



VI Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado Florestal
Categoria Profissional

1º Lugar

Alternativas para definição do PIB Florestal a partir do Sistema de Contas Nacionais.

Autor:

Edson Rodrigo Toledo Neto

CONCURSO DE MONOGRAFIA
VI PRÊMIO SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO EM ESTUDOS DE ECONOMIA
E MERCADO FLORESTAL

CATEGORIA PROFISSIONAL:

ECONOMIA E MERCADOS FLORESTAIS
PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB Verde)

ALTERNATIVAS PARA DEFINIÇÃO DO PIB
FLORESTAL A PARTIR DO SISTEMA DE
CONTAS NACIONAIS

Brasília
Março/2019

RESUMO

A discussão que vem sendo conduzida em torno dos investimentos necessários para a compilação de dados e a estimativa do valor adicionado do setor florestal com o formato de PIB Verde é pertinente, mas ignora as alternativas e as técnicas já disponíveis na modelagem de insumo-produto, com resultados confiáveis e verossímeis da realidade. Diante dos entraves para efetivação das técnicas para a integração de dados físicos do meio ambiente e os sistemas de contas nacionais como preconiza a Organização das Nações Unidas (ONU), buscou-se com a presente proposta testar o potencial das técnicas já desenvolvidas em um reagrupamento dos setores econômicos cobertos pela Matriz de Insumo-Produto brasileira de modo a compatibilizar esses setores com os setores tipicamente cobertos nos Inventários de Emissão de Gases de Efeito Estufa. Independentemente dos custos envolvidos na elaboração de contas satélites no formato definido pelo SEEA (2012), nos moldes do que foi obtido em ANA (2018), que não são baixos, a metodologia apresentada no presente trabalho vem sendo amplamente empregada no Brasil pelos grupos de pesquisa modeladores de efeitos do clima na economia. O setor florestal analisado isoladamente, atingiu um PIB de R\$ 8,176 bilhões, a preços correntes, com um emprego de 872.447 pessoas ocupadas e uma produção total de R\$ 14,375 bilhões no ano de 2009. Entretanto, sua produção de baixa eficiência explica a sua intensidade de carbono de 20,7 tCO_{2eq}/R\$ 1.000, o que é muito superior aos 3,85 tCO_{2eq}/R\$ 1.000 do setor agropecuário. Entretanto, as emissões da agropecuária foram de cerca de 573,7 MtCO_{2eq}, o que representa mais de três vezes as cerca de 169 MtCO_{2eq} atribuída ao setor florestal. Esses resultados demonstram que o baixo valor agregado da produção florestal termina por definir o setor com a maior intensidade de carbono, bem como elevada intensidade de energia de 277 tep/R\$1.000.000, muito superior a média nacional.

Palavras-chave: matriz de contabilidade social, intensidade de carbono, pib verde.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	5
1.1 Objetivos Gerais e Específicos.....	6
1.2 Métodos e Procedimentos.....	7
2. AS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS E O MODELO INSUMO- PRODUTO	9
2.1 Contas Econômicas Ambientais: aspectos conceituais	9
2.2 Matriz Insumo-Produto: moldura teórica.....	12
2.2.1 Os problemas de classificação, agregação e compatibilidade dos setores.....	14
2.2.2 O procedimento de agregação dos setores da MIP.....	15
2.3 Matriz de Contabilidade Social (SAM): moldura teórica	16
3. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL E CLIMÁTICA DO BRASIL.....	22
3.1 Modelagem insumo-produto com objetivos de clima	22
3.2 Matriz de insumo-produto do Brasil (MIP 2009) para modelos de clima	24
3.3 Uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil ano base 2009	26
3.2.1 Determinação da SAM de 2009	27
3.2.2 Desagregação das famílias	35
4. O VETOR DE EMISSÕES DE GEE DA ECONOMIA BRASILEIRA	43
4.1 Mudança do clima.....	43
4.2 Economia do clima e a Intensidade de Carbono e Energia.....	44
4.3 As Emissões de GEE no Brasil	50
4.4 Intensidades de energia e de carbono da economia brasileira.....	54
4.5 O vetor de emissões de CO _{2eq} para economia brasileira de 2009.....	59
5. CONCLUSÃO	63
APÊNDICE I. SETORES E ATIVIDADES EM INVENTÁRIOS DE EMISSÃO DE GEE JUNTO AO IPCC.	66
APÊNDICE II. AGREGAÇÃO DOS SETORES DA MIP 2009 PARA A SAM 2009.....	67
APÊNDICE III. MATRIZ INSUMO PRODUTO – MIP 2009 AGREGADA.....	68
APÊNDICE IV. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL (SAM) DE 2009 – BRASIL.	69
REFERÊNCIAS	70

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A teoria econômica por traz das identidades macroeconômicas fundamenta a lógica contábil de determinação do Sistema de Contas Nacionais (SCN), e contribui para que, de forma sistemática, os agregados econômicos possam ser determinados, conforme o *System of National Accounts*, preparado pela Organização das Nações Unidas (ONU). No Brasil, as estimativas são realizadas pela Coordenação de Contas Nacionais, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os modelos de insumo-produto reproduzem o circuito econômico e se constituem na técnica contábil que permite visualizar esses agregados e os fluxos de oferta e demanda dos bens e serviços dos setores produtivos, bem como das relações econômicas das empresas, das famílias e do governo, internamente e com outras nações via comércio externo.

Nesse sentido, destaca-se a flexibilidade que a modelagem de insumo-produto pode apresentar e como pode ser empregado para a determinação do Produto Interno Bruto (PIB) dos setores econômicos. Além disso, pode também incorporar em sua estrutura, sob a forma de matriz híbrida, informações físicas de consumo dos recursos naturais e de emissão de poluentes, que permitem modelar a interação das entidades representadas no modelo, dentro do sistema econômico, com a conservação dos recursos naturais. Portanto, é possível além de determinar o PIB de setores, como o setor florestal, buscar apresentar a sua relação com os impactos de sua atividade sobre os recursos naturais.

Perante a metodologia utilizada pelo (IBGE), o setor “Florestal” é tratado de forma desagregada e dispersa em outras atividades, surgindo ora sob o aspecto da produção de florestas nativas, ora sob o aspecto da produção de florestas plantadas. Quando tratado sob o viés de nativas e seus serviços ecossistêmicos, surge agregado ao setor pesqueiro sob a denominação de “Produção Florestal, Pesca e Aquicultura” e “Fabricação de biocombustíveis”, bem como associado ao setor de saneamento em “Água, esgoto e gestão de resíduos”. Quando os produtos tratados são associados às florestas plantadas, surge como “Fabricação de Produtos da Madeira”, “Fabricação de celulose, papel e produtos de Papel”, “Fabrica de produtos de borracha e de material plástico” e “Fabricação de Móveis e de Produtos de indústrias diversas”.

Essa discussão vem marcando outras edições do Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos em Economia e Mercado Florestal, notadamente as discussões em torno do PIB Verde, conduzidas em Sallem (2015) e Nascimento e Goés (2016). Esses trabalhos premiados, de forma consonante, advogam pela impossibilidade de representar o setor florestal por meio

da atual configuração do SCN, o qual seria “inadequado para medir os efeitos econômicos dos impactos ambientais gerados pelos diferentes setores da economia” (NASCIMENTO e GOÉS, 2016).

Para tanto, muitas questões emergem da estratégia de criar meios para consolidar o real papel do setor florestal na construção do PIB e, em última análise, na forma como os recursos naturais são representados nos demonstrativos de desempenho da economia. Dentre essas perguntas surgem indagações do tipo: Qual a necessidade de sistematização de uma conta satélite para o setor de mensuração do PIB Florestal? Quais as barreiras e as alternativas viáveis para obtenção e consolidação da estimativa do PIB Verde?

Portanto, estudos que viabilizem a contabilidade dos recursos naturais de forma mais clara e objetiva são fundamentais para mitigar os efeitos econômicos das mudanças climáticas e também para o processo de adaptação a essas transformações naturais e antropogênicas. O esforço da academia é no sentido de testar demonstrativos econômicos (monetários) que sejam integrados ou espelhem os fluxos físicos (quantitativo físico dos recursos naturais) que ocorrem nas atividades produtivas da sociedade de um país.

Diante do exposto, o presente trabalho estima o PIB do setor florestal, a partir da Matriz Insumo-Produto de Guilhoto e Sesso Filho (2005) para o ano de 2009, organizada conforme a metodologia do SCN. De modo a testar a estimativa, a mesma foi empregada para obtenção de indicadores de intensidade de carbono e de energia do PIB setorial e nacional, bem como das famílias brasileiras.

A ideia é buscar apresentar a metodologia utilizada hoje para organizar o framework básico, necessário para a modelagem de equilíbrio geral da economia, largamente utilizada na literatura contemporânea para modelar os efeitos econômicos sobre os setores produtivos e as famílias a partir da mudança do clima.

1.1 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo do presente trabalho é demonstrar como é possível estimar de forma confiável e compatível com a teoria econômica o PIB de setores econômicos não “contemplados” ou tratados de forma isolada nos 56 setores econômicos cobertos pela Matriz de Insumo-Produto (MIP) de 2005, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável por definir a forma de divulgação do PIB brasileiro.

Além disso, propõe-se um determinado arranjo setorial, de modo a permitir sua integração com os dados do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa nacional, a

partir do qual são obtidas, conforme a agregação setorial aqui sugerida, as intensidades de carbono e energética dos setores econômicos, e em especial do Setor Florestal, de modo a validar os procedimentos de obtenção das matrizes de insumo-produto agregada. Esse trabalho é feito também endogenizando as famílias de modo a também representá-las no conjunto da economia e no que se refere a sua pegada média de carbono e de energia.

A solução metodológica descrita aqui trata especialmente da compatibilização setorial do SCN de modo a refletir as relações econômicas de forma monetizada e padronizada dos setores econômicos, em especial dos setores florestal e energético.

A hipótese a ser testada é que os valores para intensidade de carbono e de energia da economia brasileira sejam compatíveis com os obtidos pela literatura que trata do tema. Assim, com base no modelo de contabilidade social criado foi possível estimar a contribuição do Setor Florestal para as emissões de GEE no Brasil.

Para tanto os seguintes objetivos específicos são perseguidos:

- Rever aspectos conceituais do Sistema de Contas Nacionais e como a literatura trata sua utilização para contabilizar os fluxos de demanda e oferta de insumos ambientais como água, energia e floresta pelo sistema econômico;
- Gerar a Matriz de Contabilidade Social (SAM) para o Brasil em 2009;
- Gerar os indicadores de intensidade de carbono (emissão de GEE) e de energia da economia brasileira, destacando a posição do setor florestal no contexto setorial; e
- Validar os procedimentos de agregação setorial e discutir os resultados no sentido de traçar novos campos de pesquisa e recomendações, com foco nos procedimentos algébricos testados no trabalho.

1.2 Métodos e Procedimentos

Parte-se da necessidade de testar alternativas de consolidação do PIB florestal por meio de outras vias, mais diretas e que sejam representativas da estrutura produtiva daquele momento e das relações e fluxos de demanda e oferta de produtos, bens e serviços na economia. Em contrapartida ao processo de formação de Contas Econômicas Ambientais

Nesse sentido, o modelo de insumo-produto (MIP) é uma ferramenta útil e válida para estimar custos econômicos e impactos da mudança climática e das tecnologias de abatimento (NAPOLES, 2012; BARKER, 1998). É consenso na literatura a utilidade da tradicional MIP e da SAM para modelagem das políticas públicas.

A metodologia de trabalho no conjunto envolve a estimação da matriz de insumo-produto de Leontief agregada, que após procedimentos de endogenização das famílias obtém-se a Matriz de Contabilidade Social (SAM), ano base 2009, para o Brasil, compatível com os setores econômicos cobertos no II Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). A SAM gerada partiu dos dados básicos da matriz de insumo-produto (MIP de 2009) desenvolvida pelos autores Guilhoto e Sesso Filho (2005, 2010).

O trabalho envolveu a agregação dos 56 setores produtivos originais da matriz disponibilizada pelos autores em 11 setores, compatíveis com os inventários de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a instituição “famílias” foi desagregada e tornou-se endógena ao modelo de insumo-produto aqui proposto. As demais instituições (“empresas”, “governo”, “instituições sem fins lucrativos a serviço das famílias” e o “resto do mundo”) foram mantidas exógenas ao modelo aqui proposto, conforme constituição original da MIP de 2009, disponibilizada pelos referidos autores.

Nesse sentido, buscou-se, também, discutir uma questão importante para formação de uma Conta Econômica Ambiental Florestal (CEA florestal) no Brasil, a construção do vetor de emissões da economia, em especial aquele resultante dos processos de mudança de uso do solo que configuram conta específica do inventário de emissões nacionais, definido pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Destacam-se as dificuldades em se atribuir a um setor econômico específico a responsabilidade pela emissão dessas mudanças de uso do solo.

A partir dessa apresentação, o trabalho é composto por outros cinco capítulos distribuídos da seguinte forma: o segundo capítulo trata das contas econômicas ambientais e a moldura analítica da matriz insumo-produto (MIP) de Leontief e da matriz de contabilidade social (SAM); o terceiro capítulo descreve os procedimentos utilizados e constrói a MIP 2009 agregada e a SAM climática de 2009, que represente adequadamente o setor florestal e os setores cobertos pelos inventários de emissão de GEE e possibilite a construção de modelos econômicos, além de identificar o nível emprego e o valor adicionado da economia (PIB) do setor florestal; o quarto capítulo estima as intensidades de carbono e energia da economia brasileira para 2009 e a pegada média das famílias; e por fim, o capítulo final reúne as conclusões obtidas pelo Trabalho.

2. AS CONTAS ECONÔMICAS AMBIENTAIS E O MODELO INSUMO-PRODUTO

O presente capítulo aborda o referencial metodológico para as Contas Econômicas Ambientais (CEAs) reside nos conceitos definidos no *System of Environmental-Economic Accounting – Central Framework* (SEEA, 2012), produzido pela Organização das Nações Unidas (ONU) e revisado periodicamente pelo *UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting* (UNCEEAA), braço da ONU dedicado para o tema. O capítulo traz, ainda, a revisão da moldura teórica do método tradicional de análise e matriz de insumo-produto e da matriz de contabilidade social (normalmente chamada de SAM – *Social Accounting Matrice*).

O estado da arte dos modelos econômicos que abordam as políticas de mitigação de emissões de GEE pode ser distribuído nas seguintes categorias: aqueles que aplicam tecnologias específicas (estima o custo de abatimento de CO₂ por substituição tecnológica); os que utilizam modelos econométricos (MEC), compondo funções de demanda e oferta de energia; aqueles que desenvolvem modelos de equilíbrio geral (MEG) da economia para verificar impactos da redução de emissões; bem como aqueles que utilizam o tradicional modelo de insumo-produto (MIP), definido como modelo meso econômico, nem macro nem microeconômico, como os modelos de contabilidade social (MCS) e o modelo insumo-produto ambiental (NÁPOLES, 2012; GUTIEREZ e MENDONÇA, 1999: 104).

Outra forma de classificação dos estudos em mudanças do clima envolve: os modelos *Bottom-Up* com forte detalhamento microeconômico, mas que frequentemente superestima os potenciais de mitigação, haja vista o foco unicamente tecnológico, sem consistência macroeconômica; e os modelos *Top-Down*, utilizados para projetar efeitos de políticas climáticas, são extremamente rígidos com limitada evolução tecnológicos, o que não condiz com a realidade do setor produtivo que busca adaptar-se às políticas climáticas com investimentos em tecnologias e combustíveis menos intensivos em energia e carbono (WILLS, 2013).

2.1 Contas Econômicas Ambientais: aspectos conceituais

O SEEA é um base conceitual multipropósito para descrever a interação da economia como o meio ambiente, além do retrato dos estoques de ativos ambientais¹ e as mudanças nos

¹ Ativos ambientais são os componentes bióticos e não bióticos de ocorrência natural na Terra, constituindo o ambiente biofísico, que pode fornecer benefícios para a humanidade (SEEA, 2012).

estoques desses ativos, utilizando uma abordagem sistemática para organizar as informações econômicas (monetárias) e ambientais (físicas no que se refere aos recursos naturais), que também cubra, de forma complementar o quanto possível, os estoques e fluxos de materiais relevantes para a análise das questões ambientais e econômicas (SEEA, 2012).

O Sistema de Contas Econômicas Ambientais (SCEA) se mostra como um arranjo de metodologias para a contabilidade de recursos naturais como a água, florestas e ecossistemas e sua relação com o sistema econômico. Dessa forma, o SCEA complementa o SCN, utilizando-se para tal o mesmo arcabouço teórico e metodológico, de forma que se possibilite realizar análises combinadas de dados ambientais e econômicos em uma única estrutura de modelagem. Vários países avançaram na produção de CEAs com as mais diversas aplicações, entre os quais: Austrália, Colômbia, Costa Rica, Filipinas, Holanda, Reino Unido e Suécia (ANA, 2018).

Outra referência é o *The European Framework for Integrated Environmental and Economic Accounting for Forests* (IEEAF, 2002). O trabalho recomenda para para consolidação de uma CEA florestal a utilização de uma MIP reduzida, levando em consideração uma adequada agregação setorial que permita distinguir os produtos relacionados à atividade florestal (produção de madeira em tora e produtos não madeireiros, etc.) e indústria de base florestal (silvicultura, manufatureira de produtos de madeira e móveis, papel e celulose, etc.). São construídas então tabelas de recursos e usos, tanto em termos monetários quanto físicos em cada ramo de atividade do setor, o que envolve também as atividades de conservação dos recursos florestais.

Levando em consideração à referência principal na consolidação de CEAs, o guia metodológico internacional SEEA (2012) é o mais atualizado sobre o tema. Um aspecto importante é a natureza integrada da estrutura central da SEEA e o fato de que todos os diferentes componentes são abrangidos por uma estrutura contábil comum. As CEAs envolvem também a especificação de “Contas de fluxo físico”, que expliquem detalhadamente os fluxos dos principais recursos naturais e produtos resultantes da atividade humana (poluição). Os diferentes fluxos físicos - insumos naturais, produtos e resíduos - são colocados dentro da estrutura de uma fonte física e tabela de uso; e a partir deste ponto inicial, a medição dos fluxos físicos pode ser expandida e reduzida para possibilitar o foco em uma variedade de materiais diferentes ou em fluxos específicos.

Na SEEA são, também, contabilizados em termos físicos, a oferta e a demanda de energia, e vários fluxos de materiais, incluindo tabelas para emissões atmosféricas, emissões de água e resíduos sólidos. São especificadas também “Contas de atividades ambientais e fluxos relacionados”, com enfoque na identificação de transações econômicas dentro do SCN que podem ser consideradas ambientais. Ou seja, aquelas atividades econômicas cuja finalidade principal é reduzir ou eliminar pressões sobre o meio ambiente ou fazer uso mais eficiente dos recursos naturais. Estes tipos de transações seriam resumidos nas “Contas de despesas de proteção ambiental” e estatísticas sobre a oferta de bens e serviços ambientais.

Não obstante, são mapeados outros impostos com cunho ambiental, subsídios ambientais e transferências similares, e uma série de outros pagamentos e transações relacionadas ao meio ambiente. “Contas de ativos” irão concentrar o registro de estoques e fluxos associados a ativos ambientais, o que envolve recursos minerais e energéticos, terras, recursos do solo, recursos madeireiros, recursos aquáticos, outros recursos biológicos e recursos hídricos, com foco particular na medição do esgotamento de recursos naturais e na avaliação de ativos ambientais e na contabilização em termos físicos e monetários.

Por fim, destacam-se as vantagens analíticas na estrutura do SEEA, sob o aspecto da integração de dados, com foco no potencial explicativo combinado de dados físicos e monetários, incluindo vários tipos de indicadores que podem ser compilados a partir de conjuntos de dados do SEEA.

Assim, infere-se que seria mais oportuno investir em meios para, no âmbito do Serviço Florestal Brasileiro, construir consenso na literatura econômica quanto à forma mais adequada de agregar os 127 produtos e 67 setores econômicos cobertos na MIP de 2015 do IBGE, de modo a permitir que uma CEA florestal para o Brasil possa ser construída, utilizando-se os princípios definidos em SEEA (2012).

A afirmativa repousa na similaridade da moldura teórica necessária para desenvolver tanto a matrizes híbridas para o setor florestal, nos moldes desenvolvidos em Montoya (2014), como a necessidade dessa definição para integrar dados do Inventário Florestal Nacional, capaz de fornecer as estimativas dos estoques florestais, bem como dados do Inventário Nacional de Emissões de GEE, e no tange ao serviços ambientais com foco em conservação e produção de recursos hídricos, os dados provenientes de ANA (2018).

2.2 Matriz Insumo-Produto: moldura teórica

Em uma economia dividida em n atividades (x_i), a MIP de Leontief parte do conceito de que as relações entre insumos em cada atividade e a produção total dessa atividade são constantes, o que forma o coeficiente técnico de produção, definido como a_{ij} (Equação 1). Este representa as aquisições intermediárias em termos do produto final de cada atividade. Em termos monetários, é o valor produzido na atividade i que é adquirido e consumido para se obter o valor do produto total (x_j) da atividade j , denotado por z_{ij} . (FEIJO et al., 2011; GRIJO e BÊRNI, 2006; SUH e HUPPES, 2002).

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (\text{eq. 1})$$

O modelo fechado² de Leontief é descrito como conjunto de equações lineares homogêneas, o que implica infinitas soluções, sendo a demanda final pelas atividades denotada por f_i , formando um sistema de equações (Equação 2) (FEIJO et al., 2011; MILLER e BLAIR, 2009; GRIJO e BÊRNI, 2006).

$$\begin{aligned} x_1 &= z_{11} + z_{12} + \dots + z_{1n} + f_1 \\ x_2 &= z_{21} + z_{22} + \dots + z_{2n} + f_2 \\ &\vdots \\ x_n &= z_{n1} + z_{n2} + \dots + z_{nn} + f_n \end{aligned} \quad (\text{eq. 2})$$

O sistema de equações é base para a composição das matrizes:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}$$

Dada essa condição de tecnologia linear, é possível obter-se uma matriz quadrada A , formada pelo conjunto de a_{ij} , gerados a partir da matriz de transações interindustriais. Cada coluna da matriz apresenta o produto doméstico da indústria (em termos monetários) que é requerido para produzir uma unidade de produto do setor que corresponde à coluna,

² Leontief Quesnay junto com Walras realizaram estudo para desenvolver o chamado “modelo fechado“ de interrelacionamento dos setores produtivos da economia dos Estados Unidos para 1919 e 1929. O Modelo fechado significa que as famílias recebem o mesmo tratamento analítico que os demais setores da economia (GRIJÓ e BÊRNI, 2006).

usualmente definido como matriz tecnológica ou matriz de coeficientes técnicos diretos (FEIJÓ et al., 2008).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

A partir da equação 1 é possível obter a Equação 3.

$$z_{ij} = a_{ij}x_{ij} \quad (\text{eq. 3})$$

A partir da equação 3 é possível construir um novo sistema de equações lineares em que prevaleçam os coeficientes técnicos de produção, conforme Equação 4.

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + f_1 \\ x_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + f_2 \\ &\vdots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + f_n \end{aligned} \quad (\text{eq. 4})$$

Esse sistema de equações expressa a situação de equilíbrio de mercado, no qual o vetor x (denota o produto total da indústria) e f (denota a demanda final de famílias, governo, investimentos e exportações) se equilibram. Conforme Equação 5, o produto total é igual a demanda intermediária (Ax) acrescida da demanda final (f) (TUCKER et al., 2006).

$$x = Ax + f \quad (\text{eq. 5})$$

É possível se obter novamente o produto total da economia a partir da multiplicação do vetor demanda final pela matriz de Leontief ou matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos (Equação 6), solução algébrica de um sistema de equações lineares da função produção de cada indústria, expresso na Equação 4. (FEIJÓ, et al., 2008). A matriz de Leontief é a inversa da matriz obtida pela subtração da matriz identidade nxn pela matriz A .

$$x = f(I - A)^{-1} \quad (\text{eq. 6})$$

A matriz de Leontief multiplicada por choques de demanda, ou variações na demanda final, obtêm-se a correspondente variação no produto da economia (Equação 7) (TUCKER, 2006; HARA, 2008).

$$\Delta x = \Delta f(I - A)^{-1} \quad (\text{eq. 7})$$

2.2.1 Os problemas de classificação, agregação e compatibilidade dos setores

A tradicional condição no modelo insumo-produto, de que um setor da indústria deve estar atrelado a um único produto na MIP, precisa ser relaxada considerando que alguns setores produzem mais de um único produto.

