores coeficientes de conversão de Gg CO₂ por 1.000 TEP emitidos na atmosfera pertencem às fontes de energias renováveis (IPCC, 2006), de modo que as maiores emissões de CO₂ pelo consumo dessas fontes no agronegócio e na cadeia bovina são esperadas. Isso até porque, segundo Montoya (2016, p. 400), em torno de 81% da energia consumida na agroindústria do país advêm de produtos da cana (4,36), outras fontes primárias (2,28) e lenha (2,75), cujos coeficientes de conversão de CO₂ por TEP são os mais elevados.

Para os segmentos que compõem a cadeia bovina, comparando as Figuras 4 e 6, chega-se às mesmas conclusões nos insumos bovinos e na indústria bovina, ou seja, o consumo de energias renováveis gera mais emissões de CO₂ do que o consumo de energias não renováveis. Pelo contrário, nos segmentos produto bovino e serviços bovinos, as emissões renováveis são proporcionalmente menores que o consumo de energia renovável. Certamente, a composição das fontes de energias renováveis utilizadas com menores coeficientes de conversão de Gg CO₂ por 1.000 TEP explica em grande parte essa evidência.

Finalmente, a maioria das atividades produtivas das indústrias que fornecem insumos aos pecuaristas e das indústrias que processam a carne bovina na cadeia bovina podem ser consideradas ecologicamente corretas, pois, em média, suas emissões renováveis alcançam uma participação relativa de 67,58% e 90,52%, respectivamente. Já os maiores impactos negativos sobre o meio ambiente, decorrentes das emissões não renováveis, em média, são encontrados na produção pecuária, com participação de 66,20%, e na prestação de serviços, com 85,65% (Figura 6). Contudo, na cadeia bovina, o benefício líquido sobre o meio ambiente, no período, foi positivo, na medida em que as emissões renováveis participaram, em média, com 61,32%, e as emissões totais da cadeia diminuíram em 273 Gg.

4. Indicadores físico-econômicos da cadeia bovina

A seguir, são analisadas algumas interações econômicas e ambientais da cadeia bovina, do agronegócio e do país, com base em índices de intensidade e eficiência para o período de 2000 a 2014.

Cabe salientar que um dos indicadores mais utilizados para a avaliação do grau de modernização do sistema econômico é a intensidade com que se usa o fator

físico mão de obra captada pela divisão do número de trabalhadores com a renda. A intensidade do uso de energia é uma medida de eficiência captada pela razão entre o consumo de energia em TEP e a renda. Já a intensidade de emissão de CO₂, que permite avaliar se a atividade econômica é mais limpa ou menos poluidora, é obtida pela divisão das emissões de CO₂ com a renda.

A Figura 7 mostra, de forma comparativa, a intensidade de uso de mão de obra, o consumo de energia e as emissões de CO₂, por milhão de reais gerado pela cadeia bovina, pelo agronegócio e pelo país, permitindo avaliar a evolução desses indicadores em 2000, 2005, 2010 e 2014. Complementando essas informações, a Figura 8 mostra os indicadores de eficiência ou produtividade do trabalhador quanto a geração de renda, uso de energia e emissões de gases. Claro, o desenvolvimento do país será melhor quanto maior a produtividade de renda dos trabalhadores e, ao contrário, quanto menores os seus gastos energéticos e suas correspondentes emissões de CO₂, que é um subproduto do desenvolvimento que gera externalidades indesejáveis ou negativas sobre o meio ambiente.

4.1 Intensidade de emprego, consumo energético e emissões de CO₂ por unidade de renda gerada

A intensidade de uso da mão de obra, medida pelo coeficiente trabalhador por PIB gerado (L/PIB), mostra que, na economia brasileira, no agronegócio e na cadeia de bovinos (gráfico superior esquerdo da Figura 7), no período analisado, houve uma redução constante de unidades de trabalhadores por milhões de unidades de renda. Contudo, na cadeia de bovinos, esse fenômeno de menor uso da mão de obra em suas atividades produtivas foi menos intenso do que para o agronegócio como um todo, já que, de 43,60 trabalhadores por cada milhão de reais em 2000, passou-se a utilizar 37,60 trabalhadores em 2014, ou seja, os ganhos de eficiência reduziram em 6,0 trabalhadores por milhão de reais gerado no período. Para o agronegócio brasileiro, a intensidade de mão de obra ocupada para cada milhão de renda gerada caiu de 43,80 para 30,40, uma diminuição de 13,5 trabalhadores por cada milhão de renda gerada, ou seja, maior do que para a cadeia bovina.

