

# ANALISE DOS SETORES-CHAVE E EFEITOS AMBIENTAIS A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ABC NO MATOPIBA: UMA ABORDAGEM POR INSUMO-PRODUTO

Attawan Guerino Locatel Suela\*, Marcos Spínola Nazareth\* e Dênis Antônio da Cunha\*

(\*) Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (PPGEA/UFV). Autor para correspondência: [attawan.suela@ufv.br](mailto:attawan.suela@ufv.br)

**Área Temática: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade**  
**Classificação JEL: Q50**

**Resumo:** Esta pesquisa procurou analisar a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) obtidas pelo investimento nas ações do Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) na região do MATOPIBA. Foram identificados os principais setores-chave em relação as emissões de GEE. Metodologicamente, foi estruturado e operacionalizado um modelo de Insumo-Produto Inter-regional Híbrido, com a desagregação do MATOPIBA. Foram simulados três cenários caracterizados por diferentes níveis de emissões de GEE resultantes da implementação do Plano ABC no MATOPIBA. Considerando as emissões oriundas do setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU), conclui-se que os setores-chave para o controle das emissões de GEE na região do MATOPIBA são Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Pecuária e Produção Florestal. A partir dos resultados de setores-chave, é razoável afirmar que as ações pró-ambientais decorrentes do Plano ABC serão mais eficientes se forem direcionadas a esses setores específicos. Por fim, ressalta-se que a principal contribuição deste trabalho consiste em fornecer aos formuladores de políticas informações para a tomada de decisão quanto à melhor estratégia, do ponto de vista ambiental, em relação ao controle de emissões, tanto a nível nacional quanto regional.

**Palavras-chave:** insumo-produto; MATOPIBA; Plano ABC.

**Abstract:** This research sought to analyze the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions obtained by investing in the actions of the Low Carbon Agriculture Plan (ABC Plan) in the MATOPIBA region. The main key sectors were identified in relation to GHG emissions. Methodologically, a model of Interregional Hybrid Input-Product was structured and operationalized, with the breakdown of MATOPIBA. Three scenarios were characterized, characterized by different levels of GHG emissions resulting from the implementation of the ABC Plan in MATOPIBA. Considering the emissions from the Agriculture, Forest and Other Land Use (AFOLU) sector, it is concluded that the key sectors for controlling GHG emissions in MATOPIBA are Sugar Refining and Production of Beverages and Tobacco, Livestock and Production Forestry. Based on the results of key sectors, it is reasonable to say that the pro-environmental actions resulting from the ABC Plan will be more efficient if they are directed to those specific sectors. The results demonstrate the positive impacts that ambitious emission reduction targets could have. The main contribution of this research is to provide public policy makers with information for decision making regarding the best strategy in relation to emissions control, both at national and regional level.

**Keywords:** input-output; MATOPIBA; ABC Plan.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é reconhecido mundialmente pelo seu excelente desempenho econômico, caracterizado pelo crescimento contínuo da produção, das exportações e do valor agregado. Concomitantemente, a produção em grande escala representa outro desafio enfrentado pelo Brasil, que é manter o bom desempenho econômico aliado à conservação ambiental (BROOKS, 2017; EMBRAPA, 2018). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2018), é provável que o atendimento à crescente demanda alimentar mundial gere consequências extremamente negativas ao meio ambiente, como a expansão do desmatamento, comprometimento de ecossistemas e maiores índices de poluição, com ênfase para as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Conforme os dados do relatório “Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil” (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, 2017), o país, em 2018, foi o sétimo maior emissor de GEE no mundo, produzindo aproximadamente 1,939 bilhão de toneladas brutas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>eq). O setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (*Agriculture, Forest and Other Land Uses* – AFOLU) foi responsável por cerca de 60% dessas emissões. Parte considerável das emissões são resultantes principalmente dos desmatamentos (EMBRAPA, 2018).

Ainda que a redução do desmatamento esteja prevista nas ações apresentadas pelo governo brasileiro na Conferência das Partes (COP, edições 15 e 21), o país ainda almeja utilizar grande parte da sua fronteira agrícola existente. Tal fronteira está localizada na região conhecida como MATOPIBA (que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (EMBRAPA, 2017). Essa região é considerada uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo. Segundo o Código Florestal brasileiro vigente, até 80% da área de mata nativa dessa região pode ser legalmente convertida em áreas agricultáveis. Logo, trata-se de uma extensão territorial com grande potencial para expansão agrícola e para a criação e funcionamento de novos mercados (Instituto de Economia Agrícola – IEA, 2015).

A região do MATOPIBA é constituída por 73 milhões de hectares, sendo que 90% pertencem ao bioma Cerrado. Residem na região aproximadamente 5,9 milhões de pessoas (35% vivem na zona rural). Cerca de 86% da área do MATOPIBA já possui algum tipo de ocupação, sendo 337 municípios, 324 mil estabelecimentos rurais, além de assentamentos, quilombos e reservas indígenas. Dessa forma, resta para a fronteira agrícola aproximadamente 10 milhões de hectares, os quais podem ser utilizados para a abertura de novas áreas para fins produtivos (EMBRAPA, 2015).

As informações da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2019) indicam que o MATOPIBA foi responsável pela produção de aproximadamente 14,9 milhões de toneladas de soja na safra 2017/2018 e cerca de 8 milhões de toneladas de milho nesse mesmo período, respondendo por 11% da produção nacional de grãos. Ao mesmo tempo, entre 2000 e 2014, houve a abertura de novas áreas, totalizando cerca de 3,5 milhões de hectares (expansão de 253% da área cultivável). Cerca de 68% dessa expansão ocorreu em terras de vegetação nativa, provocando diversos riscos para a biodiversidade local. Com a possibilidade de crescimento da região, espera-se que entre as safras 2017/18 a 2027/28 a produção seja de aproximadamente 25,4 milhões de toneladas. Ao mesmo tempo, para que isso ocorra, será necessário a abertura de novas áreas na ordem de 13,7%, o que aumentará o passivo ambiental já existente na região (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017).

Com base nos dados do SEEG (2019), a região do MATOPIBA foi a responsável pela produção de aproximadamente 440 milhões de toneladas dos GEE lançados para atmosfera pelo Cerrado entre 2016 e 2017, oriundos principalmente das mudanças no uso do solo, ocorrido na região (NOOJIPADY et al., 2017). Ademais, o aumento na produção agropecuária na região levou à perda de 27% de sua cobertura vegetal, provocando danos ambientais, como a redução

da biodiversidade local (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017). Caso aconteça novas aberturas de áreas no Cerrado, a possibilidade de extinção de espécies é eminente, pois nessa região existe aproximadamente 44% de espécies endêmicas entre fauna e flora, o que a torna requerente de atenção também por sua importância natural (WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF, 2017).

Entretanto, existem maneiras de evitar novos desmatamentos na região. Segundo a Agrosatélite (2015) e o Observatório do Clima (2017), 18 milhões de hectares de Cerrado constituem-se de terras com média ou alta aptidão agrícola, mas atualmente estão tomadas por pastagens degradadas. Essas áreas poderiam, por exemplo, ser utilizadas para o plantio mecanizado da soja. O MATOPIBA detém 10% dessa região, além de possuir cerca de 6,4 milhões de hectares de Cerrado que não possuem utilidade para fins agrícolas, mas que poderiam ser destinadas à produção pecuária ou até mesmo para o plantio de florestas. Portanto, no MATOPIBA existem cerca de 8,2 milhões de hectares de área degradada que poderiam ser revitalizadas.

Nesse sentido, é possível afirmar que o avanço do Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) no MATOPIBA oferece a oportunidade de impedir novos desmatamentos e, ao mesmo tempo, garante o avanço da produtividade agropecuária na região. Dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA (2018) indicam que a implementação das medidas de mitigação contidas no Plano ABC já permitiu aumentos da área agricultável e da produtividade. Ao mesmo tempo, gerou-se a redução das emissões de GEE, contribuindo para o atingimento dos compromissos voluntários do Brasil propostos nas COP's 15 e 21.

Diante do exposto, esta pesquisa procurou analisar os impactos em termos de redução de emissões de GEE obtidas pelo investimento nas ações do Plano ABC na região do MATOPIBA. Por meio da simulação de diferentes cenários de redução de emissões e de um provável aumento na demanda final da economia brasileira, o estudo respondeu à seguinte questão: Quais são os principais setores-chave em relação as emissões de GEE na região do MATOPIBA?

