



Academic

INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Avaliação da Sustentabilidade do Avanço do Agronegócio no Cerrado Brasileiro

COSTA, M. A^{*}, AGOSTINHO, F. A

^aUniversidade Paulista, São Paulo, Brasil, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

^{*}Corresponding author, marciocosta.geo@gmail.com

Resumo

MATOPIBA é um acrônimo das iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, juntos formam a nova fronteira agrícola do país. Essa região vem ganhando destaque nacional pela sua alta produção de soja, milho e algodão. Em 2015, o Governo Brasileiro publicou o Plano de Desenvolvimento Agropecuário (PDA) do MATOPIBA através do Decreto nº 8.447 de 06/05/2015, com a finalidade de promover e coordenar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento econômico sustentável dessa região. Ao mesmo tempo em que esses incentivos podem resultar em benefícios socioeconômicos, custos socioambientais também podem aparecer. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o grau de sustentabilidade do avanço do agronegócio no MATOPIBA. O modelo conceitual de sustentabilidade Input-State-Output é utilizado, considerando três indicadores (energia/capita, IDHM e PIB/capita) que representam cada setor deste modelo; a janela temporal 1991 a 2015 é avaliada. Os resultados mostram uma melhora nos números do PIB/capita durante esse período, aumentando cerca de 10 vezes o valor de 2015 comparado com o ano 2000), assim como o aumento do IDHM (aproximadamente 3 vezes superior), mas a demanda de recursos da natureza permaneceu alta. Estes números indicam que o avanço do agronegócio no MATOPIBA resultou na melhoria dos indicadores sociais e econômicos, pois a região está se tornando mais eficiente na conversão de recursos (energia/capita) em riqueza (PIB/capita), ao mesmo tempo aumentando a qualidade de vida de sua população (IDHM). Desta forma, considerando as limitações e métodos utilizados neste trabalho, podemos considerar que o plano de desenvolvimento do MATOPIBA resultou na melhoria dos indicadores social e econômico, mas ainda precisa melhorar sua eficiência na exploração dos recursos da natureza para diminuir o valor da Energia/capita, para que possa ser considerado como uma região sustentável.

Palavras-chave: Agronegócio, Avaliação Multicritério da Sustentabilidade, MATOPIBA, Sustentabilidade Regional.

1. Introdução

O Brasil é considerado como um país de referência mundial no agronegócio, cuja atividade é responsável por 25% de seu produto interno bruto (PIB). As perspectivas para os próximos anos são elevadas, onde a produção de grãos deverá passar os atuais 232 milhões de toneladas em 2016/2017 para 288 milhões em 2026/27, com destaque para milho e soja (MAPA, 2017). A atividade agropecuária tem ocupado um papel central no desenvolvimento do país como provedora de mão de obra, excedentes comercializáveis, alimentos ou matérias-primas, tanto para o mercado doméstico quanto para a exportação (Buainain e Garcia, 2015; Maranhão e Vieira Filho, 2016).

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

Buainain et al. (2014) destacaram que a dinâmica da agropecuária sofreu profunda transformação nos últimos 30 anos, e que o padrão extensivo baseado na incorporação de terra e trabalho, com baixa intensidade de capital e baixa produtividade, está dando lugar a um padrão baseado no uso intensivo de capitais.

Em 2015, o Governo Brasileiro publicou o Plano de Desenvolvimento Agropecuário (PDA) do MATOPIBA através do Decreto nº 8.447 de 06/05/2015, que tem por finalidade promover e coordenar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento econômico sustentável fundado nas atividades agrícolas e pecuárias que resultem na melhoria da qualidade de vida da população (BRASIL, 2015a). O termo MATOPIBA é um acrônimo com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O plano estabelece políticas públicas destinadas ao desenvolvimento econômico sustentável da região, a partir de três eixos principais de atuação: (i) desenvolvimento e aumento da eficiência da infraestrutura logística relativa às atividades agrícolas e pecuárias; (ii) apoio à inovação e ao desenvolvimento tecnológico voltados às atividades agrícolas e pecuárias; (iii) ampliação e fortalecimento da classe média no setor rural, por meio da implementação de instrumentos de mobilidade social que promovam a melhoria da renda, do emprego e da qualificação profissional de produtores rurais (BRASIL, 2015a).

Mesmo que objetivando o desenvolvimento sustentável da região, o PDA do MATOPIBA vem recebendo críticas. Segundo Buainain et al. (2017), a dinâmica econômica da agropecuária no MATOPIBA torna-se central na orientação das decisões dos agentes privados, na promoção do desenvolvimento regional e na formulação de políticas públicas mais adequadas à realidade local. Questiona-se sobre até que ponto os investimentos mobilizados resultarão em atividades sustentáveis e em que medida o agronegócio terá força para liderar o desenvolvimento em estados reconhecidamente pobres e com uma densidade populacional elevada no meio rural. O agronegócio vem crescendo e se consolidando ao longo do tempo, enquanto a pressão antrópica sobre o bioma natural cerrado, característica da região, também aumenta. O cerrado tem uma importância estratégica nas discussões climáticas, hídricas, e pelos seus serviços ecossistêmicos, cabendo destacar a importância de sua conservação devido ao seu relevante papel na conservação da biodiversidade e sobre o desenvolvimento sustentável do Brasil (MMA e IBAMA, 2011). Estudos de Beuchle et al. (2015) analisaram por meio de imagens do satélite Landsat as alterações ocorridas no cerrado entre 1990–2010, e concluíram que 53% deste bioma natural havia sido desmatado até 2010. Para se ter uma ideia, a média anual de desmatamento diminuiu entre 2000–2010 em relação ao período entre 1990–2000; a taxa de desmatamento também caiu, de 12,949 km²/ano em 2000–2005 para 11,812 km²/ano em 2005–2010.