Observando os segmentos da cadeia de bovinos (gráfico superior direito da Figura 7), verifica-se que houve maior inovação tecnológica no segmento da indústria bovina, refletida pelo menor uso de mão de obra, seguido pelo segmento de insumos bovinos e pelo segmento de serviços da cadeia. De 2000 a 2014, o segmento indústria bovina reduziu o uso de mão de obra em 41,10%, passando de 39,90 para 23,50 trabalhadores por milhão de reais, e o segmento produção de insumos bovinos reduziu 35,67%, passando de 53,0 para 34,10 trabalhadores por milhão.

Em caminho contrário, o segmento produto bovino apresentou aumento da intensidade de uso de mão de obra por unidade de renda gerada para o período, uma vez que, em 2000, utilizava 93,70 trabalhadores por milhão e, em 2014, passou a utilizar 96,10 trabalhadores por milhão, ou seja, teve perda de eficiência na ordem de 2,5 trabalhadores por milhão. Cabe destacar que, com o aumento da intensidade do uso do fator trabalho, houve perda de eficiência desse fator no segmento da produção pecuária de bovinos. Também se pode observar que a produtividade costuma ser menor nos setores de trabalho intensivo, o que será verificado adiante. Contudo, do ponto de vista social, esse indicador nos mostra que as atividades da produção pecuária retêm o trabalhador no campo.

A intensidade de uso de energia, medida pelo coeficiente do consumo de energia em TEP por milhão de reais (TEP/PIB), de 2014, evidencia, na cadeia bovina (40,00 TEP), 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) (gráfico intermediário esquerdo da Figura 7). Cabe observar, ainda, que a intensidade de uso de energia, considerando o ano inicial e o final, caiu para a cadeia bovina e para a economia do país ao longo do tempo, mas aumentou para o agronegócio.

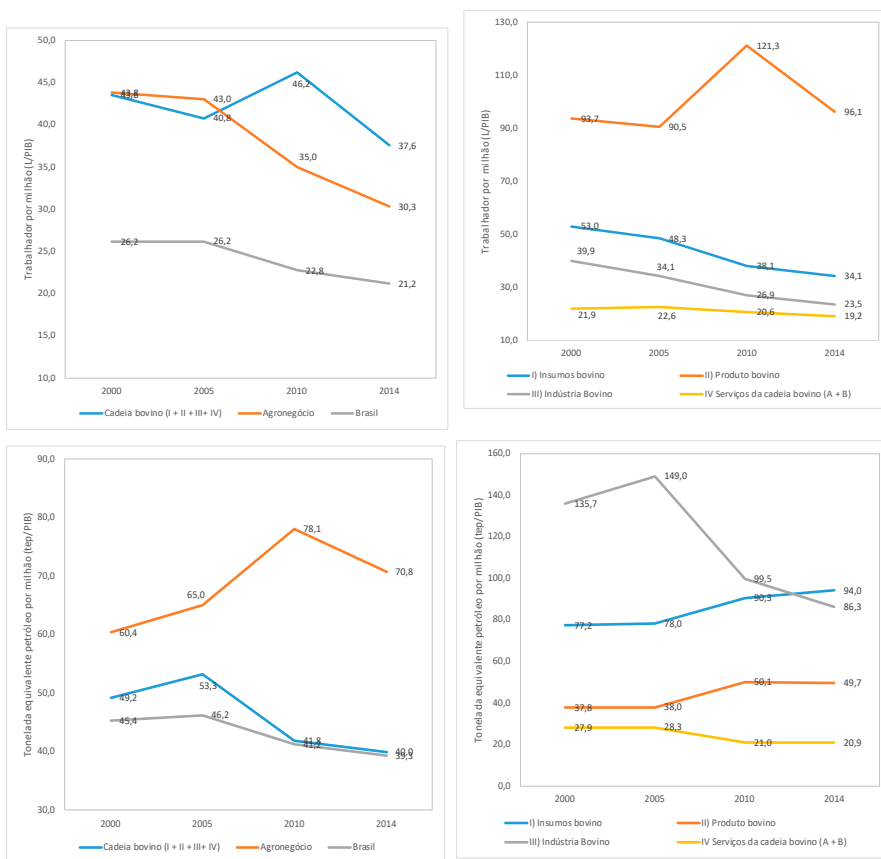
Nesse panorama (conforme gráfico intermediário direito da Figura 7), a indústria bovina, em 2000, era o segmento que mais utilizava energia para cada milhão de renda gerada, ficando menor do que o segmento de insumos em 2014 (caiu de 135,7 TEP, em 2000, para 86,30 TEP, em 2014). O segmento de serviços também apresentou queda no uso energético. No entanto, os segmentos indústria bovina e insumos bovinos tiveram trajetória contrária, aumentando a intensidade de uso de energia para cada milhão de renda gerada.