Por exemplo, no caso da agropecuária, na qual há mais de um produto (primários e secundários) até que o setor atinja a demanda final. Isso faz com que se tenha uma matriz de Recurso \mathbf{V} retangular, o que impede o tratamento tradicional da matriz inversa de Leontief, emergindo daí o problema da classificação (GRIJÓ e BÊRNI, 2006).

A solução para o problema incide na escolha entre duas suposições no que tange à estrutura de insumos da função de produção. A primeira diz respeito à utilização no sistema de equações lineares da MIP de funções de produção para cada setor ou, como segunda opção, à utilização de uma função de produção em relação a cada produto. Aplicando-se uma das duas suposições, a matriz recurso \mathbf{V} interage com a matriz retangular de coeficientes técnicos, o que permite obter a matriz quadrada de coeficientes técnicos de produção. O suposto normalmente utilizado e que foi adotado pelo IBGE é a hipótese de tecnologia do setor com a geração da matriz \mathbf{D} (atividade x produto) denotada como *Market-Share* (GRIJÓ e BÊRNI, 2006).

O problema da classificação também gera divergências na literatura no que tange às vantagens e desvantagens de cada dimensão (produto por setores, produto por produto ou setor por setor) das matrizes utilizadas nos modelos. O manual que orienta a padronização das contas para construção das matrizes de usos e recursos na Europa recomenda diferentes dimensões para as mesmas, o que deve ser orientado pela existência ou não de elementos negativos na matriz (MILLER e BLAIR, 2009).

O problema da classificação, o que tomamos a liberdade de chamar também de problema da agregação de setores numa MIP ou numa SAM, está associado com as dúvidas na definição do nível de detalhe da matriz a ser estudada.

Há muitas maneiras de agregar e desagregar as contas com o objetivo de organizar os dados. O número de setores definidos e a organização das contas, em diferentes categorias, é normalmente decidido no contexto do estudo a ser desenvolvido, levando em consideração as condições do país ou região de análise. As condições dos dados disponíveis e a estrutura para

processamento também influenciam nesta escolha, especialmente em modelos regionais (MILLER e BLAIR, 2009; SADOULET e DE JANVRY, 1985; TOURINHO et al., 2006).

O referencial para o procedimento de agregação é a necessidade de maior ou menor detalhe sobre as instituições (setores, famílias, etc.) nas simulações de impactos no desenvolvimento de determinada transação econômica. Portanto, diversas estruturas de SAM podem ser obtidas, dependendo inclusive do grau de abertura dos produtos (*commodities*) e dos setores nos levantamentos oficiais de órgãos de estatística. Sob esse aspecto, a classificação das contas, envolvendo o grau de abertura para os setores industriais e para as instituições da SAM, torna-se uma questão importante a ser respondida.

2.2.2 O procedimento de agregação dos setores da MIP

O procedimento para realizar a agregação dos setores na MIP é realizado de modo a se obter um novo vetor de produto total \mathbf{x}^* , uma nova matriz agregada \mathbf{Z}^* e um novo vetor de demanda final \mathbf{f}^* (Equação 8) (MILLER e BLAIR, 2009: 161).

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{Z}^* \mathbf{i} + \mathbf{f}^* \quad (\text{eq. 8})$$

Para isso, uma sequência de passos deve ser seguida. Primeiro, a definição de uma matriz \mathbf{S} , chamada matriz de agregação, com $k \times n$ elementos formados por zeros e números um, onde k é número de setores da matriz agregada e n o número de setores da matriz desagregada. Os números um (1) devem estar posicionados nos setores que serão agrupados. E segundo e último, a obtenção das matrizes agregadas \mathbf{Z}^* e \mathbf{f}^* .

Por exemplo, uma matriz com $n=4$ e $k=3$, cujos setores 2 e 3 serão agrupados gera uma matriz de agregação \mathbf{S} , cuja matriz desagregada 4×4 é \mathbf{Z} e a agregada 3×3 é \mathbf{Z}^* , ao passo que \mathbf{f} e \mathbf{f}^* são os vetores de demanda final das matrizes desagregada e agregada, respectivamente, conforme expresso nas formas algébrica e matricial descritas nas Equações 9 a 11.

$$\mathbf{f}^* = \mathbf{Sf} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 + f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad (\text{eq. 9})$$

$$\mathbf{Z}^* = \mathbf{SZS}' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & z_{24} \\ z_{31} & z_{32} & z_{33} & z_{34} \\ z_{41} & z_{42} & z_{43} & z_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{eq. 10})$$

$$\mathbf{Z}^* = \begin{bmatrix} \mathbf{z}_{11} & \mathbf{z}_{12} + \mathbf{z}_{13} & \mathbf{z}_{14} \\ \mathbf{z}_{21} + \mathbf{z}_{31} & \mathbf{z}_{22} + \mathbf{z}_{23} + \mathbf{z}_{32} + \mathbf{z}_{33} & \mathbf{z}_{24} + \mathbf{z}_{34} \\ \mathbf{z}_{41} & \mathbf{z}_{43} & \mathbf{z}_{44} \end{bmatrix} \quad (\text{eq. 11})$$

A geração da matriz inversa de Leontief para ambas as matrizes agregadas e desagregadas é uma forma de auditar os procedimentos realizados. A existência de diferença entre o novo vetor de produção total agregada \mathbf{x}^* e o produto do vetor desagregado \mathbf{x} pela matriz \mathbf{S} (matriz de agregação, definida adiante) é uma indicação de viés sobre a matriz insumo-produto agregada (MILLER e BLAIR, 2009).

2.3 Matriz de Contabilidade Social (SAM): moldura teórica

A SAM é uma plataforma simples e eficiente de organizar os dados da economia. Essa característica possibilita tratar de forma adequada os efeitos advindos de aumentos na demanda de um setor ou mesmo transferências de renda entre instituições (agentes da economia, famílias, empresas, governo). É a chamada análise do efeito multiplicador da economia (SADOULET e DE JANVRY, 1995).

Sob o aspecto da moldura teórica, a SAM é uma extensão do modelo insumo-produto³, cuja estrutura matricial está interligada à estrutura da matriz de insumo-produto (MIP⁴), representando as relações setoriais do modelo insumo-produto com as demais instituições econômicas, capturando os correspondentes fluxos monetários (HARA, 2008; WONG et al., 2009). A configuração é de uma ampliação da análise de insumo-produto, de modo a integrar as relações microeconômicas dos agentes às identidades macroeconômicas das contas nacionais (GUILHOTO, 2011). Assim, o modelo SAM estende a lógica da análise insumo-produto da produção para a distribuição de renda, de modo a caracterizar não só a formação do agregado econômico como a redistribuição do fator renda dentre as instituições domésticas de uma economia (RAA, 2006).

A SAM tem por base uma plataforma matricial construída a partir das Tabelas de Recursos e Usos, geradas por institutos de estatística. As linhas e colunas dessas tabelas

³ O modelo de insumo-produto é uma descrição temporal (normalmente um ano) dos fluxos monetários ou físicos entre diferentes setores da economia de um país (LEONTIEF, 1986). É a materialização do conceito da “*Tableau Economique*” apresentada pelo economista francês Quesnay, em 1758 (GUILHOTO, 2011; HARA, 2008).

⁴ As contas do modelo insumo-produto são construídas a partir de três matrizes, a matriz de transações de consumo intermediário por parte da indústria, a matriz de demanda final e a matriz de insumos primários (SUH e HUPPES, 2002).

representam contas, em que cada transepto ou conta tem sua própria linha e coluna. Os tipos de contas encontradas envolvem: contas de atividades e produção, contas de produtos (*commodities*); contas de fatores; contas de instituições (famílias, firmas, governo); contas de capital; e uma conta representativa das relações da economia doméstica com outras nações, chamada conta Resto do Mundo (RM) (SADOULET e De JANVRY, 1995).

As tabelas de Recursos e Usos foram desenvolvidas por Richard Stone, o que o levou a receber, após os trabalhos desenvolvidos para desenvolvimento das Matrizes de Contabilidade Social, o prêmio Nobel em 1984 (SUH e HUPPES, 2002).

A tabela de Recurso ou Matriz de Produção, definida como **V** (*Supply Table* ou *Make Table*, na língua inglesa), descreve o produto da indústria (valor monetário absoluto) para diferentes produtos (GRIJÓ e BERNI, 2006; SADOULET e De JANVRY, 1995). A matriz **V** é construída em dimensões de indústrias na coluna por produtos (*commodities*) nas linhas, conforme Anexo II (MILLER e BLAIR, 2009), cujos valores encontram-se a preços básicos (GUILHOTO, 2011).

Já a tabela de Usos ou matriz de Absorção, definida por **U**, possui informações de consumo intermediário das indústrias e demanda final⁵ (colunas formadas pelas instituições indústria, famílias, e governo com as linhas figurando os produtos consumidos por cada uma das instituições), além de informações relativas à formação do Valor Adicionado da atividade de cada instituição, conforme Anexo II (SADOULET e De JANVRY, 1995). A matriz de Uso é construída em dimensões de produtos (*commodities*) em linha por indústria nas colunas (MILLER e BLAIR, 2009). Seus valores são divulgados a preços de mercado⁶, o que inclui o preço básico acrescido dos valores de importação, impostos indiretos líquidos e margens de comércio e transporte. Esses valores devem ser transformados em preços básicos para formação da matriz de insumo-produto (GUILHOTO, 2011).

Em ambas as matrizes de Recursos e Usos, o vetor do produto total da indústria **x** pode ser obtido, sendo igual a soma das colunas na matriz **U** e a soma das linhas na matriz **V**. Da mesma forma, o vetor produto total de commodities **q** também é obtido nas duas matrizes, mas agora proveniente da soma das colunas na matriz **V** e da soma das linhas na matriz **U**. A

⁵ Os principais componentes da demanda final são usualmente o consumo das famílias, compras do governo, o investimento feito pelo capital doméstico e o resultado líquido das exportações de bens e serviços (MILLER e BLAIR, 2009).

⁶ As matrizes de insumo-produto de muitos estudos apresentam os fluxos monetários a preços de produtores (chamado *free-on-board* - FOB), cuja valor inclui também as margens de transporte e comércio. Por esse motivo, é de boa prática acrescentar uma coluna nas transações interindustriais para o comércio e para o transporte. Dessa forma, a soma de todos os insumos medidos a preços de produtores é acrescida do valor de todas as margens de comércio e transporte para se obter o valor do insumo a preços de consumidores (MILLER e BLAIR, 2009).

partir do vetor de demanda final e , do vetor transposto do valor adicionado total dos insumos como v' e o vetor coluna de números "1" (i), é possível estabelecer as identidades das Equações 12 a 15 (MILLER e BLAIR, 2009).

$$q = U_i + e \quad (\text{eq. 12})$$

$$x' = i'U + v' \quad (\text{eq. 13})$$

$$x = Vi \quad (\text{eq. 14})$$

$$q' = i'V \quad (\text{eq. 15})$$

A SAM pode também ser tratada como uma generalização do Sistema de Contas Nacionais⁷ (SCN), cujo fundamento encontra-se no fluxo circular da renda e do consumo (MILLER e BLAIR, 2009) (Figura 1).

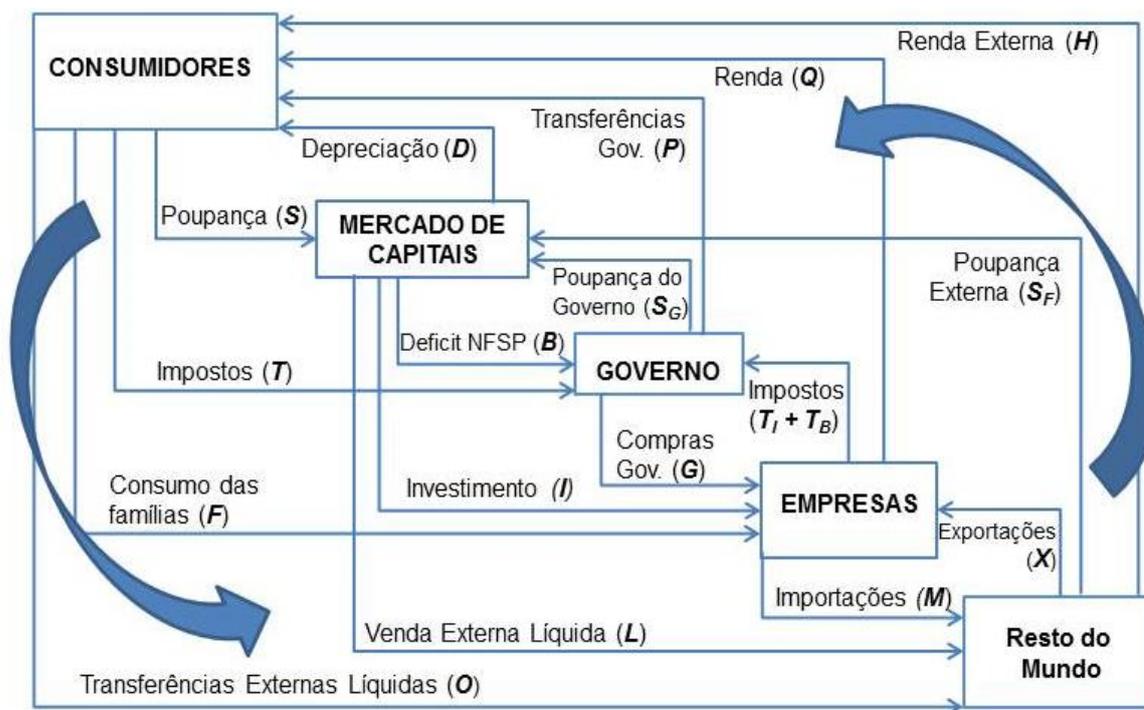


Figura 1. Fluxo Circular da Renda e do Consumo.

Onde: F = consumo total de bens e serviços da economia; I = investimento total em bens de capital, também chamado de formação bruta de capital fixo (FBKF); X = total das exportações de bens e serviços; G = gastos do governo; Q = renda total gerada na economia; D = depreciação ou consumo de bens de capital; H = renda gerada externa; S = poupança total; M = importação total de bens e serviços; O = transferências de capital externas; L = venda líquida de recursos externos; T = tributação direta total dos consumidores; B = déficit do governo; S_G , poupança do governo; S_F = poupança externa; P = transferências governamentais de seguridade e bem-estar social.

Fonte: Síntese de fluxogramas a partir de Miller e Blair (2009: 122-128).

⁷ No SCN vigora o método corresponde ao sistema contábil de partidas dobradas (TOURINHO et al., 2006), que define um dos princípios do sistema que também conta com as seguintes restrições: o produto deve ser igual a demanda, os gastos (despesas) iguais a renda, todo produto da indústria é valorado a preços de mercado ou preços de venda (*FOB*), evitar dupla contagem de bens intermediários, não há inclusão de ganhos e perdas de capital por alterações nos preços relativos (MILLER e BLAIR, 2009).

A Figura 1 descreve o fluxo monetário usando as variáveis e convenções definidas no SCN. A partir desses fluxos são estabelecidas as identidades macroeconômicas (MILLER e BLAIR, 2009). Considerando a origem no modelo de insumo-produto, a SAM segue então a mesma proposição matemática e os princípios construtivos da MIP. O conceito básico consiste na indústria consumir produtos de várias outras indústrias em proporções fixas para produzir um único e distinto produto (TUKKER et al., 2006).

Os grupos de produtos preservam certa homogeneidade em relação à origem e destino e os setores agregam estabelecimentos com estrutura produtiva e de consumo intermediário relativamente homogêneo (GRIJÓ e BÊRNI, 2006).

Essas são as hipóteses de proporcionalidade e homogeneidade, respectivamente, dos produtos de uma determinada atividade da MIP. Cada atividade forma, então, uma conta, representada por uma linha na estrutura matricial da MIP (FEIJÓ et al., 2008; SADOULET e De JANVRY, 1995).

A ampliação promovida pela SAM acrescenta as relações econômicas entre as instituições da sociedade (famílias, empresas, governo e o resto do mundo) ao modelo de insumo-produto descrito em Leontief (1986). A SAM é um modelo representativo das relações econômicas realizadas entre setores industriais⁸, e envolve também as transferências interindustriais de renda. A estrutura da MIP, setor por setor, distingue a demanda final (famílias) do consumo intermediário (indústrias), bem como o papel das famílias na geração do fator de produção trabalho, caracterizado como o valor adicionado das famílias (MILLER e BLAIR, 2009).

A conta Consumo de bens e serviços (C) foi desagregada em: **U** = uso total de bens e serviços pelas firmas; **F** = consumo final de bens e serviços pelas famílias; e **V** = valor adicionado de insumos consumidos pelas firmas. A expansão alcançada na matriz com a adição de contas institucionais (linhas e colunas) a MIP original é comumente chamada de MacroSAM (MILLER e BLAIR, 2009). A circulação da renda é observada nas setas da Figura 2, representativas do fluxo monetário de cada setor-atividade-entidade na linha para a correspondente instituição contida na coluna, a qual faz uso do fluxo de bens-serviços ou fatores adquiridos com aqueles recursos no decorrer de um ano (TOURINHO et al., 2006).

⁸ Setor industrial é definido aqui no conceito neoclássico. Indústria é o conjunto de empresas produtoras de determinada mercadoria, de forma que a cada indústria corresponde a um mercado. Outro conceito mais abrangente a define como o grupo de empresas voltadas para a produção de mercadorias substitutas próximas entre si, fornecidas a um mesmo mercado (KUPFER e HASENCLEVER, 2002).

Figura 2. SAM na forma matricial e seu fluxo circular da renda e do consumo.

	Prod.	Cons.	Cap.	RM	Govn.	Fam.	VA
Produção (Prod.)	↓	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>X</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	
Consumo (Cons.)	<i>Q</i>	←	<i>D</i>	<i>H</i>			
Capital (Cap.)			↓	<i>S_F</i>	<i>S_G</i>	<i>S</i>	
Resto do Mundo (RM)	<i>M</i>		←	<i>L</i>		<i>O</i>	
Governo (Govn.)	<i>T_B</i>	<i>T_I</i>	<i>B</i>			<i>T</i>	
Famílias (Fam.)					<i>P</i>		<i>W</i>
Valor Adicionado (VA)		<i>V</i>					

Fonte: Modificado a partir de Miller e Blair (2009) e Tourinho et al. (2006).

Uma leitura expressa da SAM pode ser feita por meio tanto das colunas (denotam a origem dos pagamentos) como das linhas (denotam o destino dos pagamentos realizados nas transações econômicas representadas). O equilíbrio do SCN é obtido a partir do encontro de contas, representado pelas identidades macroeconômicas do Produto (Equação 16), do Consumo (Equação 17), da Acumulação de Capital (Equação 18), do Balanço de Pagamentos (Equação 19), da Conta Governo (Equação 20), da Conta das Famílias (Equação 21) e da Conta Valor Adicionado, encontro de contas onde o valor adicionado (**V**) é igual ao patrimônio líquido (**W**) (Equação 22). Essas identidades estão representadas nos fluxos de renda da Figura 2 (MILLER e BLAIR, 2009) e representam o critério de consistência para a SAM (TOURINHO et al., 2006).

$$Q + M + T_I = U + F + I + X + G \quad (\text{eq. 16})$$

$$U + V + T_B = Q + D + H \quad (\text{eq. 17})$$

$$I + D + L + B = S + S_G + S_F \quad (\text{eq. 18})$$

$$X + H + S_F = M + O + L \quad (\text{eq. 19})$$

$$G + P + S_G = T + B + T_B + T_I \quad (\text{eq. 20})$$

$$P + W = F + T + S + O \quad (\text{eq. 21})$$

$$V = W \quad (\text{eq. 22})$$

As matrizes de Recursos e Usos compreendem a demanda intermediária da indústria e representam a estrutura de relacionamento interindustrial da economia, tratada como endógena ao modelo SAM. Enquanto a demanda final e as demais contas institucionais da SAM são exógenas ao modelo.

Dessa forma, verifica-se que a SAM é uma combinação de dados monetários que consolidam indicadores de crescimento econômico e distribuição de renda em uma plataforma

coerente de contas (WONG et al., 2009), construindo uma ponte entre a análise macroeconômica e microeconômica dos impactos de políticas implementadas via comportamentos econômicos dos agentes atendidos nesses programas (ROUND, 2003).

O importante a considerar na modelagem da SAM e, por sua vez, na análise insumo-produto é que a produção setorial é completamente induzida por variações na demanda. Isso implica na percepção de que há capacidade produtiva ociosa, dado que um aumento na demanda levará sempre a um aumento na produção, sem aumento de preços no mercado. Portanto, é oportuno destacar que a análise insumo-produto é mais útil como indicador dos potenciais efeitos de ligação para frente e para trás de determinados setores da economia *vis-à-vis* choques de demanda (SADOULET e De JANVRY, 1995).

Essas mudanças na demanda podem ser inseridas por meio de programas de governo, quando mudanças marginais em variáveis exógenas são implementadas. Para realizar essa intervenção de forma consistente sob o aspecto econômico, duas condições devem ser satisfeitas: disponibilidade de capacidade produtiva ociosa; e ocorrência de desemprego da força de trabalho (TOURINHO et al., 2006).

Tais condições podem ter outra abordagem, estabelecendo-se o seguinte pressuposto chave: atividades produtivas são endógenas e induzidas por mudanças na demanda, o que se reflete em assumir a existência de excesso de capacidade produtiva da economia; e subutilização dos fatores de produção (ROUND, 2003; SADOULET e De JANVRY, 1995).

3. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL E CLIMÁTICA DO BRASIL

São abordados no capítulo os aspectos conceituais da matriz de contabilidade social, discorrendo também sobre os problemas de classificação e compatibilização de produtos e setores adequados aos objetivos do presente trabalho, bem como sobre os procedimentos necessários para agregação dos setores na SAM. Por fim, são realizadas reflexões a cerca da aplicabilidade da SAM para construção do modelo analítico de implementação de esquema de tributação com fins de controle das emissões de GEE para o Brasil. Trabalho semelhante é realizado em Montoya et al. (2014) para o setor energético.

Para se adequar à estrutura de agregação dos setores produtivos definidos pelo IPCC, faz-se necessário aplicar manipulações da álgebra linear que possibilitem construir SAMs capazes de modelar a implementação de instrumentos econômicos de gestão da Política Climática. No entanto, a construção da SAM é apenas um passo no sentido de se obter a matriz de Leontief, base para obtenção de uma terceira matriz de multiplicadores econômicos. Esta última, portanto, representa os elos de ligação intersetoriais de produção, consumo e distribuição de renda utilizados na modelagem econômica.

3.1 Modelagem insumo-produto com objetivos de clima

Instituições públicas e privadas vêm buscando alternativas mais custo-efetivas para condução das políticas climáticas, inclusive com o uso do tributo Pigouviano⁹. Trata-se de ampliar a utilização de políticas instrumentais que dão suporte à política econômica [(fiscal, trabalhista, monetária e externa, conforme classificação de Roura et al. (1997)], no sentido de se obter resultados ambientais como a implementação das políticas climáticas. É uma forma de se obter o chamado “*double dividend*”¹⁰.

É importante lembrar no entanto que para se alcançar reduções mais expressivas nas emissões de GEE, o imposto deve incidir sobre produtos intensivos em CO₂. Essa escolha resulta, em grande medida, devido a sua preponderante contribuição para o aquecimento

⁹ O tributo Pigouviano é um imposto sobre a emissão de poluentes que atribui um preço apropriado para a poluição. Os agentes econômicos internalizam os custos sociais decorrentes da atividade poluidora, conhecido como taxa Pigouviana, ou solução Pigouviana (BAUMOL e OATES, 1988). É a tributação de emissões ou preço sombra do recurso ambiental equivalente ao dano ambiental marginal doméstico (RAUSCHER, 2003).