A fim de responder a essa questão, foi utilizado um modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido com a região do MATOPIBA explicitamente desagregada na matriz de dados. O modelo de insumo-produto (IP) foi utilizado por considerar os setores e as regiões, bem como os fatores ambientais comuns a cada um deles. Dessa forma, foi possível lidar com uma séria limitação quando se trata de impactos ambientais, que é analisar separadamente cada setor ou indústria, reconhecendo a real importância das ligações intersetoriais. Como o setor AFOLU utiliza quantidade considerável de energia e insumos industriais em seus processos produtivos, o modelo de IP com análise energética foi implementado nesta pesquisa por conseguir determinar o total de energia necessária para entregar certo volume de produto à demanda final (CARVALHO; PEROBELLI, 2009). Dessa maneira, a pesquisa procurou inovar ao considerar, implicitamente, o *trade-off* que envolve a expansão da produção agrícola *versus* a conservação ambiental na região do MATOPIBA levando em conta as ações do Plano ABC. Trata-se de informação fundamental, pois há necessidade de mais pesquisas na região do MATOPIBA que evidenciem a importância de sua preservação.

## 2. METODOLOGIA<sup>1</sup>

### 2.1 Modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido

Segundo Miller e Blair (2009), existem três categorias de modelos de IP que conseguem lidar com o meio ambiente: Modelos econômico-ecológico, Modelos produto  $\times$  setor e Modelos aumentados ou expandidos de Leontief.

---

<sup>1</sup> Para maiores informações sobre matriz de Insumo-Produto favor verificar Miller e Blair (2009)

Por tornar possível a verificação das inter-relações entre as ações ambientais e a estrutura econômica, será escolhido a terceira categoria, pois segundo Miller e Blair (2009), nesse tipo de modelo as alterações na demanda final podem ser relacionadas com a interdependência entre setores e os impactos ambientais demonstrando as ligações entre as regiões e os setores econômicos. Enquanto que as duas primeiras categorias não conseguem demonstrar totalmente as inter-relações entre os setores, a economia e os dados energéticos, limitando assim seus resultados (ABDALLAH; MONTOYA, 1998).

Segundo Hilgemberg (2004) a interdependência existente entre os setores econômicos, no âmbito produtivo e nas questões das emissões de poluentes, torna quase impossível identificar quais são os verdadeiros emissores quando se considera apenas um setor, como o modelo de IP trata todos os setores de maneira conjunta, acaba se tornando o método mais adequado para esse tipo de verificação. Para analisar os passivos ambientais relacionado as emissões dos GEEs, o modelo de insumo produto inter-regional pode ser expandido para possibilitar a investigação dos setores poluentes, tornando-se uma modelo de IP Inter-Regional com análise de energia.

Essa extensão do modelo de IP, determina qual é o total de emissões despendida ao se desmatar uma determinada área ou qual o total de energia necessária para a concepção de algum produto, verificando tanto a energia direta gasta como a energia indireta utilizada. Esse processo monitora os insumos e os recursos utilizados na produção. O primeiro *round* dos insumos de energia demonstra a necessidade direta de energia. Os rounds seguintes de insumos de energia definem a necessidade indireta energética. A soma desses dois requerimentos mostra a necessidade total de energia, em que muitas vezes é denominado de *intensidade de energia* (MILLER; BLAIR, 2009).

Para o cálculo da *intensidade de energia*, utiliza-se o conjunto de matrizes análogo ao modelo de tradicional de IP, ou seja, aplica-se a inversa de Leontief do modelo convencional para calcular a quantidade necessária de energia, porém, é interessante trabalhar com a quantidade energética medida em unidades físicas (MILLER; BLAIR, 2009).

Em uma economia com  $n$  setores, nos quais  $m$  são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será  $E_{m \times n}$ . A energia utilizada pela demanda final (em unidades físicas) será dada por  $e_y$ , e o consumo total de energia na economia será indicado por  $F$ , onde  $e_y$  e  $F$  são vetores colunas com  $m$  elementos. Assim,

$$E_i + e_y = F \quad (1)$$

em que  $(i)$  é um vetor-coluna ( $n \times 1$ ), onde todos os elementos são números *um*. A quantidade total de energia consumida pelos setores interindustriais mais o consumo da demanda final é o total consumido e produzido de energia pela economia.

Agora é necessário construir uma matriz de transações interindustriais em unidades híbridas, através da matriz de transações original,  $(Z)$ . É necessário realizar a substituição das linhas dos setores de energia em fluxos monetários pelas matrizes correspondentes de fluxos de energia,  $E$  definindo assim a nova matriz de transações  $(Z^*)$ , no qual descreve os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e o restante dos fluxos em unidades monetárias. É preciso também, definir o produto total correspondente,  $(X^*)$ , e a demanda final,  $(Y^*)$ , como vetores nos quais os setores energéticos e não energéticos são igualmente medidos em unidades monetárias e físicas.

$$Y_i^* \begin{cases} Y_j \text{ para linhas que não são energéticas.} \\ E_{ky} \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

$$Z_i^* \begin{cases} Z_j \text{ para linhas que não são energéticas.} \\ E_k \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

$$X_i^* \begin{cases} X_j \text{ para linhas que não são energéticas.} \\ F_k \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

As matrizes equivalentes,  $A^* = Z^*(\widehat{X}^*)^{-1}$  e  $(I - A)^{-1}$ , surgem diretamente destas definições<sup>2</sup>. Algumas características dessas matrizes são diferentes em relação a matriz convencional de Leontief, um exemplo é a soma das colunas de  $(A^*)$  que não vão ser necessariamente menores que a unidade como ocorre no modelo convencional de Leontief.

A matriz  $(I - A^*)^{-1}$  possuirá as mesmas unidades existentes em  $X_i^*$ , entretanto, ela demonstrará os requerimentos (em  $CO_2eq$  – Dióxido de Carbono Equivalente, ou unidades monetárias) por unidade ( $CO_2eq$  ou unidades monetárias) de demanda final (requerimento total), ao passo que  $(A^*)$  demonstra o requerimento por unidade de produção total de (requerimento direto).

Para se obter a *matriz de requerimentos diretos de energia* e a *matriz de requerimentos totais de energia* faz-se a extração das linhas dos fluxos de energia de  $(A^*)$  e  $(I - A^*)^{-1}$ .

Desse modo, é preciso criar a matriz  $(\widehat{F}^*)$  com dimensão  $(m \times n)$ , no qual os elementos  $(F^*)$  que representam fluxos de energia são colocados ao longo da diagonal principal e todos os outros elementos são iguais a zero.

Construindo a matriz do produto  $F^*(X^*)^{-1}$  ocorrerá que os elementos não nulos de  $(F^*)$  vão ser iguais aos correspondentes valores de  $(X^*)$ , e o resultado do produto será uma matriz de valores “um” e zeros, no qual os números “um” identificam a localização dos setores energéticos. Após realizado esse procedimento faz-se a multiplicação por  $(I - A^*)^{-1}$ , onde será extraídos os coeficientes totais de energia “ $\alpha$ ”, ou seja, as linhas de energia de  $(I - A^*)^{-1}$ . Multiplicando logo a pós por  $(A^*)$ , obtêm-se os coeficientes diretos de energia “ $\delta$ ”.

Logo, se “ $\delta$ ” representa os requerimentos diretos e “ $\alpha$ ” os requerimentos totais:

$$\alpha = F^*(\widehat{X}^*)^{-1}(I - A^*)^{-1} \quad (2)$$

$$\delta = F^*(\widehat{X}^*)^{-1}A^* \quad (3)$$

Os requerimentos indiretos de energia “ $\gamma$ ” serão obtidos a partir da diferença ente “ $\alpha$ ” e “ $\delta$ ”,

$$\gamma = F^*(\widehat{X}^*)^{-1}[(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (4)$$

Deste modo, ao multiplicar as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por  $F^*(\widehat{X}^*)^{-1}$ , irá ocorrer a recuperação dos coeficientes de energia, ou seja, a intensidade de energia.

É interessante ressaltar que a construção deste modelo de energia e sua expansão para suprir a necessidade de inserção das emissões de  $CO_2eq$ , seguem a *condição de conservação de energia*<sup>3</sup>. Esta condição será decisiva na avaliação de um modelo particular de energia (e por extensão, de emissão de  $CO_2eq$ ) verificando se o padrão representa ou não adequadamente os fluxos energéticos na economia (MILLER; BLAIR, 2009).

## 2.2 Setores-Chave

Um setor-chave é aquele que demanda insumos dos demais setores em uma quantidade superior que a média e cuja a produção é largamente utilizada pelos demais setores (HILGEMBERG, 2004). O método utilizado para a identificação desses setores foi desenvolvido por Rasmussen e é baseado na matriz inversa de Leontief (MILLER; BLAIR, 2009).