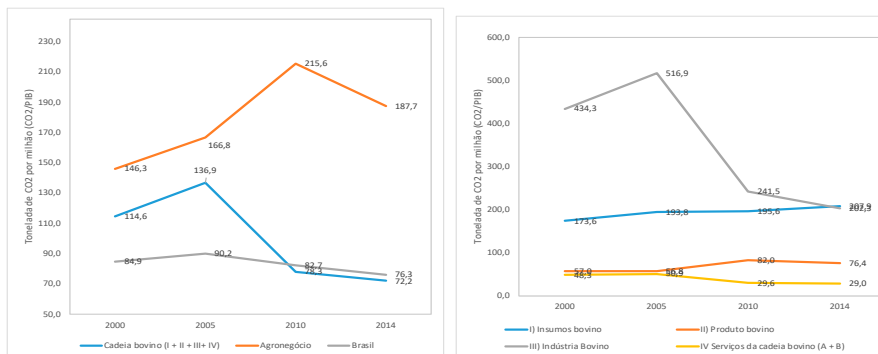
Verifica-se (conforme gráfico intermediário direito da Figura 7) que a indústria bovina era o segmento menos eficiente da cadeia, uma vez que, para cada milhão de renda, usava 135,7 TEP em 2000, e aumentou para 149,0 TEP em 2005. Contudo, o segmento apresentou uma quebra estrutural pautada por ganhos de

eficiência significativa no uso de energia, isto é, o consumo de energia por milhão de renda gerada caiu para 99,5 TEP em 2010, e essa queda continuou para 86,30 TEP em 2014. O segmento serviços da cadeia também apresentou queda no uso energético.

No entanto, os segmentos indústria bovina e insumos bovinos tiveram trajetórias contrárias, a intensidade do uso de energia na indústria aumentou de 77,2 TEP para 94,0 TEP, e na produção de insumos de 37,8 TEP para 49,7 TEP no período de 2000 a 2014. Assim, a perda de eficiência no uso de energia evidencia que se está consumindo de forma crescente mais energia para cada milhão de renda gerada.

Figura 7 – Intensidade do uso da mão de obra, do consumo energético e das emissões de CO2 por unidade de renda gerada na cadeia bovina de corte, de 2000 a 2014





Fonte: elaboração dos autores com base nas tabelas 1,2,3 e 5.