¹⁰ Termo amplamente difundido na economia como duplo dividendo, quando retornos econômicos são obtidos a partir da implementação de uma taxa: o primeiro dividendo resulta do aumento da receita pública, e um segundo dividendo associado às mudanças de comportamento ambiental (redução de emissão de poluentes) por parte dos agentes econômicos.

global, além de sua persistência no ar, pois cerca de 15% a 40% do CO₂ emitido hoje permanecerá na atmosfera pelos próximos 1.000 anos. Essas são as razões da implementação de políticas climáticas no mundo em torno principalmente do CO₂ (IPCC, 2013).

Há na literatura que analisa os efeitos das mudanças climáticas uma intensa utilização dos modelos de equilíbrio geral (MEG) da economia, cuja base está fundamentada no tradicional modelo de insumo-produto (MIP) e na matriz de contabilidade social (normalmente chamada de SAM – *Social Accounting Matrice*, em inglês). No Brasil, o número de trabalhos que se utilizam do MEG para esses fins só tem aumentado, o que conta inclusive com uma série de modelos modificados e aplicados ao caso brasileiro¹¹.

Como bem ressalta Wills (2013), há cerca de 50 modelos de MEG aplicados a casos em todo o mundo construindo cerca de 700 cenários distintos, todos eles testados e validados pelo Painel Intergovernamental para Mudança Climática (IPCC).

Portanto, é incessante a tentativa de prospectar as mudanças climáticas em escala global, bem como sob a perspectiva brasileira, numa contínua verificação das alternativas econômicas viáveis para redução das emissões de GEE. A literatura já mencionada revela que as SAMs utilizadas compreendem muitas vezes até 15 anos de defasagem em relação ao ano do estudo. A justificativa é que mudanças estruturais levam longos períodos de tempo para ocorrer, o que permite obter resultados confiáveis mesmo com essa defasagem.

Em contraponto a essa visão mais estacionária da evolução tecnológica, a visão neo-shumpteriana da firma postula que a inovação vem ocorrendo em intervalos de tempo cada vez menores. Assim, é importante, sempre que possível, adequar a base de dados utilizadas nesses modelos de forma a melhor refletir a estrutura econômica na qual se deseja intervir.

Como consequência, a construção de novas matrizes que reflitam melhor a condição estrutural da economia brasileira se torna preponderante para obtenção de melhores resultados. Nesse sentido, o presente capítulo reutiliza o método tradicional de análise insumo-produto para desenvolver uma SAM expandida, bem como o vetor de emissão de CO_{2eq} atribuídos aos setores selecionados. A SAM e o vetor constituem-se na base de dados a ser empregada na análise de políticas fiscais com objetivos de controle das emissões de GEE.

O trabalho envolve a geração da SAM, ano base 2009, a partir da matriz de insumo-produto disponibilizada por Guilhoto e Sesso Filho (2010; 2005), bem como dados de

¹¹ A literatura brasileira envolvendo aplicações em MEG começa a se ampliar: Magalhães e Domingues (2013), Wills (2013), Lefevre (2012), Chen e Timilsina (2012), Domingues et al. (2010), Moraes (2010), Ferreira Filho e Rocha (2007), Guilhoto e Seroa da Motta (2002), Haddad e Domingues (2001).

emissão de GEE da 2ª Comunicação Nacional e estimativas de emissões do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTIC, 2013; BRASIL, 2010).

3.2 Matriz de insumo-produto do Brasil (MIP 2009) para modelos de clima

Para alcançar o objetivos do trabalho é necessário que informações provenientes dos Inventários de Emissões de GEE sejam integradas às contas da matriz de relações econômicas do modelo. Entretanto, daí emerge um problema, compatibilizar os 56 setores da MIP 2009 (GUILHOTO e SESSO FILHO, 2010; 2005) com os 6 (seis) setores presentes nos inventários (energia, processos industriais, uso de solventes e outros produtos, mudança de uso do solo, agropecuária e tratamento de resíduos).

A solução é a realização de ajustes por meio de agregação dos 56 setores da MIP 2009, realizada com a formação de 11 setores da economia (Apêndice I). Trata-se de um procedimento já consagrado na literatura, que contorna os possíveis riscos de perda da identidade da fonte emissora de GEE¹², caso se optasse por adequar por meios de procedimentos de agregação-desagregação os dados dos inventários de emissões de GEE. Estes já obrigatoriamente padronizados pelo órgão técnico em mudança do clima da ONU, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês).

Assim, a agregação da MIP 2009 seguiu experiência anterior realizada em Grottera (2013). Contudo, a agregação realizada no presente trabalho partiu diretamente da matriz setor por setor do trabalho de Guilhoto e Sesso Filho (2010) e ampliou o modelo de SAM de 8 setores para 11 setores da economia, haja vista os dados disponibilizados em MCTIC (2013) e BEN (2010), conforme Apêndice I e descrito em Toledo Neto et al. (2017).

Procedimento semelhante, mas voltado à desagregação, é realizado em IBGE (2008) para o cálculo da produção de alguns produtos na MIP 2005. O instituto faz uso da proporcionalidade do valor total da produção da atividade para desmembrar em duas, determinada conta da matriz insumo-produto. Esse método de desmembramento é empregado na MIP 2009, também com o objetivo de compatibilizar as contas da matriz aos setores dos inventários de emissões de GEE.

¹² A identidade da fonte emissora decorre das propriedades físicas dos processos industriais e de consumo, que caracteriza as atividades de cada um dos setores econômicos. Assim, é importante manter a desagregação dos setores emissores de GEE de acordo com o processo físico que gera o gás (queima de combustíveis fósseis, combustível de biomassa, fermentação entérica, mudança de uso do solo, fermentação entérica, etc.). Para maiores detalhes, ver IPCC (2013).

Dessa forma, os setores de “Agropecuária” e “Floresta” foram obtidos a partir do desmembramento das atividades “Agricultura, silvicultura, exploração florestal” e agregação ao setor “Pecuária e Pesca”, o que resultou na divisão dos fluxos monetários de produtos agropecuários e produtos florestais. A proporcionalidade foi obtida a partir da tabela de Produção (Recursos) de Guilhoto e Sesso Filho (2010). Seus valores apontam para uma participação do produto de “Exploração florestal e da silvicultura” de 7,94% do total dos produtos agropecuários e florestais. Em contrapartida, a diferença de 92,06% é, portanto, a participação dos produtos agropecuários, incluído também o setor pesqueiro.

Outra conta desmembrada foi de “Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana”, seccionada nas contas “Eletricidade”, “Gás de cozinha” e “Água, esgoto e limpeza urbana”. A proporcionalidade empregada foram as mesmas utilizadas em Grottera (2013) com 74,2% do total da conta relativa à “Energia - Eletricidade”, 7,4% referente à “Gás residencial e comercial”, que será incluída em “Energia – Energético”, bem como de 18,4% relativo à componente “Água, esgoto e limpeza urbana” que foi definido na SAM de 2009 como setor de “Abastecimento de Água e Resíduos”.

Os setores disponíveis na MIP de 2009 permitiram desmembrar o setor de “Energia” nos seguintes subsetores, envolvendo fontes primárias e secundárias de energia: Petróleo e Gás Industrial, Refino de Petróleo e Coque, Álcool, Gás Residencial e Comercial, e Eletricidade (centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras).

O setor de “Transporte” compreende as atividades de transporte de carga e passageiros, armazenagem e correio.

O setor “Industrial” compreende todas as atividades de manufatura, o que compreende várias atividades como a mineração, indústria extrativa, alimentos e bebidas, têxtil, celulose e papel, metalurgia, entre outras.

O setor de “Serviços” compreende todas as atividades em torno da prestação de serviços como educação, saúde, manutenção e reparo, intermediação financeira, informação, administração pública, dentre outros.

Após esses procedimentos, o trabalho de compatibilização das contas da MIP de 2009 é concluído. O fechamento da matriz acontece com a agregação das linhas de Produto Nacional, Importações, Impostos diretos e indiretos, remunerações, excedente operacional bruto, valor adicionado a custo de fatores, outros impostos sobre a produção, valor adicionado bruto (PIB) e o valor da produção e pessoal ocupado. Nessas linhas, também foi realizada a

agregação por setores na forma descrita acima, o que resultou na MIP de 2009 agregada (Apêndice III).

Esses procedimentos de compatibilização, como já mencionado, são uma solução para o problema de classificação descrito em Grijó e Bêni (2006). Esse problema motivou a desagregação do Setor de Energia, a fim de aumentar o número de setores da MIP agregada e reduzir o viés proporcionado pelo procedimento de agregação, o que ampliou para 11 setores na MIP 2009. Esses resultados foram checados quanto ao grau de viés inserido no modelo em decorrência desses procedimentos, também chamado de viés de agregação (MILLER e BLAIR, 2009).

Antes de apresentar a SAM na próxima seção, cabe destacar que os setores emissores compreendem as categorias descritas no Apêndice I. Essa estrutura foi definida no âmbito do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC) por uma série de instrumentos normativos. O objetivo é orientar os países para que formulem as comunicações ao IPCC de forma padronizada quanto aos setores emissores (UNFCCC, 2008).

3.3 Uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil ano base 2009

A SAM obtida no presente trabalho foi construída a partir da matriz de insumo-produto de 2009 para o Brasil¹³ (MIP de 2009), elaborada nos trabalhos de Guilhoto e Sesso Filho (2010, 2005), do Sistema de Contas Nacionais (IBGE, 2008a) e da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) (IBGE, 2010).

A MIP de 2009 foi obtida por esses autores com base em uma proposta metodológica que utiliza as tabelas de Produção e de Recursos e Usos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008b) divulgadas provisoriamente. Contudo, os valores da tabela de Usos são divulgados sob o formato de preços de mercado (preços ao consumidor). Assim, para ser tratado em conjunto, esse formato precisa ser modificado de modo a segregar os valores das margens de transporte e comércio, dos impostos pagos e aqueles relativos a *dummy* financeira, conforme Guilhoto e Sesso Filho (2005).

A metodologia empregada sobre essas tabelas provisórias conduziu a resultados que não apresentam divergências significativas em relação aos dados testados para 1994 e 1996, comparados à versão definitiva do IBGE.

¹³ A MIP 2009 é disponibilizada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana (NEREUS) da Universidade de São Paulo, no sítio: <http://www.usp.br/nereus/?dados=matriz-inter-regional-de-insumo-produto-sao-paulo-2009-do-brasil-1996>.

Sobre o método, é oportuno destacar o tratamento conferido a duas questões: o produto “intermediação financeira e seguro” e a determinação das importações e respectivo imposto de importação. Seus valores são tratados à parte e retirados da matriz de consumo intermediário, bem como do total das atividades e demanda total, para então serem determinados os valores relativos às margens de comércio-transporte e demais impostos.

Guilhoto e Sesso Filho (2010, 2005) disponibilizaram uma *proxy* da estrutura industrial brasileira, representada pelas matrizes de insumo-produto com tecnologia setor por setor do Brasil para 2009. A partir disso, a construção da SAM, a preços básicos de 2009, partiu de uma matriz-insumo produto tratada em uma sequência de procedimentos:

1. Compatibilização dos setores da MIP 2009 (agregação de atividades) e determinação do viés de agregação com 11 setores da economia;
2. Agrupamento dos 3 fatores de produção (trabalho, capital e terra) e dos 7 tipos de família;
3. Acréscimo das demais instituições ao modelo e construção da SAM, empresas, governo e resto do mundo;
4. Determinação de uma SAM a partir do equilíbrio de contas macroeconômicas aplicados ao modelo; e
5. Determinação do vetor setorial de emissão de CO_{2eq}.

A MIP de 2009 ao utilizar os dados do IBGE é uma matriz tecnológica quadrada de setor por setor. Na tecnologia setor por setor, adotada como padrão pelo IBGE, os produtos secundários são tratados como um grupo homogêneo. Nesse modelo, admite-se que alguns produtos tenham sua produção calculada proporcionalmente ao valor total da produção da atividade. A escolha do IBGE é motivada pela adequação desse método para análises de relações intersetoriais¹⁴ (IBGE, 2008).

3.2.1 Determinação da SAM de 2009

Como bem destacado na literatura¹⁵, há diversas formas de SAM, empregadas nos mais diversos contextos e escalas. Nesse contexto, a prioridade é a desagregação das instituições alvo, especialmente as famílias, essenciais para questões relacionadas ao planejamento do desenvolvimento (PYATT e ROUND, 1985).

¹⁴ Em contrapartida, os modelos de insumo-produto baseados na tecnologia produto por produto são mais direcionados a mercados específicos (MILLER e BLAIR, 2009).

¹⁵ (GUILHOTO, 2011; MILLER e BLAIR, 2009; FEIJÓ et al., 2008; TOURINHO et al., 2006; SADOULET e De JANVRY, 1995).

Os modelos apresentados por Pyatt e Round (1985) são um exemplo da necessária customização da base conceitual da matriz insumo-produto aplicada às idiosincrasias das diversas economias nacionais. Tais objetivos, por sua vez, definem as prioridades do modelo, o que reflete como os procedimentos de desagregação dos fluxos monetários consolidados nas identidades macroeconômicas estabelecidas no modelo são desenvolvidos e testados. Essa é uma característica que aproxima os diversos trabalhos de análise insumo-produto, caracterizando todos eles.

Desse modo, construir uma SAM consiste em complementar as tabelas da MIP, desagregando o consumo das famílias segundo o nível de renda das mesmas, o pagamento dos setores aos chefes de família (pessoas que estabelecem o vínculo como setores produtivos) e empresas (URANI et al., 1994).

A escolha da forma mais adequada de desagregação é um processo árduo de definição de prioridades em detrimento da multiplicidade de informações disponíveis. Nesse contexto, o presente trabalho dedica-se a determinar os efeitos econômicos sobre famílias, setores produtivos e sobre o emprego, gerados pela tributação Pigouviana, bem como as alternativas de política orçamentária que conduzam a uma carga tributária líquida nula. O presente trabalho dedica-se a desagregar os fluxos monetários apresentados no fluxo circular da renda das instituições “famílias” e dos fatores “trabalho”, “capital” e “terra”, seguindo os métodos descritos na literatura supramencionada.

Destaca-se que as instituições “empresas” e “governo” não serão aqui desagregadas, bem como não serão criadas entidades específicas para tratar os efeitos da tributação Pigouviana sobre a mão-de-obra. Para os objetivos do trabalho, o tratamento dessas instituições sob a forma agregada é suficiente para determinar a progressividade ou regressividade do tributo Pigouviano.

Assim, os objetivos do trabalho se concentram mais em explicar se é possível estabelecer um esquema de tributação que não altere o padrão distributivo da política fiscal atualmente em operação no Brasil. A mensagem que o tributo deve passar às famílias é no sentido de iniciar um processo de mudança de comportamento de consumo, especificamente no que se refere aos produtos e serviços intensivos em carbono.

Portanto, a construção da SAM aqui proposta consiste basicamente na realização do equilíbrio dos fluxos monetários de todas as contas da MIP 2009 agregada, após a desagregação dos fatores de produção (“trabalho” e “capital” e “terra”), a adição de classe

para a entidade “famílias” (**HH**), e a manutenção das contas que representam as entidades “empresa” (**ENT**), “governo” (**GOV**) e “resto do mundo” (**RM**).

Antes de iniciar a descrição da SAM e sua construção, é importante mencionar que o processo de construção envolve a solução de três problemas¹⁶ (URANI et al., 1994):

1. primeiro, a desagregação do valor adicionado entre os grupos socioeconômicos (famílias, empresas, trabalhadores e governos);
2. segundo, a desagregação do consumo das famílias em classes de renda; e
3. terceiro, a compatibilização entre as classes de renda das famílias utilizadas na mensuração, sob o aspecto do consumo e da renda.

Outra fonte importante de problema são as incertezas envolvidas com os dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF 2008-2009), POF 2009 para facilitar (IBGE, 2010), comuns no processo de geração e tratamento dos dados dessa natureza. Entre os quais: a POF tem por base uma amostra que se altera por meio de transformações nos domicílios permanentes pesquisados, tendo em vista a longa duração dos diferentes períodos de coleta de dados (sete dias, 30 dias, 90 dias e 12 meses); cortes nos dados originais são realizados para o tratamento de *outliers* e o tratamento da não resposta nos questionários; e por fim as dificuldades de apuração de valores individuais em despesas de baixo valor, como produtos de limpeza e produtos *in natura* (feira).

Entretanto, no que se refere à mensuração da renda, a PNAD se sobressai no quesito distorção da renda¹⁷. Já a POF se mostra mais fidedigna às reais dimensões desse agregado se comparado aos dados provenientes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Em uma comparação de ambas as pesquisas com os valores obtidos no Sistema de Contas Nacionais (SCN), a POF se mostrou praticamente igual ao SCN, e a PNAD apresentou um subestimação de 27% em relação ao SCN (BARROS et al., 2008: 250).

As discrepâncias entre censos, PNADs e POFs são por vezes de cunho amostral, conceitual e no que tange ao tratamento dos dados. Portanto, em decorrência do desenho de cada uma, serão produzidos sem dúvida números que não são diretamente comparáveis, os

¹⁶ Esses problemas são semelhantes às situações problema vivenciadas para construção da MIP de 2009 MIP no formato setor x setor (Apêndice III), conforme já descritos anteriormente, problemas da classificação e compatibilização de dados.

¹⁷ É importante destacar que a PNAD, conforme divulgada para o ano de 2009 em IBGE (2009) é uma excelente fonte de pesquisa, o que se discute é unicamente as discrepâncias existentes com o SCN e a compatibilidade dos dados que são extraídos das pesquisas que mais atendem aos objetivos do modelo proposto no trabalho. Lembrando que a prioridade é utilizar dados que melhor se relacionem com o SCN, que baseia a formulação da SAM. Só para ilustrar a solidez da PNAD, o universo de domicílios representados em seus dados atinge a marca de 112 mil domicílios *vis-à-vis* os 56 mil pesquisados na POF (FERREIRA de SOUZA, 2013).

quais podem ser tratados e harmonizados no sentido de uma confluência de resultados (FERREIRA de SOUZA, 2013).

Outro teste de confiabilidade foi realizado no trabalho de Silveira (2010) que comparou os dados da POF 2002-2003 com os registros administrativos dos tributos, benefícios, contribuições, auxílios e programas de transferência de renda. Os resultados mostram que a POF cobre cerca de 69% das transferências de renda (aposentadorias, pensões e transferências sociais), cerca de 96% da previdência oficial, 92% do total dos tributos diretos sobre a renda e 74% dos tributos indiretos.

Diante dessas questões, a construção da SAM 2009 inicia-se com a descrição das componentes de cada conta, a cada linha-coluna, o que envolve o ajuste dos dados provenientes do SCN (IBGE, 2011) e da POF 2009 (IBGE, 2010), de modo a respeitar as identidades macroeconômicas e os princípios do modelo MIP de Leontief.

As contas da SAM podem ser divididas em Contas Correntes e Contas de Acumulação. As contas correntes envolvem as contas de produção e de renda, o que integra também as relações da economia em estudo com o resto do mundo. A conta de acumulação abrange os fluxos da Poupança Bruta que financia os investimentos. As contas de Renda sistematizam a geração da renda. São subdivididas em Distribuição Primária da Renda (geração de renda e alocação da renda), a Distribuição Secundária da Renda (trata das transferências e consolidação da renda nacional disponível bruta) e o Uso da Renda, alocada no consumo e em poupança (FEIJÓ et al., 2008).

A seguir procedemos com uma descrição mais detalhada das contas da SAM, para concluir com a desagregação das famílias, tornando-as endógena ao modelo, e por fim a apresentação da SAM desagregada (Apêndice IV).

As primeiras linhas e colunas contêm os 11 setores produtivos agregados obtidos na seção anterior, compostos pela Agropecuária, Florestas, Energia (Petróleo e Gás Industrial, Refino e Coque, Álcool, Gás Residencial e Comercial e Eletricidade), Resíduos e Água, Transporte, Indústria e Serviços. Seus valores representam nas linhas: as receitas obtidas por cada setor a partir das vendas realizadas aos setores contidos nas colunas; a demanda final de produtos, proveniente do consumo de famílias (**HH**), do governo (**G**), das empresas (**ENT**), de instituições sem fins lucrativos a serviço das famílias (**ISFLSF**) e do resto do mundo (exportações - **X**); a formação bruta de capital fixo (Investimento - **FBKF**); e a variação dos estoques (**ΔE**).

Em contrapartida, os valores das colunas são constituídos por: despesas realizadas nas aquisições de insumos pelos setores para a produção total do Consumo Intermediário, inclusive importações; despesas relativas aos impostos sobre produtos, trabalhistas e sobre o comércio da produção dos setores; o excedente operacional bruto, resultante do valor adicionado deduzido das remunerações, do rendimento misto, dos impostos líquidos de subsídios incidentes sobre a produção; e o valor adicionado, valor que cada setor agrega ao produto interno bruto fruto do seu processo produtivo.

No presente trabalho, os fatores de produção descritos reúnem “trabalho”, “capital” e “terra”, cujos valores resultam do somatório de algumas contas da MIP de 2009 e indicam os rendimentos relativos ao aluguel dos fatores produtivos, repassados às famílias, empresas e governo.

As linhas que compõem os fatores de produção são também chamadas de contas de geração de renda, ou seja, as contas responsáveis pelo valor adicionado da produção, componentes do PIB na ótica da remuneração dos fatores (FEIJÓ et al., 2008; IBGE, 2008b).

A linha do fator “trabalho” representa o valor das rendas auferidas a partir do seu emprego nos setores produtivos para geração do valor adicionado [Produto Interno Bruto (PIB) a custo de fatores], acrescida das rendas recebidas do exterior (**H**), resultantes também do fator “trabalho” utilizado fora do país. As linhas dos fatores “capital” e “terra”, da mesma forma trazem o valor das rendas obtidos a partir do emprego desses fatores pelos setores produtivos para geração do PIB.

A coluna do fator “trabalho” mostra os valores das despesas realizadas pelos setores produtivos com as remunerações (salários e contribuições sociais efetivas e imputadas), os impostos pagos sobre o uso deste fator, e os pagamentos ao exterior dos salários de estrangeiros e dos pagamentos, como os *royalties*, devidos pelo emprego de fatores externos na produção doméstica.

A linha do fator “capital” é obtida a partir da soma das contas da MIP de 2009 e do SCN, referentes ao rendimento do excedente operacional bruto, ao rendimento misto bruto¹⁸ e aos relativos aos pagamentos de famílias, empresas, governo e resto do mundo com

¹⁸ Entendido como ganhos recebidos por proprietários de empresas não constituídos em sociedade, pertencentes às famílias, sejam os mesmos trabalhadores por conta-própria (autônomos) ou empregados informais. A referência do termo “misto” reflete a impossibilidade de especificar essa natureza de ganho como resultante do fator “trabalho” ou do fator “capital”. Essa é a forma de apresentação do rendimento misto nos Sistema de Contas Nacionais, sem especificar o fator de origem do rendimento, o que é impróprio para a construção da SAM. Assim é feito um ajuste no valor da linha do fator “capital” presumindo que 22,7% do rendimento misto remuneram o capital e que 77,3% remuneram o trabalho dos profissionais autônomos. Para maiores detalhes, ver Tourinho et al. (2006).

rendimentos de propriedade (juros, dividendos e retiradas atribuídos aos detentores de apólices de seguro).

O excedente operacional é o somatório do lucro bruto das empresas, o que inclui impostos (excluído o imposto de renda), participações nos lucros, taxas, multas, contribuições para fiscais, seguros, depreciações e remessas de *royalties*. Já a coluna do fator “capital” expressa a remuneração deste fator sob a forma de distribuição dos lucros às famílias, de lucros retidos nas empresas e de impostos pagos sobre os lucros obtidos.

A coluna do fator “terra” apresenta a renda gerada pelo seu uso do fator, representado no SCN como um fluxo de pagamento de impostos pela renda auferida, o que é transferido em pagamentos ao governo. Os autores de Tourinho et al. (2006) afirmam que esses valores são obtidos a partir da segregação dos rendimentos do capital e estimados por meio do produto entre a área total utilizada na agropecuária e o valor médio do arrendamento da terra.