Para descobrir os setores-chave no que diz respeito às emissões, é necessário estruturar uma matriz de elasticidades intersetoriais da demanda em associação ao consumo final de energia. Para esse processo considere o escalar  $(I)$  que *representará o uso energético total pelo*

<sup>2</sup> As matrizes identificadas com “acento circunflexos” são diagonalizadas. Exemplos:  $\widehat{X}$  e  $\widehat{Z}$ .

<sup>3</sup> Condição de conservação de energia trata-se do montante de energia primária/direta requerida para a produção de um bem ou serviço de uma indústria devendo ser igual ao total de energia secundária/indireta do produto mais a quantidade de energia perdida na conversão de energia.

sistema produtivo e  $(\tau')$  será o vetor-linha da utilização de energia por unidade de produto setorial. Conforme o modelo de Leontief, é possível descrever,

$$\Gamma = \tau'X^* = \tau'(I - A^*)^{-1}Y^* \quad (5)$$

Caso o uso de energia dependa da demanda final da economia, é possível descrever,

$$\Delta\Gamma = \tau'\Delta X^* = \tau'(I - A^*)^{-1}Y^*\lambda \quad (6)$$

no qual  $(\lambda)$  representa um escalar que demonstra o aumento proporcional na demanda final.

Chamando de  $(s)$  o vetor da participação das demandas finais por setores em suas respectivas produções, pode-se escrever,

$$s = (\widehat{X^*})^{-1}Y^* \text{ ou } Y^* = s(\widehat{X^*}) \quad (7)$$

substituindo (7) em (6), terá,

$$\Delta\Gamma = \tau'(I - A^*)^{-1}(\widehat{X^*})s\lambda \quad (8)$$

ao dividir tudo por  $(\Gamma)$ ,

$$\Gamma^{-1}\Delta\Gamma = \Gamma^{-1}\tau'(I - A^*)^{-1}(\widehat{X^*})s\lambda \quad (9)$$

no qual,  $(\Gamma^{-1}\Delta\Gamma)$  representa o aumento total de energia levando em conta o aumento na demanda final, ou seja, a elasticidade de  $(\Gamma)$  em relação à demanda final. Contudo, a expressão (9) não é capaz de entregar nenhuma informação adicional, dada a natureza linear do modelo, já que  $(\Gamma^{-1}\Delta\Gamma = \lambda)$ .

Assim, será preciso realizar uma desagregação da elasticidade. Primeiro faz-se a transformação da equação (9), em que  $(d')$  seja um vetor de distribuição de energia final dentre os  $(n)$  setores produtivos da economia, no qual  $(\sum_{i=1}^n d_i = 1)$ . Logo, o vetor dos coeficientes de consumo setorial  $(\tau')$  poderá ser escrito da seguinte maneira,

$$\tau' = \Gamma d'(\widehat{X^*})^{-1} \quad (10)$$

substituindo (10) por (9)

$$\Gamma^{-1}\Delta\Gamma = d'(\widehat{X^*})^{-1}(I - A^*)^{-1}(\widehat{X^*})s\lambda \quad (11)$$

considerando<sup>4</sup>,

$$(I - D)^{-1} = (\widehat{X^*})^{-1}(I - A^*)^{-1}(\widehat{X^*}) \quad (12)$$

ao diagonalizar o vetor  $(s)$ , é possível obter utilizando (11) e (12),

$$\varepsilon' = d'(I - D)^{-1}s\lambda \quad (13)$$

que vai fornecer a variação proporcional do consumo setorial energético em relação a uma alteração proporcional na demanda final.

Ao omitir  $(\lambda)$  e diagonalizando  $(d')$ ,

$$\Gamma^y = \hat{d}(I - D)^{-1}\hat{s} \quad (14)$$

no qual  $(\tau_{ij}^y)$  é um elemento da matriz  $(\Gamma^y)$  que representa a porcentagem do aumento no consumo energético final do setor  $(i)$  em resposta a uma alteração de  $(1\%)$  na demanda final do setor  $(j)$ , que pode ser entendido como elasticidade, pois a soma dos elementos da coluna do

<sup>4</sup> Conforme Miller e Blair (2009), quando duas matrizes P e Q são ligadas pela relação  $P = MQM^{-1}$ , elas serão correlatas e deverão ser expressas como  $P \approx Q$ . Assim, o produto do lado direito de (12) será  $(I - D)^{-1} \approx (I - Z^*)^{-1}$ , logo,  $(I - D)^{-1}$  pode ser interpretada como o valor aproximado das necessidades diretas e indiretas (totais) para a produção de bens e serviços na economia, no qual são normalmente adquiridos da matriz  $(I - D)^{-1}$

setor ( $j$ ) apresenta a porcentagem de variação do consumo de energia recebido por toda a economia em resposta a uma mudança de (1%) na demanda final do setor ( $j$ ).

Como  $(\tau_{ij}^y)$  é um elemento da matriz  $(\Gamma^y)$ , é possível definir,

$$P_{.j} = \sum_{i=1}^n \tau_{ij}^y \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (15) \quad P_{i.} = \sum_{j=1}^n \tau_{ij}^y \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

O impacto total é o aumento percentual no consumo energético causado por um aumento de (1%) na demanda final do setor ( $j$ ), expressado por (15) e o impacto distributivo é o aumento do consumo energético do setor ( $j$ ), que resulta de um aumento de (1%) na demanda final de todos os setores da economia, expresso por (16) (ALCÁNTARA; PADILHA, 2003).

Ao definir  $(\Gamma_T)$  como sendo o *valor mediano dos impactos totais* e  $(\Gamma_D)$  os *valores medianos dos impactos distributivos*, Alcántara e Padilha (2003) assumem a classificação estabelecida na Tabela 3.1.

Os setores que se enquadram no setor I vão ter seu consumo de energia determinado, em parte pela demanda dos outros setores, já que o impacto distributivo é maior do que a mediana da economia. Os setores do quadrante II são os setores-chave, já que apresentam um efeito total e distributivo maior que os valores medianos da economia, ou seja, eles são conduzidos a consumir energia pelo aumento da demanda dos outros setores e, simultaneamente, eles pressionam o consumo energético dos outros setores pelo aumento de sua própria demanda. O quadrante III possui os setores menos importantes no que se refere às emissões. E o quadrante IV, possui os setores com alto conteúdo energético.

**Tabela 1.** Classificação dos setores.

	$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Setores relevantes do ponto de vista da demanda de outros setores I	Setores-chave, pressionam o consumo de energia e são pressionados a consumir energia II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Setores não relevantes III	Setores relevantes do ponto de vista de sua demanda IV

Fonte: Alcántara e Padilha (2003).

### 2.3 Base de dados

Para essa pesquisa utilizou-se duas bases de dados fundamentais, derivadas da matriz de IP regional publicada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NERUS) para o ano de 2011, no qual, pode ser encontrado os fluxos de produtos gerados pelos seus sessenta e oito (68) setores nos vinte e sete (27) estados brasileiros (HADDAD et al. 2017). E da pesquisa de Azevedo et al., (2018) que mensurou as emissões brutas de CO<sub>2</sub>eq para todos os estados brasileiros em 2015.

Como as duas fontes de dados consideram informações de natureza distintas, fez-se necessário a compatibilização das regiões e setores. Ela teve como objetivo preservar, tanto quanto possível, a alocação dos setores em relação ao seu tipo de produção e, ao mesmo tempo, atender ao foco principal do presente estudo, na medida em que a atenção é concentrada em setores com maiores níveis de emissões de GEE.

A pesquisa realizada por Azevedo et al., (2018) foi capaz de mensurar as emissões dos diversos estados brasileiros a partir da síntese das diversas etapas de produção, transformação e consumo do processo energético dos mais diversos setores. Esse processo levou em conta as emissões de energia primária (produtos energéticos providos pela natureza na sua forma natural, como petróleo, gás natural e carvão etc.), o processo de transformação em energia secundária

(produtos energéticos resultantes dos diferentes métodos de transformação que possuem como destino os diversos setores de consumo) e o consumo final (AZEVEDO et al., 2018).

Após a realização da compatibilização dessas duas bases de dados, obteve-se a MIP Inter-Regional Híbrida com fluxos energéticos e de produtos. Porém, para alcançar a construção da MIP Inter-Regional Híbrida, houveram adaptações na matriz original com o intuito de se alcançar praticidade ao aplicar a metodologia. Desta maneira, foi necessário a utilização de alguns procedimentos, como:

1. *Agregação das linhas e colunas*<sup>5</sup>;
2. *Agregação das regiões*: Para a construção da MIP Híbrida, fez-se necessário agregar os estados em quatro grandes regiões, são elas:
  - *Região 1 - MATOPIBA*: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia;
  - *Região 2 - Resto do Norte*: Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá;
  - *Região 3 - Resto do Nordeste*: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe;
  - *Região 4 - Resto do Brasil*: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito federal.

no qual, a escolha da disposição dos Estados foi realizada a partir da necessidade da pesquisa. Como a região de interesse do trabalho é a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), foi importante agregar esses quatro estados, o que desencadeou também, a formulação das regiões restantes. A agregação das regiões segue a lógica das agregações dos setores.