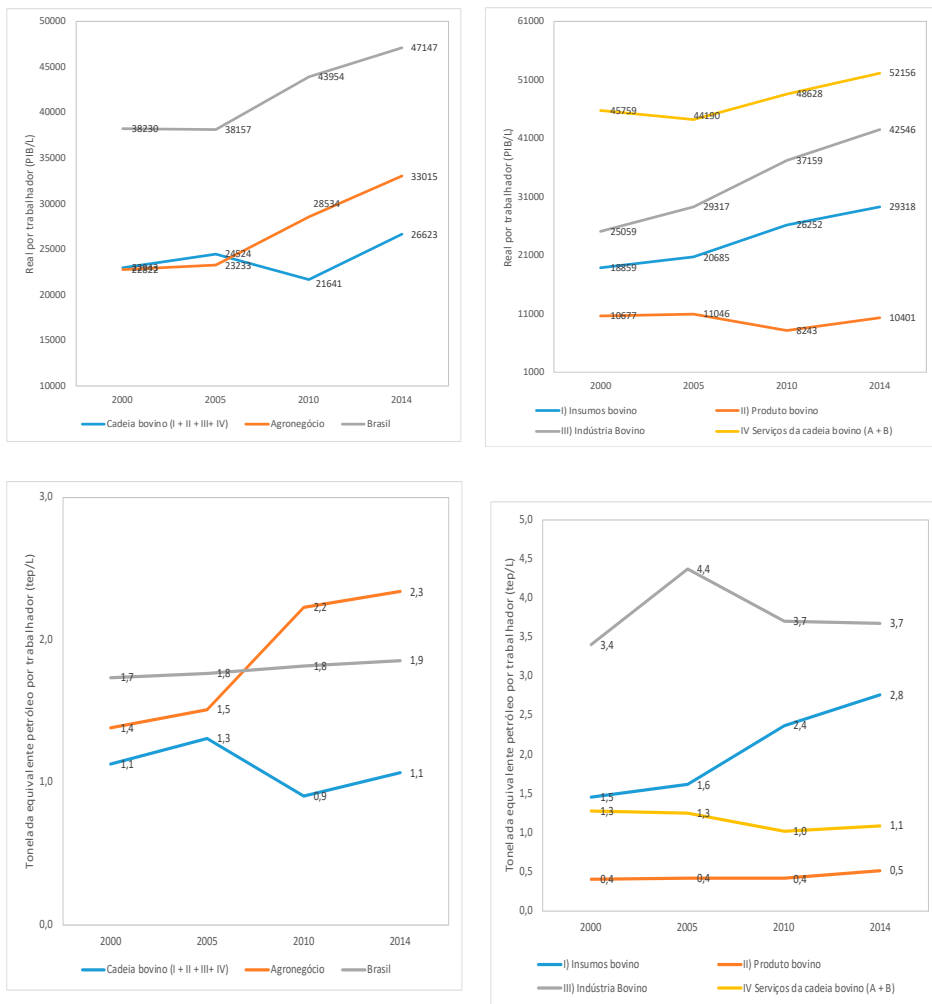
Observando a intensidade de emissão de gases, medida pelos coeficientes de emissões de CO₂ por milhão de reais (CO₂/PIB), verifica-se que a cadeia bovina é a menos poluente, ficando abaixo dos níveis de emissões do Brasil nos anos de 2010 e 2014. Desagregando por segmentos, observa-se o mesmo comportamento do consumo energético, o segmento da indústria bovina caindo abaixo do segmento insumos bovinos no ano de 2014. O segmento serviços da cadeia diminuiu a intensidade de emissão de CO₂, enquanto os segmentos de insumos bovinos e produto bovino aumentaram o nível de emissões, considerando anos iniciais e finais (gráficos inferiores da Figura 7).

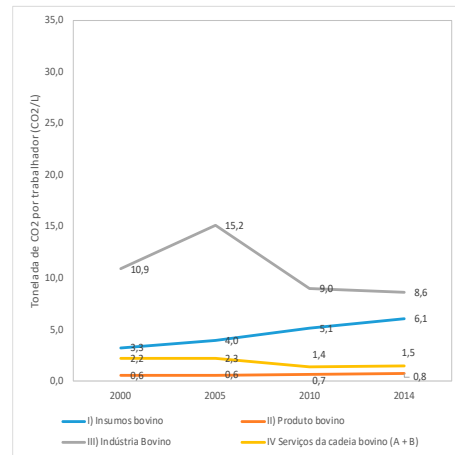
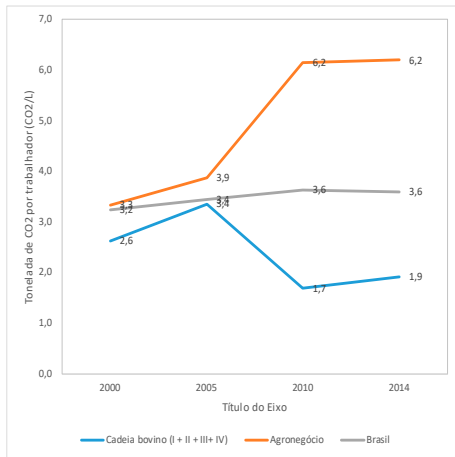
4.2 A eficiência na geração de renda, no consumo energético e nas emissões de CO₂ por trabalhador