Pode-se afirmar que ao utilizar o preço da terra exercido em São Paulo, possivelmente estaríamos superestimando o valor da renda desse fator. Em Tourinho et al. (2006), o valor de R\$ 47,73 bilhões foi obtido, utilizando-se dados para todo o Brasil de 2003. No entanto, os autores desconsideraram o fluxo representado no SCN de pagamento das famílias e empresas ao governo, e inserem na SAM, desenvolvida para 2003, somente a distribuição da renda do arrendamento de terra como receita de famílias e empresas. Coerente com a realidade do setor, mas desconsidera o fluxo monetário de R\$ 11,3 bilhões a preços correntes de 2003, pagos por famílias e empresas ao governo pela renda da “terra”.

A princípio, esses pagamentos só podem envolver os ganhos de capital pela transmissão de propriedade, haja vista que os pagamentos relativos ao imposto de renda sobre a atividade agropecuária já possuem linha própria no detalhamento das Contas Econômicas Integradas (CEI).

Assim, verifica-se que as CEI 2009, ao isolarem os fluxos de renda provenientes do fator “terra” do agregado de “Rendas de propriedade”, também deveriam apresentar o fluxo de renda no sentido contrário fruto dos arrendamentos. Dessa forma, manteria o padrão de apresentação das demais contas da CEI, nas quais todos os fluxos atinentes a determinado objeto têm seu registro contábil como receita (lado esquerdo) ou como despesa (lado direito).

Portanto, o SCN não apresenta o fluxo de pagamentos das famílias e empresas para as famílias e empresas, proprietárias das terras arrendadas para a Agropecuária. O procedimento adotado em Grottera (2013) também desconsiderou o arrendamento, e foi pela utilização de R\$ 16,74 bilhões para o valor da renda do fator “terra”, divulgado em IBGE (2011).

Para 2009, o valor da renda auferida por famílias e empresas pelo aluguel do fator “terra” seria de R\$ 29,24 bilhões. Nesse ano, também há disponibilidade de dados relativos aos preços de arrendamento em dinheiro praticados em São Paulo para lavoura e pastagem¹⁹. Pelo método aplicado em Tourinho et al. (2006), o valor total para renda da “terra” em 2009 foi estimado em R\$ 54,88 bilhões, o que é compatível com a evolução dos preços entre 2003 e 2009.

É importante destacar que essas divergências na apuração das rendas auferidas com o fator “terra” refletem na verdade a dinâmica do mercado de terras no Brasil. Além disso, a grande disponibilidade de terras em regiões com infraestrutura já desenvolvida, outro enorme volume de áreas de transição entre áreas com e sem infraestrutura, bem como zonas de fronteira agrícola, dificulta as tentativas de determinar os preços deste fator em nível nacional (FERRO e CASTRO, 2013).

Desse modo, o valor da Renda “terra” seria inserido na SAM 2009 como receita das famílias e empresas no valor de R\$25,64 bilhões, desagregado com base no coeficiente de participação dos impostos diretos na renda média das famílias da POF 2009. Resultante da diferença entre o valor dos arrendamentos e o valor pago pelas famílias e empresas ao governo, essa abordagem preservaria a coerência das contas do SCN, além de integrar os fluxos de arrendamento ao cômputo geral, ainda que repleto de incertezas. Portanto, para manter a congruência com o SCN, no qual a MIP de 2009 foi fundamentada, manteve-se na SAM de 2009 o valor de R\$ R\$ 29,24 bilhões como pagamentos ao governo.

Prosseguindo com a descrição da SAM, as linhas das famílias (**HH**) apresentam: rendas obtidas com o aluguel dos fatores de produção “capital” (juros, dividendos e retiradas, e fruto de propriedade de detentores de apólice de seguro) e “trabalho” (salários e contribuições sociais²⁰). Além disso, constam as transferências entre famílias e de empresas para famílias²¹, além das transferências do governo para as famílias²².

¹⁹ O total de lavoura e pastagens utilizadas em 2006 somam cerca de 60,59 milhões de hectares (lavouras temporárias e permanentes), e de 160,06 milhões de hectares (pastagens plantadas e naturais) (IBGE, 2006). O preço médio do arrendamento da terra em 2009 (preços praticados no estado de São Paulo), no valor de R\$ 441,45/ha/ano para lavouras e de R\$ 175,86/ha/ano para pastagens, conforme o IEA (2013).

²⁰ Contribuições privadas para a Seguridade Social, contribuições sociais para previdência privada, e contribuições dos servidores públicos para a Seguridade Social.

²¹ Envolvem os benefícios com constituição de fundo, transferências sociais em espécie, indenizações de seguros não-vida e ajustamento pela variações das participações líquidas das famílias nos fundos de pensões, FGTS e PIS/PASEP.

²² Benefícios de seguridade social em numerário, com constituição de fundos, sem constituição de fundos, de assistência social em numerário, transferências sociais em espécie, indenizações de seguros não-vida e ajustamento pela variação das participações líquidas das famílias nos fundos de pensões, FGTS e PIS/PASEP.

As linhas subsequentes destinam-se a registrar as empresas (**EMP**) com seus rendimentos obtidos do fator “capital” (juros, dividendos e retiradas, e fruto de propriedade de detentores de apólice de seguro). Além disso, transferências diretas das famílias para as empresas (indenizações de seguro não-vida), entre empresas (prêmios líquidos de indenização de seguros não-vida), as transferências diretas do resto do mundo para as empresas, e por fim as transferências diretas do governo para as empresas (prêmios líquidos de indenização de seguros não-vida e relação do governo com o Banco Central).

Após essas instituições, há um grupo de linhas dedicado ao governo (**GOV**), envolvendo as esferas federal, estadual e municipal. As contas desse grupo são formadas por relações tributárias dos governos com as famílias, empresas e entre governos e o resto do mundo. Assim, para melhor representá-las os tributos foram agrupados em impostos diretos e indiretos quanto a sua incidência sobre a produção e importação, sobre produtos (consumo), sobre a renda e propriedade, e quanto ao regime de previdência.

Essas contas de impostos são formadas pelas receitas obtidas sobre a tributação do consumo, do uso da renda e do comércio de produtos, bem como os subsídios concedidos (contabilizados com valor negativo). Além disso, são contabilizados nessas linhas: as transferências diretas das famílias para o governo sob a forma de contribuições sociais efetivas dos empregadores, empregados e dos autônomos, e ainda as contribuições imputadas; as transferências diretas pagas pelas empresas como indenizações de seguro não-vida; as transferências de ajuste das contas do governo do superávit acima e abaixo da linha; bem como as transferências entre governos e as recebidas do resto do mundo.

As contas seguintes são formadas pelas relações com o Resto do Mundo (**RM**). Entre elas, as “Importações” representam na SAM pagamentos para o resto do mundo e os impostos recolhidos com essa finalidade, o que encerra as contas que expressam as transações econômicas de conta corrente do exercício de 2009.

Em contrapartida, se observamos a descrição das colunas dessas instituições (**HH**, **ENT**, **G** e **RM**), seus valores podem ser interpretados como despesas realizadas com o pagamento de impostos e transferências de renda entre instituições, representando a ótica da renda na alocação e distribuição secundária da renda. Estes pagamentos são desagregados entre os sete tipos de famílias, empresas, governo, instituições sem fins lucrativos a serviço das famílias e o resto do mundo.

Por último, a SAM é composta pelas contas de capital, denominadas assim por contabilizarem os fluxos monetários destinados à formação bruta de capital fixo (**FBKF**) e a

variações de estoque das firmas. São descritas como contas poupança por representarem o saldo resultante do consumo e uso da renda pelas instituições que é destinado aos investimentos.

3.2.2 Desagregação das famílias

As famílias e os fatores produtivos (“capital”, “trabalho” e “terra”) são desagregados no sentido de conferir ao modelo de SAM aqui proposto a maior fidelidade possível com a realidade das transações econômicas de 2009. A adição das famílias à estrutura da SAM, em sua forma desagrega, é fundamental para os objetivos do presente trabalho, em especial no que se refere ao consumo final de bens e serviços, cujos efeitos são mais pronunciados sobre as emissões de GEE.

A desagregação é na verdade uma forma de tornar as famílias e esses fatores produtivos endógenos ao modelo de SAM, como afirma Miyazawa (1976: 1), “*as famílias formam mais um setor industrial, no qual o produto é o trabalho e o insumo são os bens consumidos*”²³. Isto é conhecido como fechar o modelo no que diz respeito às famílias, o que pode ser feito em relação a outras entidades como governos, contudo o mais comum é endogeneizar as famílias, haja vista seu peso no conjunto da economia a ser analisada²⁴ (MILLER e BLAIR, 2009).

Após a desagregação das famílias, a SAM resultante representará em suas relações econômicas cerca de 72% da atividade realizada em 2009 no Brasil. Estimativa que compreende o volume financeiro movimentado pelas atividades dos setores produtivos consolidado no consumo intermediário (R\$ 2,26 trilhões), adicionado à demanda final das famílias (R\$ 1,67 trilhão).

Para o trabalho de desagregação, é necessário que se incorpore uma função de consumo multisetorial (y) (Equação 23) às equações lineares de Leontief, expressas na MIP de 2009. É uma forma de inserir a demanda final das famílias como uma variável endógena ao modelo de Leontief aqui proposto, seguindo a metodologia de Miyazawa (1976) sintetizada em Guilhoto (2011). Esta função de consumo é associada também a uma estrutura de

²³ Outro aspecto importante é que a estrutura de distribuição da renda regula o padrão de consumo, o que na verdade consiste no comportamento do dispêndio de vários grupos de renda. Assim, fecha-se o ciclo do fluxo circular da renda e do consumo, como descrito em Guilhoto (2011) a partir de Miyazawa (1976).

²⁴ Há também a situação hipotética em que todas as entidades da MIP são endogeneizadas de modo que o modelo passa a ser chamado de completamente fechado (MILLER e BLAIR, 2009).

distribuição e redistribuição (poupança e transferências) da renda dos fatores, a qual por sua vez apresenta uma relação com a estrutura produtiva predominante no Brasil em 2009.

$$\mathbf{y} = \mathbf{y}^c + \mathbf{y}^e \quad (\text{eq. 23})$$

As demandas de consumo das demais entidades (governo, empresas, investimento e exportações e instituições sem fins lucrativos a serviço das famílias) são agrupadas como consumo agregado de demanda exógena \mathbf{y}^e , vetor ($\mathbf{nx1}$). O vetor \mathbf{y}^c ($\mathbf{nx1}$) compõe a demanda interna de consumo das famílias.

Dessa forma, a função de consumo das famílias que se torna endógena pode ser definida como a Equação 24. Onde \mathbf{C} é a matriz (\mathbf{nxr}) de coeficientes de consumo, ao passo que a variável \mathbf{Q} representa o vetor ($\mathbf{rx1}$) com a renda total dos fatores de cada grupo de renda das famílias.

$$\mathbf{y}^c = \mathbf{CQ} \quad (\text{eq. 24})$$

A matriz de coeficientes \mathbf{C} provém da matriz \mathbf{E} , na qual e_{ik} corresponde à quantidade de produtos i consumidos pela classe k de renda das famílias. A Equação 25, definida pela razão desses elementos pelo consumo total do grupo k de renda média das famílias, forma o coeficiente de consumo do produto i .

$$c_{ik} = \frac{e_{ik}}{q_k} \quad (\text{eq. 25})$$

A matriz \mathbf{Q} é mais complexa e deriva da Equação 4, expressão das equações simultâneas \mathbf{V} , uma matriz (\mathbf{rxn}) que representa a estrutura de distribuição de renda das famílias (coeficientes de participação na renda total), multiplicada pelo vetor \mathbf{x} (vetor de valor adicionado total dos setores produtivos pagos às famílias).

A matriz \mathbf{V} é obtida a partir da matriz \mathbf{R} , cujo elemento r_{kj} apresenta a renda do grupo de renda k , auferida pelo pagamento do fator “trabalho” pelo setor produtivo j , conforme Equação 27 (GUILHOTO, 2011).

$$\mathbf{Q} = \mathbf{Vx} \quad (\text{eq. 26})$$

$$v_{kj} = \frac{r_{kj}}{x_j} \quad (\text{eq. 27})$$

O resultado de tornar as famílias endógenas ao modelo de Leontief altera a formulação básica do modelo para a Equação 28, na qual a distinção de fluxos endógenos e exógenos fica evidente, onde **A** é a matriz de coeficientes técnicos (GUILHOTO, 2011).

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{CV})^{-1}\mathbf{y}^e \quad (\text{eq. 28})$$

A partir dessas proposições, os dados da POF de 2008-2009 (POF 2009) (IBGE, 2010b) foram utilizados para a realização da desagregação, refletindo o consumo das famílias verificadas no período entre maio de 2008 e maio de 2009²⁵. A escolha da POF 2009 como fonte para o tratamento das famílias recai sobre as seguintes considerações:

1. Há disponibilidade de informações na POF 2009, no que se refere ao consumo alimentar, dispêndios gerais e renda familiar, necessários para o modelo de SAM aqui proposto;
2. Tratando-se de uma pesquisa específica de consumo, despesa e renda familiar, as informações da POF levam a uma melhor estimativa da renda total das famílias, bem como sua distribuição entre as unidades de consumo (famílias) (BARROS et al., 2013:)
3. As pessoas abordadas na PNAD são pagas por diferentes fontes de renda como os trabalhadores autônomos e empregadores que recebem uma mistura proveniente de rendas do capital e do trabalho, assim para desagregação da renda isso dificulta o trabalho (URANI et al., 1994).
4. Os dados foram deflacionados em IBGE (2010b) de modo a representarem os preços relativos de 15 de janeiro de 2009²⁶. Por esse motivo, a cesta de consumo da POF 2009 representa adequadamente a realidade econômica consolidada na estrutura da MIP de 2009.

A população da instituição “famílias” é constituída por 57,81 milhões de unidades de consumo, compostas em média por 3,3 pessoas por família e renda mensal média de R\$ 5.348,66. A distribuição dessa população foi realizada em sete classes *k* de renda (**HH1** a **HH7**). Essa distribuição de classes de famílias foi definida a fim de que as famílias integrantes de cada grupo fossem estruturadas com o mesmo padrão de dispêndios e rendimentos (Quadro 1) (IBGE, 2010).

²⁵ A data de referência fixada para a compilação, análise e apresentação dos resultados da POF 2008-2009 foi 15 de janeiro de 2009 (IBGE, 2010b). Destaca-se que a estrutura de consumo das famílias da POF é a mesma utilizada para a construção das tabelas de Recursos e Usos divulgadas pelo IBGE (GROTTERA, 2013).

²⁶ Os indexadores utilizados sobre os valores de despesas foram o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e o IPCA regional, sendo que regiões não cobertas pelo IPCA foram imputadas tomando por referência regiões assemelhadas. As informações sobre rendimentos recebeu aplicação de séries da Pesquisa Mensal de Emprego (PME) para rendas de empregados (público e privado), autônomos e empregador. Para outros rendimentos empregou as variações do salário mínimo, poupança, índices de reajuste do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) e o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) (IBGE, 2010b).

Quadro 1. Número de famílias da POF 2009 por classe de rendimento mensal.

Classes de Rendimento das Famílias		Número de famílias	Tamanho médios das famílias (pessoas)	Renda Média Mensal (R\$) ¹
HH1	até R\$ 830	12,503,385	3,07	558.61
HH2	R\$ 830 a 1.245	10,069,184	3,18	1,035.21
HH3	R\$ 1.245 a 2.490	16,972,311	3,38	1,780.53
HH4	R\$ 2.490 a 4.150	8,890,463	3,42	3,181.38
HH5	R\$ 4.150 a 6.225	4,181,485	3,48	5,021.37
HH6	R\$ 6.225 a 10.375	2,994,837	3,47	7,880.74
HH7	mais de R\$ 10.375	2,204,938	3,30	17,982.78
Total		57,816,604	3,30	5,348.66

(1) Valores correntes de 2009. Fonte: Adaptado a partir de IBGE (2010).

O consumo de bens e serviços pelas famílias foi estimado com base na cesta de consumo das famílias, segundo a renda média mensal. Para isso, foi considerado um conjunto de regras proposto por Urani et al. (1994): primeiro, o consumo de produtos por todas as famílias deve igualar-se ao consumo indicado na MIP; segundo, o consumo total das famílias de uma classe deve manter a proporção de consumo da classe apurada por meio da POF; e terceiro, caso necessário, ajustes podem ser realizados para atualizar no tempo as matrizes de coeficientes técnicos disponíveis, no sentido de compatibilizar seu uso com dados de anos disponibilizados pelos centros de estatística com o do período em análise. Normalmente, para que se incorporem essas mudanças, o método “RAS”²⁷ é o mais utilizado.

O presente trabalho aplica as duas primeiras regras para obtenção dos respectivos valores de cada classe de família, mas sem a necessidade de aplicação do método RAS, haja vista que a POF 2009 utilizada é do mesmo ano dos dados da MIP. Assim, não há diferenças significativas nos preços relativos e no comportamento do consumo, entre as duas fontes de dados. Não houve também a necessidade de ajustar por meio deste método as linhas e colunas das matrizes obtidas, haja vista que somente desagregam contas da MIP de 2009, conforme dados POF, lembrando que as contas da SAM mantêm o equilíbrio das contas estabelecido em Guilhoto e Sesso Filho (2010; 2005).

Conforme Urani et al. (1994), essas regras reúnem os elementos para que se possa estabelecer as seguintes premissas: a existência de proporcionalidade no consumo total das classes obtidas a partir da POF; o padrão de consumo das famílias seja descrito por funções de consumo com elasticidade de substituição constante, em todas as classes de renda das

²⁷ Para mais detalhes a respeito do método RAS, ver Miller e Blair (2009: 313).

famílias. O procedimento de desagregação seguiu uma sequência adaptada a partir de Urani et al. (1994) e Guilhoto (2011) para os dados da POF 2009:

1. Apurar as despesas correntes e com alimentação das famílias, formada pela matriz \mathbf{E} , de elementos e_{ik} , e dos rendimentos de fatores das famílias recebidos dos setores produtivos, elementos r_{kj} da matriz \mathbf{R} , todos obtidos a partir da POF.
2. Em seguida, realiza-se a compatibilização dessas matrizes com os setores econômicos da MIP de 2009, o que requer a classificação das despesas de acordo com os 11 setores produtivos do modelo aqui proposto. Assim, é estimado o consumo monetário total dos produtos de cada setor (\mathbf{j}), segundo as classes (\mathbf{k}) de renda média mensal familiar;
3. A seguir, é gerado um conjunto de coeficientes (c_{ik})²⁸ das famílias por setor e por grupo de renda média no que se refere à demanda final das famílias, por grupo de renda média no que tange à despesa com impostos, contribuições sociais, transferências entre famílias e entre empresa-governos e famílias, bem como em relação às variações patrimoniais. São gerados ainda um conjunto de coeficientes (v_{kj}) relativos aos rendimentos de fatores também por tipo e por grupo de renda média;
4. Por fim, são realizados os procedimentos de desagregação dos vetores provenientes da MIP de 2009 a partir dos coeficientes c_{ik} e v_{kj} gerados. Assim, o consumo e os rendimentos totais por classe de renda podem ser então decompostos segundo a origem do gasto ou da renda, seja \mathbf{i} o tipo do gasto, e \mathbf{j} a origem do rendimento, conforme Equações 25 e 27, já descritas.

O resultado completo da desagregação pode ser observado na SAM desagregada, no Apêndice IV. As fontes de dados da POF 2009 utilizadas foram os rendimentos, despesas com alimentação e despesas gerais, utilizadas para gerar tabelas de compatibilização dos dispêndios em produtos e serviços com os setores empregados na agregação da MIP de 2009, em especial despesas com alimentação e despesas correntes.

No Quadro 2 a seguir é possível verificar os detalhes dos procedimentos de transmissão do padrão de produção e consumo da economia, conforme a origem dos vetores (MIP) ou do valor agregado (SCN), para a desagregação dos vetores e composição da SAM.

²⁸ Destaca-se que o coeficiente c_{ik} de consumo das famílias é expandido de modo que cada item \mathbf{i} passa a representar não só a demanda final de consumo de bens e serviços das famílias, como coeficientes de despesa com impostos, contribuições, transferências, bem como variações patrimoniais envolvendo poupança e investimentos.

Quadro 2. Fonte dos parâmetros de desagregação e o Vetor/Valor a ser desagregado.

Fonte dos parâmetros do coeficiente de desagregação	Vetor desagregado
POF (2009)	Rubrica da MIP ou CEI detalha.
Impostos	Impostos diretos (DIRTAX) Renda da terra paga pelas famílias e empresas ao governo
Despesas de consumo	Impostos indiretos (INDTAX) Importação
rubrica "Outras" (sessão "outras despesas correntes") contém as despesas com seguros	Transferências de prêmios líquidos de seguro não-vida
rubrica "Contribuições trabalhistas"	despesas com contribuições sociais pagas às empresas ou governo
rubrica "Aumento do Ativo"	Repasses das famílias para o fator "capital"
rubrica "Rendimento do Trabalho - empregado"	Rendas do fator "trabalho" recebidos pelas famílias (Remuneração dos empregados - CEI 2009)
rubricas "Rendimento de Aluguel" e "Outros rendimentos"	Rendas do fator "capital"
rubricas "Transferências - Aposentadoria e pensão do INSS; Aposentadoria, pensão da previdência pública; Aposentadoria, pensão da previdência privada; Programas sociais federais"	Transferências do governo para as famílias
rubricas "Transferências - aposentadoria, pensão da previdência privada" e "Transferências - outras transferências"	Transferências de empresas para as famílias
rubricas "Transferência - pensão alimentícia, mesada ou doação" da tabela de rendimentos e a rubrica "pensões, mesadas e doações" da tabela de despesas correntes	Transferências das famílias para outras famílias
rubrica "outras transferências"	Transferências das famílias para as empresas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir desse procedimento, as despesas por grupo de renda média mensal foram agregadas de forma a se obter a matriz de consumo por setor e por grupo de renda, utilizando-se da participação dos grupos nas despesas médias (Quadro 3).

No Quadro 3, as despesas relativas ao setor "Agropecuário" envolvem despesas com produtos agropecuários *in natura* (produtos da feira), obtidas a partir das tabelas de despesas com alimentação e despesas correntes. Em que pese à inexistência de despesa relacionável propriamente com o setor "Floresta", as despesas "outras frutas" foram atribuídas como provenientes de produção florestal, como açaí, cupuaçu, etc. As despesas com o setor "Industrial" são representadas por bens de consumo (duráveis e não duráveis), bem como pelo consumo de produtos manufaturados da indústria alimentícia (alimento processado).

Quadro 3. Consumo total das famílias e participação das classes de renda média familiar por categoria de setor dos produtos consumidos.

Setores Produtivos	Consumo das famílias (R\$ 1.000.000)	Classes de rendimento total mensal familiar (%) (1)						
		HH1	HH2	HH3	HH4	HH5	HH6	HH7
		até R\$ 830 (2)	R\$ 830 a 1.245	R\$ 1.245 a 2.490	R\$ 2.490 a 4.150	R\$ 4.150 a 6.225	R\$ 6.225 a 10.375	mais de R\$ 10.375
Agropecuária	53,077	8.5	10.8	12.7	14.8	16.4	17.4	19.4
Floresta	4,578	2.3	4.9	8.3	12.4	16.4	21.3	34.3
Energia - Petróleo e Gás Nat.	975	2.8	4.6	6.7	10.5	13.4	21.9	40.0
Energia - Refino e coque	33,318	1.2	2.1	5.1	11.3	17.3	24.4	38.6
Energia - Álcool	10,352	0.6	1.0	2.7	9.0	18.5	29.4	38.7
Energia - Gás Resid. Comer.	4,098	9.9	12.2	13.4	14.0	14.1	17.0	19.4
Energia - Eletricidade	41,086	4.5	6.6	9.7	13.3	16.9	19.9	29.1
Água e Resíduos	10,189	5.8	8.2	11.5	14.6	16.2	18.2	25.5
Transporte	95,581	2.7	4.5	6.6	10.4	13.2	22.0	40.6
Indústria	454,056	3.1	4.4	6.8	10.7	15.1	22.7	37.2
Serviços	964,902	1.9	3.1	5.2	9.5	14.6	22.8	42.8

Fonte: Resultados da pesquisa. 1 - O termo família está sendo utilizado para indicar a unidade de investigação da pesquisa "Unidade de Consumo". 2 - A categoria Até 830 Reais inclui as famílias Sem rendimento.