Como os dados de energia obtidos eram referentes a 2015 e a matriz inter-regional construída usava os dados de 2011, tornou-se necessário a atualização da matriz inter-regional para 2015 afim de se obter respostas mais coerentes. Para isso, foi utilizado o banco de dados do IBGE (2017), que contém todos os valores das produções por atividade econômica dos 27 estados brasileiros de 2010 a 2015. Dessa forma, a partir da utilização de uma proporção simples entre o valor total da produção de 2011 e de 2015, conseguiu-se realizar a correção dos valores da matriz para o ano de 2015 sem a necessidade de rebalanciamento da mesma. Com a Aplicação desse método a matriz inter-regional de 2011 passou a ter o mesmo ano base dos valores das emissões.

Após concretização dos passos listados acima, obteve-se a MIP Inter-Regional Híbrida, com valores monetários e físicos (emissão de CO<sub>2</sub>eq). De posse disso, basta aplicar a metodologia citada para se obter as elasticidades da demanda do consumo de energia.

## 2.4 Cenários

Com o intuito de avaliar a importância do Plano ABC como uma das medidas existentes para a mitigação das emissões nos processos produtivos, principalmente dos setores que compõem AFOLU (EMBRAPA, 2018), fez-se necessário a construção de três cenários, sendo cada um caracterizado por certo volume de emissões de CO<sub>2</sub>eq oriundos do setor AFOLU. As diferentes suposições foram feitas a partir de informações disponíveis no relatório “Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)” apresentado pelo MAPA (2018). O referido relatório informa que “o Plano ABC já mitigou entre 100,21 e 154,38 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq brutas, no período de 2010 a 2018” (EMBRAPA, 2018).

Para a constituição da MIP Inter-Regional Híbrida foi considerado o ano de 2015 por duas razões principais. Inicialmente pela necessidade de dados regionais desagregados de emissões de CO<sub>2</sub>eq no Brasil. Para tal foi utilizado como base a pesquisa de Azevedo et al.,

---

<sup>5</sup> Este procedimento, através da agregação das linhas e colunas, transforma o número de setores deixando a base de dados com 14 setores principais. É possível visualizar a agregação escolhida no Apêndice A (Quadro 1).



(2018), na qual os autores avaliaram para o ano de 2015 o total de CO<sub>2</sub>eq bruto emitido pelos estados brasileiros. Ademais, o ano de 2015 permite considerar um período relativamente longo desde a implementação do Plano ABC, permitindo avaliar a eficácia das ações propostas na política.

- i. *Cenário 1*: representa a situação base, no qual, consideram-se as emissões dos setores que compõem o AFOLU, por serem dois dos maiores emissores de GEE no Brasil em 2015. Vale ressaltar que os dados utilizados, baseados nos cálculos de Azevedo et al. (2018), já levam em conta o total mitigado pelo Plano ABC entre os anos de 2010 e 2015.
- ii. *Cenário 2*: representa a hipótese de o Plano ABC não ter sido implementado. Dessa maneira, o nível de emissões em 2015 apresenta volume superior ao utilizado no cenário anterior. Considerando que entre 2010 e 2015 as ações do Plano ABC foram capazes de mitigar aproximadamente 100 milhões de tCO<sub>2</sub>eq, esse valor foi adicionado ao total emitido no Cenário 1.
- iii. *Cenário 3*: propõe ações de mitigação maiores que as originais apresentadas pelo Plano ABC, constituindo um cenário otimista. Nesse caso, a questão que norteia esse cenário é: o que ocorreria caso o governo brasileiro se propusesse a mitigar cerca de 300 milhões de tCO<sub>2</sub>eq?

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Elasticidades de emissões inter-regionais e identificação dos setores-chave

Conforme apresentado no Capítulo 3, o cálculo das elasticidades (*I*) utiliza a matriz Insumo-Produto Inter-Regional Híbrida, na qual os valores são medidos em unidades monetárias e físicas. O cálculo das elasticidades gera uma matriz na qual cada um dos elementos presentes em determinada coluna apresenta a parcela do impacto direto e indireto do aumento de um ponto percentual na demanda final pela produção realizada por um setor específico em cada um dos setores. Assim, a soma das entradas de determinada coluna permite auferir o *impacto total* nas emissões, ou seja, o efeito nas emissões da economia gerado pelo aumento de um ponto percentual na demanda final de algum outro setor.

De maneira semelhante, cada elemento de dada linha da matriz de elasticidades representa a contribuição de determinado setor no crescimento das emissões do setor analisado. A soma ao longo de determinada linha apresenta o *impacto distributivo*, ou seja, a emissão que seria gerada em certo setor caso a demanda final de cada um dos setores fosse acrescida em um ponto percentual.

#### 3.2 Mensuração dos Impactos Totais e Distributivos e identificação dos Setores-Chave nos Cenários 1, 2 e 3 – MATOPIBA.

Conforme a seção 3.2 desta pesquisa, foram calculadas as equações (14), (15) e (16), demonstrando que os setores com maior impacto total são aqueles que carregam as emissões dos outros setores acima da mediana da economia, a partir do aumento de um ponto percentual na sua demanda final. Na região do MATOPIBA, ao considerar as emissões provenientes do setor AFOLU, para o Cenário 1, a mediana encontrada para o impacto distributivo (*ID*) foi 17,8 tCO<sub>2</sub>eq brutas adicionais em resposta ao acréscimo da demanda final, enquanto que para o impacto total (*IT*) a mediana ficou em 18,9 tCO<sub>2</sub>eq brutas. A Tabela 1 foi utilizada como referência para classificar as atividades no MATOPIBA no Cenário 1 e 2.

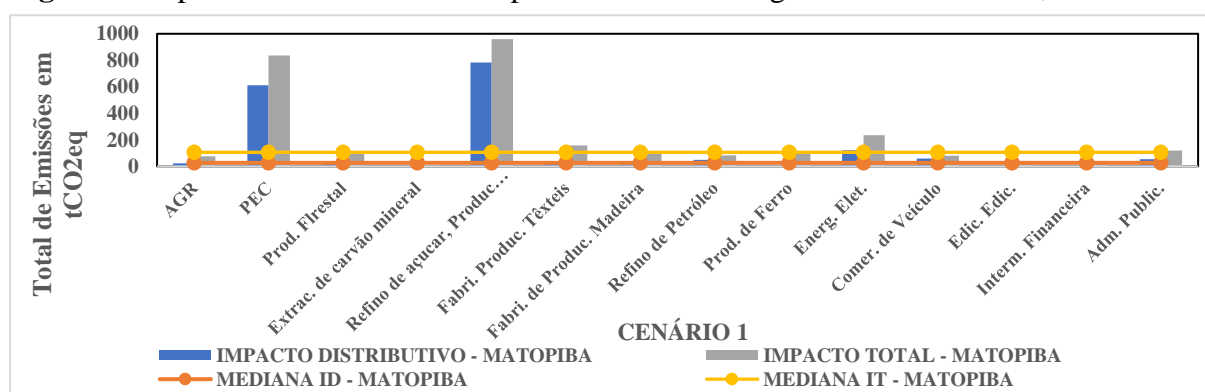
Os setores “Pecuária”, “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura”, “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo”, “Energia Elétrica” e “Administração Pública, Defesa e Seguridade Social” são os setores-chave no que diz respeito às emissões. Eles são pressionados a emitir mais quando a demanda dos demais setores aumenta e, ao mesmo tempo, forçam os outros setores a emitirem quando sua própria demanda aumenta. Conforme é possível observar na Figura 1, os setores-chave que mais emitem CO<sub>2</sub>eq brutos são os de “Refino de Açúcar e

Produção de Bebidas e Fumo”, com *IT* e *ID* iguais a 959,9 e 783 tCO<sub>2</sub>eq, respectivamente, e a “Pecuária”, com *IT* igual a 835 tCO<sub>2</sub>eq e *ID* igual a 611,4 tCO<sub>2</sub>eq.