Alguns autores (Camacho, 2009; Canuto, 2012; Silva, 2015) argumentam que a região do MATOPIBA é vista como o espaço do latifúndio metamorfoseado, modernizado tecnicamente, mas destruidor do ambiente natural, concentrador da riqueza, produtor de pobreza e exclusão dos pequenos produtores. Mesmo reconhecendo estas distorções, outros autores (Buainain et al., 2014; Vieira Filho e Gasques, 2016) consideraram virtuoso este novo padrão de acumulação instalado na agricultura, tanto do ponto de vista econômico quanto social, político e ambiental.

Diante deste cenário de incertezas sobre os resultados da implementação do PDA MATOPIBA, o objetivo desse trabalho é utilizar o modelo conceitual de sustentabilidade input-state-output para avaliar a sustentabilidade do avanço do agronegócio no cerrado Brasileiro conforme apoiado pelo Decreto nº 8.447. Para isso, considera-se cinco anos distintos (1991, 1996, 2000, 2010 e 2015) para avaliar a dinâmica que ocorreu antes e após a implantação do agronegócio na região do MATOPIBA.

2. Método

2.1. Descrição da área de estudo: região do MATOPIBA

A delimitação dessa área foi proposta pelo Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE) do MATOPIBA (Miranda et al., 2014a). Está localizada entre os meridianos 50° 45' e 41° 45' de longitude oeste e os paralelos 2° 15' e 15° 15' de latitude Sul (Figura1). Delimitadas pelas microrregiões administrativas dos estados do Maranhão (33%), Tocantins (38%), Piauí (11%) e Bahia (18%), o MATOPIBA abrange 31 microrregiões e 337 municípios, ocupando uma área 73.848.967 milhões de hectares (BRASIL, 2015b). O MATOPIBA é composto pelos biomas Cerrado (91%), Amazônia (7,3%) e Caatinga (1,7%), sendo a cobertura vegetal natural formada predominantemente por savanas (63,6%), áreas de transição (15%) e floresta estacional decidual (10,7%). Quanto ao relevo, 47,9%

são de áreas planas (até 3% de declividade) e 33,7% de áreas suavemente onduladas (de 3% a 8%). Há grande variedade de solos, predominando no relevo mais elevado os Latossolos (31,1%), (Bolfé et al., 2016).

Em 2010 a população total do MATOPIBA era de 5,9 milhões de pessoas, representando 3,1% da população brasileira, com densidade demográfica de 13,4 hab./km² (inferior a nacional, de 22,4 hab./km²), população rural da região de 2 milhões de pessoas e taxa de urbanização de 65%, inferior à média nacional de 84% (IBGE, 2010).

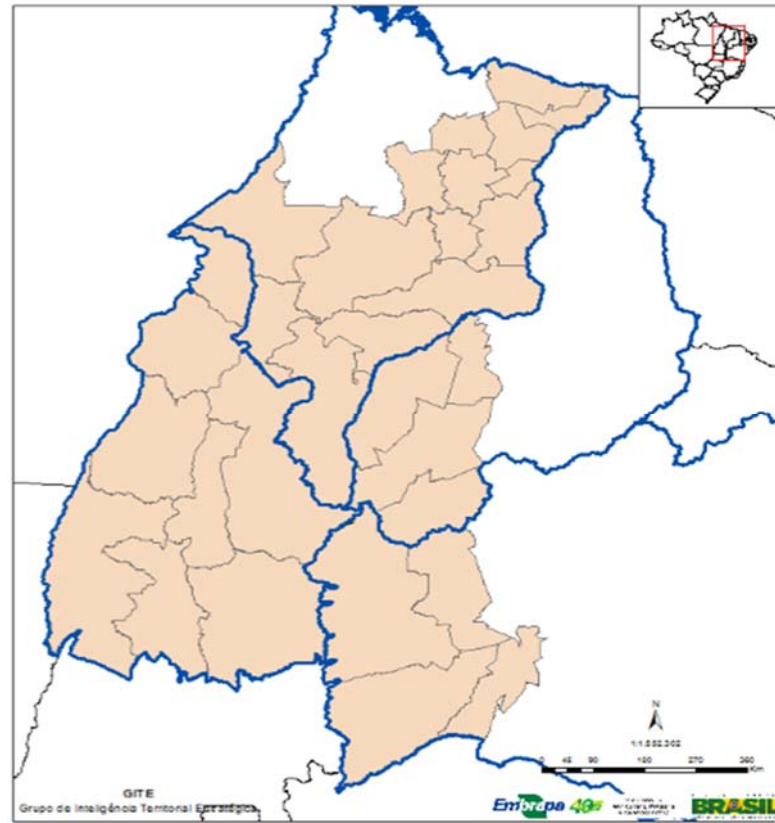


Fig. 1. Delimitação Territorial proposta para MATOPIBA. Fonte: Miranda et al. (2014a).

Segundo Bolfé et al. (2016), os dados da produção de soja no MATOPIBA mostram um ganho de escala ao longo dos anos, passando de uma área plantada de 591 milhões de hectares em 1995 para 1.795 milhões de hectares em 2005, e alcançando 3.292 milhões em 2014. Na última década, a produção de soja e milho passou de seis milhões para 14 milhões de toneladas, o que justifica a necessidade do crescimento agrícola se fundamentar em bases sustentáveis (Bolfé et al., 2016). Apesar dos avanços e da importância socioeconômica do agronegócio, a dinâmica e a ocupação das fronteiras não têm sido imunes às controvérsias e críticas, principalmente relacionadas aos aspectos socioambientais. Neste sentido, torna-se importante avaliar a sustentabilidade do avanço do agronegócio no MATOPIBA.

2.2. Avaliação da sustentabilidade

O modelo Input-State-Output (ISO)

Neste trabalho, a avaliação da sustentabilidade é baseada no modelo Input-State-Output (ISO) proposto por Pulselli et al. (2015). Segundo Bastianoni et al. (2014), um modelo ISO genérico pode ser usado para representar as relações entre ambiente, sociedade e economia, bem como a sua dinâmica. Os elementos ecológicos, sociais e econômicos da sustentabilidade devem ser avaliados e representados em uma imagem holística (Pulselli et al., 2008). A representação da sustentabilidade considera a ordem lógica, física, relacional e termodinâmica, essa representação tem sido considerada importante por estudiosos de sustentabilidade como (Costanza et al., 2014) e de economistas como (Daly e Farley, 2003).