No que tange aos setores de Energia da MIP, foi necessário ajustar as despesas de alguns produtos da POF, de modo que todos os setores de energia tivessem correspondência com as despesas das famílias. Assim, os ajustes envolveram: a imputação de 6,4% do produto “Energia elétrica” e 51,2% dos produtos “Transporte urbano”, “Viagens esporádicas” e “Outras” do grupo “Transportes” como relativos ao setor de “Petróleo e Gás Industrial”, conforme consumo energético de origem em derivados de Petróleo utilizados no consumo desses produtos, conforme EPE (2010).

Por fim, é importante observar que a SAM tem o potencial de capturar fluxos que vão além do monetário, definidos como fatores produtivos, cujos impactos associados à atividade interindustrial podem ser percebidos direta e indiretamente. São fluxos associados à utilização de fatores produtivos como insumos (*commodities* sob a forma de energia, recurso hídrico, terra ou trabalho), para obtenção do produto total da indústria, bem como fluxos de fatores ditos de *commodities* ecológicas, relativas aos resíduos gerados (emissão de GEE) pelos processos produtivos e de consumo. Alguns desses fatores são vistos como insumos e outros

como produtos²⁹, representando fluxos que entram e fluxos que saem do ecossistema onde o sistema econômico interindustrial existe (MILLER e BLAIR, 2009).

Diante desse potencial, as seções seguintes abordam a teoria em torno da definição do vetor de emissões de CO_{2eq}, sua integração ao modelo de SAM de 2009, bem como a determinação dos indicadores de intensidade de energia da economia, de carbono da energia consumida e intensidade de carbono da economia.

²⁹ Importante acrescentar uma restrição para os insumos e produtos (*commodities*) ecológicos. Em virtude de alguns materiais a princípio não possuírem um mercado ou que possuírem mercados mal formados, estes podem não possuir atributos que tradicionalmente definem uma *commoditie*, como produto homogêneo amplamente comercializado no mercado internacional, ou seja, possuidor de mercado bem estabelecido.

4. O VETOR DE EMISSÕES DE GEE DA ECONOMIA BRASILEIRA

4.1 Mudança do clima

Parte da atual mudança no clima global é gerada por influência antropogênica (IPCC, 2013). O homem está acelerando o processo natural de elevação da temperatura média dos oceanos e continentes, o que já se intitula no tempo geológico como período “Antropoceno”. A conclusão do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) demonstra a existência de hiatos sobre o conhecimento do clima, mas não há dúvidas em torno dos impactos negativos sobre os agentes econômicos, as instituições e o bem-estar social.

Sob o aspecto histórico, as primeiras ações em resposta às mudanças climáticas foram desenvolvidas na ECO-92 no Brasil. Em 1995, dois princípios foram fixados: reduções de emissões seriam exigidas apenas dos países desenvolvidos e essa redução deveria alcançar níveis abaixo dos registrados em 1990. Além disso, foram divulgados os primeiros inventários de emissões (PERMAN et al., 2011).

Somente em 1997, durante a III Conferência das Partes (COP), da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), no Japão, foi aprovado o Protocolo de Kyoto (IPCC, 2007).

O Protocolo estabeleceu meta de redução de 5% das emissões de GEE em relação a 1990, no período entre 2008 e 2012. Entretanto, somente em 2005 foi cumprida a condição mínima requerida para efetivação do acordo, quando foram estabelecidos mecanismos para flexibilização das políticas de mitigação de GEE, focados em fontes que possuem um baixo custo de abatimento das emissões para fazer frente aos elevados custos das intervenções.

Tais mecanismos compreendem (PERMAN et al., 2011): o Comércio de Emissões (*Emissions Trade* – ET) entre países que possuem excedentes e aqueles que ainda não atingiram sua meta; “*Banking*”, envolvendo maior flexibilidade de tempo aos programas de abatimento; Implementação Conjunta (*Joint Implementation* – JI), permitindo que países do Anexo 1 (desenvolvidos) venham a adquirir unidades de redução de emissões dentre seus pares do Anexo 1; e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que potencializa ganhos de políticas de redução com uma generalização para o resto do mundo da JI, todos os países do Anexo 2 (em desenvolvimento).

No que tange aos aspectos físicos das mudanças climáticas, conforme dados do IPCC (2013), entre 1901 e 2012, a variação de GEE vem gradualmente gerando mudanças no clima entre as quais: aumento da temperatura média global combinada de oceanos e continentes de

0,85°C (variando entre 0,65 e 1,06 °C); alterações na circulação atmosférica tanto no sistema norte como no sul; aumento do nível do mar de 0,19 metros entre 1901 e 2010; mudanças na precipitação média ocorrendo contrastes mais acentuados entre estações secas e chuvosas e entre regiões secas e úmidas; a acidificação dos oceanos com redução em 0,1 no PH; e elevação da concentração acumulada³⁰ de CO₂ entre 1750 e 2011 de 555³¹ [470 a 640] GtC³², concentrações sem precedentes nos últimos 800.000 anos para CO₂, CH₄ e N₂O.

Outro fato relevante é a variabilidade espacial das variações na temperatura média com distribuição diferenciada nos continentes e oceanos, o que provoca diferentes efeitos para cada região do globo (IPCC, 2013). Em que pesem às variações geográficas, há também a questão dos GEE se apresentarem de forma transfronteiriça, em decorrência do seu transporte pelos ventos. Além disso, suas fontes podem ser também móveis (carros, aviões,...), o que reforça a característica de poluição difusa com a emissão sobre grandes áreas e difícil monitoramento dos emissores (STERNER e CORIA, 2012).

Apesar do sucesso obtido pelo Protocolo de Kyoto, acordos internacionais com o envolvimento de um grande número de signatários apresentam duas dificuldades: a primeira esta associada a países que optam por atuar como “*free riders*”³³; a segunda envolve um componente importante, a compensação econômica de países mais onerados com o abatimento de emissões deve existir, seja uma esquema explícito ou implícito (STERNER e CORIA, 2012).

4.2 Economia do clima e as Intensidades de Carbono e de Energia

Os GEE são externalidades negativas de dimensões nunca vistas pelo homem (STERN, 2007), o maior desafio atualmente é desenhar políticas climáticas para controlar e reduzir as emissões de GEE (BELFIORI, 2013). Nesse sentido, a primeira complicação é suplantando a defasagem no tempo de suas ações em relação ao aumento da concentração atmosférica de GEE (STERNER e CORIA, 2012).

³⁰ Emissão acumulada de CO₂ é o total gerado pela queima de combustíveis fósseis, produção de cimento, atividade industrial e dos setores de resíduos (IPCC, 2013).

³¹ dos quais 375 [345 a 405] GtC proveniente de emissões por combustão de combustíveis fósseis e produção de cimento e 180 [100 a 260] GtC oriunda de desflorestamento e mudança de uso do solo, ou seja 54% acima dos níveis de 1990. A variação anual ocorrida nessas duas modalidades foi de 8,3 [7,6 a 9,0] GtC por ano e 0,9 [0,1 a 1,7] GtC por ano na média no período entre 2002 e 2011 (IPCC, 2013).

³² 1 Gigatonelada de carbono = 1 GtC = 10¹⁵ gramas de carbono, o que corresponde a 3,67 GtCO₂ (IPCC, 2007).

³³ países que usufruem dos benefícios obtidos pela redução de GEE e estabilidade climática (são não excludentes), mas não arcam com os custos da redução (situação reforçada pela forte assimetria econômica e ambiental entre países e regiões).

De forma prática, a redução da concentração de GEE atmosférico está restrita ao aumento da capacidade de sumidouros capturarem os gases (florestas e oceanos), e à diminuição das emissões de GEE, geradas no consumo e produção (“*business as usual*”) (HANLEY e SPASH, 1993; PERMAN et al., 2011).

Quando um agente apresenta expectativas racionais com uma função de produção de proporções fixas (curva de produção Leontief na forma) somente duas possibilidades emergem, quando a opção é redução de emissões por mitigação: a primeira solução é a redução da quantidade produzida e a segunda é a incorporação de novas tecnologias que substituam insumos ou reduzam seu uso (PERMAN et al., 2011), esquematizado na Figura 5.



Figura 5. Esquema de alternativas das Políticas Climáticas para mitigar e adaptar-se às Mudanças Climáticas. Elaboração do autor.

Verifica-se que a mitigação está envolvida em soluções que passam pelo sistema econômico, enquanto as medidas de adaptação dependem de ecossistemas naturais. A via que tenta incorporar novas tecnologias é uma medida de longo prazo, e envolve mudanças na função de produção e nos custos das firmas. Ao passo que a redução da produção é a única medida de curto prazo que pode ser tomada pelas políticas climáticas de mitigação.

Outro agravante para a mitigação das emissões de GEE é sua característica de externalidade global, que impossibilita seu direcionamento a nível nacional, em decorrência do problema do carona “*free rider*”, em função da presença da hipótese dos paraísos de poluição³⁴ (*Pollution Haven Hypothesis*), e em função da hipótese da corrida para o fim do

³⁴ *Pollution haven hypothesis* postula que se forem dadas pronunciadas diferenças no nível de rigor da política ambiental entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, as indústrias que são altamente poluidoras migrarão dos primeiros para os segundo (STERNER e CORIA, 2012: 232).

poço³⁵. Esses elementos, por sua vez, também dificultam a efetivação de acordos internacionais (METCALF, 2008).

Pela teoria econômica, os GEE são tratados pela economia ambiental neoclássica sob a égide do princípio da poluição ótima ou nível eficiente de poluição, que resulta do equilíbrio entre os benefícios obtidos pelos agentes na produção e consumo de bens e serviços e os danos provocados (poluição) por essa mesma produção e consumo (MUELLER, 2012).

Dessa forma, o critério de eficiência econômica utilizado para determinação das metas de poluição ótima é a solução do problema de maximização dos benefícios líquidos advindos da poluição. Nesse processo de otimização, os GEE apresentam-se em duas classes: como poluição de fluxo e como poluição de estoque, dados os efeitos de acumulação (formação de estoques)³⁶ (PERMAN et al., 2011).

As metas de redução de GEE são condicionadas e irão variar de um país para outro em função da magnitude da redução pretendida, em decorrência do tempo definido para que a meta seja alcançada e dependendo dos instrumentos de redução de emissões adotados. Tais objetivos são alcançados por instrumentos de política de controle da poluição distribuídos genericamente em: abordagens institucionais para facilitar a internalização das externalidades; instrumentos de comando e controle; e incentivos econômicos. Este último é caracterizado por intervenções de política pública que alterem a estrutura de preços que indivíduos, famílias e firmas são submetidos, de modo que seu comportamento se altere (PERMAN et al., 2011).

Os incentivos econômicos mais frequentemente utilizados são os impostos (ou outras cargas) sobre emissões, os subsídios para cada unidade reduzida de emissão ou o estabelecimento de um esquema de licenças de emissões negociáveis (GOULDER e PARRY, 2008). Nesse sentido, medidas isoladas, como a tributação sobre o CO₂, vêm sendo implementadas desde 1990, inicialmente na Finlândia (\$6,5/tCO₂) e depois Holanda (\$1,5/tCO₂), seguida pela Noruega em 1991), Dinamarca e Suécia (\$62/tCO₂) (POTERBA, 1991:4). Atualmente, também foi implementado na Itália, Nova Zelândia, Suíça, Canadá, alguns estados subnacionais (LIN e LI, 2011), por último, em 2012, um novo esquema de tributação de carbono entrou em vigor na Austrália.

³⁵ *Race to the bottom* compreendem ações deliberadas de enfraquecimento das normas ambientais por parte de estados nacionais, subnacionais ou municipais que devido aos altos custos de regulação ambiental e para atrair fatores de produção para o seu território (STERNER e CORIA, 2012).

³⁶ estoques alimentados por fluxos anuais de emissão, mas também impactados por reduções anuais com a captura por sumidouros, o que denomina o tempo de vida esperado, no caso do CO₂, varia entre 5 e 200 anos (PERMAN et al., 2011).

No Brasil, a política fiscal possui um sistema tributário elaborado em 1966, mantido com atualizações que o transformaram num emaranhado de normas e uma excessiva burocracia, própria da Administração Pública burocrática e patrimonialista do período de sua criação. Os efeitos sobre vários mercados são perversos como a perda de competitividade, elevação dos custos de transação e ineficiência produtiva.

Outra questão fiscal relevante no Brasil é a não utilização dos tributos como instrumentos de política ambiental. Iniciativas como o trabalho encomendado pelo Ministério da Fazenda à Fundação Getúlio Vargas, “*Política Fiscal Verde no Brasil*”, GVces (2013), demonstram uma possível mudança nesse direcionamento nas instituições públicas, em prol de objetivos ambientais alcançados por meio de uma economia de baixo carbono e menos intensiva em energia.

Nesse sentido, há um grau de divergência na literatura que aborda a situação brasileira em torno das estimativas de redução do PIB *vis-à-vis* a implementação de mecanismos de controle das emissões de GEE. Contudo, todos concordam na existência de um custo econômico para se obter reduções como as fixadas pela Política Nacional de Mudança Climática (PNMC). Em que pese a maior redução ser proveniente de redução do desmatamento e mudanças no uso e ocupação do solo, no futuro, parte da redução deverá provir de mudança tecnológica ou por meio de contração econômica.

As externalidades podem impactar bens públicos³⁷ e bens privados³⁸, sendo que a grande distinção está no impacto gerado. Nos bens públicos, a emissão incide sobre a função de utilidade e produção de todos, indistintamente (a externalidade sofrida por um indivíduo é igualmente sentida por outra pessoa ou firma). Enquanto no caso de bens privados, o impacto é sobre as funções de utilidade e produção de um indivíduo ou grupo (a externalidade sofrida por uma vítima não impacta as demais da mesma forma) (BAUMOL e OATES, 1988).

A externalidade negativa da poluição é regida pelo princípio da poluição ótima ou nível eficiente de poluição, proveniente da economia ambiental neoclássica. (MUELLER, 2012). Matematicamente, é o nível obtido pela solução do problema de maximização dos benefícios sociais líquidos advindos da poluição (**BSL**), definido como resultante dos benefícios da poluição **B(E)** menos os danos da poluição **D(E)** (Equação 29) (PERMAN et al., 2011).

³⁷ quando agem sobre bens não exclusivos (todos podem consumir) e não rivais (o custo marginal de sua produção é zero para um consumidor adicional (PINDYCK e RUBINFELD, 2010). Foi que os autores de Baumol e Oates (1988) classificaram como “*undepletable*”, quando o aumento do consumo de um bem por um indivíduo não reduz a possibilidade de consumo de outros.

³⁸ quando há rivalidade no uso, o custo marginal de sua produção é positivo impossibilitando a consumo por pessoas sem renda, bem como exclusividade no uso (BAUMOL e OATES, 1988).

$$BS_L = B(E) - D(E) \quad (\text{eq. 29})$$

A interpretação é como se houvesse um mercado hipotético para a poluição, quando se estabelece um preço sombra do poluente ou preço de equilíbrio da poluição (p^*), chamado nível ótimo de poluição (E^*) (Figura 1) (STERNER e CORIA, 2012), intitulado ainda preço implícito da poluição (DASGUPTA et al., 2008).

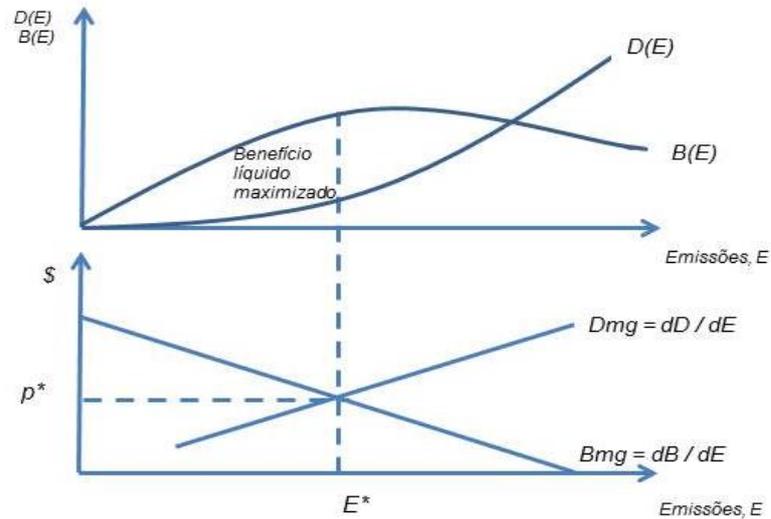


Figura 1. Benefício e dano de emissões de poluentes, e nível eficiente de poluição E^* . Fonte: Adaptado de PERMAN et al. (2011).

Outra ótica de interpretação da taxa Pigouviana é a solução do problema de minimizar os custos de abatimento e os custos sociais do dano ambiental. Essa reinterpretção parte do fato de que reduções nas emissões iniciais (E_0 , nível de emissão sem política climática) incorrem em custos de abatimento, conforme Figura 2 (PERMAN et al., 2011).

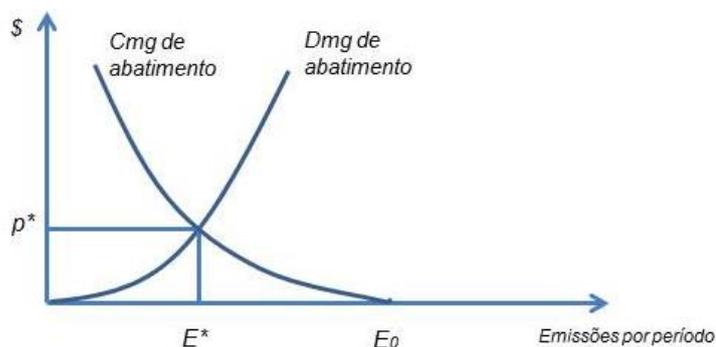


Figura 2. Nível eficiente econômico de poluição que minimiza a soma dos custos de abatimento e dano social. Fonte: Adaptado de PERMAN et al. (2011).

Seja a poluição em corpos hídricos ou no ar, o nível de emissões pode ser agrupado em duas classes: como poluição de fluxo e como poluição de estoque, dados os efeitos de acumulação (formação de estoques) (PERMAN et al., 2011). Em consequência, haja vista a

persistência dos níveis de poluição no tempo dos GEE, a aplicação da teoria da poluição ótima ou do controle ótimo requer a qualquer tempo que custos marginais de abatimento sejam iguais ao valor presente dos danos marginais das emissões não abatidas no tempo (STERNER e CORIA, 2012).

Em pequenas economias abertas a solução Pigouviana é possível. Entretanto, em grandes economias abertas, a aplicação da solução requer que gestores levem em consideração o efeito termos de comércio³⁹ e o efeito vazamento⁴⁰. (RAUCHER, 2003: 1414). Dessa forma, direcionar políticas com impacto sobre poluição transfronteiriça depende da harmonia entre acordos internacionais e regulação nacional (STERNER e CORIA, 2012).

Seja na forma de um imposto sobre o carbono ou sistema de autorização de *cap-and-trade*, a política climática é susceptível de aumentar o preço de toda mercadoria intensiva em energia (FULLERTON et al., 2011). Dessa forma, o desenho de um tributo sobre o carbono passa a considerar não só o arcabouço teórico das taxas Pigouvianas, mas também da teoria da tributação ótima⁴¹, visto que irá compor um conjunto de taxas na carga tributária total atuante sobre os agentes e com elas interagir.

Se o objetivo é a redução de emissões de CO₂, a tributação do carbono é mais custo-efetiva do que uma tributação sobre energia. A tributação sobre o carbono equaliza o custo marginal de abatimento de CO₂ dentre combustíveis e assim satisfaz a condição de minimização dos custos globais de redução das emissões de CO₂. Uma taxa sobre energia deve ser aplicada com uma alta alíquota para que se possa obter a mesma redução de emissões que um imposto sobre carbono (ZHANG e BARANZINI, 2004).

Uma abordagem indireta para a mitigação da mudança climática é a redução da intensidade de energia da economia e da intensidade de carbono da energia (KOOTEN, 2013). A origem dessa abordagem está numa identidade contábil introduzida inicialmente por Ehrlich e Holdren (1971)⁴², na qual é possível determinar o nível de impacto ambiental

³⁹ *Term-trade effect* ocorre quando políticas ambientais mais restritivas aumentam a relação de preços das *commodities* intensivas em recursos naturais, reduzindo sua demanda e por sua vez seu preço. É benéfico para um país importador, mas prejudicial para um exportador (RAUCHER, 2003).

⁴⁰ *Leakage effect* – efeito vazamento: quando mudanças de preços ocorrem no mercado global, impactos sobre as emissões de poluentes podem ser provocados em economias externas, enquanto políticas de restrição de emissões domésticas geram aumento de importação de produtos intensivos em recursos naturais ou induzem o maior uso desses recursos em países não restritivos, o que pode afetar o bem-estar social doméstico por meio da difusão de poluentes transfronteiriços (RAUCHER, 2003).

⁴¹ A teoria da tributação ótima é regida por dois princípios: a equidade e a neutralidade. Está última prega a não-interferência na alocação de recursos, decisão baseada nos preços de mercado, ou seja, tributo não deve alterar os preços relativos e da Equidade (distribuição equitativa do ônus tributário entre agentes) (REZENDE, 2001).

⁴² EHRLICH, P. R. e HOLDREN, J. P.. *Impact of Population Growth*. Science, vol. 171, p. 1212-1217. 1971.

proveniente da atividade econômica a partir da dimensão da população, seu consumo per capita e tecnologia de produção (PERMAN et al., 2011).

A identidade IPAT, onde I representa o impacto ambiental, medido em massa ou volume, P é o tamanho da população, A é o grau de renda per capita ou afluência de capital, medido em moeda corrente, e T é a tecnologia, traduzida no montante de recursos usados ou de rejeito gerado, ambos por unidade produzida, Equação 30 (PERMAN et al., 2011):

$$\mathbf{I} \equiv \mathbf{P} \times \mathbf{A} \times \mathbf{T} \quad (\text{Eq. 30})$$

A identidade IPAT pode ser aplicada para a emissão de carbono, considerando a emissão obtida pela identidade como sendo inteiramente proveniente do uso de energia. Conforme Equação 31, onde \mathbf{M} é total de emissões de carbono, N é o total da população, $m = \mathbf{M}/N$ é a emissão per capita, $e = \mathbf{E}/N$ é a energia utilizada per capita, e $y = \mathbf{Y}/N$ é produto per capita (PERMAN et al., 2011):

$$\mathbf{M} \equiv \frac{m}{e} \times \frac{e}{y} \times y \times N \quad (\text{Eq. 31})$$

Essa abordagem é também o cerne da identidade Kaya⁴³, que expressa uma relação equivalente à conhecida em macroeconomia, na qual a renda é igual a soma do consumo, investimento, gastos do governo e o resultado líquido das exportações. A identidade iguala as emissões de CO₂ ao produto do tamanho da população, pela renda per capita, pelo consumo total de energia para cada unidade do PIB e pelo total de emissões de CO₂ para cada unidade de energia. É uma visão alternativa para redução das emissões envolvendo: manejo populacional; limite para a geração de bem-estar; geração do mesmo ou maior nível do PIB com menos energia; e geração de energia com menos emissão de CO₂ (KOOTEN, 2013).

4.3 As Emissões de GEE no Brasil

No Brasil, 99,4% das emissões de GEE são constituídas por gás carbônico (CO₂), metano (CH₄), e óxido nitroso (N₂O). Juntos esses gases respondem por 57,3%, 28,2% e 13,9% do total das emissões em 2010, respectivamente. Nesse mesmo ano, as emissões brasileiras de CO_{2eq} estavam concentradas nas atividades agropecuária (35%) e energia (32%), ao passo que, em 2005, predominava a atividade de mudança de uso da terra e florestas como

⁴³ Kaya, Y.; Yokobori, K. (Eds.). 1997. *Environment, Energy and Economy: strategies for sustainability*. Tokyo: United Nations University Press.

o desmatamento, responsável naquele momento por cerca de 58% das emissões totais (Gráfico 1) (MCTIC, 2013).