Como era de se esperar, conforme a Figura 8, a eficiência ou produtividade do fator trabalho, medida pelo coeficiente da renda gerada por trabalhador (PIB/L), indica que, na cadeia bovina, a renda gerada por trabalhador aumentou, passando de R\$ 22.943, em 2000, para R\$ 26.623, em 2014. No entanto, como os ganhos de produtividade da mão de obra foram maiores no agronegócio do que na cadeia bovina, o valor adicionado por trabalhador da cadeia ficou abaixo da média do agronegócio brasileiro nos anos de 2000 e 2014. Cabe ressaltar que, em 2014, a produtividade média do trabalhador brasileiro (R\$ 47.147) era 42,80% maior do que a

produtividade do agronegócio (R\$ 33.015) e 77% maior do que a produtividade da cadeia de bovino (R\$ 26.623).

Figura 8 – Eficiência da renda, do consumo energético e das emissões de CO2 por unidade de emprego gerado na cadeia bovina de corte, de 2000 a 2014. Fonte: elaboração dos autores com base nas Tabelas 1, 2, 3 e 5.





Fonte: elaboração dos autores com base nas Tabelas 1, 2, 3 e 5.

Da comparação dos diversos segmentos da cadeia bovina, observa-se que, à exceção do segmento produto bovino, os demais segmentos tiveram, em termos reais, um nível de produtividade maior em 2014 do que em 2000. A produtividade em nível de fazenda declinou nos anos de 2005 e 2010, recuperando-se em 2014. É interessante observar que, em 2014, a produtividade da indústria bovina (R\$ 42.546) foi 309% maior do que a produtividade do segmento produto bovino (R\$ 10.401).

Observando o gráfico intermediário esquerdo da Figura 8, verifica-se que o consumo de energia por trabalhador (TEP/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 desse insumo. Ao mesmo tempo, houve um aumento da eficiência dos trabalhadores brasileiros, fator positivo para a criação de riqueza pelo fator trabalho.

Também é interessante observar que a cadeia bovina consome menos energia do que o agronegócio como um todo. Entre 2005 e 2010, o consumo energético do agronegócio ultrapassou a economia brasileira. Na cadeia bovina, o consumo de energia foi de 1,1 TEP por trabalhador tanto em 2000 quanto em 2014, enquanto para o agronegócio foi necessário um uso de 2,3 TEP por trabalhador.

Observando o gráfico intermediário direito da Figura 8, verifica-se que o segmento serviços da cadeia bovina diminuiu ao longo do tempo, sendo de 1,1 TEP no final do período. Os demais segmentos aumentaram o consumo de energia, sendo que o segmento indústria bovina se destaca como o maior consumidor, com 3,7 TEP por trabalhador, seguido por insumos bovinos, com 2,8 TEP, e por produto bovino, com 0,5 TEP por trabalhador.

Os gráficos inferiores da Figura 8 mostram que as emissões de CO₂ por trabalhador da cadeia bovina caíram consideravelmente, sendo o oposto da tendência das emissões do agronegócio e do Brasil, concentrando-se, significativamente, no segmento indústria bovina, seguido pelo segmento de insumos bovinos.

5 Conclusões

Este artigo teve como objetivo avaliar, na cadeia bovina de corte brasileira, a geração de renda e emprego, o consumo de energia e as emissões de dióxido de carbono por fonte de energia. Assim, verificou-se que a cadeia bovina, em 2014, foi responsável, no agronegócio, por 14,20% do PIB, 17,60% dos empregos, 8,00% do consumo de energia em TEP e 5,50% das emissões Gg de CO₂ decorrentes do consumo de energia.