Para Coscieme et al. (2013), o ISO como representado pela Figura 2 caracteriza os ecossistemas e pode ser aplicado para investigar os sistemas econômicos (nesse caso um sistema regional) quanto ao seu grau de sustentabilidade. Segundo Pulselli et al. (2011) e Coscieme et al. (2014), várias combinações de indicadores podem ser adaptadas a esta estrutura que suporta a integração de diferentes abordagens. Bastianoni et al. (2014) esclarece ainda que, esse modelo destina-se a ser altamente informativo para uma melhor compreensão das relações complexas entre qualidade e quantidade de energia e recursos utilizados, como índice de desenvolvimento humano, e o valor global da produção econômica.

O modelo ISO da Figura 2 considera os indicadores de energia per capita como base de entrada (Input), o índice de desenvolvimento humano dos municípios (State) para representar o estado como organização do sistema, e o produto interno bruto per capita (Output) como uma medida da produção econômica.

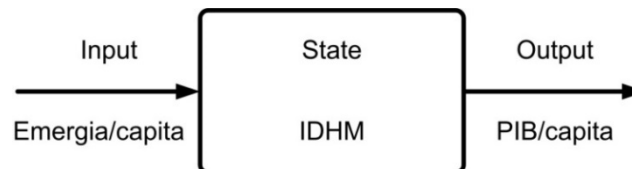


Fig. 2. Modelo conceitual de sustentabilidade Input-State-Output (ISO). Fonte: Adaptado de Coscieme et al. (2013).

Energia per capita

Energia representa a quantidade de energia solar que tem sido direta ou indiretamente usado para produzir um bem ou serviço. Energia é definida como a quantidade equivalente de energia solar "memorizado" em diferentes tipos de formas de energia e de matéria. É expresso em emjoules solares (sej) usando fatores específicos, os valores unitários de energia (UEVs), para converter todos os tipos de energia e matéria para a base comum da energia solar (Odum, 2000). A energia se propõe medir todas as contribuições (moeda, massa, energia, informação) em termos equivalentes. Para tal, faz uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia e de novos princípios do funcionamento de sistemas abertos que estão sendo propostos, entre eles o da hierarquia universal de energia e o da auto-organização (Odum, 1996). O desempenho do sistema e a sua interação com o meio ambiente é avaliado com a contabilização dos fluxos renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F) empregados para sua implantação e operação.

Neste trabalho, os valores usados na contabilidade ambiental em energia são obtidos através da multiplicação dos fluxos de energia em sej/ha ano obtidos de literatura (Apêndice A) pela área do uso da terra existente no MATOPIBA; em seguida, o valor obtido é dividido pela população correspondente a cada ano para se obter a energia/capita. As áreas de uso da terra foram obtidas através do projeto de mapeamento anual da Cobertura e Uso do Solo (MAPABIOMAS, 2017); esta base de dados contém as áreas (km²) de transição entre classes de cobertura/uso de solo para biomas, estados e municípios brasileiros.

Índice de desenvolvimento humano dos municípios (IDHM)

O IDHM é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano. Contraponto ao PIB, o IDHM populariza o conceito de desenvolvimento centrado nas pessoas, e não à visão de que desenvolvimento se limita a crescimento econômico (PNUD/IPEA, 2013). O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, utilizado neste trabalho como fonte de dados, foi publicado em 2013 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD-Brasil) e a Fundação João Pinheiro (PNUD/IPEA, 2013). O IDHM brasileiro segue as mesmas três dimensões do IDH global saúde, educação e renda, mas vai além: adequa a metodologia global ao contexto brasileiro e à disponibilidade de indicadores nacionais. O IDHM se tornou uma referência nacional para a sociedade brasileira, visto que é acompanhado por mais de 180 indicadores socioeconômicos que dão suporte à sua análise e ampliam a compreensão dos fenômenos e dinâmicas voltados ao desenvolvimento municipal.

Produto interno bruto per capita (PIB/capita)

PIB é a soma do valor do conjunto global de bens e serviços produzidos por um sistema econômico em um determinado período (geralmente 1 ano). Assim, o PIB pode ser concebido como um indicador de produção econômica. Em particular, o PIB per capita deve ser utilizado para fazer comparações entre o PIB de diferentes economias nacionais. Valores de PIB dos municípios do MATOPIBA são disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

2.3. Interpretação do modelo ISO

O cubo de três eixos (Figura 3) mostra os segmentos iguais, para cada valor normalizado, sendo sua origem no ponto zero, em seguida faz-se a medição das distâncias a partir da origem para o valor máximo do indicador correspondente. Para os indicadores (energia/capita, IDHM e PIB/capita), a direção do eixo é de zero para o valor mais alto, indicando aumento progressivo no uso de recursos ou nos desempenhos econômicos, respectivamente. Segundo o modelo apresentado por Pulselli et al. (2015), cada segmento é dividido em dois intervalos de valores: alto e baixo, de modo que os três indicadores podem assumir dois estados possíveis. Em uma aplicação simplificada, valores de alto e baixo podem ser identificados utilizando parâmetros estatísticos simples, como o valor da mediana do conjunto de dados. As medianas dos dados são representadas no espaço 3D dentro dos cubos, diferenciando os estados alto e baixo dos indicadores. Para os valores medianos de referência da energia/capita foram considerados os anos de 2000, 2004, 2007 e 2011, valores do Brasil, obtidos na literatura. O PIB/capita usado como referência foi a mediana do Brasil para os respectivos anos (1991, 1996, 2000, 2010 e 2015). Especificamente para o IDHM foi adotado o valor de 0,8 como valor de referência, seguindo a classificação adotada pelo Programa das Nações Unidas (PNUD).