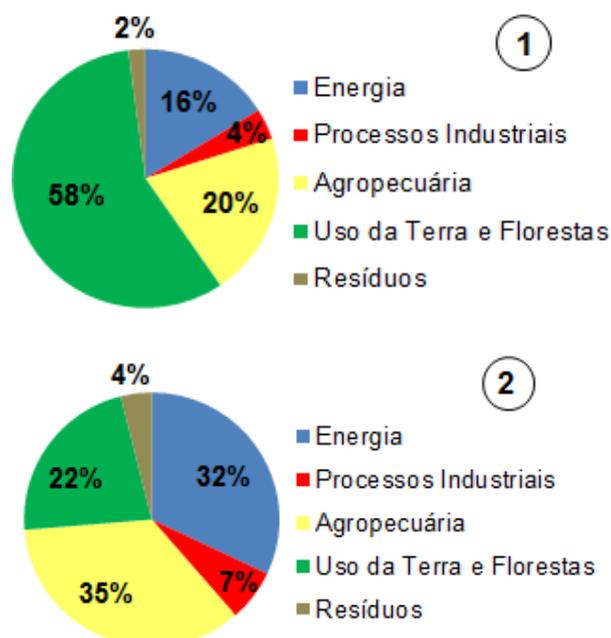


Gráfico 1. Distribuição percentual das emissões de CO_{2eq} em 2005 (1) e 2010 (2) no Brasil.
Fonte: Adaptado de MCT (2013).

As emissões brasileiras em 2005 correspondiam a cerca de 2,032 milhões de toneladas de carbono equivalente⁴⁴ (MtCO_{2eq}), dos quais 1,67 milhão eram resultantes de atividades geradoras de mudanças de uso do solo (Quadro 1) (MCTIC, 2013). Esse cenário sofreu transformações a partir de 2005, quando uma redução expressiva no desmatamento dos biomas brasileiros levou as emissões dessa fonte para 279 MtCO₂ em 2010. Essa tendência não foi verificada nas demais fontes de emissão. O setor de Energia ampliou sua participação relativa em cerca de 62,9% entre 1995 e 2010.

Considerando essas emissões, durante a Conferência das Partes COP-15 (2009), em Copenhague, o Brasil firmou compromisso voluntário de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões de GEE projetadas para 2020, metas fixadas por meio da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) (BRASIL, 2010). As duas metas são decorrentes das hipóteses de tendência de crescimento de emissões setoriais.

⁴⁴ CO_{2eq} é a quantidade de gás carbônico que equivale a mesma quantidade de força radiativa fornecida por outro GEE, obtido pela multiplicação de emissões de um GEE por seu potencial de aquecimento global (Global Warming Potential – GWP, em inglês) para dado horizonte de tempo (IPCC, 2007b).

Quadro 1. Participação dos setores da economia brasileira na emissão de CO₂ eq.

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	Variação	
	Gg CO ₂ eq					1995-2005	2005-2010
Energia	191.543	232.43	301.096	328.808	399.302	41,5%	21,4%
Processos Industriais	52.536	63.065	71.673	77.943	82.048	23,6%	5,3%
Agropecuária	303.772	335.775	347.878	415.713	437.226	23,8%	5,2%
Uso da Terra e Florestas	815.965	1.950.084	1.324.371	1.167.917	279.163	-40,1%	-76,1%
Tratamento de Resíduos	28.939	33.808	38.550	41.880	48.737	23,9%	16,4%
TOTAL	1.392.756	2.615.162	2.083.570	2.032.260	1.246.477	-22,3%	-38,7%

Fonte: MCTIC (2013).

O comunicado do Brasil à COP-15 informou também a desagregação da meta de 38,9%. A meta compreende esforços de mitigação de 24,7% proveniente de desmatamento, de 7,7% de redução de emissões do setor energético, 6,1% do setor agropecuário e 0,4% alcançado por processos industriais e tratamento de resíduos. Essa divisão evidencia a concentração do esforço no controle do desmatamento (SEROA DA MOTTA, 2011). Além de destacar a baixa participação da inovação tecnológica e de processos no esforço nacional.

As metas de redução de GEE são condicionadas e irão variar de um país para outro em função da magnitude da redução pretendida, em decorrência do tempo definido para que a meta seja alcançada e dependendo de quais os instrumentos de redução das emissões serão adotados nas políticas climáticas domésticas com base nos acordos internacionais (PERMAN et al., 2011).

O relatório do MCTIC (2013) atribui a queda verificada após 2004 como resultante do crescimento de florestas consideradas manejadas, e da queda nas emissões da indústria, verificada em 2009, decorrente da crise internacional de 2008. No entanto, o próprio relatório apresenta uma retomada em 2010 conforme Quadro 1, decorrente de aumentos contínuos no uso de energia, tratamento de resíduos, processos industriais e agropecuária, dos quais somente a redução na conversão de matas em pasto permaneceu em tendência de queda.

Analisando o setor de Energia isoladamente (Gráfico 2), verifica-se uma evolução histórica das emissões de CO₂eq que culminam com a emissão de cerca de 400 Giga grama de CO₂eq para gerar a energia demandada pela economia em 2010. O Subsetor mais demandante é o de Transporte, responsável por 43% das emissões de CO₂eq, proveniente da queima de combustíveis fósseis. Embora não possua a mesma acurácia dos inventários de emissões já realizados no Brasil, em 2000 e 2005, as estimativas do trabalho MCTIC (2013) são

respaldadas por especialistas dos setores e seguem a agregação definida pelo guia de inventários do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), conforme UNFCCC (2008).

A estrutura descrita em MCTIC (2013) trouxe alguns detalhes importantes como no setor de Energia, que excluem as emissões de CO₂ da produção siderúrgica e as aloca no setor Processos Industriais. Considerando o modelo de agregação desse estudo, o Brasil vem apresentando aumentos significativos no consumo de energia, especialmente para o setor de transportes.

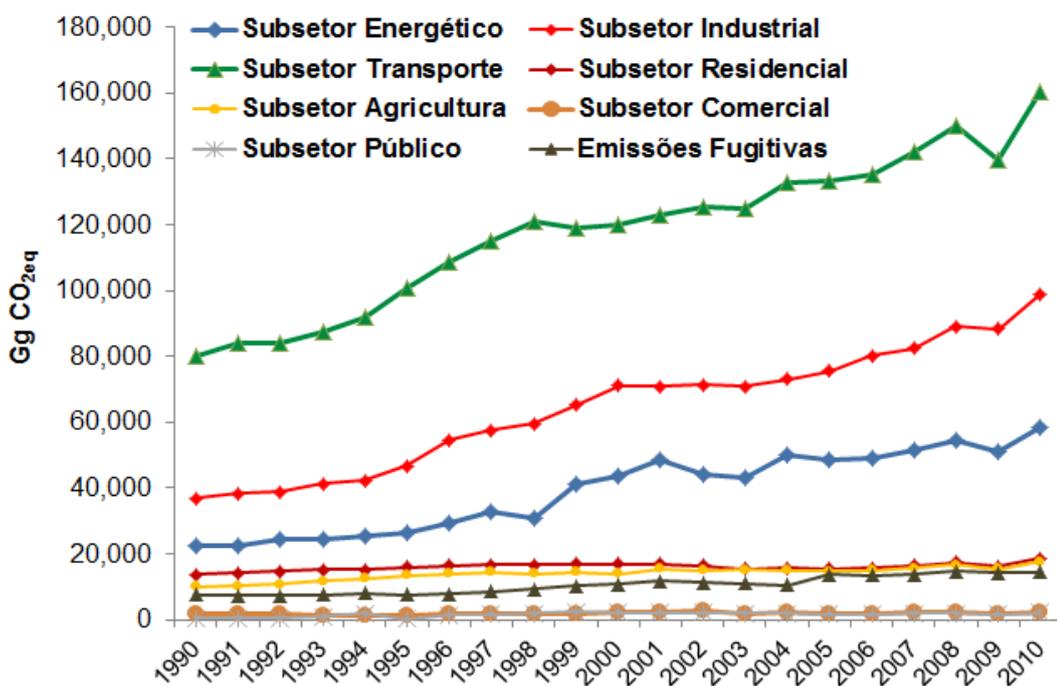


Gráfico 2. Variação do fluxo anual de emissões do setor Energia (Gg CO₂). Fonte: Modificado de MCT (2013). Elaboração do autor. Referência escalar: 1 Gg = 1.000 toneladas.

Durante a Conferência das Partes de 2009 (COP-15), em Copenhague, o Brasil firmou compromisso voluntário de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões de GEE projetadas para 2020. Metas fixadas com base em tendências setoriais e regidas pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) (BRASIL, 2010). Posteriormente, foi divulgado oficialmente uma projeção de 3.236 teragrama de CO_{2eq} de emissões para 2020 (Gráfico 3).

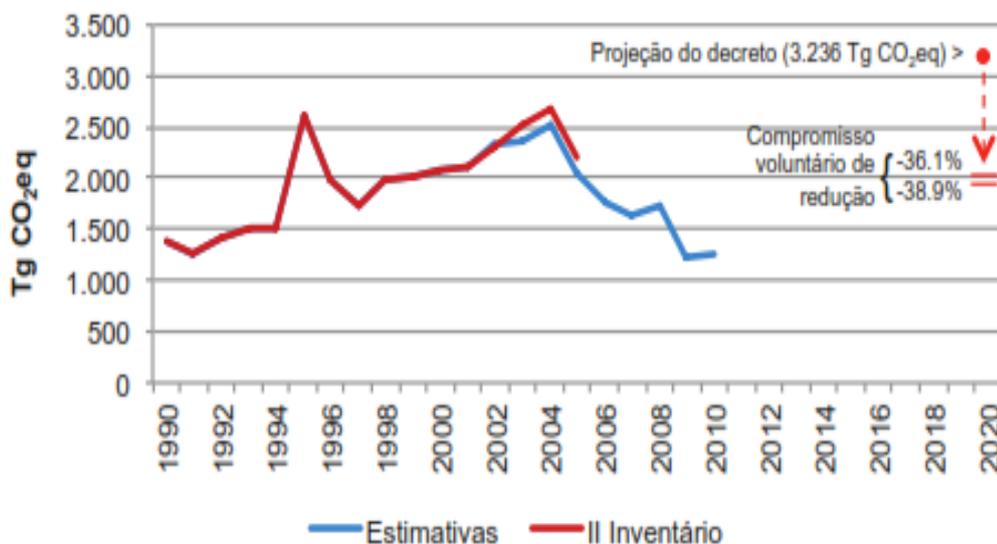


Gráfico 3. Evolução das emissões de CO_{2eq} do 2º Inventário de Emissões e da Estimativa do MCTIC e a meta de emissões fixada até 2020 pelo Brasil. Fonte: MCTIC (2013).

O comunicado do Brasil à COP-15 informou também a desagregação da meta de 38,9%. Essa meta de esforço de mitigação, a princípio, envolve a redução de 24,7% por desmatamentos evitados, de 7,7% de redução de emissões pelo setor energético, de 6,1% pelo setor agropecuário e 0,4% alcançado por processos industriais e tratamento de resíduos. Essa divisão evidencia a concentração do esforço no controle do desmatamento (SEROA DA MOTTA, 2011), além de apontar uma baixa participação da inovação tecnológica no esforço nacional.

4.4 Intensidades de energia e de carbono da economia brasileira

Uma abordagem indireta para a mitigação da mudança climática é a redução da intensidade de energia da economia e da intensidade de carbono da energia, representada na conhecida identidade kaya (seção 4.2 do presente trabalho) (Equação 31).

Se **C** designar a quantidade de emissões de CO_{2eq} em Mega tonelada (MtCO_{2eq}) de gás carbônico equivalente da economia, **N** representa a população residente, **Y** for definido como Produto Interno Bruto da economia (\$ 1.000) (Equação 32), e **E** designar o total de energia consumida medida em **tep** (tonelada equivalente de petróleo), é possível determinar a intensidade de energia de uma economia **E_{PIB}** (Equação 33), medida em tep/\$ 1.000.000, bem como a intensidade de carbono da energia final consumida **C_E**, medido em tCO_{2eq}/tep (Equação 34) (KOOTEN, 2013).

$$C = N * \frac{Y}{N} * \frac{E}{Y} * \frac{C}{E} \quad (\text{eq.32})$$

$$E_{\text{PIB}} = \frac{E}{Y} \quad (\text{eq. 33})$$

$$C_E = \frac{C}{E} \quad (\text{eq. 34})$$

Outra medida derivada dessa identidade estabelece a intensidade de carbono da economia, determinada por C_{PIB} , medida em Mega toneladas de CO₂ equivalente por mil reais do PIB (MtCO_{2eq}/R\$ 1.000) (Equação 35).

$$C_{\text{PIB}} = \frac{C}{Y} \quad (\text{eq. 35})$$

A variação da intensidade de energia da economia ou conteúdo energético do PIB é uma medida dinâmica de eficiência energética de um país (TOLMASQUIM et al., 2007). A obtenção dos indicadores de intensidade E_{PIB} , C_E e C_{PIB} para a economia e para setores selecionados depende da determinação do valor total de energia consumida⁴⁵ e das emissões de CO_{2eq} da economia. Para tanto, de forma a desagregar as emissões em setores da economia foram implementadas as seguintes suposições simplificadoras sobre os dados de MCTIC⁴⁶ (2013) e do BEN (2010):

1. as emissões de CO_{2eq} do setor “Mudança de Uso e Florestas” MCTIC (2013), disponível por Biomas, foram tratadas com as emissões do bioma Amazônico sendo atribuídas ao setor “Florestal” da SAM de 2009, representadas por atividades legais de manejo florestal de espécies nativas e desflorestamento para estabelecimento de agropecuária, bem como atividades de desflorestamento ilegais. As emissões relativas às mudanças de uso do solo nos demais Biomas (Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica e os Pampas) foram creditadas ao setor Agropecuário, o que envolve também a produção florestal com fins energéticos de Pinus e Eucalipto para algumas Indústrias (Siderurgia e Papel e Celulose);

⁴⁵ O consumo final energético reflete o consumo final dos setores da economia, o que inclui o consumo próprio do setor energético para produção de energia primária. O Balanço é então dividido nas etapas do processo energético: produção primária, transformação e consumo final secundário (BEN, 2010: 184).

⁴⁶ A métrica utilizada como fator de ponderação para contabilizar a equivalência dos gases óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) com o CO₂, em termos de grau de aquecimento por molécula de gás (*Global Warming Potential – GWP*, em inglês), sob a forma de CO_{2eq}, foi de 1 molécula de N₂O corresponde ao aquecimento gerado por 310 moléculas de CO₂, o que da mesma forma é de 1 CH₄ para 21 CO₂ (MCT, 2013).

2. no setor Agropecuário, as emissões relativas ao tratamento de dejetos animais foram creditadas para o setor de “Água e Resíduos” da MIP de 2009. As emissões a partir da queima de bagaço de cana e casca de arroz foram creditadas no setor “Energia – Álcool” relacionado à produção de energia térmica em usinas autoprodutoras de álcool;
3. as emissões fugitivas do setor “Energia” de MCTIC (2013), associadas à extração e transporte de petróleo foram contabilizadas no setor “Energia – Petróleo e gás industrial”;
4. o consumo de energia do setor “Agropecuário” da BEN (2010) foi dividido entre os setores “Agropecuário” (92,06%) e “Florestal” (7,94%) da SAM na proporção da participação dos mesmos no valor da Produção da MIP de 2009;
5. o consumo energético residencial de 23.227 tep^{10³} foi desmembrado em 14.474 tep^{10³} relativo ao conteúdo utilizado para cozinhar creditado ao setor “Energia – Gás Resid. e Comerc.”, e por diferença em 8.753 tep^{10³} creditado para o setor “Energia – Eletricidade”, fruto do consumo energético de energia elétrica hidráulica (101.779 MWh), de querosene para eletricidade (10.000 m³), e de carvão vegetal (904.000 t) (BEN, 2010). Dessa forma, esses setores de energia absorveram o consumo de energia das famílias nas residências, além do consumo realizado pelo setor para a produção desses bens; e
6. o setor de “Água e Resíduos” absorveu os gastos de energia do setor residencial do BEN (2010), visto que os fluxos de renda desse setor na MIP agregada de 2009 respondem pelo consumo de energia para abastecimento de água e tratamento de resíduos.

Sob a escala global, o histórico entre 1980 e 2006 mostra que a taxa mundial de intensidade de carbono do PIB (**C_{PIB}**) reduziu de 0,92 para 0,62 tCO₂/US\$ 1.000. Essa menor intensidade registrada em 2006 foi resultante de emissões totais de aproximadamente 29.120 MtCO_{2eq} *vis-à-vis* um PIB mundial da ordem de US\$ 47,26 trilhões. Nesse mesmo período entre os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), a China e a Rússia reduziram sua intensidade de carbono do PIB, de 2,0 e 1,6, respectivamente, para uma faixa entre 0,9 – 1,2 t CO₂/US\$ 1.000. No caso do Brasil e da Índia, não foram observados avanços significativos com a Índia reduzindo de 0,8 para 0,5 tCO_{2eq}/US\$ 1.000, e o Brasil permanece desde 1990 com uma taxa em torno de 0,3 tCO₂/US\$1.000 (KOOTEN, 2013).

Numa análise comparativa, os gráficos de Kooten (2013) revelam que o teor de carbono da economia brasileira é uma das mais baixas do mundo, equiparável às intensidades verificadas na Inglaterra e França. Assim, o Brasil não acompanhou a tendência mundial de

redução como a Índia o fez. Uma explicação possível decorre da composição de sua matriz energética, majoritariamente formada (82,5%) por fontes de energia renovável, das quais 76,9% é hidráulica, 5,4% provêm de biomassa e 0,2% de origem eólica, conforme dados de 2009 (BEN, 2010).

As estimativas obtidas por Pereira Jr. et al. (2008) mostram uma intensidade de carbono da economia superior à obtida por Kooten (2013) com uma taxa de 0,45 tCO₂/US\$1.000 em 2010, de 0,43 em 2020 e 0,38 tCO₂/US\$ 1.000 em 2030. Dessa forma, haveria a expectativa de uma elevação inicial até a década de 2010 para uma queda e estabilização a partir de 2030. Halsnaes e Garg (2011) parecem concordar com Pereira Jr. et al. (2008) quando afirmam que há uma tendência de estabilidade do teor de carbono da economia em países como os BRIC até 2030 ou com reduções somente em longo prazo.

As expectativas em torno da intensidade de energia da economia (**E_{PIB}**) para países como Brasil, China, Índia e África do Sul giram em torno de uma redução até o ano de 2030, muito em função do forte crescimento do PIB nesses países previsto para esse período. Entretanto, as tendências de aumento verificadas para a intensidade de energia no PIB (**E_{PIB}**) são contrárias às observadas para intensidade de CO₂ da energia (**C_E**) (HALSNAES e GARG, 2011).

A Tabela 1 a seguir mostra os resultados obtidos no presente estudo para 2009. A intensidade de carbono da economia (**C_{PIB}**) brasileira registrou 0,44 tCO_{2eq}/R\$ 1.000. Portanto, em consonância com os valores obtidos por Kooten (2013) e Pereira Jr et al. (2008). As emissões atingiram cerca de 1.222 Mega toneladas de CO_{2eq} (MtCO_{2eq}), o que representou frente ao PIB a custo de fatores de R\$ 2.794,4 bilhões, uma intensidade de energia da economia do Brasil (**E_{PIB}**) de 73,9 tep/R\$1.000.000. Na média, a eficiência energética dos setores produtivos foi equivalente a 289,64 tep/R\$1.000.000. As famílias (57,86 milhões, conforme POF 2009) representadas no setor “Residencial” consumiram em média 401,7 tep/1.000 famílias.

No que tange ao teor de carbono da energia final consumida (**C_E**), este foi estimado para 2009 em 5,9 tCO_{2eq}/tep (Tabela 1), cerca de 200% acima do verificado por Tolmasquim et al. (2007). Esses autores projetaram o teor variando entre 1,62 e 1,79 tCO_{2eq}/tep no início da década de 2010. A diferença observada entre as estimativas pode estar associada a uma subestimação das emissões de CO₂ realizada por esses autores, cujo trabalho levou em consideração uma emissão de gás carbônico total de 325,67 MtCO_{2eq} para 2005, obtida pelo trabalho dos autores de Pereira Jr et al. (2008).

O setor florestal analisado isoladamente, atingiu um PIB de R\$ 8,176 bilhões, com um emprego de 872.447 pessoas ocupadas e uma produção total de R\$ 14,375 bilhões no ano de 2009. Entretanto, sua produção de baixa eficiência explica a sua intensidade de carbono de 20,7 tCO_{2eq}/R\$ 1.000, o que é muito superior aos 3,85 tCO_{2eq}/R\$ 1.000 do setor agropecuário. Entretanto as emissões em 2009 para a agropecuária foi de cerca de 573,7 Mt tCO_{2eq}, o representa mais de três vezes as cerca de 169 Mt tCO_{2eq} atribuída ao setor florestal. Esses resultados demonstram que o baixo valor agregado da produção florestal termina por definir o setor com a maior intensidade de carbono, com também elevada intensidade de energia de 277 tep/R\$1.000.000, muito superior a média nacional.

Tabela 1. Intensidades da energia (**E_{PIB}**), de carbono da Energia (**C_E**) e de carbono (**C_{PIB}**) da economia brasileira de 2009.

Setores Produtivos e Residencial	Emissões	Energia consumida	PIB	E _{PIB}	C _E	C _{PIB}
	(Mt CO _{2eq} ¹) C	(1,000 tep ²) E	(R\$ bilhão) Y	(tep/R\$ milhão) E/Y	(t CO _{2eq} /tep) C/E	(t CO _{2eq} /R\$ mil) C/Y
Agropecuária	573.7	9,453	149.1	63.4	60.7	3.85
Florestas	168.9	2,267	8.2	277.3	74.5	20.66
Energia - Petróleo e gás indus.	26.8	11,043	29.5	373.9	2.4	0.91
Energia - Refino e coque	15.4	739	31.2	23.7	20.9	0.49
Energia - Álcool	6.3	1,384	7.4	186.2	4.5	0.84
Energia - Gás resid. e comer.	18.4	819	6.4	127.8	22.4	2.87
Energia - Eletricidade	30.8	8,163	64.2	127.1	3.8	0.48
Água e Resíduos	66.6	-	15.9	-	-	4.18
Transportes	140.9	62,687	134.2	467.0	2.2	1.05
Indústrias	170.0	76,686	594.9	128.9	2.2	0.29
Serviços	3.9	9,896	1,753.2	5.6	0.4	0.002
Residencial (tep/mil famílias ³)	-	23,227	-	401.7	-	-
TOTAL	1,221.8	206,363	2,794.4	73.8	5.9	0.44

Fonte: Resultados da pesquisa a partir de MCT (2013), BEN (2010) e MIP (2009) agregada. Referências: 1. Mt – Mega tonelada de CO_{2eq}; 2. (tep) tonelada equivalente de petróleo. 3. Número de total de famílias é de 57.816,6 milhões (POF 2008/2009).

Entretanto, conforme II Inventário de Emissões (BRASIL, 2010), as emissões, apenas de CO₂, atingiram 1.637,90 MtCO₂ para 2005. Além disso, os autores empregaram a oferta interna de energia, sempre superior ao consumo final energético. Por exemplo, em 2009 a oferta interna de energia foi de cerca de 221,3 milhões tep para um consumo final da ordem de 206,3 milhões tep. Os valores do Quadro 9 são relativos ao consumo final energético BEN (2010) e as emissões de CO_{2eq} compiladas a partir de MCTIC (2013) no presente trabalho.

A expectativa é de redução do teor de carbono da matriz energética brasileira para 1,74 tCO_{2eq}/tep em 2030 (TOLMASQUIM et al., 2007). A literatura corrobora Tolmasquim et al. (2007) quando afirma que o teor de carbono da energia vem aumentando desde 1985 até

atingir um limite máximo entre 2010 e 2020, vindo a se estabilizar em 2030 nos níveis apresentados em 2010. Essa elevação momentânea atingiria um aumento de 125% no Brasil, 150% na Índia, e 50% na China, entre 1985 e 2020. Em seguida, há uma tendência de queda generalizada no Brasil, China, Dinamarca, Índia e África do Sul. Os dados relativos ao Brasil provêm de projeções contidas no trabalho de La Rovere et al. (2007) (HALSNAES e GARG, 2011: 991).