Os resultados obtidos têm respaldo nas informações apresentadas pelo IPEA (2017) e Agrososatelite (2015), segundo os quais em 2015 a cana-de-açúcar foi a terceira maior cultura anual produzida no Brasil, ficando atrás apenas da soja e do milho. Esse fato se mostrou verdadeiro também para a região do MATOPIBA, que vem se destacando na expansão dessa cultura para a produção de etanol desde 2003. Porém, tal crescimento produtivo trouxe consigo consequências negativas, como a grande quantidade emitida de GEE em suas etapas de produção. Segundo Papp et al., (2016), com a produção brasileira de etanol em torno de 30 bilhões de litros, gera-se aproximadamente 24 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. Daí a importância de fomentar tecnologias de produção mais limpas, como a *Carbon Capture and Storage* (CCS), o que poderia, inclusive, valorizar o etanol brasileiro.

Em 2015, cerca de cinco milhões de hectares do Cerrado foram destinados ao plantio de cana-de-açúcar (Agrosatélite, 2015). Assim, o aumento rápido das áreas cultivadas dessa cultura pode explicar os resultados encontrados neste trabalho, no qual foi apontado como um dos setores-chave. Verifica-se, a partir da Figura 1, que esse setor possui os maiores impactos distributivos e totais encontrados na região do MATOPIBA.

**Figura 1.** Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 1.



Fonte: Resultados da pesquisa.

O *ID* elevado apresentado na Figura 1 evidencia que seus efeitos sobre as emissões da produção adicional para atender à demanda dos demais setores que necessitam satisfazer à nova demanda final, concentra-se nesse setor. Isso ocorre através da geração em larga escala do seu produto final, que apresenta grande importância econômica para o país. Além disso, o alto valor do *IT* confirma que esse setor tende a aumentar suas emissões com o intuito de comportar o aumento da produção que atende diretamente à demanda final. Esse resultado comprova a importância que o segmento possui na região de estudo, por ser um dos mais importantes no atendimento da expansão exigida na demanda final. Esses efeitos apresentados estão de acordo com as informações sobre aumento produtivo e de áreas cultivadas apresentadas por Agrosatélite (2015) e IPEA (2017) nos últimos anos por essa cultura na região do MATOPIBA.

Em 2015 o Brasil apresentou o maior rebanho bovino do mundo, com cerca de 193 milhões de cabeças, tornando esse setor um dos maiores emissores de GEE do país (EMBRAPA, 2017). As excelentes condições para a produção da bovinocultura de corte e de leite nos estados que compõem o MATOPIBA tornaram a região alvo importante para os produtores, o que pode explicar o fato desse setor ter se tornado setor-chave (EMBRAPA, 2017). Esse setor foi apontado no modelo como o segundo maior gerador de *ID* e *IT*, concedendo-lhe características semelhantes aos da produção de cana-de-açúcar.

Contudo, o desenvolvimento desses segmentos na região, somado à permissão legal que o Código Florestal confere aos produtores rurais em relação ao desmatamento de 80% da

vegetação nativa, acabou causando sérios impactos ambientais na região. Isso pode ser confirmado pelo alto nível de emissões de GEE e a perda da biodiversidade local através do desmatamento para a criação dos mais de 26 milhões de cabeças de gado e para a produção da soja, milho e cana-de-açúcar (Vieira et al., 2017; e IPEA 2017). Dessa forma, pode-se entender que a importância econômica dos setores agropecuários na região acabou tornando-os também os maiores emissores adicionais de GEE.

**Tabela 2.** Classificação dos setores no MATOPIBA, Cenário 1 e 2

MATOPIBA C.1 e 2	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Refino de petróleo e coquerias. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas.  <b>I</b>	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Produção florestal pesca e aquicultura. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Administração pública, defesa e seguridade social.  <b>II</b>
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro- gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar.  <b>III</b>	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Fabricação de produtos têxteis. Fabricação de produtos da madeira.  <b>IV</b>

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

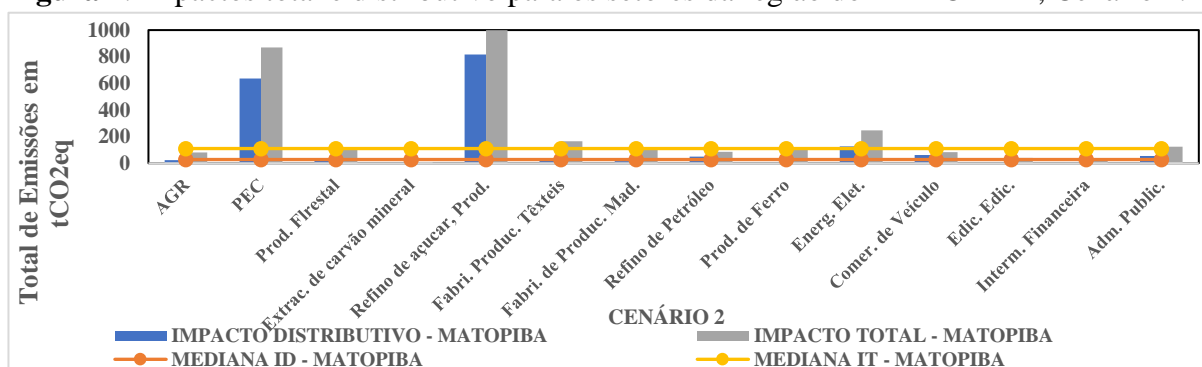
Outra análise de setores-chave foi realizada utilizando o Cenário 2, afim de se verificar quais seriam as modificações na estrutura econômica dos setores e nos níveis de emissões caso o Brasil não tivesse se comprometido em reduzir os seus níveis de emissões através das ações do Plano ABC. A Tabela 2 foi utilizada também como referência para classificar as atividades no MATOPIBA considerando as emissões provenientes do setor AFOLU para o Cenário 2, por não ter ocorrido alterações na classificação setorial nessa região. Os setores “Pecuária”, “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura”, “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo”, “Energia Elétrica” e “Administração Pública”, desse novo cenário continuam sendo os mesmos setores-chave do Cenário 1. A análise demonstra que esses setores continuariam sendo os maiores poluidores caso não houvesse as ações do Plano ABC, mas de maneira mais acentuada, já que é possível observar aumentos em seus níveis de emissões.

Conforme mostra a Figura 2, o setor de “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” possui valores de *IT* igual a 1000 e *ID* igual a 815 tCO<sub>2</sub>eq brutos, enquanto que a “Pecuária” possui valor de *IT* igual a 869 e *ID* igual a 636 tCO<sub>2</sub>eq brutos. Ao analisar os valores dos *IT* e *ID* dos Cenários 1 e 2, pode-se averiguar qual seriam as variações percentuais nas emissões caso não houvesse o Plano ABC. O setor de “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” apresentou crescimento de 4,1% para o *IT* e 3,9% para o *ID*, enquanto que no setor “Pecuária” o aumento foi de 4% para ambos.

A elaboração desses cenários permitiu outras possibilidades de análises fora a classificação dos setores-chave e a mensuração dos impactos totais e distributivos. Como a MIP construída constitui-se de um modelo híbrido inter-regional, foi possível também classificar os setores-chave para as outras três regiões (Resto do Norte, Resto do Nordeste e Resto do Brasil) além da região do MATOPIBA. Seguindo ao foco principal da pesquisa, optou-se por apresentar apenas os dados da região de interesse, o MATOPIBA. Contudo, torna-se interessante identificar se houve ou não alterações na estrutura setorial ao considerar no modelo outros níveis de emissões. Dessa forma, ao confrontar os resultados do Cenário 2 em relação

ao Cenário 1, o território que apresentou modificações ao ser considerado um novo nível de emissões foi a, região Resto do Nordeste, como pode ser visto na Tabela 3.

**Figura 2.** Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 2.



**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Com as alterações de posições ocorridas, alguns impactos negativos na classificação referente ao seu nível de emissões acabaram surgindo. O setor de Produção de Ferro, que pertencia ao quadrante 3 (setor não relevante) do Cenário 1, passou a pertencer ao quadrante 4 (setor com alto impacto total). Assim, ao considerar os novos níveis de emissões do cenário sem Plano ABC, esse setor passou a ser considerado grande emissor de poluentes.

**Tabela 3.** Alteração do posicionamento em relação a classificação setorial

REGIÕES/SETORES	(C.1) QUADRANTE ANTERIOR - C.P. ABC	(C.2) QUADRANTE FIM - S.P. ABC
R. NDT. - Adm. Public.	Q2 COM ABC	Q4 SEM ABC
R. NDT. - Prod. De Ferro	Q3 COM ABC	Q4 SEM ABC
R. NDT. - Refino de açúcar, Produç de beb. e fum.	Q3 COM ABC	Q2 SEM ABC
R. NDT. - Fabri. Produc. Têxteis	Q3 COM ABC	Q2 SEM ABC

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Porém, as mudanças com maiores impactos negativos, se deram no posicionamento dos setores de “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” e “Fabricação de Produtos Têxteis”. Como é possível notar na Tabela 3, esses setores deixaram de pertencer ao quadrante 3 e passaram a compor o segundo quadrante. Isso os levou a serem classificados como setores-chave também no Resto do Nordeste, ou seja, setores altamente poluidores e que carregam os outros setores a emitirem mais.

Os dados supracitados mostram que a mitigação de emissões de CO<sub>2</sub>eq brutas resultante do Plano ABC pode ser explicada em parte pelas modificações intersetoriais surgidas no modelo e também pelas previstas no próprio plano. O modelo construído foi capaz de demonstrar que, sem os objetivos contidos na política pró-ambiental os níveis de emissões na região Nordeste e, conseqüentemente, em todo o Brasil, seriam mais elevados, principalmente devido ao maior número de setores com alta capacidade poluidora. Esse resultado oferece uma visão alternativa à Angelo (2012) na qual é mencionado o possível fracasso que o Plano ABC teria caso continuasse a existir.

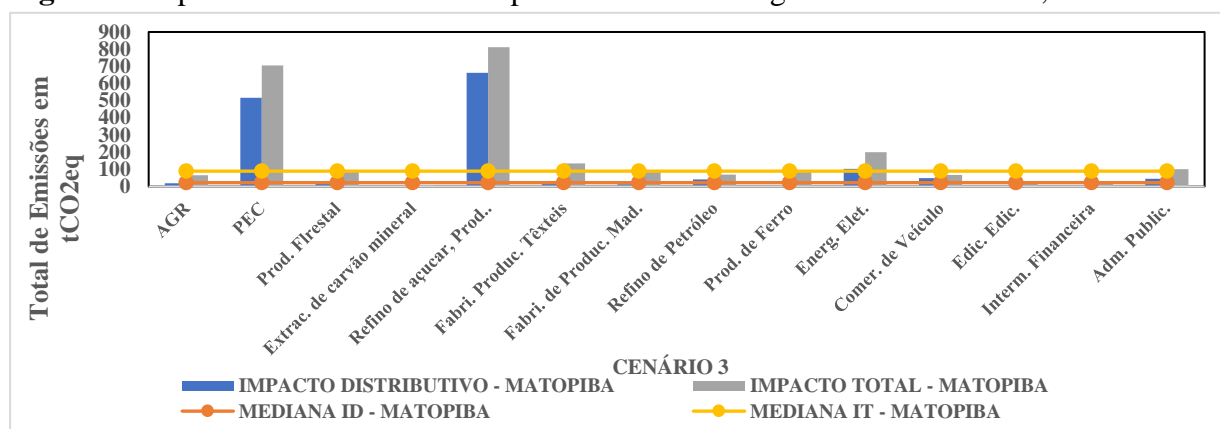
Considerando os ganhos observados com a redução das emissões, o Cenário 3 propõe a redução de 300 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. Na Tabela 4 apresenta-se a classificação das atividades no MATOPIBA nesse novo cenário.

A partir dos resultados, verificou-se que os setores “Pecuária”, “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura”, “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo”, “Energia Elétrica” e “Administração Pública” continuariam sendo os setores-chave como nos outros dois cenários construídos. Esse resultado comprova que a redução de emissões por si só não é mecanismo

eficaz para a intensificação produtiva sustentável. Dessa forma, o foco deverá se concentrar também em pesquisas que buscam novas técnicas sustentáveis de produção, ampliando o raio de ação para todos os setores do agronegócio e setores que compõem a economia.

Conforme é possível notar na Figura 3, os setores de “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” e “Pecuária” continuariam apresentando os níveis mais elevados de *ID*, bem como os maiores níveis de *IT*, com valores em torno de 661,5 e 810,5 tCO<sub>2</sub>eq brutos, para o primeiro representando queda nas emissões em 516 e 705 tCO<sub>2</sub>eq brutos para o segundo. Ao comparar os valores de *IT* e *ID* dos Cenários 2 e 3, pode-se verificar quais seriam as reduções em valores percentuais nas emissões em ambos os impactos caso houvesse ações mais intensas de mitigação. O setor de “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” apresentou queda de 19% para o *IT* e 20% par o *ID*, enquanto que no setor Pecuário, a queda foi de 18,8% e 19,3% respectivamente.

**Figura 3.** Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 3.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Além desses resultados obtidos com a construção do Cenário 3, é possível analisar se ocorreu alguma modificação na estrutura setorial ao se classificar os setores-chave das quatro regiões do modelo. Para essa análise utilizou-se novamente o Cenário 2 como comparação. Observou-se os impactos ao se confrontar uma situação onde não houve qualquer mitigação através do Plano ABC (Cenário 2) com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>eq em cerca de 300 milhões de toneladas (Cenário 3). Foram verificadas algumas alterações, nas quais houve impactos nas regiões Resto do Nordeste, Resto do Norte e Resto do Brasil, como pode ser visto na Tabela 4.

**Tabela 4.** Classificação dos setores no MATOPIBA, Cenário 3

MATOPIBA C.3	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Refino de petróleo e coquearias. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. <b>I</b>	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Produção florestal pesca e aquicultura. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Administração pública, defesa e seguridade social. <b>II</b>
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. <b>III</b>	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Fabricação de produtos têxteis. Fabricação de produtos da madeira. <b>IV</b>

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na região Norte, os setores “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura” e “Comércio de Veículos” sofreram alterações em seus quadrantes. Passando do 1º para o 4º quadrante, tornando-os setores com alto conteúdo energético e por consequência com baixo impacto distributivo. Isto indica, que nessa nova situação, seus níveis de emissões são causados pelo aumento da produção com intuito de atender diretamente à demanda final.

**Tabela 5.** Alteração do posicionamento em relação a classificação setorial.

REGIÕES/SETORES	(C.2) QUADRANTE ANTERIOR - S.P. ABC	(C.3) QUADRANTE FIM - C.P. ABC +
R. NT. - Prod. Florestal	Q1 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO
R. NT. - Comer. De Veículos	Q1 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO
R. NDT. - Adm. Public	Q4 SEM ABC	Q3 NOVA AÇÃO
R. NDT. - Prod. De Ferro	Q4 SEM ABC	Q3 NOVA AÇÃO
R.B. - Adm. Public	Q2 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO

Fonte: Resultados da pesquisa.

As mudanças na Região Nordeste foram nos setores de “Produção de Ferro” e “Administração Pública” que deixaram de pertencer ao quadrante 4 para se tornarem setores irrelevantes do ponto de vista das emissões (quadrante 3). Demonstra-se que parte da redução das emissões de GEE ocorreram por essas transições de setores, partindo de enquadramentos altamente poluidores para enquadramentos pouco poluidores. Todos os exemplos citados possuem menor uso de energia ou alguma alteração em suas emissões, o que demonstra que quanto maior for a redução das emissões, maior será o número de setores preocupados em diminuir seus níveis de poluição.

### 3.3 Análise da participação dos requerimentos diretos (RD) e indiretos (RI) nos requerimentos totais de energia

Com o intuito de melhor caracterização dos setores-chave, realizou-se a análise dos requerimentos diretos (RD) e indiretos (RI). Segundo Miller e Blair (2009), os RD e RI conseguem revelar os efeitos imediatos e secundários de uma variação na demanda final, revelando assim o poder multiplicador que dada atividade de um setor possui sobre o consumo de energia dentro de uma região e, conseqüentemente, qual é o nível de exigência que os outros setores possuem sobre determinado setor. A fim de se evitar possíveis repetições, a análise se concentrou apenas no MATOPIBA.

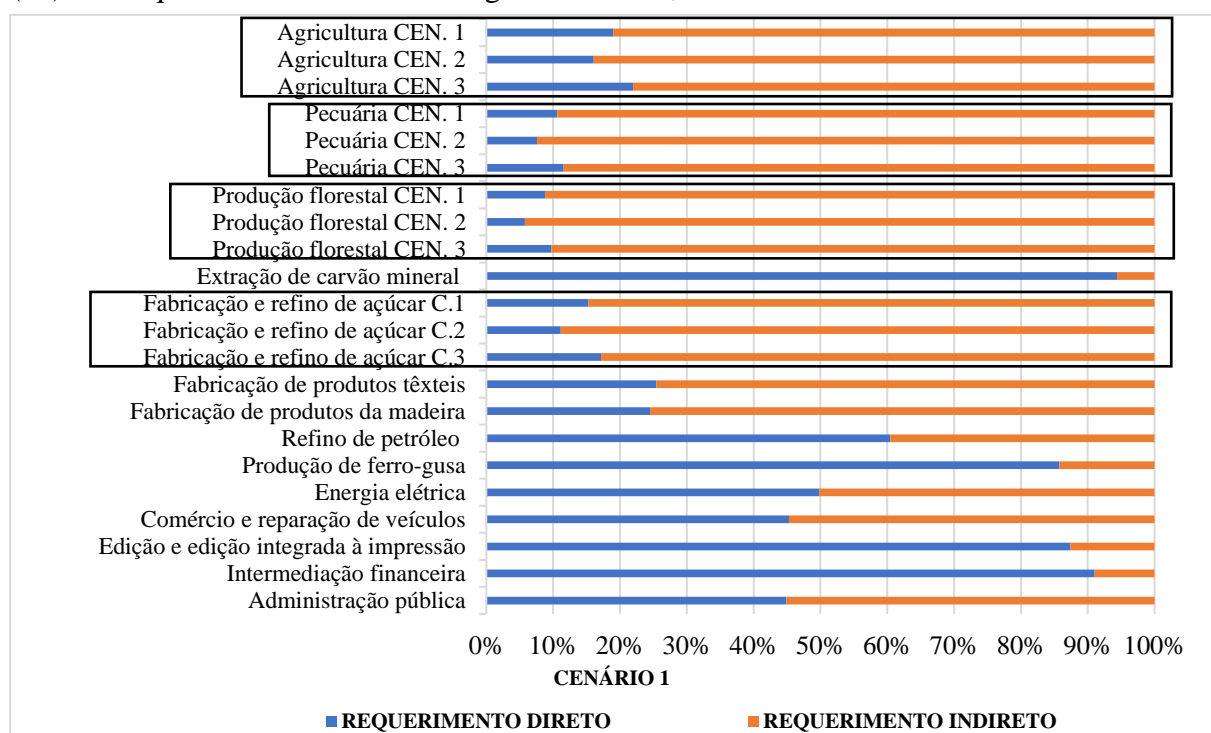
Conforme Perobelli et al. (2007), quanto menor a relação (RD) versus (RI), maior o poder multiplicador que a atividade de dado setor exerce sobre o consumo de energia dentro de

certa região. Aqueles setores com elevado peso na demanda de energia de dada região no qual, demonstram, ao mesmo tempo, baixa relação (RD) *versus* (RI) tendem a produzir as mais fortes pressões de demanda sobre o setor energético regional. De maneira contrária, setores que apresentam reduzido peso na demanda de energia da região são aqueles que demonstram ter alta relação de (RD) *versus* (RI), que conseqüentemente exibem baixa pressão sobre o setor de energia da região. Essa relação revela grande similaridade com as características principais de um setor-chave. E entre esses extremos, encontram-se os setores com os mais variados graus de pressão sobre a demanda de energia territorial.

A Figura 4 apresenta a relação percentual de RD *versus* RI para cada setor apresentado na pesquisa. Com o intuito de informar sobre as conseqüências ocorridas ao utilizar ou não o Plano ABC, optou-se por analisar os resultados alcançados para os três cenários criados, direcionando a verificação aos três setores que compõem o setor AFOLU e também ao setor de Fabricação e Refino de Açúcar (por ter apresentado grande impacto nas emissões na região do MATOPIBA).

A criação dos cenários alternativos propostos pela pesquisa revela quais seriam os impactos que ocorreriam caso não houvesse a implementação do Plano ABC no MATOPIBA. Conforme é possível verificar na Figura 4, os setores “Agricultura”, “Pecuária”, “Produção Florestal” e “Fabricação de Açúcar” são os que apresentam as menores relações RD *versus* RI entre os demais. Esses quatro setores em quase todos os cenários estudados exibiram RI acima de 80%, com a “Pecuária” e a “Produção Florestal” apresentando as menores relações RD *versus* RI. Utilizando o Cenário Base, observa-se que em 2015 esses quatro setores foram os que apresentaram maior poder de multiplicação sobre o consumo de energia na região. Tornando-se, conseqüentemente, os setores que mais sofreram pressão de demanda em relação à geração energética e, ao mesmo tempo, apresentaram as condições necessárias para impor forte pressão de demanda sobre o setor energético. Tais resultados possuem respaldos teóricos robustos que confirmam que os setores-chave apontados para da região do MATOPIBA são realmente verdadeiros.

**Figura 4.** Participação setorial em porcentagem (%) dos requerimentos diretos (RD) e indiretos (RI) nos requerimentos totais de energia Cenários 1, 2 e 3 - MATOPIBA



Fonte: Resultados da pesquisa.

Como pode ser observado na Figura 4, em todos os setores apontados como os principais emissores do MATOPIBA, a relação RI *versus* RD sofre redução percentual ao considerar o Cenário 1 em contraponto ao Cenário 2, o que pode ser interpretado por um aumento da exigência energética que esses setores impõem e sofrem dos demais setores da região, caso o Plano ABC não tivesse existido. Como está sendo considerado nível mais elevado de emissões no Cenário 2, a relação RI *versus* RD se reduziu, o que levou os setores considerados a apresentarem maior poder multiplicador em relação ao consumo e geração de CO<sub>2</sub>eq, bem como em um maior grau de exigência dos outros setores pela sua produção na região do MATOPIBA. Esse resultado comprova a importância das ações do Plano ABC na região de estudo, pois, além de ter agido positivamente através das ações mitigadoras de CO<sub>2</sub>eq, o Plano ABC teve a capacidade de tornar os setores em questão menos agressivos ambientalmente.

A fim de avaliar quais seriam as consequências de um plano mitigador alternativo, criou-se o Cenário 3, que contempla em seu nível de emissões a redução de 300 milhões de tCO<sub>2</sub>eq em relação ao Cenário 2. Ao verificar a Figura 4, nota-se que a relação RD *versus* RI sofreu aumento considerável em todos os setores tidos como os principais para análise. O setor que apresentou maior elevação na relação RD *versus* RI foi o de “Refino e Produção de Açúcar”, com aumento de 6,1%, seguido da “Agricultura” com acréscimo de 5,8%, “Pecuária” com 4% e “Produção Florestal” com 3,9%. Tal resultado implica na real importância da continuidade dos programas pró-ambientais de mitigação dos GEE pois, como é possível notar, a continuidade, em conjunto com a intensificação dos programas mitigadores dos GEE, possui a capacidade de melhoria dos setores em relação às suas ações sustentáveis.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer da trajetória brasileira de desenvolvimento, observa-se as altas taxas de emissões de GEE geradas, as quais estão ligadas, direta ou indiretamente, aos níveis elevados de desmatamento e ao uso ainda incipiente de técnicas produtivas sustentáveis do ponto de vista ambiental. O setor AFOLU nacional tem papel de destaque nesse processo. Portanto, este trabalho analisou quais são os principais setores-chave tanto no MATOPIBA quanto no Resto do Brasil responsáveis por essas emissões em excesso e quais foram as contribuições decorrentes da utilização do Plano ABC no país. De modo geral, evidenciou-se que, na ausência do Plano ABC, o principal efeito ambiental negativo seria o aumento das emissões de GEE necessário para suprir as demandas intersetoriais que ocorre através do aumento da exigência dos setores-chave por insumos. Esse resultado indica que há necessidade de formação de instrumentos contendo incentivos pró-ambientais que garantam expansão futura de técnicas produtivas semelhantes àquelas propostas pelo plano ABC.

A análise das elasticidades no cenário com Plano ABC indicou que as emissões de GEE derivadas do consumo dos setores mais poluentes no MATOPIBA devem-se mais à demanda final do que ao consumo intermediário. Da mesma forma, os resultados obtidos para a simulação sem Plano ABC e para o caso com redução mais otimista nas emissões, mostraram que os níveis gerados de GEE devem-se mais à demanda final do que ao consumo intermediário. Para as três situações estudadas, os setores da “Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária)”, “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo”, “Energia Elétrica” e “Administração Pública” são os setores-chave no MATOPIBA. No entanto, foram observados aumentos na grandeza de 4,5% na mediana das emissões do Impactos Distributivo e Total em todos os setores da segunda simulação em comparação ao primeiro cenário e reduções de aproximadamente 19% nos Impactos Distributivos e Totais no terceiro caso em relação ao cenário sem Plano ABC.

Considerando as emissões oriundas do setor AFOLU, conclui-se que os setores-chave para o controle das emissões de GEE na região do MATOPIBA são “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo”, “Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária)”, “Energia Elétrica”, “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura” e “Administração Pública”. A partir dessas



informações, é razoável afirmar que as ações pró-ambientais decorrentes do Plano ABC, ou outro plano de mitigação que possa vir a ser implementando futuramente, serão mais eficientes se forem direcionadas a esses setores específicos. A maioria deles é altamente dependente do uso da terra e seus meios de produção levam os outros setores a emitirem muito mais.

Os resultados apresentaram também alterações nos enquadramentos ocupadas pelos setores em certas regiões. Comparando a simulação sem e com Plano ABC foram observadas trocas de posições na região Nordeste, onde os setores de “Produção de Ferro”, “Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo” e “Fabricação de Produtos Têxteis” passaram a ter maiores níveis de emissões em relação ao cenário com Plano ABC, deixando de serem irrelevantes do ponto de vista das emissões para se tornarem setores-chave.

Por fim, ressalta-se que a principal contribuição deste trabalho consiste em fornecer aos formuladores de política informações para a tomada de decisão quanto à melhor estratégia, do ponto de vista ambiental, em relação ao controle de emissões, tanto a nível nacional quanto regional. Uma vez apresentada a importância do Plano ABC, incentiva-se a possível extensão de sua duração e estratégias ainda mais ambiciosas de redução de emissões. Sugere-se fomentar políticas de informação, garantindo que o programa tenha maior alcance entre os agricultores ou que sejam viabilizados novos mercados e valorização dos produtos oriundos de atividades que utilizarem as ações contidas no Plano ABC como técnica produtiva.

A discussão abordou principalmente os impactos positivos da aplicação do Plano ABC. Porém, compreende-se que apenas a aplicação desse plano não é suficiente para avançar nas metas ambientais do Brasil, incluindo o controle do desmatamento. É necessário a criação de medidas que sejam sustentáveis tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico, garantindo assim o interesse dos produtores na adoção. Dessa forma, a discussão sobre quais seriam as novas políticas que deveriam ser criadas e de como elas poderiam ser implementadas, constitui-se debate sobre quais trabalhos futuros deveriam se aprofundar.

Os resultados obtidos revelam a importância que as ações do Plano ABC tiveram para o MATOPIBA e, ao mesmo tempo, comprovam os impactos que outras políticas pró-ambientais com metas mais ambiciosas em termos de redução de GEE poderiam ter caso fossem consideradas nos planos brasileiros de mitigação. É possível concluir ainda que a agropecuária pode ser usada como ferramenta de conservação ambiental, através da redução das emissões de GEE, e ao mesmo tempo manter seu desempenho produtivo. Deve-se, portanto, aumentar o alcance do Plano ABC e estender sua duração, fazendo com que ele atue como exemplo de solução do *trade-off* “produção agrícola comercial *versus* redução de emissões”. Isso poderia, futuramente, fazer com que todo o crédito agrícola do país fosse de “baixo carbono”, garantindo avanços nos três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

## 5 REFERÊNCIA

ANGELO C. Brazil's Fund Low-Carbon Agriculture Lies Fallow. *Nature*. doi:10.1038/nature.2012.11111. Reino Unido, UK. 2012.

AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA Ltda. Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014. Rudorff, B.; Risso, J. et al., 2015 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2015.

ALCÁNTARA V.; PADILLA E. “Key” sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case. *Energy Economics*, n.31, p.1673-1678, 2003.

AZEVEDO, T. R. et al. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Sci. Data* 5:180045 doi: 10.1038/sdata.2018.45 (2018).

BROOKS J. Brazilian Agriculture: Balancing Growth with the Need for Equality and Sustainability. *EuroChoices*, 16(1), 32–36. doi:10.1111/1746-692x.12148, Ano 2017.

CARVALHO T. S., PEROBELLI F. S. Avaliação da Intensidade de Emissões de CO<sub>2</sub> Setoriais e na Estrutura de Exportações: um Modelo Inter-regional de Insumo-Produto São Paulo/Restante do Brasil. *Economia Aplicada*. São Paulo. v. 13. n. 1. p. 99-120. Janeiro/Março 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Perspectivas para a Agropecuária: volume 7 – safra 2019-2020. Brasília, DF. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. MATOPIBA, delimitação, caracterização, desafios e oportunidades para o desenvolvimento Bahia. Brasília, DF. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira. Brasília, DF. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF. p. 212. 2018.

HADDAD, E. A., Gonçalves Jr, C.A., Nascimento, T. B. (2017). Matriz Interestadual de Insumo-Produto para o Brasil: Uma Aplicação do Método IIOAS. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)*. v. 11, n. 4, p. 424-446.

HILGEMBERG E. M. Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo interregional de insumo-produto. 2005. 158f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Contas Regionais 2015: queda no PIB atinge todas as unidades da federação pela primeira vez na série. Novembro de 2017. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/17999-contas-regionais-2015-queda-no-pib-atinge-todas-as-unidades-da-federacao-pela-primeira-vez-na-serie>>. Acesso em 25 de maio de 2019.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. Fronteira Agrícola: na Amazônia Legal. Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13575>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Dinâmica da Economia e da Agropecuária no MATOPIBA. Rio de Janeiro, RJ. p. 64. 2017.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Desmatamentos no Cerrado Anula Ganhos na Amazônia. São Paulo. Março de 2017. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/desmate-no-cerrado-anula-ganhos-na-amazonia/>>. Acesso em 20 de Agosto de 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Adoção e mitigação de Gases de Efeito Estufa pelas Tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC). 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. Estimativas Anuais De Emissões De Gases De Efeito Estufa No Brasil. 4ª Edição. Brasília. 2017.

MILLER R.; BLAIR P. Input-output analysis: foundations and extensions. New Jersey: *Prentice-Hall*, 2009. 746p.

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, Ano 2014.

NOOJIPADY P., MORTON D. C., MACEDO M. N., VICTORIA D. C., HUANG C., GIBBS H. K., BOLFE E. L. Forest Carbon Emissions From Cropland Expansion In The Brazilian Cerrado Biome. *Environmental Research Letters*. v. 12, p. 1-11, 2017.

PAPP G. H., MOHR G., MORA P. C., NALI P. R., VELAZQUEZ S. M. S. G. Captura e Armazenamento de Dióxido de Carbono em Usinas de Cana-de-Açúcar. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*. São Paulo. v. 16. n. 1. p. 87-111. 2016.

PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. A interdependência energética entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil: uma análise inter-regional de insumo-produto. *Economia Aplicada*, Ribeirão Preto, v. 11, n. 1, jan./mar. 2007.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. Análise das Emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas do Brasil. 2019. Disponível: <[http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC\\_SEEG\\_Relatorio\\_2019pdf.pdf](http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf)>. Acesso em 31 de Maio de 2020.

VIEIRA R. R. S.; RIBEIRO B. R.; RESENDE F.M.; BRUM F. T.; MACHADO N. SALES L. P.; MACEDO L.; SOARES-FILHO B.; LOYOLA R. Compliance to Brazil's Forest Code Will Not Protect Biodiversity and Ecosystem Services. *Diversity and Distributions*. <http://dx.doi.org/10.1111/DDI.12700>. p. 24: 434-438. 2017.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF. Por dentro do MATOPIBA. 2017.

## APÊNDICE

### Quadro A1. Agregação dos setores

S1 <i>Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita</i> <i>Pecuária, inclusive o apoio à pecuária</i>	S10 <i>Energia elétrica, gás natural e outras utilidades</i> Água, esgoto e gestão de resíduos
S2 Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	
S3 <i>Produção florestal; pesca e aquicultura</i> <b>Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos</b> Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	S10 Construção Alojamento Alimentação
S4 Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos	S11 <i>Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas</i> Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
S5 <i>Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo</i> Outros produtos alimentares Fabricação de bebidas Fabricação de produtos do fumo	
S6 <i>Fabricação de produtos têxteis</i> Confecção de artefatos do vestuário e acessórios Fabricação de calçados e de artefatos de couro	S11 Transporte terrestre Transporte aquaviário Transporte aéreo Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
S7 <i>Fabricação de produtos da madeira</i> Fabricação de celulose, papel e produtos de papel Impressão e reprodução de gravações Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	S12 <i>Edição e edição integrada à impressão</i> Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem Telecomunicações Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
S8 <i>Refino de petróleo e coquerias</i> Fabricação de biocombustíveis Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos Fabricação de produtos de borracha e de material plástico Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	S13 <i>Intermediação financeira, seguros e previdência complementar</i> Atividades imobiliárias Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D Outras atividades profissionais, científicas e técnicas Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual Outras atividades administrativas e serviços complementares Atividades de vigilância, segurança e investigação
S9 <i>Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura</i> Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	S14 <i>Administração pública, defesa e seguridade social</i> Educação pública Educação privada Saúde pública Saúde privada Atividades artísticas, criativas e de espetáculos Organizações associativas e outros serviços pessoais Serviços domésticos

Fonte: NEREUS (2018)