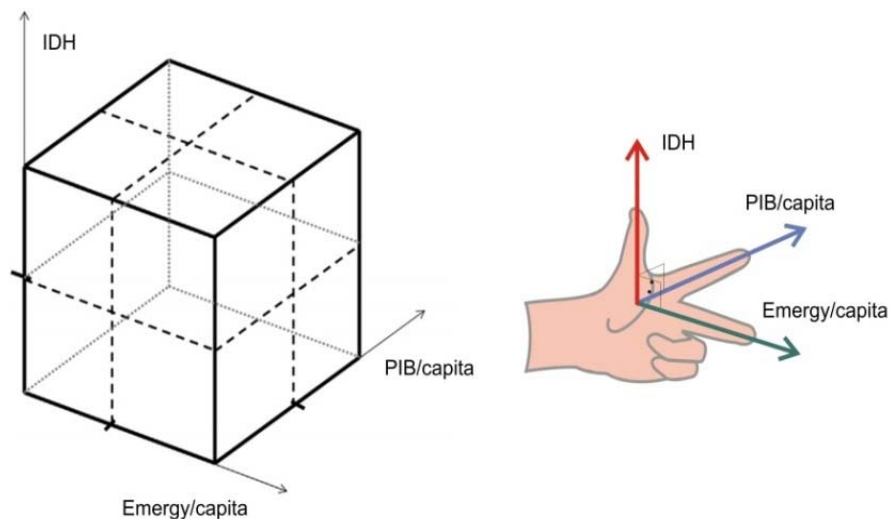


Fig. 3. Um cubo pode derivar de um diagrama de três eixos. Os valores medianos são forçados no meio dos segmentos. Desta maneira, oito cubos internos podem ser usados para caracterizar diferentes combinações de valores de indicador e representar o desempenho da sustentabilidade do sistema avaliado.

A representação do modelo ISO em um gráfico de 3 eixos como sugerido por Pulselli et al. (2015) pode ser aplicado para representar respectivamente: i) Meio Ambiente, ii) Sociedade, iii) Economia. Neste trabalho, estes indicadores significam respectivamente energia per capita (eixo X), PIB per capita dos municípios (eixo Y), e o IDHM (eixo Z). Segundo Pulselli et al. (2015), essa estrutura é capaz de resumir as relações entre esses indicadores e fornecer as diretrizes para uma classificação dos sistemas econômicos em uma perspectiva de sustentabilidade.

A Figura 4 apresenta o modelo ISO com 8 cubos internos, identificados pelos valores da mediana dos indicadores avaliados de forma individual. Segundo Pulselli et al. (2015) geralmente, o comportamento dos sistemas econômicos pode estar incluído em 8 categorias que são representados pelos quatros primeiros cubos internos, cuja interpretação é a que se segue:

- I) **Desigualmente frugal:** sistemas econômicos têm um baixo nível de utilização de recursos per capita, baixo IDHM e um baixo PIB per capita. Um estilo de vida frugal pode representar baixa disponibilidade de recursos.
- II) **Dissipativo:** Os sistemas que apresentam um alto nível de consumo de recursos em energia, alto IDHM, e um alto PIB per capita. São sistemas econômicos capazes de "dissipar" recursos, gerando alto PIB e alto IDHM. Ou seja, um sistema "dissipativo" usa grandes quantidades de recursos e geram resíduos como um efeito da produção econômica.
- III) **Uniformemente frugal:** São economias com um baixo IDHM e dificuldade generalizada de acesso à energia e recursos materiais, apresenta menor fluxo de energia per capita.
- IV) **Socialmente distraído:** caracterizado pelas economias que apresentam um alto fluxo de energia per capita, com baixo IDHM e alto PIB per capita. São econômicas que não consideram o aspecto do bem-estar, uma melhor qualidade de vida, ou seja, que não se sustentam ao longo prazo.