La Rovere et al. (2013) afirmam que os avanços na redução de emissões a partir de desmatamento evitado deixou o país em situação confortável até o momento, no que se refere ao cumprimento das metas de redução previstas para 2020. Entretanto, após 2020, quando o limite sob o aspecto da capacidade institucional do governo brasileiro em reduzir o desmatamento dos Biomas brasileiros será alcançado, é possível que esse cenário de conforto se altere. Caso novas medidas institucionais não sejam implementadas, há um risco de não se alcançar as metas futuras de redução, a serem estabelecidas em substituição ao Protocolo de Kyoto, na COP 20, na cidade de Paris (França), em 2015.

A subseção a seguir revisa os conceitos teóricos que fundamentam a determinação do vetor de emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ que será utilizada para estimar a intensidade de energia medida em $\text{tep}/\text{R}\$1000$ PIB e intensidade de carbono da economia em $\text{t CO}_2/\text{R}\$1000$ PIB para o Brasil em 2009.

4.5 O vetor de emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ para economia brasileira de 2009

A flexibilidade do modelo SAM permite desenvolver matrizes que demonstrem a estrutura da economia tanto de produção quanto do consumo. Assim, por essa flexibilidade é possível também empregá-la para contabilizar o impacto dessas atividades na emissão de poluentes por meio de estimativas dos impactos diretos e indiretos da economia. A metodologia aqui empregada utiliza em parte a teoria de construção de SAM ambiental⁴⁷ definida em Miller e Blair (2009)⁴⁸.

Trata-se de uma abordagem consistente empregada em linha com o modelo insumo-produto, cuja função é agregar ao modelo da SAM de 2009 a poluição gerada sob a forma de emissões de GEE ($\text{CO}_{2\text{eq}}$). É um método voltado a melhor compreender as dimensões dos

⁴⁷ A literatura envolvendo modelos de insumo-produto ambientais estão, em sua grande maioria, relacionados ao modelo de ciclo de vida dos produtos como em Tukker et al. (2006), bem como no que se refere aos modelos no setor de energia, conforme Wills (2013).

⁴⁸ Para mais detalhes ver Capítulo 10, “Environmental Input-Output Analysis” Miller e Blair (2009).

fluxos de renda e poluição⁴⁹ da economia que possibilita identificar os setores chaves para intervenção das políticas climáticas, além de ser empregado como parâmetro para determinação das alíquotas do imposto Pigouviano.

A matriz de produto resultante é tratada como uma generalização do modelo MIP (MILLER e BLAIR, 2009). A partir dos impactos diretos e indiretos é possível atribuir a emissão de GEE a determinados grupos econômicos. Dessa forma, o correspondente impacto de cada setor industrial, das famílias, e das demais instituições (governo, empresas e resto do mundo) pode ser representado.

A determinação do vetor de emissões inicia-se com definição de uma matriz $N = [n_{kj}]$, cujos elementos representam o montante do fluxo de produtos ecológicos (poluição) do tipo k resultantes da produção do setor j . Definem-se também as tradicionais matrizes de transações interindustriais Z , o vetor de demanda final f , e o vetor de produto total da indústria x .

Considerando que o modelo SAM de 2009 é fechado no setor de famílias, a matriz de transações interindustriais é agregada a matriz de consumo das famílias (7 tipos, **HH1** a **HH7**), o que torna o fluxo monetário de consumo das famílias endógeno ao modelo. Assim, a demanda final f contabiliza o consumo somente do governo, empresas e do resto do mundo, setores exógenos ao modelo.

A partir dessas considerações, obtêm-se então a matriz de coeficientes técnicos ecológicos de produto, matriz $Q = [q_{kj}]$ que especifica o montante de produto ambiental gerado por unidade monetária do produto da indústria j (Equação 36). O método de obtenção dessas matrizes é o mesmo aplicado para obtenção do coeficiente técnico da indústria tradicional $A = Zx^{-1}$ (MILLER e BLAIR, 2009).

$$Q = N' * x^{-1} \quad (\text{eq. 36})$$

É possível calcular agora ambos os impactos diretos e indiretos, em termos de *commodities* ecológicas de produto (Equação 37), formando a matriz $Q^* = [q^*_{ij}]$. Seus elementos denotam o montante direto e indiretamente produzido de poluição associado à produção de uma unidade monetária do produto da indústria j .

$$Q^* = Q(I - A)^{-1} \quad (\text{eq. 37})$$

⁴⁹ Resíduos emitidos sob a forma de produtos ecológicos do uso dos fatores, bens e serviços produzidos no chamado *business as usual* (BAU).

Seguindo a formulação que determina o vetor de emissões de GEE, (**Q**) foi estimado multiplicando-se a matriz transposta de emissões de CO_{2eq} por setor produtivo (**N'**) por uma matriz diagonal (11x11), que contém o inverso de valor da produção total de cada setor (**x**⁻¹). A matriz **Q**, com seus componentes [**q_{kj}**] representando as emissões de GEE em Mt CO_{2eq} por R\$1,000 de produtos manufaturados na indústria **j** na economia brasileira de 2009 (Tabela 2).

Tabela 2. Vetor de Emissão, produto total e coeficiente de emissão em 2009.

Setores Produtivos	Vetor de Emissões (Mt CO _{2eq} ¹) N	Valor da Produção (R\$ bilhão) x	Coeficiente de Emissão (Mt CO _{2eq} / R\$ 1,000) Q
Agropecuária	573.7	262.1	0.0022
Florestas	168.9	14.4	0.0118
Energia - Petróleo e gás indus.	26.8	81.6	0.0003
Energia - Refino e coque	15.4	150.1	0.0001
Energia - Álcool	6.3	22.4	0.0003
Energia - Gás resid. e comer.	18.4	12.6	0.0015
Energia - Eletricidade	30.8	126.6	0.0002
Água e Resíduos	66.6	31.4	0.0021
Transportes	140.9	270.9	0.0005
Indústrias	170.0	1,855.5	0.0001
Serviços	3.9	2,653.0	0.000001
TOTAL	1,221.8	5,480.7	0.0002

Fonte: Resultados do trabalho.

As emissões por setor da SAM de 2009 denominado de **C** na Tabela 1 (seção 4.4) passam a ser denominado de vetor de emissão por setor **N** = [**n_{kj}**], no qual **k** é a quantidade de emissões de GEE em Mt CO_{2eq}, relativa às emissões do setor **j**, e o valor da produção **Y** (PIB, valor adicionado acrescido do consumo intermediário) passa a ser denominado vetor de produto total setorial da economia **Ŷ**.

Os requisitos totais de emissões de GEE de cada setor produtivo são gerados a partir da multiplicação de **Q** pela matriz de Leontief **L** = (**I** - **A**)⁻¹. A matriz de requisitos diretos de emissões de GEE de cada setor é obtida multiplicando-se a matriz **Q** por uma matriz de dimensão 11x11, cuja diagonal principal é formada pela demanda final dos setores produtivos (**D_f**). Os requisitos indiretos são obtidos da mesma forma, só que multiplicando-se a matriz **Q** pela matriz diagonal do consumo intermediário, conforme Gráfico 4.

Verifica-se que mesmo considerando que o setor florestal absorveu toda a responsabilidade pelas emissões originadas no Bioma Amazônico, ainda assim suas emissões são bem inferiores às geradas no setor agropecuário.

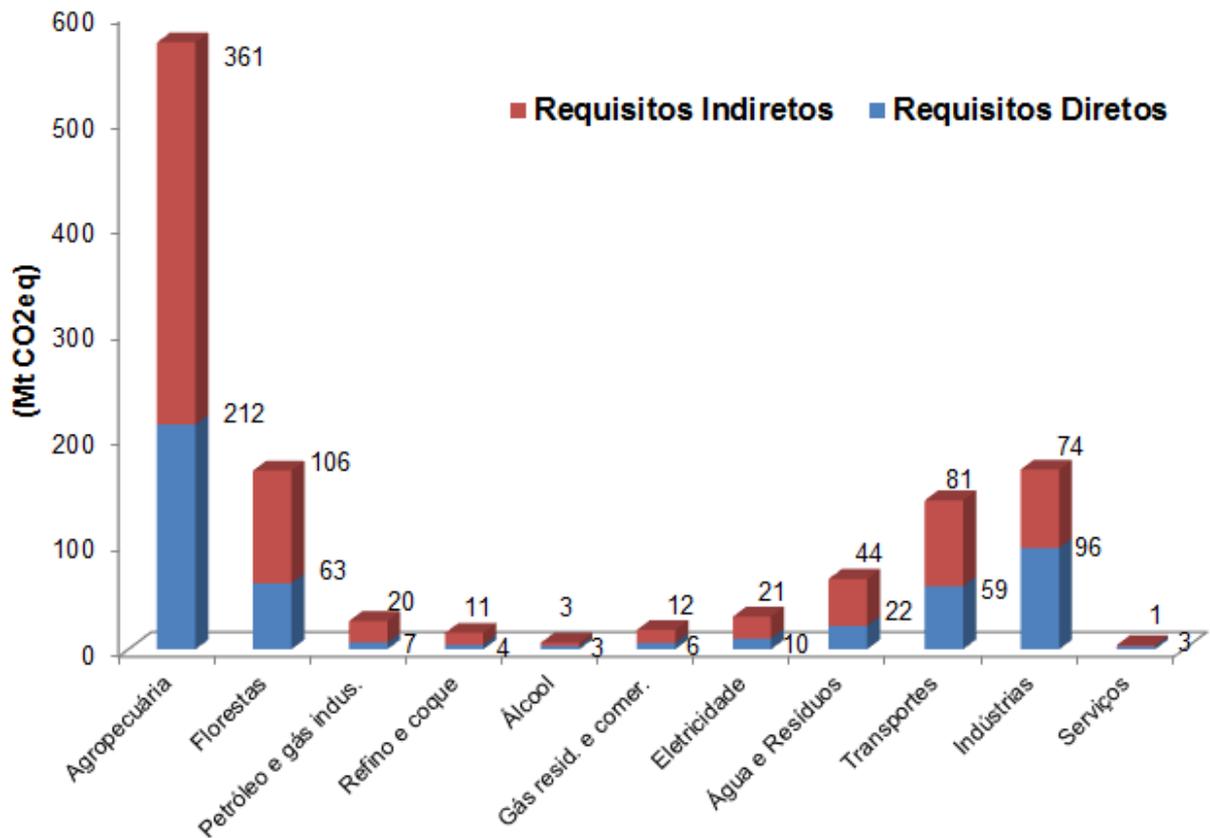


Gráfico 4. Emissões de GEE em Mt CO₂eq no Brasil em 2009.
 Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MCT (2013).

5. CONCLUSÃO

A partir da tradicional análise insumo-produto foi determinada uma matriz de contabilidade social para que simulações de políticas públicas possam ser implementadas. Em que pese à condição de lenta transformação das condições e relações estruturais da economia, em especial motivadas por avanços tecnológicos, uma SAM com dados mais atualizados (2009), como os alcançados no presente trabalho, confere um retrato mais fiel da economia e resultados mais sensibilizadores da sociedade.

O estado da arte no que se refere à tributação ambiental permite dizer que há certa divergência entre as estimativas de redução do PIB brasileiro. Contudo, muitos concordam na existência de um custo econômico para se implementar metas de redução como a fixada pela Política Nacional de Mudanças Climáticas. Em que pese à maior redução ser proveniente de redução do desmatamento e mudanças no uso e ocupação do solo, parte da redução deverá provir de mudança tecnológica ou por meio de contração econômica. Portanto, trabalhos futuros devem ser desenvolvidos de modo a permitir políticas climáticas mais custo-efetivas.

No que tange aos objetivos de redução das emissões de GEE, a SAM 2009, obtida a partir da matriz de insumo-produto disponibilizada por Guilhoto e Sesso Filho (2010; 2005), permite que simulações de efeitos multiplicadores da imposição de um tributo Pigouviano possam ser testadas com dados de emissão de GEE da 2ª Comunicação Nacional e estimativas de emissões do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2013; BRASIL, 2010).

Os modelos estáticos como o modelo de SAM de 2009, aqui proposto, cuja aplicação não se destina a gerar previsões futuras, ressaltam as principais ligações entre os diferentes sectores produtivos e sociais da economia e ajudam a entender as ramificações e *trickle-down* dos efeitos gerados por determinada política ou induzida por um choque proveniente de uma das contas representativas dos agentes econômicos (famílias, governo ou empresas).

Nesse sentido, buscou-se, também, discutir uma questão importante para formação de uma Conta Econômica Ambiental Florestal (CEA florestal) no Brasil, a construção do vetor de emissões da economia, em especial aquele resultante dos processos de mudança de uso do solo que configuram conta específica do inventário de emissões nacionais, definido pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Destacam-se as

dificuldades em se atribuir a um setor econômico específico a responsabilidade pela emissão dessas mudanças de uso do solo.

O setor florestal analisado isoladamente, atingiu um PIB de R\$ 8,176 bilhões, com um emprego de 872.447 pessoas ocupadas e uma produção total de R\$ 14,375 bilhões no ano de 2009. Entretanto, sua produção de baixa eficiência explica a sua intensidade de carbono de 20,7 tCO_{2eq}/R\$ 1.000, o que é muito superior aos 3,85 tCO_{2eq}/R\$ 1.000 do setor agropecuário.

Entretanto as emissões em 2009 para a agropecuária foi de cerca de 573,7 MtCO_{2eq}, o que representa mais de três vezes às cerca de 169 MtCO_{2eq} atribuída ao setor florestal. Esses resultados demonstram que o baixo valor agregado da produção florestal termina por definir o setor com a maior intensidade de carbono, com também elevada intensidade de energia de 277 tep/R\$1.000.000, muito superior a média nacional.

Dessa forma, independentemente dos custos envolvidos na elaboração de contas satélites no formato definido pelo SEEA, nos moldes do que foi obtido em ANA (2018), que não são baixos, a metodologia apresentada no presente trabalho vem sendo amplamente empregada no Brasil pelos grupos de pesquisa modeladores de efeitos das variações do clima na economia.

Assim, além de estarmos fixando as metas de emissão de GEE brasileiras junto ao Acordo de Paris com base em estimativas que adotam a metodologia empregada no presente trabalho, os referidos grupos precisam adaptar seus modelos e passar a adotar uma nova estrutura de modelagem, com base nas CEAs ou nas matrizes econômicas ambientais híbridas, o que ainda demanda tempo.

Portanto, seria mais oportuno, no curto prazo, que o Serviço Florestal Brasileiro criasse em seu corpo institucional uma unidade de pesquisa econômica que fosse responsável por implementar modelagem e disponibilizar Matrizes de Insumo-Produto desenvolvidas especificamente para o Setor Florestal, utilizando-se da metodologia apresentada no presente trabalho.

No longo prazo, a afirmativa é reforçada se levarmos em consideração que a construção de uma CEA florestal pro Brasil, nos moldes do trabalho desenvolvido no âmbito do CEA água, elaborado em ANA (2018), será necessário corpo técnico capaz de construir e interpretar modelos de insumo-produto elaborados para o setor florestal.

Por fim, conclui-se que seria mais racional investir em construir consenso na literatura econômica quanto a forma mais adequada de agregar os 127 produtos e 67 setores

econômicos cobertos na MIP de 2015 do IBGE, de modo a permitir que uma CEA florestal para o Brasil possa ser construída, utilizando-se os princípios definidos em SEEA (2012).

A afirmativa repousa na similaridade da moldura teórica necessária para desenvolver as matrizes híbridas para o setor florestal, nos moldes desenvolvidos em Montoya (2014), utilizando-se a base de dados do Inventário Florestal Nacional e Inventário Nacional de Emissões de GEE, capaz de fornecer as estimativas dos estoques florestais e, no tange ao serviços ambientais e produção de recursos hídricos, com os dados provenientes de ANA (2018).

APÊNDICE I. SETORES E ATIVIDADES EM INVENTÁRIOS DE EMISSÃO DE GEE JUNTO AO IPCC.

SETORES	SUB-CATEGORIAS
ENERGIA	Combustão de Combustível Indústria da energia Indústria manufatureira e construção Transporte Outros setores Emissões fugitivas Combustível sólido Óleo e gás natural
PROCESSOS INDUSTRIAIS	Produtos minerais Indústria Química Metalurgia Outras produções Produção de HFCs e SF ₆ Consumo de HFCs e SF ₆
USO DE SOLVENTES	-
AGRICULTURA	Fermentação entérica Manejo Cultivo de arroz Solos agrícolas Queimada de savanas Queima de campos e resíduos
RESÍDUOS	Disposição de resíduos Água residuária Incineração de resíduos
MUDANÇA DE USO DO SOLO	Desflorestamento Aflorestamento e reflorestamento Manejo florestal Manejo de plantações Manejo de pastagens Revegetação

Fonte: Modificado de UNFCCC (2008), retirando-se apenas as subcategorias Outros em cada setor.

APÊNDICE II. AGREGAÇÃO DOS SETORES DA MIP 2009 PARA A SAM 2009.

Número de Atividades	Código da Atividade - Nível 80	Descrição da Atividade	Correspondência com SAM 2009
1	0101	Agricultura, silvicultura, exploração florestal	Floresta
2	0102	Pecuária e pesca	Agropecuária
3	0201	Petróleo e gás natural	Energia - Petróleo e Gás
4	0309	Refino de petróleo e coque	Energia - Refino e coque
5	0310	Alcool	Energia - Alcool
6	0401	Elettricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	Energia - Gás Resid. e Comer. Energia - Eletricidade Água e Resíduos
7	0701	Transporte, armazenagem e correio	Transporte
8	0202	Minério de ferro	Indústria
9	0203	Outros da indústria extrativa	
10	0301	Alimentos e Bebidas	
11	0302	Produtos do fumo	
12	0303	Têxteis	
13	0304	Artigos do vestuário e acessórios	
14	0305	Artefatos de couro e calçados	
15	0306	Produtos de madeira - exclusive móveis	
16	0307	Celulose e produtos de papel	
17	0311	Produtos químicos	
18	0312	Fabricação de resina e elastômeros	
19	0313	Produtos farmacêuticos	
20	0314	Defensivos agrícolas	
21	0315	Perfumaria, higiene e limpeza	
22	0316	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	
23	0317	Produtos e preparados químicos diversos	
24	0318	Artigos de borracha e plástico	
25	0319	Cimento	
26	0320	Outros produtos de minerais não-metálicos	
27	0321	Fabricação de aço e derivados	
28	0322	Metalurgia de metais não-ferrosos	
29	0323	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	
30	0324	Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	
31	0325	Eletrodomésticos	
32	0326	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	
33	0327	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	
34	0328	Material eletrônico e equipamentos de comunicações	
35	0329	Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	
36	0330	Automóveis, camionetas e utilitários	
37	0331	Caminhões e ônibus	
38	0332	Peças e acessórios para veículos automotores	
39	0333	Outros equipamentos de transporte	
40	0334	Móveis e produtos das indústrias diversas	
41	0501	Construção	Serviços
42	0601	Comércio	
43	0308	Jornais, revistas, discos	
44	0801	Serviços de informação	
45	0901	Intermediação financeira e seguros	
46	1001	Serviços imobiliários e aluguel	
47	1101	Serviços de manutenção e reparação	
48	1102	Serviços de alojamento e alimentação	
49	1103	Serviços prestados às empresas	
50	1104	Educação mercantil	
51	1105	Saúde mercantil	
52	1106	Serviços prestados às famílias e associativas	
53	1107	Serviços domésticos	
54	1201	Educação pública	
55	1202	Saúde pública	
56	1203	Administração pública e seguridade social	

Fonte: Modificado a partir de Guilhoto e Sesso Filho (2010).

APÊNDICE III. MATRIZ INSUMO PRODUTO – MIP 2009 AGREGADA.

DESCRIÇÃO ENTIDADES	Agropecuária	Floresta	Energia - Petróleo e gás industrial	Energia - Refino e coque	Energia - Álcool	Energia - Gás Residencial e Comercial	Energia - Eletricidade	Água e Resíduos	Transportes	Indústria	Serviços	Consumo Intermediário total	Exportação de bens e serviços	Consumo da administração pública	Consumo das ISFLSF	Consumo das famílias	Formação bruta de capital fixo	Variação de estoque	Demanda final	Demanda total
Agropecuária	19,403	1,085	17	12	9,841	0	4	1	4	125,652	4,274	160,292	29,067	0	0	53,077	12,731	-670	94,205	254,497
Florestas	1,085	682	1	1	849	0	0	0	0	10,837	369	13,825	2,507	0	0	4,578	1,098	-58	8,125	21,950
Energia - Petróleo e gás industrial	22	2	2,612	53,834	0	375	3,758	932	3	143	101	61,781	17,729	0	0	975	16	1,113	19,833	81,614
Energia - Refino e coque	7,083	611	662	20,362	236	258	2,583	640	33,000	29,474	13,783	108,692	8,600	0	0	33,318	173	-678	41,413	150,105
Energia - Álcool	118	10	3	4,856	9	6	60	15	350	2,504	3,452	11,383	1,979	0	0	10,352	100	-1,371	11,061	22,444
Energia - Gás Resid. e Comer.	86	7	130	59	16	186	1,862	462	215	2,524	2,862	8,409	118	0	0	4,098	2	3	4,220	12,630
Energia - Eletricidade	863	74	1,307	595	162	1,862	18,669	4,630	2,159	25,308	28,693	84,320	1,179	0	0	41,086	24	27	42,316	126,636
Água e Resíduos	214	18	324	147	40	462	4,630	1,148	535	6,276	7,115	20,910	292	0	0	10,189	6	7	10,493	31,403
Transportes	4,794	413	8,454	2,285	444	253	2,537	629	23,845	65,403	47,514	156,570	11,741	37	0	95,581	7,155	-183	114,331	270,901
Indústrias	47,012	4,055	10,015	3,631	1,484	499	4,999	1,240	15,902	548,475	171,597	808,909	186,406	2,840	0	454,056	408,736	-5,405	1,046,633	1,855,542
Serviços	13,643	1,177	20,645	5,319	1,113	1,182	11,850	2,938	40,508	241,635	494,437	834,447	75,267	681,382	38,318	964,902	59,810	-1,107	1,818,572	2,653,019
PRODUTO NACIONAL	94,321	8,135	44,171	91,101	14,193	5,081	50,951	12,635	116,523	1,058,230	774,196	2,269,538	334,884	684,258	38,318	1,672,211	489,854	-8,322	3,211,203	5,480,741
Importado	8,422	726	4,827	19,428	215	384	3,852	955	8,371	117,501	46,039	210,720	0	897	145	92,879	55,292	914	150,127	360,847
Imp Import	254	22	121	41	13	9	89	22	224	6,225	1,049	8,070	0	29	0	3,970	3,717	32	7,747	15,817
ICM Nac + Importado	4,002	345	1,236	872	138	509	5,106	1,266	4,528	37,913	40,356	96,272	9,498	739	0	102,958	17,344	91	130,630	226,902
Zeros (ICM Impot incl acima)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPI Nac + Importado	151	13	123	35	13	10	97	24	107	4,414	2,994	7,981	2,060	5	0	12,503	5,105	66	19,738	27,719
Zeros (IPI Impot incl acima)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outros IIL Nac + Importado	2,599	224	1,599	7,415	440	229	2,293	569	6,916	36,329	35,168	93,781	9,212	1,073	766	56,001	14,006	-252	80,806	174,587
Zeros (Outros IIL Import incl acima)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO INTERMEDIÁRIO	109,749	9,466	52,077	118,891	15,012	6,222	62,389	15,471	136,669	1,260,613	899,803	2,686,362	355,653	687,001	39,229	1,940,522	585,317	-7,471	3,600,251	6,286,613
Remunerações	48,394	4,174	12,412	4,464	2,560	1,587	15,913	3,946	66,032	307,635	945,882	1,412,999	0	0	0	0	0	0	0	1,412,999
Salários	41,095	3,544	8,619	3,008	2,048	1,273	12,761	3,164	52,592	238,694	747,297	1,114,095	0	0	0	0	0	0	0	1,114,095
Contribuições sociais efetivas	7,299	630	3,793	1,456	512	314	3,152	782	13,440	68,941	151,688	252,007	0	0	0	0	0	0	0	252,007
Previdência oficial /FGTS	7,299	630	3,226	1,219	495	286	2,869	711	13,410	66,269	148,276	244,690	0	0	0	0	0	0	0	244,690
Previdência privada	0	0	567	237	17	28	283	70	30	2,672	3,412	7,317	0	0	0	0	0	0	0	7,317
Contribuições sociais imputadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,897	46,897	0	0	0	0	0	0	0	46,897
Excedente operacional bruto e rendimento misto bruto	94,673	8,165	16,457	25,986	4,709	4,723	47,360	11,744	65,770	270,460	786,220	1,336,268	0	0	0	0	0	0	0	1,336,268
Rendimento misto bruto	63,616	5,487	0	0	0	0	0	0	21,554	45,471	124,296	260,424	0	0	0	0	0	0	0	260,424
Excedente operacional bruto (EOB)	31,056	2,679	16,457	25,986	4,709	4,723	47,360	11,744	44,216	224,989	661,924	1,075,844	0	0	0	0	0	0	0	1,075,844
VALOR ADICIONADO CUSTO FATORES	143,067	12,339	28,869	30,450	7,269	6,310	63,273	15,690	131,802	578,095	1,732,102	2,749,267	0	0	0	0	0	0	0	2,749,267
Outros impostos sobre a produção	1,697	146	668	764	163	125	1,253	311	2,810	18,116	21,565	47,618	0	0	0	0	0	0	0	47,618
Outros subsídios à produção	-16	-1	0	0	0	-28	-279	-69	-380	-1,282	-451	-2,506	0	0	0	0	0	0	0	-2,506
Valor adicionado bruto (PIB)	144,748	12,484	29,537	31,214	7,432	6,407	64,248	15,932	134,232	594,929	1,753,216	2,794,379	0	0	0	0	0	0	0	2,794,379
VALOR DA PRODUÇÃO	254,497	21,950	81,614	150,105	22,444	12,630	126,636	31,403	270,901	1,855,542	2,653,019	5,480,741	0	0	0	0	0	0	0	5,480,741
Pessoal Ocupado	15,445,666	1,332,159	63,803	24,214	110,415	30,523	306,059	75,896	3,960,744	19,238,904	56,058,756	96,647,139	0	0	0	0	0	0	0	96,647,139

Fonte: Resultado da pesquisa a partir de Guilhoto e Sesso Filho (2010, 2005).

