

# **Reflexões acerca do desenvolvimento da Amazônia no século XXI.**

Organizadores: Kleber Antonio da Costa Mourão  
Sérgio Felipe Melo da Silva

Revisão: Camila Fernanda Ferreira Costa  
Capa e Diagramação: Cantarely Costa da Silva



Belém-PA, 2018

## Capítulo 6

# ENERGIA E POLUIÇÃO VERSUS EMPREGO E RENDA: Relações Intersetoriais na Economia do Meio Ambiente<sup>1</sup>

*Sérgio Felipe Melo da Silva  
Gisalda Carvalho Filgueiras*

### 1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem sido nos últimos 40 anos um dos temas mais importantes discutido em nível de cúpula de dirigentes mundiais e esse interesse decorre do fato da constatação de o clima vir sofrendo grandes alterações como resultado do aumento da poluição nos países mais industrializados, ou ainda, aqueles países que tem tido suas trajetórias de “desenvolvimento” com a exploração intensiva de recursos naturais. Tanto assim que, no final de agosto de 2002, em Johannesburgo (África do Sul), diversos representantes de governos de mais de 100 países, empresas multinacionais, entidades e/ou instituições setoriais, organizações não-governamentais, além de muitos indivíduos interessados, entre elas delegações

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado no I Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia da UEPA em 2017, ISSN 2316-7637

e até os profissionais do jornalismo mundial, se reuniram-se para discutirem e traçarem plano para a Cimeira Mundial do Desenvolvimento Sustentável.

Neste sentido, ao longo de quase 20 anos tem se intensificado a discussão de se ter sustentabilidade “econômica-ambiental e social”, dado que aquela não está desassociada da questão maior que é a inclusão social, por isso, muitos estudos têm se direcionado para averiguar e, se possível quantificar, o quanto se tem evoluído nestes aspectos de observar as diretrizes para se explorar os recursos naturais de forma sustentável, com ênfase nas regiões periféricas, de fronteiras, como a Amazônia, esta que, em termos históricos, tem destruído paulatinamente seus ecossistemas, como a floresta amazônica.

No sentido de verificar a importância do modelo de insumo-produto na apuração de impactos da economia sobre o meio ambiente, o objetivo do artigo foi o de realizar uma revisão da teoria e das diversas aplicações ambientais da MIP e evidenciar sua relação com a teoria econômica do meio ambiente, ou seja, com a Economia Ambiental e a Economia Ecológica. São abordadas ainda aplicações para a Amazônia, região em que a questão ambiental é uma das mais importantes na discussão atual sobre desenvolvimento sustentável.

## **2- METODOLOGIA**

A MIP descreve a relação entre setores assim como entre insumos e usos. A partir de algumas suposições econômicas, ela é um instrumento analítico para medir o impacto de perturbações sobre a produção e a renda de uma economia.

A Figura 1 mostra as relações fundamentais do modelo de insumo-produto. Setores vendedores fornecem insumos para a produção dos setores compradores. Os vendedores também ofertam bens e serviços para a demanda final, representada pelo consumo das famílias e do governo, investimento e exportações. Os setores compradores para atuar no processo de produção de bens e serviços pagam impostos e adicionam valor por meio de salários e lucros, além de realizarem importações.

Figura 1 – Relações fundamentais do modelo de insumo-produto

	<b>Setores Compradores</b>		
<b>Set. Vend</b>	<b>Insumos Intermediários</b>		<b>Dem. Final</b>
	<b>Impostos Indiretos Líquidos (IIL)</b>		<b>IIL</b>
	<b>Importações (M)</b>		<b>M</b>
	<b>Valor Adicionado</b>		
	<b>Produção Total</b>		<b>Prod Total</b>

Fonte: Guilhoto (2011)

Para relacionar economia e meio ambiente, uma das ferramentas metodológicas que tem sido utilizada é a da MIP. A teoria da MIP foi desenvolvida inicialmente pelo economista russo Wassily Leontief. A origem da sua teoria pode ser atribuída ao problema do fluxo circular da renda assim como ao problema da sua distribuição entre as classes envolvidas dentro do processo produtivo. Ela permite a identificação da interdependência das atividades produtivas no que diz respeito aos insumos e produtos utilizados e decorrentes do processo de produção.