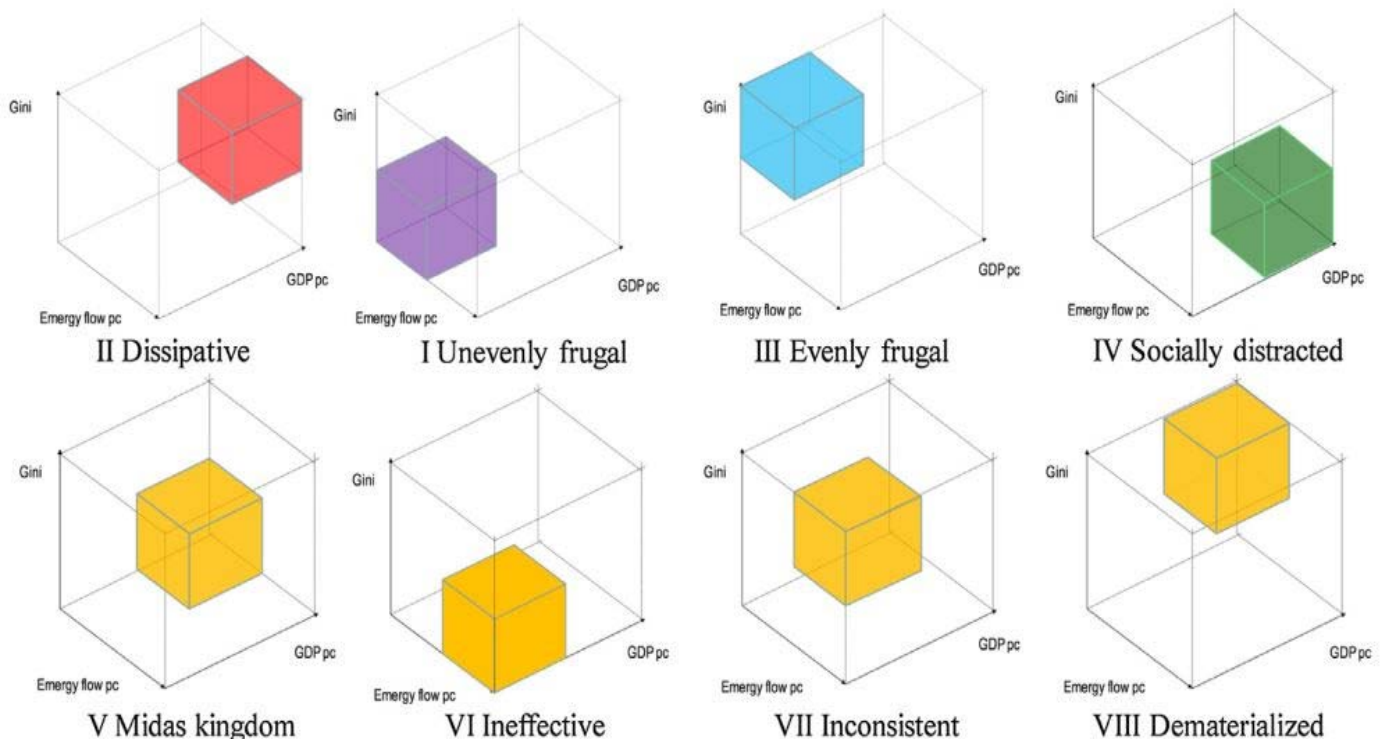


Fig. 4. Regiões internas representando diferentes desempenhos e significados sobre a sustentabilidade de acordo com o modelo conceitual input-state-output. Fonte: Pulselli et al. (2015).

As quatro demais configurações, são consideradas como incomum, observa-se uma discrepância entre o uso de recursos e PIB em todos eles. Por exemplo, "ineffective" (VI) e "inconsistente" (VII) representam economias que não são capazes de gerar PIB e bem-estar, apesar da alta disponibilidade de recursos da natureza. Por sua vez, o "reino de Midas" (V) e "desmaterializado" (VIII) refletem o fato de que uma economia não pode fornecer bens e serviços de mercado sem consumir recursos, e isso é independente da organização social. Essas duas categorias são identificadas por apresentarem valores de energia per capita e PIB per capita próximos aos valores medianos. Maiores detalhes sobre a classificação dos cubos podem ser obtidos em Coscieme et al. (2013), Bastianoni et al. (2014), e Pulselli et al. (2015).

3. Resultados e Discussões

3.1. Dinâmica do uso da terra na região do MATOPIBA entre 1991 e 2015

A região do MATOPIBA compreende uma área de 73.848.967 milhões de hectares, que estão distribuídas em classes pelo mapa de uso e ocupação do solo da Tabela 1. Os valores são considerados para 5 períodos distintos, para representar a dinâmica que ocorreu com o avanço do agronegócio

nessa região. Classes florestais com as mesmas características foram unidas, para evitar a duplicidades nos cálculos.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o avanço do agronegócio é representado em sua maioria pelo aumento da área de agricultura ao longo dos cinco anos analisados. Somente no período de 2010 a 2015, as áreas destinadas à agricultura tiveram um aumento da ordem de 1,4 milhões de hectares, em consequência disso, percebe-se uma diminuição no tamanho da área com vegetação natural em aproximadamente 1,6 milhões de hectares no mesmo período.

Tabela 1. Dinâmica do uso da terra na região do MATOPIBA.

Uso da terra	1991 Área (ha)	1996 Área (ha)	2000 Área (ha)	2010 Área (ha)	2015 Área (ha)
Formações florestais e savanas *	38755719	37488915	37951939	35888157	34253193
Mangue	58815	59298	78467	80220	80537
Plantações florestais	0	0	2	1433	2348
Áreas úmidas naturais não florestais	60646	62449	65957	61297	73430
Pastagens	13443635	13213282	12959522	12776725	12198984
Pasto **	14866084	15542565	15255361	16663637	17446178
Agricultura **	4072263	4744716	5425564	6198932	7585809
Infraestrutura urbana	14059	20518	26928	60188	82678
Corpos d'água	350832	387313	409685	509902	512315
Outros usos ***	1551428	1654425	1000060	932994	938013

Fonte: MAPBIOMAS (2017).

* As classes (formações florestais e formações savana) foram unidas em única classe.

** A classe Agricultura ou Pastagem foi dividida considerada 50% para classe de agricultura e 50% para classe de pastagem devido às imperfeições dos mapas apresentados para classes (agricultura e pastagem).

*** As classes (Áreas não vegetadas, outras áreas não vegetadas, Dunas e praias e não observadas), foram unidas e denominadas de outros usos.

3.2. Dinâmica da sustentabilidade da região do MATOPIBA

Utilizando os dados da Tabela 1, foram estimados os valores dos fluxos de energia com uso dos valores apresentados no Apêndice A. PIB e IDHM foram obtidos diretamente de referências. A Tabela 2 mostra a dinâmica dos indicadores do modelo ISO para a região do MATOPIBA.

Tabela 2. Dinâmica dos indicadores do modelo input-state-output para a região do MATOPIBA.

Ano	Energia * E+17 sej/capita	IDHM **	PIB *** 1000 R\$/capita
1991	2,33	0,28	908
1996	2,09	0,36	2140
2000	2,38	0,42	2235
2010	2,51	0,60	7970
2015	2,41	0,75	14330
Mediana	2,38	0,42	2235

* A energia/capita foi obtida multiplicando as áreas da Tabela 1 pelos fluxos de energia apresentados no Apêndice A.

** A curva de tendência foi usada como ferramenta estatística para estimar os valores do IDHM referente aos anos de 1996 e 2015. Os valores para 1991, 2000 e 2010, foram obtidos no Instituto de Pesquisa aplicada - IPEA (PNUD/IPEA, 2013).

*** Os dados referentes ao PIB nos períodos de 1996, 2000, 2010 e 2015, estão disponíveis no censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE (IBGE, 2010). Para estimar o valor do ano de 1991, foi usado dado estatístico pela curva de tendência para encontrar o valor da população naquele ano, em seguida calculou-se o PIB/capita. Para os demais períodos utilizaram-se valores PIB/capita disponíveis em (Bolfé, 2015).

Para auxiliar em uma avaliação comparativa, a Figura 5 apresenta a dinâmica dos indicadores em um gráfico; os valores foram reclassificados para que o ano inicial de 1991 fosse igual a 1. Pode-se

observar uma pequena variação nos anos de 1991 a 2000 para todos os indicadores. A partir do ano 2000 observa-se um crescimento exponencial do PIB/capita (cerca de dezesseis vezes superior à 1991), destacando-se dos demais indicadores. Esse crescimento representativo pode ser atribuído a intensificação e ao crescimento do agronegócio no MATOPIBA. Em relação aos outros indicadores, percebe-se também um aumento para o IDHM (aproximadamente de três vezes comparado a 1991) e certa constância para energia/capita.

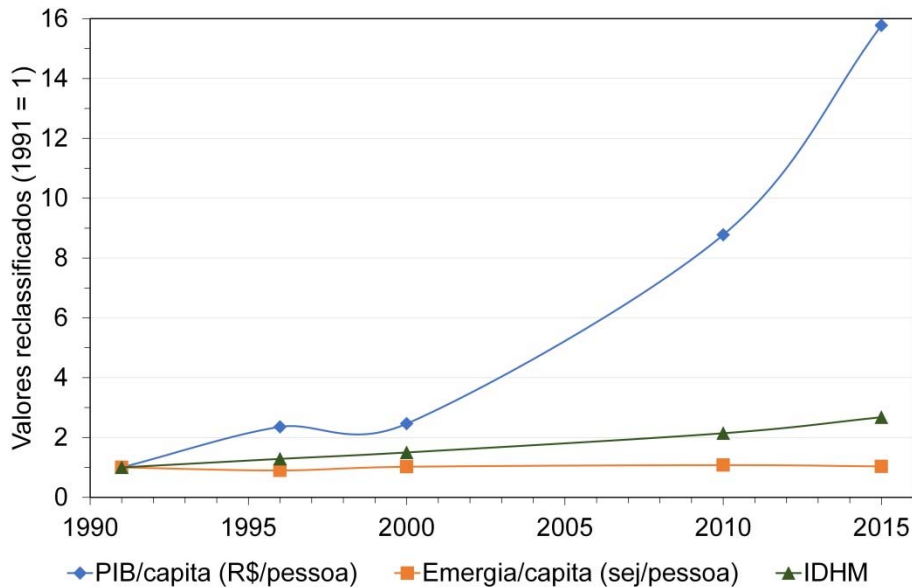


Fig. 5. Dinâmica do fluxo de energia/capita, IDHM, PIB/capita como indicadores de entrada, estado e saída calculados para a região do MATOPIBA para os anos de 1991, 1996, 2000, 2010, e 2015. Os valores estão reclassificados em relação aos dados de 1991.

Mesmo reconhecendo a importância em analisar a dinâmica dos indicadores da região do MATOPIBA de forma individual, para a avaliação da sustentabilidade é necessário considerar a representação gráfica tridimensional como apresentada nas Figuras 3 e 4. Desta forma, é possível fazer uma interpretação mais abrangente considerando todos os períodos e indicadores, podendo observar a influência que o agronegócio causou sobre a região do MATOPIBA em cada ano avaliado. Para facilitar a interpretação, a representação tridimensional em um cubo é transformada em vistas bidimensionais, resultando nas Figuras 6a e 6b. Na primeira, percebe-se que em todos os anos o desempenho para o IDHM é considerado baixo (pois estão abaixo da linha de 0,8), no caso da energia/capita, ocorre o contrário, em todos os anos houve um aumento na demanda de energia. De forma similar, a Figura 6b mostra que, os anos de 1991, 1996 e 2000 possuem baixo desempenho para PIB/capita. Essa interpretação pode ser visualizada de forma integral na Tabela 3.

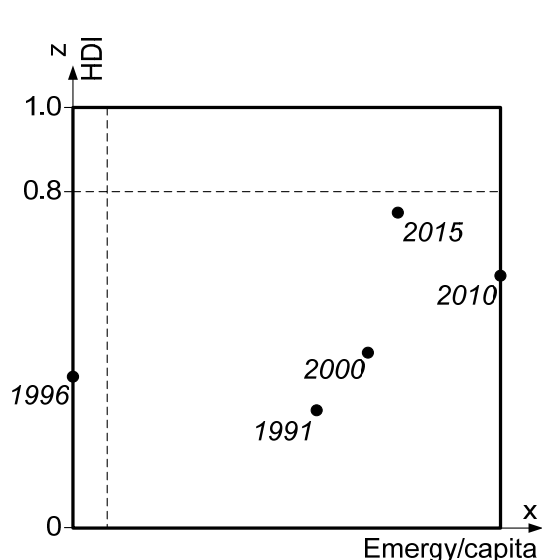


Fig. 6a Desempenho entre energia/capita vs. IDHM da região do MATOPIBA. Visão frontal cubo da Fig. 3.

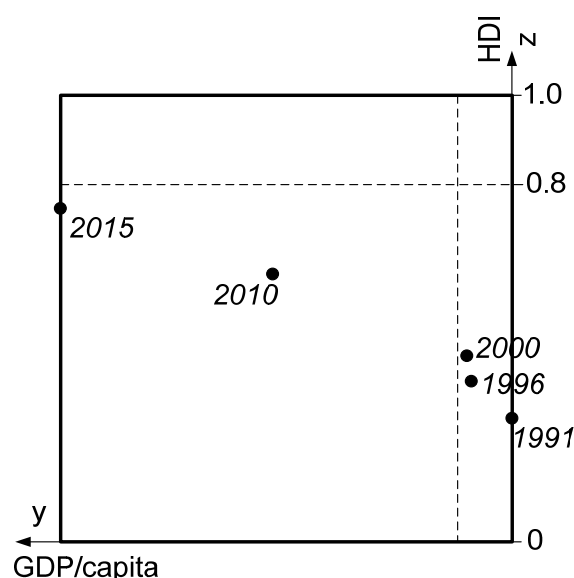


Fig. 6b Desempenho entre PIB/capita vs. IDHM da região do MATOPIBA. Visão lateral cubo da Fig. 3

Tabela 3. Análise temporal do desempenho sobre a sustentabilidade da região do MATOPIBA de acordo com o modelo conceitual ISO e sua interpretação.

Ano	Entrada (Energia/capita)	Estado (IDHM)	Saída (PIB/capita)	Categoria
1991	0,57 (Alto)	0,28 (Baixo)	0,00 (Baixo)	Inefective
1996	0,00 (Baixo)	0,36 (Baixo)	0,09 (Baixo)	Unevelen Frugal
2000	0,69 (Alto)	0,42 (Baixo)	0,10 (Baixo)	Inefective
2010	1,00 (Alto)	0,60 (Baixo)	0,53 (Alto)	Socialmente Distraído
2015	0,76 (Alto)	0,75 (Baixo)	1,00 (Alto)	Socialmente Distraído

Valores de referência: Mediana para energia/capita = 0,08; IDHM = 0,8; Mediana para PIB/capita = 0,12.

Conforme Tabela 3, a região do MATOPIBA apresenta apenas duas categorias para sua economia. Para o ano de 1991, 1996 e 2000, a categoria apresenta alta demanda por recursos, baixo desenvolvimento humano, e baixa geração de dinheiro, resultando uma economia denominada como “Ineffective”, caracterizado por economias incapaz de gerar PIB e bem-estar, com alta demanda de recursos.

De 2010 a 2015, os números mostram uma melhoria na economia com aumento do PIB/capita, mudando sua classificação de baixo para alto. A Energia/capita, manteve sua classificação como alta e o IDHM, mesmo com o crescimento ao longo desse período ainda é considerado baixo (menor 0,8). O aumento do PIB/capita nesses dois anos garante a mudança da categoria econômica de Ineficiente para categoria de economia “Socialmente Distraído”. Nessa categoria estão as economias com elevada demanda de recursos (energia/capita) e elevada geração de riqueza (PIB/capita), mas com baixo IDHM. Este sistema não consegue oferecer elevado padrão de vida para a sociedade; são sistemas econômicos considerados distraídos com o paradigma do bem-estar, onde apresentam um alto nível de riqueza econômica obtida através do alto consumo de recursos naturais, mas que não são refletidos igualmente na melhoria da qualidade de vida. Essa é uma característica de sistemas altamente eficientes em relação à entrada e saída de recursos, mas toda a riqueza gerada não é distribuída para as pessoas que habitam esta economia; o foco é a produção e não o bem-estar da população.

Entretanto, cabe destacar que o desempenho do MATOPIBA para 2015, apresenta uma redução da energia/capita comparado com 2010, essa diminuição do consumo de recurso do meio ambiente, pode ser considerado positivo, e representar uma melhor eficiência do sistema, que nesse mesmo período apresentou um aumento de produção, o que é bastante promissor. O IDHM (0,75) também vem crescendo com o avanço do agronegócio e se aproximando do valor de referência de 0,8, para ser classificado como alto, segundo PNUD.

4. Conclusões

A avaliação da dinâmica dos indicadores que integram o modelo conceitual de sustentabilidade input-state-output no período de 1991-2015 mostra aumento na geração de riqueza (PIB/capita), melhora na qualidade de vida (IDHM), e uma tendência de diminuição da exploração dos recursos (energia/capita) a partir de 2015, tornando o MATOBIPA mais eficiente na conversão desses recursos.

Numa perspectiva futura e mantendo esse cenário de melhoria dos indicadores, o MATOPIBA se aproximaria do valor ideal classificado como “Reino de Midas”, uma economia que apresenta energia/capita baixa ou próxima do valor mediano, alto desempenho do IDHM e com alto PIB/capita, essa categoria, segundo esse modelo poderia ser considerada como economia sustentável.

Desta forma, considerando os dados primários e métodos utilizados neste trabalho, pode-se concluir que a criação e implementação do Plano de Desenvolvimento Agropecuário na região do MATOPIBA como parte do planejamento estratégico do governo brasileiro para promover o desenvolvimento naquela região, pode ser considerado como uma medida assertiva na busca pela sustentabilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista (UNIP), à CAPES (Bolsa PROSUP), e ao CNPq Brasil (proc. n.º. 307422/2015-1).

Referências

- Bastianoni, S., Coscieme, L., Pulselli, F.M., 2014. The input-state-output model and related indicators to investigate the relationships among environment, society and economy. *Ecological Modelling* 325, 84-88.
- Brasil, 2015a. Decreto nº 8.447 de 6 de maio de 2015. Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA e a criação de seu Comitê Gestor. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8447.htm. Acesso em 23 de março 2017.
- Brasil, 2015b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: BRASIL 2014/2015 a 2024/2025, Assessoria de Gestão Estratégica, Brasília, 38 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em 4 de março de 2018.
- Brandt-Williams, S., 2002. Folio #4, Emery of Florida Agriculture. University of Florida, Gainesville. Disponível em: <https://cep.ees.ufl.edu/emergy/publications/folios.shtml>. Acesso em 5 de março 2018.
- Brown, M.T., Bardi, E., 2001. Folio #3, Emery of ecosystems. University of Florida, Gainesville. Disponível em: <https://cep.ees.ufl.edu/emergy/publications/folios.shtml>. Acesso em 5 de março 2018.
- Beuchle, R.; Grecchi, R.C.; Shimabukuro, Y.E.; Seliger, R.; Eva, H.D.; Sano, E.; Achard, F., 2015. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography*, v. 58, p. 116–127, 2015
- Bolfe, E.L. (coord.), 2015. Relatório técnico: organização de um banco de dados geoespaciais e elaboração de planos de informações sobre aspectos físico-bióticos, de logística e infraestrutura, conservação, unidades de paisagem e aptidão, expansão e intensificação agrícola da região do MATOPIBA. Projeto especial: plano estratégico de atuação da Embrapa na região do MATOPIBA. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133233/1/4613.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2017.
- Bolfe, E.; Victória, D.; Contini, E.; Bayma-Silva, G.; Spinelli-Araujo, L; Gomes, D., 2016. MATOPIBA em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. *Revista de Política Agrícola*, n. 4. 2016.
- Buainain, A.M., Alves, E., Silveira, J.M., Navarro, Z., 2014. O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, DF: Embrapa. 1182p.
- Buainain, A.M., Garcia, J.R., 2015. Evolução recente do agronegócio no Cerrado Nordeste. *Estudos Sociedade e Agricultura (UFRRJ)* 23, 166-195.
- Buainain A.M., Garcia JR, Vieira Filho JER., 2017. Dinâmica da Economia e da Agropecuária no Matopiba. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Texto para discussão 2283, disponível em: www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29606:td-2283-dinamica-da-economia-e-da-agropecuaria-no-matopiba&catid=397:2017&directory=1, acesso em 14 de mar. 2018.
- Canuto, A. (2012). Agronegócio: a modernização conservadora que gera exclusão pela produtividade. *Revista Nera*, (5), 1-12.
- Camacho, R. S. (2009). O Agronegócio Latifundiário versus a Agricultura Camponesa: a luta política e pedagógica do campesinato. XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 1-34.
- Coscieme, L., Pulselli, F.M., Jørgensen, S.E., Bastianoni, S., 2013. Thermodynamics-based categorization of ecosystems in a socio-ecological context. *Ecol. Model.* 258, 1–8.
- Coscieme, L., Pulselli, F.M., Marchettini, N., Sutton, P.C., Anderson, S., Sweeney, S., 2014. Emery and ecosystem services: a national biogeographical assessment. *Ecosyst. Serv.* 7, 152–159.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Glob. Environ. Change* 26, 152–158.
- Daly, H.E., Farley, J., 2003. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press, Washington, DC, USA.

- IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/20UR5>>. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produto Interno Bruto dos Municípios. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/PIBMun>.
- IBGE, 2015. Mudanças na cobertura e uso da terra: 2000-2010-2012. Rio de Janeiro, 2015a. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo?id=294724&view=detalhes>>. Acesso em: 11 dez. 2015. IBGE. Produto Interno Bruto dos municípios. Rio de Janeiro, 2015b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=46>. Acesso em: 15 mar. 2018
- MAPA, 2017. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasil – Projeções do Agronegócio 2015/2016 a 2025/2026. Brasília: MAPA. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/projecoes-do-agronegocio>>. Acesso em: 4 nov. 2017, 123 pp.
- MMA e IBAMA, 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por Satélite: Monitoramento do Bioma Cerrado 2008-2009. Brasília. 2011.
- Miranda, E. E. de; Magalhães, L. A.; Carvalho, C. A. de., 2014a. Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA. Campinas: Embrapa GITE, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/tVPjwl>>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- Miranda, E. E. de; Magalhães, L. A.; Carvalho, C. A. de., 2014b. Um sistema de inteligência territorial estratégica para o MATOPIBA. Campinas: Embrapa-Gite, 2014. 26 p. (Embrapa-Gite. Nota técnica, 2). Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT2_SITEMATOPIBA.pdf>. Acesso em: 28 set. 2017.
- Maranhão, R. L. A.; Vieira Filho, J. E. R., 2016. A dinâmica do crescimento das exportações do agronegócio brasileiro. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2249).
- Odum, H.T., 1996. Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making. John Wiley and Sons, New York.
- Odum, H.T., 2000. Emery of Global Processes, Folio #2. Handbook of Emery Evaluation. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, USA.
- MAPABIOMAS, 2017. Projeto MapBiomias, 2017. Coleção 2.3, versão dezembro de 2017 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 20 mar 2018 através do link: <http://mapbiomas.org>
- PNUD/IPEA., 2013. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento/ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em:<www.atlasbrasil.org.br/2013>.
- Pulselli, F.M., Bastianoni, S., Marchettini, N., Tiezzi, E., 2008. The Road to Sustainability – GDP and Future Generations. WIT Press, Southampton.
- Pulselli, F.M., Coscieme, L., Bastianoni, S., 2011. Ecosystem services as a counterpart of emery flows to ecosystems. Ecol. Model. 22, 2924–2928.
- Pulselli, F.M., Coscieme, L., Neri, L., Regoli, A., Sutton, P.C., Lemmi, A., Bastianoni, S., 2015. The world economy in a cube: A more rational structural representation of sustainability. Global Environmental Change 35, 41-51.
- Silva, R. G. da C., 2015. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio – o exemplo de Rondônia. Confins, n. 23, 2015.
- Vieira Filho, J. E. R.; Gasques, J. G. (Org.), 2016. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: Ipea, 2016. cap.11, p. 301-342.

Apêndice A. Fluxos de energia para os usos da terra na região do MATOPIBA.

Uso da terra	Fluxo de energia (sej/ha ano)	Referência
Formações florestais e savanas	4,50E+09	Brown e Bardi, 2001
Mangue	1,49E+09	Brown e Bardi, 2001
Plantações florestais	2,45E+15	Brown e Bardi, 2001
Áreas úmidas naturais não florestais	2,24E+09	Brown e Bardi, 2001
Pastagens	3,42E+15	Brandt-Williams, 2002
Pasto *	3,42E+15	Brandt-Williams, 2002
Agricultura *	9,60E+15	Brandt-Williams, 2002
Infraestrutura urbana	3,33E+15	Brandt-Williams, 2002
Corpos d'água **	2,60E+18	Brandt-Williams, 2002

* Estimado como considerando área plantada de 50% soja, 25% milho e 25% algodão.

** Estimado para chuva; índice pluviométrico de 1700 mm/ano.

Apêndice B. Dinâmica da população, energia total, e PIB da região do MATOPIBA de 1991 a 2015.

Ano	População (habitantes)	Energia total (E+24 sej)	Produto Interno Bruto PIB (E+6 R\$)
-----	------------------------	--------------------------	-------------------------------------

1991	4.503.968	1,05	4,09
1996	5.502.598	1,15	9,63
2000	5.103.057	1,22	11,40
2010	5.931.329	1,49	47,10
2015	6.255.173	1,51	88,70