APÊNDICE IV. MATRIZ DE CONTABILIDADE SOCIAL (SAM) DE 2009 – BRASIL.

R\$1.000.000		DESpesas																								RM		CAPITAL		Demanda Total
FLUXO CIRCULAR DA RENDA E DO CONSUMO		SETORES PRODUTIVOS											FATORES		Consumo das Famílias (HH)							Terra	EMP	GOV	Export. + TRANSF.	FBKF + Variação estoque	Demanda Total			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TRAB	CAP	HH1	HH2	HH3	HH4	HH5	HH6	HH7									
RECEITAS	Agropecuária	1	20.387	711	17	12	10.134	0	4	1	4	129.392	4.401			4.626	5.880	6.948	8.066	8.981	9.536	10.620		0	0	29.932	12.420	262.072		
	Florestas	2	711	446	1	1	556	0	0	0	0	7.097	241			69	148	249	372	491	640	1.030		0	0	1.642	681	14.375		
	Energia - Petróleo e Gás	3	22	1	2.612	53.834	0	375	3.758	932	3	143	101			28	45	66	103	130	214	390		0	0	17.729	1.130	81.614		
	Energia - Refino e coque	4	7.293	400	662	20.362	236	258	2.583	640	33.000	29.474	13.783			396	702	1.712	3.758	5.764	8.115	12.871		0	0	8.600	-504	150.105		
	Energia - Álcool	5	121	7	3	4.856	9	6	60	15	350	2.504	3.452			65	99	282	936	1.918	3.046	4.006		0	0	1.979	-1.270	22.444		
	Energia - Gás Resid./Comer.	6	89	5	130	59	16	186	1.862	462	215	2.524	2.862			407	499	547	573	578	698	796		0	0	118	5	12.630		
	Energia - Eletricidade	7	888	49	1.307	595	162	1.862	18.669	4.630	2.159	25.308	28.693			1.853	2.727	3.966	5.449	6.959	8.174	11.959		0	0	1.179	51	126.636		
	Água e Resíduos	8	220	12	324	147	40	462	4.630	1.148	535	6.276	7.115			589	835	1.176	1.483	1.855	1.850	2.600		0	0	292	13	31.403		
	Transportes	9	4.936	271	8.454	2.285	444	253	2.537	629	23.845	65.403	47.514			2.624	4.320	6.287	9.917	12.578	21.071	38.783		0	37	11.741	6.972	270.901		
	Indústrias	10	48.411	2.655	10.015	3.631	1.484	499	4.999	1.240	15.902	548.475	171.597			14.044	20.027	30.807	48.674	68.469	103.159	168.877		0	2.840	186.406	403.332	1.855.542		
	Serviços	11	14.049	771	20.645	5.319	1.113	1.182	11.850	2.938	40.508	241.635	494.437			18.649	29.874	50.302	91.874	141.333	220.251	412.619		38.318	681.382	75.267	58.704	2.653.019		
FATORES	Trabalho (TRAB)	12	49.834	2.734	12.412	4.464	2.560	1.587	15.913	3.946	66.032	307.635	945.882											0	0	1.345	0	1.414.344		
	Capital (CAP)	13	97.490	5.348	16.457	25.986	4.709	4.723	47.360	11.744	65.770	270.460	786.220			296	815	2.514	8.852	19.975	37.235	115.288		1.318.575	270.729	18.165	0	3.128.713		
INSTITUIÇÕES	FAMILIAS	HH1 até R\$ 830	14													16.268	853	10	13	15	27	38	35	137	2.781	16.271	0	0	36.450	
		HH2 R\$ 830 a 1.245	15													36.129	2.392	19	25	29	51	72	67	259	6.167	28.070	0	0	73.282	
		HH3 R\$ 1.245 a 2.490	16													72.122	6.130	41	52	61	108	151	140	543	9.860	39.511	0	0	128.718	
		HH4 R\$ 2.490 a 4.150	17													132.679	18.076	79	101	119	208	292	271	1.050	18.792	63.403	0	0	235.070	
		HH5 R\$ 4.150 a 6.225	18													207.422	36.600	134	172	202	355	497	462	1.789	35.632	97.623	0	0	380.888	
		HH6 R\$ 6.225 a 10.375	19													326.319	60.339	210	270	316	556	778	723	2.801	73.212	150.981	0	0	616.504	
		HH7 acima de R\$ 10.375	20													623.278	251.225	365	470	550	967	1.353	1.258	4.873	163.580	373.082	0	0	1.420.999	
Terra	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	9	21	44	142	0	29.025	0	0	29.248			
EMPRESAS (EMP)	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.529.426	287	891	2.142	4.980	8.600	14.487	33.171	0	16.556	1.103	7.078	0	2.618.722		
GOVERNO	21	8.946	491	3.747	9.126	767	854	8.560	2.123	14.205	101.715	100.682			0	140.214	3.355	8.478	20.240	47.628	86.460	154.455	386.591	29.248	468.842	306.727	20.892	40.108	1.964.453	
Resto do Mundo (RM)	22	8.672	476	4.827	19.428	215	384	3.852	955	8.371	117.501	46.039			127	83.459	2.200	3.381	5.486	9.458	13.986	21.387	36.981	0	145	1.416	8.938	56.206	453.890	
Conta Capital (Poupança)	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13.005	-6.713	-3.646	-1.882	5.464	22.295	144.230	0	437.236	-68.721	62.588	0	577.846		
TOTAL	24	262.072	14.375	81.614	150.105	22.444	12.630	126.636	31.403	270.901	1.855.542	2.653.019	1.414.344	3.128.713	37.339	73.113	130.375	242.522	386.540	629.613	1.392.408	29.248	2.618.722	1.964.453	453.890	577.846	18.559.868			
Pessoas Ocupadas e Famílias			15.445.666	1.332.159	63.803	24.214	110.415	30.523	306.059	75.896	3.960.744	19.238.904	56.058.756			12.503.385	10.069.184	16.972.311	8.890.463	4.181.485	2.994.837	2.204.936								

Fonte: Resultados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA. **Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013-2015**. 2018. Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília, 79 pag. Acessível em: www3.ana.gov.br.

BARKER, Terry. *Use of energy-environment-economy models to inform greenhouse gas mitigation policy*. Large-scale models. Impact Assessment and Project Appraisal, vol.16, no. 2, June, pp. 123-131. 1998. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14615517.1998.10590197>. Acesso em: 5 de março de 2014.

BAUMOL, William J.; OATES, Wallace E. 1988. *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge: Cambridge University Press. 2nd edition. Capítulo 6. 79-90p.

BEN. 2010. **Balço Energético Nacional 2010: ano base 2009**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 276p. Disponível em: www.mme.gov.br. Acessado em: 13.02.2014.

BRASIL. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação MCTIC, Brasília, 2010. Disponível em www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html. Acesso em 27/11/2013.

BRASIL. **Segunda Comunicação Nacional**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima, 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília. Disponível em: www.mct.gov.br/clima. Acesso em: nov. 2013.

CHEN, Henry; TIMILSINA, Govinda R. *Economic Implications of Reducing Carbon Emissions from Energy Use and Industrial Process in Brazil*. Policy Research Working Paper, nº 6135. The World Bank, Development Research Group, Environment and Energy Team, 31 p., 2012.

DASGUPTA, Susmita; HAMILTON, Kirk; PAGIOLA, Stefano; WHEELER, David. *Environmental Economics at the World Bank*. Review of Environmental and Policy. Oxford

University Press. Vol. 2, issue 1, 2008. Disponível em: <http://reep.oxfordjournals.org/>. Acesso em: 21/08/2012.

DOMINGUES, Edson Paulo; BETARELLI, Admir Antonio; MAGALHÃES, Aline Souza; CARVALHO, Terciane Sabadini; SANTIAGO, Flaviane Souza. **Repercussões Setoriais e Regionais da Crise Econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva**. Texto para discussão n. 390. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 32 p. 2010.

EPE, 2010, **Balço Energético Nacional 2010: ano base 2009**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro, 276p. 2010. Disponível em: www.epe.gov.br/. Acesso em: 13 de fevereiro de 2014.

FEIJÓ, Carmem Aparecida; RAMOS, Roberto Luis Olinto (Orgs.); LIMA, Fernando Carlos G. de Cerqueira; BARBOSA FILHO, Nelson Henrique; PALIS, Rebeca. 2000. **Contabilidade Social – A nova referência das Contas Nacionais do Brasil**. Elsevier. Rio de Janeiro. 324p. 2008.

FERREIRA DE SOUZA, Pedro Herculano Guimarães. **A distribuição de renda nas pesquisas domiciliares brasileiras: harmonização e comparação entre Censos, PNADs e POFs**. Texto para discussão nº 1832, Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA), Brasília, 72p. 2013. Disponível em: www.ipea.gov.br/. Acesso em: 27 de março de 2014.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; ROCHA, M. T. **Avaliação econômica de políticas públicas visando redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 45., 2007, Londrina. Anais... Londrina: SOBER, 2007.

GOULDER, Lawrence H.; PARRY, Ian W. H. *Instrument Choice in Environmental Policy*. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2008. Oxford University Press, volume 2, issue 2, pp. 152-174. Disponível em: <http://reep.oxfordjournals.org/>. Acessado em: 21/12/2012.

GRIJÓ, Eduardo; BÊRNI, Duilio de Avila. **Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto**. Teoria e Evidência Econômica. Passo Fundo. Vol. 14, n. 26, pp. 9-42. 2006.

GROTTERA, Carolina. **Impactos de Políticas de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa sobre a Desigualdade de Renda no Brasil**. 2013. 150p. Dissertação (Mestrado em

Planejamento Energético). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro. 2013.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. *Input-Output Analysis: Theory and Foundations*. 2011. Munich Personal RePEc Archive, paper n°. 32566, 76p. Disponível em: www.mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto Antonio (2010). **Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005**. *Economia e Tecnologia*. UFPR/TECPAR. Ano 6, vol. 23. 2010.

GUILHOTO, Joaquim José Martins; SESSO FILHO, Umberto Antonio. **Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais**. *Economia Aplicada*. Vol. 9. N. 2. Abril-Junho. pp. 277-299. 2005

GUTIEREZ, Maria Bernadete Sarmiento; MENDONÇA, Mario Jorge Cardoso de. **O efeito estufa e a redução de CO₂: a estimação do ponto ótimo social global**. Nova Economia, Belo Horizonte, vol. 9, n°. 2, 93-115. 1999.

GVCES. **Política Fiscal Verde no Brasil**. Relatório Final. Centro de Estudos de Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces) à Embaixada Britânica, ao Ministério da Fazenda e Climate Works Foundation. 180p. 2013.

HADDAD, Eduardo A.; DOMINGUES, Edson Paulo. **EFES - Um Modelo Aplicado de Equilíbrio Geral para a Economia Brasileira: Projeções Setoriais para 1999-2004**. Estudos Econômicos. Instituto de Pesquisas Econômicas, v. 31, n.1, 2001.

HALSNAES, Kirsten; GARG, Amit. *Assessing the Role of Energy in Development and Climate Policies – Conceptual Approach and Key Indicators*. World Development, vol. 39, n. 6, pp. 987-1001. 2011.

HANLEY, N. e SPASH, C. L. *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar, Cheltenham, UK – Northampton, MA, USA, 1993.

HARA, Tadayuki. Quantitative Tourism Industry Analysis. *Introduction to Input-Output, Social Accounting Matrix, Modeling, and Tourism Satellite Accounts*. 2008. Chapters 2 a 4. Elsevier. Amsterdam. pp. 23 a 148.

HILGEMBERG, Emerson Martins; GUILHOTO, Joaquim J. **Uso de Combustíveis e Emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto**. Nova Economia. Belo Horizonte. Vol. 16 (1). Pp.49-99. 2006.

IBGE, 2006. **Censo Agropecuário 2006 – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 777pp. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/ibge/pesquisa.html>>. Acesso em: 8 fev. 2010.

IBGE, 2008b. **Sistema de Contas Nacionais Brasil**. Séries Relatórios Metodológicos, nº 24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro. 173p.

IBGE, 2009, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios PNAD 2009 Brasil**. Diretoria de Pesquisas - Coordenação de Trabalho e Rendimento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, Vol. 30, 133p.

IBGE, 2010, **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 – Despesas, rendimentos e condições de vida**. Diretoria de Pesquisas - Coordenação de Trabalho e Rendimento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 222p.

IBGE, 2011. **Sistema de Contas Nacionais Brasil 2005 – 2009**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Contas Nacionais, nº 34, Rio de Janeiro, 135p.

IBGE. 2008a. **Matriz de Insumo-Produto – Brasil - 2000/2005**. Contas Nacionais, nº 23. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro. 57p.

IEA, 2013. Banco de dado do Instituto de Economia Agrícola (IEA). **Arrendamento em dinheiro. Culturas do algodão, amendoim, arroz, cana, milho, soja e tomate envarado**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precors.aspx?cod_tipo=5&cod_sis=12. Acesso em: 22 de março de 2014.

IEEAF. *The European Framework for Integrated Environmental and Economic Accounting for Forests*. Methods and Nomenclatures. Eurostat – European Communities. Luxembourg, 2002.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2007. *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Summary*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 93p.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2013. *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

KOOTEN, G. Cornelis van. 2013. *Climate Change, Climate Science and Economics – Prospects for an Alternative Energy Future*. Springer Science+Business Media Dordrecht. Capítulo 7, pp. 221-284.

KUPFER, David; HASENCLEVER, Lia. 2002. **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Editora Campus - Elsevier, Rio de Janeiro. Capítulo 2, pp. 23-41.

LA ROVERE, E., DUBEUX, C., PEREIRA JR. A. O., WILLS, W., 2013, **Beyond 2020: From deforestation to the energy challenge in Brazil**, Climate Policy – Special issue: Low carbon drivers for a sustainable world, v.13, n.01, pp. 70:86.

LEFEVRE, J. *Building Input-Output tables in physical units and in money value to calibrate hybrid energy economy CGE models: application to the Brazilian economy. 15th Annual Conference on Global Economic Analysis*, Geneva. 2012.

LEONTIEF, W. 1986. *Input-output economics*. Second edition. New York: Oxford University Press.

LIN, Boqiang; LI, Xuehui. *The Effect of Carbon Tax on Per Capita CO₂ Emissions*. Energy Policy, n° 39, pp. 5137-5146. 2011.

MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. **Economia de baixo carbono no brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa**. Texto para Discussão N° 491. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR/UFMG). Belo Horizonte. 34p. 2013. Disponível em: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:cdp:texdis:td491>. Acesso em: 11/12/2013.

METCALF, Gilbert E. *Designing a Carbon Tax to Reduces U.S. Greenhouse Gas Emissions*. NBER Working Paper Series. Working Paper 14375. National Bureau of Economic Research (NBER). Cambridge. 38p. 2008.

MILLER, Ronald; BLAIR, Peter D. 1985. *Input-Output Analysis – Foundations and Extensions*. Cambridge University Press. Chapter 4, pp. 119-183. 2009. Disponível em: <http://sci-hub.org/>. Acesso em: 10/01/2014.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÃO (MCTIC). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília, 2013. Disponível em www.mct.gov.br/. Acesso em 18/02/2014.

MIYAZAWA, Kenichi. 1976. *Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, vol. 116, Berlin: Springer. Capítulo 1, pp. 1-21. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 2 de abril de 2014.

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, 2014, pp. 379-419.

MORAES, G. I. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável**. 2010. 267 p. Tese (Doutorado em Ciências, Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo/ESALQ, Piracicaba, 2010.

MULLER, Charles C. 2007. **Os Economistas e as Relações Entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente**. Brasília. Universidade de Brasília. 2012. 562p.

NÁPOLES, Pablo Ruiz. *Low Carbon Development Strategy for México: An Input-Output Analysis*. Final Report. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Economía. 2012. 76p.

NASCIMENTO, J. A. S.; GOÉS, G. S. **Contas Econômicas Ambientais de Florestas-Ceaf: uma proposta de trajetória metodológica e institucional para aplicação no Brasil**. 1º. Lugar, na categoria profissional, no IV Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos em Economia e Mercado Florestal. Serviço Florestal Brasileiro. 2016. Acessível em: www.florestal.gov.br.

PEREIRA Jr., Amaro Olímpio; SOARES, Jeferson Borghetti; OLIVEIRA, Ricardo Gorini de; QUEIROZ, Renato Pinto de. *Energy in Brazil: toward sustainable development?*. *Energy Policy*, nº 36, pp. 73-83. 2008.

PERMAN, ROGER; MA, YUE; MCGILVRAY, JAMES; COMMON, MICHAEL; MADDISON, DAVID. 1996. *International Environmental Problems*. Chapter 9. *Natural Resource and Environmental Economics* (Inglaterra: Pearson Education Limited, 4ª edição), pp. 282-341. 2011.

PIGOU, Arthur Cecil. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co. 4 th edition. 1932. Disponível em: [www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW14.html#Part II](http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW14.html#Part%20II), Chapter 3. Acessado em: 5/12/2013.

PINDYCK, R. S.; RUBINFEL, D. L. *Microeconomia*. 7ª edição. Pearson. São Paulo. 2010.

POTERBA, James M. *Tax Policy to Combat Global Warming: on designing a carbon tax*. NBER Working Paper Series. Working Paper 3649. National Bureau of Economic Research (NBER). Cambridge. 42p.

PYATT, Graham; ROUND, Jeffery Ian (Eds.). *Social Accounting Matrices – a basis for planning. A World Bank Symposium*. The World Bank. Washington. Capítulo 2, pp. 52-69. 1985.

RAA, Thijs Ten. 2006. *The Economics of Input-Output Analysis*. Cambridge University Press. Capítulo 6, pp. 65-86.

RAUSCHER, Michael. *International Trade, Foreign Investment, and the Environment*. In: MÄLLER, KARL-GÖRAN and VICENT, JEFFREY R. (Coord). *Handbook of Environmental Economics*. 3 Volumes. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, 2003. Chapter 27. 1403-1456 p.

REZENDE, Fernando Antônio. *Finanças Públicas*. 1978. Editora Atlas. 2ª edição. São Paulo. Capítulo 8, pp. 158-192. 2001.

ROUND, J., 2003. *Social Accounting Matrices and SAM-based Multiplier Analysis*, In: The World Bank. Toolkit for evaluating the poverty and distributional effects of economic policies, Chapter 14.

ROURA, Juan R. Cuadrado; MANCHA, Tomás; VILLENA, José E.; CASARES, Javier; GONZÁLEZ, Miguel. *Indroducción a la Política Económica*. 1997. McGraw-Hill. Cap. 4 e Cap. 5, pp. 99 – 173.

SADOULET, Elisabeth e De Janvry, Alain. 1995. *Quantitative Development Policy Analysis*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore e London. Capítulo 10, pp. 314-344.

SALLEM, M. A. S. **Um arcabouço de contas econômicas ambientais para a mensuração da sustentabilidade florestal**. 2º. Lugar, na categoria profissional, no III Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos em Economia e Mercado Florestal. Serviço Florestal Brasileiro. 2015. Acessível em: www.florestal.gov.br.

SEEA. **System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Central Framework**. United Nations. New York, 2014. Acessível em: https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf_109e.pdf

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. **A Política Nacional sobre Mudança do Clima**. In Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. SEROA DA MOTTA, Ronaldo; HARGRAVE, Jorge; LUEDEMANN, Gustavo; GUTIERREZ, Maria Bernadete Sarmiento (Eds.). Capítulo 1, pp. 31-42, 2011.

STERN, Nicolas. *The Economics of Climate Change: the Stern Review*. 2007. 386p.

STERNER, Thomas; CORIA, Jessica, 2007. *Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management*. Resources for the Future RFF Press. Capítulo 26. 2012.

SUH, Sangwon; HUPPES, Gjalt. 2002. *Missing Inventory Estimation Tool Using Extended Input-Output Analysis*. International Journal of Life Cycle Assessment 7 (3) 9A, 134-140.

TOLEDO NETO, E. R.; NOGUEIRA, J. M. ; MOZZER, G. B. . Sistemas de Cuentas Nacionales e Inventarios de Emisiones de GEI: solución para la incompatibilidad sectorial en el modelaje Top-Down. ESPACIOS (CARACAS), v. 38, p. 3, 2017.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI. **Matriz Energética Brasileira, uma prospectiva**. Revista Novos Estudos, vol. 79, novembro, pp. 47-69. 2007.

TOURINHO, Octávio Augusto Fontes; NAPOLEÃO, Luiz Costa; ALVES, Yann Le Boulluec. **Uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil em 2003**. IPEA. Textos para Discussão nº 1242. 67p. 2006.

TUKKER, Arnold; HUPPES, Gjalt; Van Oers, Laurant; HEIJUNGS, Reinout. *Environmentally extended input-output tables and models for Europe*. Technical Report

Series. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission, Espanha, 120pp. 2006. Disponível em:<http://www.jrc.es>. Acesso em: 19/02/2014.

UNFCCC. *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*. 2008. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 130p. Disponível em: www.ipcc.com/. Acessado em: 04/12/2013.

URANI, Andre; MOREIRA, Ajax; FERREIRA, Marco A. R.; GOTTSHALK, Helena. **Construção de uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil**. Texto para Discussão nº 346. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA), Brasília, 41p. 1994.

William Wills. **Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil**. Tese de Doutorado. Programa de Pósgraduação em Planejamento Energético (COPPE). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

WONG, Kai Seng Kelly; AZALI, M.; LEE, Chin. *Financial Social Accounting Matrix: Concepts, Constructions and Theoretical Framework*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper N. 14757, 18p.. 2009. Disponível em: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/14757/>. Acesso em: 18 fev. 2014.

ZHANG, Zhong Xiang; BARANZINI, Andrea. *What do we know about carbono taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income*. Energy Policy, Vol. 32, 507-518. 2004.