Em particular, ficou evidente que a renda da cadeia bovina, no período de 2000 a 2014, cresceu a uma taxa de 3,1% a.a., fazendo com que sua participação no agronegócio aumentasse de 13,8% para 14,2%. Essa tendência foi impulsionada principalmente pelo subsegmento serviços agroindustriais, que cresceu a uma taxa de 4,2% a.a., e sua participação relativa na cadeia aumentou de 46,5% para 54,0% no período.

No que tange à geração de empregos, a cadeia bovina é responsável por 5,2% dos empregos efetivados no país. Observa-se que o número de trabalhadores nessa cadeia cresceu a uma taxa de 2,00% a.a., gerando 1.361.834 novos empregos líquidos no período, número superior aos empregos líquidos gerados pelo agronegócio (1.052.517).

Pelo contrário, no consumo de energia, a cadeia bovina mostra participação relativa decrescente, já que, em 2000, respondia por 11,2% do total consumido pelo agronegócio e, em 2014, com apenas 8%. Essa diminuição foi fortemente influenciada pela indústria bovina, cujo consumo de energia ao longo do tempo apresentou

crescimento anual negativo de -1,0% a.a. Com relação ao consumo total por fontes de energia, verificou-se, no período, que a cadeia, em média, utiliza 53% de energia renovável, e esse consumo também está influenciado pelo segmento indústria bovina, cujo uso de energia renovável atinge 85,02%.

Na perspectiva das emissões de CO₂, percebe-se que a participação das emissões da cadeia reduziu em relação às emissões nacionais e do agronegócio. Constatou-se que o consumo por fontes de energias renováveis gerou mais emissões do que o consumo por fontes de energias não renováveis. Com destaque para o segmento indústria bovina, por emitir maiores volumes de CO₂.

Com base nos indicadores de intensidade do uso da mão de obra, ficou evidente um processo de modernização na cadeia bovina, liderado pelos segmentos insumos bovinos e indústria bovina, que reduziram o uso de mão de obra, no período de 2000 a 2014, na ordem de 53,0 e 23,50 trabalhadores por milhão de reais gerado, respectivamente. Por sua vez, os índices de intensidade do uso de energia indicam ganhos de eficiência na cadeia, dado que, para gerar um milhão de reais, o consumo de energia reduziu de 49,2 TEP, em 2000, para 40,0 TEP, em 2014. Já os índices da intensidade de emissões de CO₂ evidenciam na cadeia uma trajetória mais limpa ou menos poluidora do meio ambiente, na medida em que, para gerar um milhão de reais, suas emissões diminuíram de 114,6 Gg de CO₂, em 2000, para 72,2 Gg de CO₂, em 2014.

Os indicadores de eficiência ou produtividade da cadeia bovina permitem afirmar que a renda gerada por trabalhador aumentou no período, de R\$ 22.943, em 2000, para R\$ 26.623, em 2014. Essa trajetória foi influenciada principalmente pelos segmentos serviços, indústria e produção pecuária. Por sua vez, a partir de 2005, as tendências de queda de produtividade da energia e das emissões na cadeia assinalam redução de externalidades negativas sobre o meio ambiente, ou seja, benefícios significativos ao meio ambiente, principalmente, pelo segmento indústria bovina, que utiliza menos energia por trabalhador.

Cabe salientar, finalmente, que as abundantes informações geradas permitem avaliar as iterações entre crescimento econômico da cadeia bovina de corte e o meio ambiental. Em geral, pode-se afirmar, com base no consumo de energia renovável, nos índices de intensidade e de produtividade, que a cadeia apresenta uma trajetória que está conciliando suas atividades produtivas com a preservação ambiental.