### 3. ECONOMIA AMBIENTAL E ECONOMIA ECOLÓGICA

Em termos teóricos, a questão do meio ambiente na economia é abordada principalmente sob dois pontos de vista: o da Economia Ambiental e o da Economia Ecológica. A Economia Ambiental é considerada um ramo da Microeconomia e é utilizada para encontrar preços corretos para a alocação ótima de recursos. O seu centro teórico é a internalização de custos ambientais de modo a se obter preços que reflitam custos de oportunidade sociais marginais completos.

Para a Economia Ambiental, problemas ambientais, como a poluição, são considerados falhas de mercado, seja pela qualidade ambiental constituir um bem público, seja pelo prejuízo gerado pela produção de um bem ser considerado uma externalidade. Ainda assim, uma terceira falha de mercado pode estar envolvida, a informação imperfeita. Sendo assim, os economistas ambientais modelam soluções para os problemas ambientais baseadas em

pressupostos microeconômicos, como eficiência alocativa, por exemplo.

Os princípios microeconômicos são muito presentes nas soluções encontradas pela Economia Ambiental, dessa forma, as soluções são encontradas por meio de modelos matemáticos. Um princípio fundamental para eles se dá pelo fluxo circular da economia.

Os economistas ecológicos criticam a chamada visão econômica da economia, onde o ambiente é considerado como um fator externo. A Economia Ecológica surge a partir das críticas ambientalistas ocorridas do final dos anos de 1960, originadas principalmente pelo trabalho feito pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) intitulado *The Limits to Growth*. Tal trabalho apontava para um cenário catastrófico de impossibilidade de perpetuação do crescimento econômico, devido ao esgotamento dos recursos ambientais por ele causada, trazendo assim a proposta de um crescimento econômico “zero”.

A Economia Ecológica tem como uma de suas bases as duas Leis da Termodinâmica. A primeira, diz que nem a matéria nem a energia podem ser destruídas ou transformadas. A segunda, traz o conceito de Entropia, que se relaciona ao grau de utilidade da matéria ou da energia. Portanto, quanto maior for a desordem de um sistema, maior será a sua entropia. Existe um limite para as transformações de matéria e energia. Desse modo, a interpretação econômica da Lei da entropia aponta para um sistema econômico em que a capacidade transformadora de recursos é finita.

Um ponto importante para os economistas ecológicos é a diferença de visões sobre economia e meio ambiente em relação à economia tradicional, o que os economistas ecológicos chamam de visão econômica da economia, em que o meio ambiente é visto como um conjunto externo ao sistema econômico. A chamada visão ecológica da economia<sup>2</sup> considera o sistema econômico como um subsistema da biosfera. Concebe-se o sistema econômico como uma espécie de transformador dos insumos fornecidos pelo meio natural. O chamado transumo ou throughput<sup>3</sup> é a medida dessa transformação. Assim, é possível conceber que existe uma determinada capacidade de carga no sistema.

Segundo os estudos dos economistas ecológicos, o planeta Terra é um sistema fechado, portanto a Lei da Entropia é um princípio físico fundamental

---

<sup>2</sup> Ver Cavalcanti (2010)

<sup>3</sup> Para Cavalcanti (2010), o significado de throughput ou transumo é o mesmo do fluxo metabólico de um organismo vivo. O organismo assimila recursos externos que provêm do meio ambiente e devolve a esse a sujeira que resulta do metabolismo, depois que a parte útil dos recursos é utilizada.

existente no planeta. Tal lei afirma que os processos químicos e físicos realizados no meio ambiente terrestre convertem energia útil - menor entropia - em energia não útil - maior entropia.

Para a Economia Ecológica, existe uma escala ótima de crescimento econômico, referente a uma capacidade máxima de utilizar recursos naturais não-renováveis. Para Daly e Farley (2004) o crescimento contínuo da economia física em um ecossistema finito e não crescente levar-nos-á à economia do mundo cheio, na qual o custo de oportunidade do crescimento será significativo.

Nesse sentido, a partir de um certo ponto, o crescimento pode não ser mais vantajoso, pois o custo marginal do crescimento será alto. O crescimento acima de um ponto ótimo é chamado pelos economistas ecológicos de crescimento não econômico, em que os custos do crescimento são mais altos que os benefícios.

#### **4. INSUMO-PRODUTO AMBIENTAL: ASPECTOS TEÓRICOS**

Dada a complexidade em retratar os fluxos entre economia e meio ambiente, algumas abordagens pioneiras foram concebidas no intuito de contemplá-los. Os primeiros modelos de insumo-produto que incluíram interações entre a economia e o meio ambiente foram realizados por John Cumberland, Herman Daly, Wassili Leontief, Walter Isard e Peter Victor.<sup>4</sup>

Cumberland ( ) utilizou uma matriz de relações interindustriais no formato setor por setor, registrando variáveis ambientais para descrever as externalidades positivas e negativas das atividades econômicas sobre o meio ambiente. Foi realizada a inserção da dimensão ambiental na matriz de insumo-produto por meio da inclusão de uma instituição em uma linha - fontes dos recursos - que registra os saldos líquidos entre benefícios e custos, em termos monetários, associados ao efeito da demanda intermediária e final sobre o meio ambiente. Pelo lado do uso dos recursos, acrescentou-se uma coluna correspondente feita para descrever os custos de restrição ao meio ambiente, de forma que, a demanda total do sistema ficasse reduzida a mesma magnitude do impacto provocado no quadrante dos insumos primários.

---

<sup>4</sup> Ver Bêrni et al. (2011)

Herman Daly ( ) propôs a criação de dois setores, denominando-os de humano e não humano. No setor humano, registram-se as inter-relações estritamente econômicas. No setor não humano - também denominado setor ecológico, registram-se as inter-relações puramente ambientais por meio de transferências de produtos ecológicos - também chamados de bens ambientais livres. As externalidades acontecem quando existem fluxos do setor econômico para o setor ecológico e, quando ocorre o sentido contrário, os fluxos são chamados de bens livres.

Isard ( ) privilegiou a matriz do tipo produto por setor. Com isto, vários produtos podem ser classificados dentro de um mesmo setor, da mesma forma que o mesmo produto pode ser produzido por mais de um setor. Em seu modelo, há um bloco matricial exógeno, contemplando variáveis ecológicas, do qual se originam os coeficientes ambientais. Esses coeficientes técnicos, por sua vez, originam-se das relações entre insumos do meio ambiente utilizados no processo produtivo, assim como os produtos ecológicos (descargas de resíduos) decorrentes da produção.

Leontief ( ), utilizando um modelo de economia fechada, formada por dois setores -sendo agricultura e manufatura, elaborou um modelo de insumo-produto considerando efeitos externos - poluição. O efeito poluição é acrescentado ao modelo de insumo-produto tradicional, o que permite a interação entre variáveis ambientais e econômicas. A partir de uma tabela de insumo-produto produzida em unidades físicas, são determinados os coeficientes técnicos de produção  $a_{ij}$ , podendo ser calculados impactos ambientais em termos de poluição a partir de um dado nível de demanda final.

O modelo de Victor (2008), também utilizando uma matriz do tipo produto por setor, permite que a massa de insumos ambientais - terra, ar e água - seja igualada à massa de produtos ambientais. A abordagem utilizada no modelo produto por setor possibilitou a superação da dificuldade de valorar monetariamente os insumos e produtos ecológicos.

Atualmente, Miller e Blair (2009) classificam os métodos ambientais de insumo-produto em três tipos. Primeiramente estão os Modelos de Insumo-Produto Generalizados, os quais são formados multiplicando-se linhas ou colunas adicionais à matriz de coeficientes técnicos com o objetivo de retratar

atividades de geração e/ou redução de poluição.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO: APLICAÇÕES DA ANÁLISE AMBIENTAL DOS MODELOS DE INSUMO-PRODUTO.**

Segundo Hilgemberg e Guilhoto (2006), para melhor compreender os problemas ambientais, é bastante pertinente considerar a aplicação de modelos ampliados de insumo-produto, examinando as relações entre a atividade econômica e a poluição. Sendo assim, ao assumir que as emissões de CO<sub>2</sub> estão linearmente relacionadas com os requerimentos de energia, é possível obter tanto as emissões diretas de carbono quanto as emissões indiretas e totais (MONTROYA et al., 2014).

Brasileiro (2012) utilizou a Matriz de Contabilidade Social Ambiental para ajustar ambientalmente o Produto Interno Bruto (PIB) da Amazônia Legal. Como fluxos entre economia e meio ambiente foram consideradas as emissões de gases do efeito estufa oriundas das atividades produtivas da região e os investimentos necessários para devolver a qualidade do ar. Observou-se como resultado que quando se inclui a depreciação do capital natural no cálculo do PIB e Valor Adicionado - VA de cada setor da economia da região, o VA sofre uma queda significativa para os setores de bovino (235%), soja (77%) e outras atividades da Agricultura e Pecuária (24%). O PIB da Amazônia Legal ajustado ambientalmente foi 15 % menor que o total, enquanto que o brasileiro foi 1% menor que o total.

Segundo Hilgemberg e Guilhoto (2006), em uma economia composta por  $n$  setores, dos quais  $m$  são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será  $E$ . De posse da matriz  $E$ , é possível construir a matriz de transações interindustriais em unidades híbridas.

Em um esforço de construção de uma MIP híbrida estadual, Figueiredo e Araújo Júnior (2009) analisaram os requerimentos de energia e as emissões de CO<sub>2</sub> do estado de Pernambuco. Foi utilizado um modelo de insumo-produto com incorporação de um setor de energia. O modelo foi construído a partir de uma tabela híbrida de insumo-produto, em que as informações de vendas do setor de energia aos demais setores foram registradas em unidades físicas (tep) e não monetárias.



O resultado para a decomposição dos requerimentos de energia apontou que o setor com o maior poder de pressão sobre o energético é o de Siderurgia, e que apesar de ter altos requerimentos de energia, o setor de Transporte apresenta pouca pressão se comparado ao energético.

Os dados da matriz inversa de Leontief dizem respeito ao consumo direto e indireto de um determinado bem, em que é levado em consideração a energia incorporada na produção dos bens. Assim, a autora pôde confirmar uma informação importante a respeito da indústria brasileira: apesar de no primeiro momento a mesma se mostrar fortemente baseada em energias renováveis, quando considerado o consumo indireto de energia, verifica-se que há grande dependência em relação ao petróleo. A matriz de coeficientes de energia indireta confirma essa constatação, pois revelou que alguns setores que se mostraram, inicialmente, com baixa intensidade energética, demandam bens e serviços fortemente dependentes de energia. O trabalho de Imori et al (2011) avaliou possíveis compensações em um esforço para reduzir as emissões de Gás de Efeito Estufa (GEE) no Brasil, especialmente na região Amazônica. Para isso, foi adotada uma abordagem de insumo-produto, em que foi possível identificar os sectores mais relevantes, tanto economicamente quanto em termos de emissões.

Concluiu-se que na região amazônica, os setores mais relevantes em termos de multiplicadores das emissões de GEEs são Gado, Soja, outras atividades de Agricultura e Pecuária, Cana de Açúcar e Produtos Alimentares. Os quatro primeiros estão fortemente ligados ao desmatamento, enquanto que para o último (Cana de Açúcar e Produtos Alimentares) sua posição se dá devido às ligações com os setores da agricultura, uma vez que fornecem insumos para a sua atividade.

No trabalho de Filgueiras et al (2016), procurou-se fazer uma análise da intensidade das emissões de dióxido de carbono, da queima de combustíveis fósseis e da fermentação entérica do gado em 28 sectores de duas regiões do Brasil, chamada Amazônia Legal, e o restante do Brasil, utilizando a MIP 2009, obtida pelo Laboratório do NEREUS (USP, SP). Foi analisada a estrutura econômica das duas regiões pelos indicadores básicos, tais como índices intersetoriais de obrigações (Hirschman-Rasmussen) e análises de geradores de emprego, impostos, salários e valor adicionado. Na sequência, foi feita uma análise ambiental quando da emissão de Gg CO<sub>2</sub>eq no nível de demanda final de variação (R\$ 1 milhão) e serviço de exigências internas e externas para as duas regiões.

Quanto à questão dos gases analisados (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, gases fósseis) por 28 setores, a maior demanda é para atender o mercado interno, tanto da Amazônia quanto das demais regiões do Brasil. Nesse contexto, concluiu-se que governanças institucionais precisam trabalhar e fortalecer em conjunto

para que o processo de comando e controle a nível da legislação ambiental seja respeitado em relação à referida região.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo permitiu obter uma discussão entre economia e meio ambiente com o modelo de insumo-produto sendo o elo entre as duas temáticas. A partir da revisão teórica e bibliográfica do tema é possível perceber que um melhor desempenho econômico de atividades que possuem altos requerimentos de energia aumenta a pressão sobre os recursos naturais e eleva a poluição.

Constata-se que, metodologicamente, é possível associar, produção ao consumo de energia e com isso estimar o nível de poluição de uma atividade econômica. Tal método concebe a Matriz de Insumo-produto de uma forma híbrida, ou seja, misturando variáveis econômicas e físicas no mesmo modelo.

Mostrou-se também que depreciação do capital natural e Valor Adicionado são grandezas inversamente proporcionais, a partir do estudo para a Amazônia. Ainda para a Amazônia, mostrou-se que as principais atividades econômicas estão fortemente ligadas ao desmatamento.

Em termos teóricos, fica destacada a relação entre a teoria econômica do meio ambiente e as relações de insumo-produto, mesmo com as duas vertentes conflitantes da primeira. Os diversos modelos de insumo-produto ambiental constituem ferramenta para um número considerável de análises sobre o tema, ou seja, para mais tentativas de contabilização do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

BÊRNI, Duilio de Ávila; LAUTERT, Vladimir. Mesoconomia: lições de contabilidade social: a mensuração do esforço produtivo da sociedade. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BRASILEIRO, A. C. B. Produto Interno Bruto ajustado ambientalmente para a Amazônia legal brasileira: uma análise de matriz de insumo-produto e matriz de contabilidade social. Dissertação de mestrado. São Paulo, 2012.

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a

economia dominante e a economia ambiental. *Estud. av.* [online]. 2010, vol.24, n.68, pp.53-67.

DALY, Herman; FARLEY, Joshua. *Economia Ecológica: princípios e aplicações*. Instituto Piaget: Lisboa, 2004. 530 p.

FIGUEIREDO, Nayana Ruth Manguiera de; ARAUJO JUNIOR, I. T. . *Construção da Matriz de Insumo-Produto Híbrida para o Estado de Pernambuco e Avaliação da Intensidade Energética e de Emissão de CO2 Setorial*. In: XIV Encontro Regional de Economia, 2009, Fortaleza. XIV Encontro Regional de Economia, 2009.

FILGUEIRAS, G. C.; GUILHOTO, J. J. M; Imori, D; AZZONI, C. R. *Greenhouse gas emissions by agriculture in the brazilian Amazon*. Trabalho apresentado na 24ª Internacional Input-Output Conference & 6ª Edição da Escola Internacional de IO Análise. 04-08 julho de 2016, Seoul, Coreia.

GUILHOTO, J. J. M. *Análise de Insumo-Produto: Teoria, Fundamentos e Aplicações*. Livro em Elaboração. Departamento de Economia. FEA-USP. Versão Revisada, 2011.

GIACOMELLI SOBRINHO, V. *Sustentabilidade do “berço ao túmulo”: extensão de modelos insumo-produto para rsu e rsa no varejo*. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo v. XVI, n. 4 n p. 21-42 n out.-dez. 2013.

HILGEMBERG, E. M; GUILHOTO, J. J. M. *Uso de combustíveis e emissões de CO2 no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto*. *Nova Economia*. Belo Horizonte, 2006. vol.16, n.1, pp.49-99

MILLER, Ronald; BLAIR, Peter. *Input-Output Analysis: foundations and extensions*. 2ª ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 2009, 750 p.

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*. São Paulo, 2014. vol.18, n.3, pp.379-419

VICTOR, P. A. *Managing Without Growth: slower by design, not disaster*. Northampton, MA: Edward Elgar, 2008.