Energy consumption and CO2 emissions in the Brazilian cutting chain in the period 2000 to 2014: an input-product analysis

Abstract

This article, based on the energy matrixes and emissions disaggregated and compatible with the input-output matrices of Brazil, indicates at the end of the period from 2000 to 2014 that the bovine cut chain was responsible for agribusiness, for 8.00% of energy consumption, of 5.50% of CO2 emissions, 14.20% of GDP and 17.60% of jobs. The intensity and productivity indices showed efficiency gains in energy consumption, a path of cleaner emissions in the environment and a process of modernization of the chain given the increase in labor productivity. It is concluded, therefore, that the chain is reconciling its production activities with lower negative externalities on the environment.

Keywords: Cutting Bovine Chain. Agribusiness. Energy. CO2 emission. Product-input.

Consumo de energía y emisiones de CO2 en la cadena de corte brasileña en el período 2000 a 2014: un análisis de entrada-producto

Resumen

Este artículo, basado en las matrices de energía y emisiones desglosadas y compatibles con las matrices de insumos y productos en Brasil, señala al final del período 2000 a 2014 que la cadena de carne bovina fue responsable en los agronegocios, por el 8.00% del consumo de energía, para el 5.50% de las emisiones de CO2, para el 14.20% del PIB y para el 17.60% de los empleos. Los índices de intensidad y productividad mostraron ganancias en la eficiencia en el consumo de energía, una trayectoria de emisiones más limpias en el medio ambiente y un proceso de modernización de la cadena dado el aumento en la productividad del trabajo. Se concluye, por lo tanto, que la cadena está reconciliando sus actividades de producción con externalidades menos negativas para el medio ambiente.

Palabras clave: Cadena de carne bovina. Agronegocios. Energía. Emisiones de CO2. Producto de entrada.

Classificação JEL: Q13, Q43, Q52, E01, J21, C67

Notas

- 1 Os autores testaram três propostas metodológicas para desagregar a matriz energética brasileira de 2008 e concluíram que as propostas “Base BEN” e “Base MIP Ajustada” apresentam resultados estatisticamente convergentes, ou seja, na falta de dados oficiais mais desagregados, concluem que esses métodos pode, ser usados alternativamente.

Referências

- ARAÚJO, N. B.; WEDEKIN, I.; PINAZZA, L. A. *Complexo agroindustrial. O agribusiness brasileiro*. São Paulo, 1990.
- BEBRASIL. *Balanço Energético Nacional – 2015: ano base 2014*. Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2015.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. 2013. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 28 mar. 2017.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Disponível em: www.fao.org/faostat/en/. Acesso em: 15 dez. 2017.
- FURTUOSO, M. *O produto interno bruto do complexo agroindustrial brasileiro*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada– Esalq/USP, 1998.
- GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimacão da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicacão e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. *Economia & Tecnologia*, UFPR/Teepar, a. 6, v. 23, out. 2010.
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 – Energy*. Hayama, Japão, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- LAUSCHNER, R. *Agribusiness, cooperativa e produtor rural*. São Leopoldo: Unisinos, 1993.
- MESSA, A. Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. In: NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (org.). *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – Vol. 1 – Desempenho*. Brasília, 2014. p. 445.
- MONTOYA, M, A. *et al.* A Cadeia Soja Brasileira no período de 2000 a 2014: uma abordagem insumo-produto do PIB, emprego, consumo de energia e emissões de CO₂. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CENTROS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA (ANPEC), 45. *Anais [...]*. Natal, RN, 2017. Disponível em: <https://en.anpec.org.br/index.php#about>. Acesso em: dez. 2017.
- MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A. 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*, v. 45, n. 2, p. 289-335, ago. 2015.
- MONTOYA, M. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M. Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: uma avaliação metodológica. *Economia Aplicada*, v. 18, n. 3, p. 379-419, 2014.

MONTOYA, M. A.; GUILHOTO, J. J. M. O agronegócio brasileiro entre 1959 e 1995: dimensão econômica, mudança estrutural e tendências. *In*: MONTOYA, M. A.; PARRÉ, J. L. (ed.). *O agronegócio brasileiro no final do século XX*. Passo Fundo: Ediupf, 2000.

UN COMTRADE. *International Trade Statistics Database*. Disponível em: <https://comtrade.un.org/>. Acessado em 15 de dezembro de 2017.

citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.9600&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: