



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA APLICADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN
MESTRADO EM ECONOMIA**

VINCENZO PRIMERANO

**UMA PROPOSTA DE MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL DINÂMICO
RECURSIVO PARA A ECONOMIA BRASILEIRA: ANÁLISES E PROJEÇÕES A
PARTIR DE UMA MATRIZ INSUMO-PRODUTO**

**FORTALEZA
2022**

VINCENZO PRIMERANO

UMA PROPOSTA DE MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL DINÂMICO RECURSIVO
PARA A ECONOMIA BRASILEIRA: ANÁLISES E PROJEÇÕES A PARTIR DE UMA
MATRIZ INSUMO-PRODUTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Modesto
Penna

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P95p Primerano, Vincenzo.
UMA PROPOSTA DE MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL DINÂMICO RECURSIVO PARA A
ECONOMIA BRASILEIRA : ANÁLISES E PROJEÇÕES A PARTIR DE UMA MATRIZ INSUMO-
PRODUTO / Vincenzo Primerano. – 2022.
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração,
Atuária e Contabilidade, Programa de Pós-Graduação em Economia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Christiano Modesto Penna.

1. Matriz insumo-produto (MIP). 2. matriz de contabilidade social (MCS). 3. equilíbrio geral
computável (EGC). 4. previsão. I. Título.

CDD 330

VINCENZO PRIMERANO

UMA PROPOSTA DE MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL DINÂMICO RECURSIVO
PARA A ECONOMIA BRASILEIRA: ANÁLISES E PROJEÇÕES A PARTIR DE UMA
MATRIZ INSUMO-PRODUTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Aprovada em: 08 / 03 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Christiano Modesto Penna (orientador)

Prof. Dr. Ricardo Antônio de Castro Pereira

Prof. Dr. Nicolino Trompieri Neto (externo)

Prof. Ms. Allisson David de Oliveira Martins (externo)

FORTALEZA

2022

AGRADECIMENTOS

A minha esposa e ao meu filho, que me ensinaram o verdadeiro significado de amor incondicional.

Ao meu orientador professor Christiano, por toda sua paciência e orientação nesse processo.

RESUMO

Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) podem ser compreendidos como uma extensão natural dos modelos insumo-produto. Esses modelos têm sido acolhidos como ferramenta de simulação e de análise dos potenciais efeitos da implementação de políticas econômicas sobre o comportamento dos agentes, o fluxo de renda e do bem-estar das famílias que fazem parte de uma determinada região. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo propor um método alternativo para estimar as relações de longo prazo entre os agentes da economia brasileira mediante a elaboração de um modelo EGC dinâmico recursivo, impulsionado à poupança, utilizando como fonte de dados as informações disponíveis em uma matriz de contabilidade social (MCS). As matrizes de contabilidade social, utilizadas como insumo no modelo, foram construídas a partir da matriz insumo-produto (MIP) de 2010 divulgada pelo IBGE e da MIP, também de 2010, estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS/USP). Uma terceira MCS foi elaborada a partir da MIP de 2015 do IBGE e utilizada como *benchmark* para avaliar a *performance* de projeção do modelo, medida ao comparar a distância entre os dados efetivamente observados em 2015 e aqueles projetados até esse ano a partir das matrizes de contabilidade social do IBGE e do NEREUS/USP do ano de 2010. Os resultados encontrados sugerem que o modelo EGC desenvolvido tem o potencial, do ponto de vista teórico, de se tornar um método consistente para estimar a trajetória de crescimento da economia brasileira, sendo a MCS construída a partir da MIP do IBGE aquela que se mostrou mais adequada a ser utilizada como fonte de dados no modelo.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto (MIP), matriz de contabilidade social (MCS), equilíbrio geral computável (EGC), previsão.

ABSTRACT

Computable general equilibrium (CGE) models can be thought of as a natural extension of the input-output analysis models. CGE models have been used as a tool for simulation and analysis of the potential effects of implementing economic policies on the behavior of agents, the flow of income and the well-being of families that are part of a given region. In this context, this study aims to propose an alternative method to estimate the long-term relationships between the agents of the Brazilian economy through the development of a dynamic recursive CGE model, saving driven, using as a data source the information available in a social accounting matrix (SAM). The social accounting matrices, used as input in the model, were constructed from the 2010 input-output (IO) tables published by the IBGE and the IO tables, also from 2010, estimated by USP's Regional and Urban Economics Centre (NEREUS). A third SAM was elaborated from the IBGE's 2015 IO table and used as a benchmark to evaluate the model's projection performance, measured by comparing the distance between the data actually observed in 2015 and those projected until that year from the IBGE's and NEREUS' 2010 social accounting matrices. Results suggests that the developed CGE model has the potential, from a theoretical point of view, to become a consistent method for estimating the growth path of the Brazilian economy, with the SAM constructed from the IBGE's IO table being the one that proved to be the most suitable to be used as a data source in the model.

Keyword: Input-output table, social accounting matrix (SAM), computable general equilibrium (CGE), forecasting.

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	8
<u>2. LITERATURA</u>	10
<u>3. METODOLOGIA</u>	13
<u>3.1 Recuperação de informações da MIP do IBGE</u>	13
<u>3.2 Recuperação de informações da MIP do NEREUS</u>	15
<u>3.3 Construção da SAM</u>	16
<u>3.4 A estrutura de um modelo CGE</u>	18
<u>3.5 O modelo CGE dinâmico recursivo impulsionado à poupança</u>	21
<u>3.6 Taxa de Retorno do Capital e taxa de depreciação</u>	24
<u>3.7 Taxa de Crescimento da População Economicamente Ativa</u>	25
<u>3.8 Ajuste do Investimento do Ano Base</u>	27
<u>3.9 Solução do Modelo</u>	28
<u>3.9.1 Família representativa</u>	28
<u>3.9.2 Firms</u>	29
<u>3.9.3 Governo</u>	31
<u>3.9.4 Investimento e poupança</u>	32
<u>3.9.5 Setor externo</u>	33
<u>3.9.6 Bem composto de Armington</u>	34
<u>3.9.7 Equilíbrio (fechamento macroeconômico)</u>	36
<u>3.10 Avaliação da performance dos resultados estimados</u>	38
<u>4. RESULTADOS</u>	41
<u>5. CONCLUSÕES</u>	44
<u>REFERÊNCIAS</u>	46
<u>APÊNDICE – RELAÇÃO DE SETORES DA ECONOMIA</u>	50

1. INTRODUÇÃO

Motivado em divulgar informações relevantes para orientar o desenvolvimento e a formulação de políticas públicas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) produz, desde a década de 70, a matriz insumo-produto (MIP) da economia brasileira detalhando as operações de produção e de consumo por setor de atividade, equacionando as relações transacionais que se verificam entre os agentes que participam da economia, e proporcionando uma visão integrada entre a oferta e a demanda dos setores por meio da separação do destino de suas produções entre o consumo intermediário e os componentes da demanda final (GUILHOTO, 2011; MARTINEZ, 2014; IBGE, 2018; ALVES-PASSONI; FREITAS, 2020).

Muito embora a MIP seja uma ferramenta importante para análise da estrutura econômica de uma região, a sua periodicidade quinquenal limita bastante análises sobre a estrutura produtiva da economia. É por esse motivo, de acordo com Alves-Passoni e Freitas (2020), que existe a necessidade de a MIP ser estimada nos anos em que ela não é divulgada pelo IBGE.

Ocorre que a MIP é construída sob hipóteses de rigidez de preços e de invariância temporal dos coeficientes técnicos de produção setoriais, ou seja, isso também limita seu potencial analítico, pois essas hipóteses só são condizentes com o curto prazo. Elaborar análises para um prazo mais longo, diante dessas premissas, pode gerar resultados imprecisos sobre a economia e ter efeito contrário àquele desejado sobre o direcionamento na tomada de decisões (GERKIN, 1976).

É nesse contexto que ganham relevância os modelos de equilíbrio geral computável,¹ que podem ser compreendidos como uma extensão natural dos modelos insumo-produto. Esses modelos têm sido acolhidos como ferramenta de simulação e de análise dos potenciais efeitos da implementação de políticas econômicas sobre o comportamento dos agentes, o fluxo de renda e do bem-estar das famílias que fazem parte de uma determinada região (ROBERTS, 1994; DIXON; PARMENTER, 1996; LKHANAAJAV; BAYARJARGAL; GANSHIR, 2016).

Ao reunir conceitos espalhados pela literatura que trata sobre o assunto, é possível propor um método alternativo para estimar as relações de longo prazo entre os agentes da economia brasileira mediante a elaboração de um modelo CGE para analisar a estrutura

¹Ou *Computable General Models* (CGE) em inglês.

produtiva e traçar a trajetória de crescimento da economia ao longo de um determinado período a partir dos dados disponíveis na MIP oficial mais recente, avaliando-se também a *performance* da projeção realizada ao comparar os dados verdadeiros, observados na MIP divulgada pelo IBGE, com aqueles projetados pelo modelo. Adicionalmente, os dados da MIP disponibilizada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS/USP) - uma das referências mais utilizadas na literatura sobre esse tema para os anos em que o IBGE não divulga a MIP oficial - foram inseridos no modelo e projetados para fins de comparação com os dados da MIP oficial, com o propósito de identificar qual a base de dados que se mostra mais apropriada para ser utilizada como insumo no modelo CGE dinâmico desenvolvido.

Diante do exposto, o artigo encontra-se estruturado da seguinte maneira: a próxima seção faz um levantamento da literatura que trata do tema. Na seção 3 é abordada a metodologia utilizada. Na seção 4 descrevem-se os dados que dão suporte a análise empírica, também realizada nessa seção. Na quinta seção tecem-se as conclusões.

2. LITERATURA

Um modelo CGE, segundo Roberts (1994), tem o objetivo de simular as relações entre os agentes de uma economia por meio de formas funcionais (equações) que representam o seu comportamento, inclusive mediante a definição de restrições como, por exemplo, a orçamentária para as famílias e as tecnológicas para as firmas.

Os modelos CGE superam também a barreira do curto-prazo, um dos gargalos da análise insumo-produto imposta por suas hipóteses estruturais, ao admitirem em seu arcabouço teórico a substituição de insumos e a flexibilidade de preços. Além disso, outra vantagem do modelo, como bem apontaram Hosoe (2010) e Paiva e Trompieri Neto (2021), repousa sobre a pouca quantidade de dados que é necessária para alimentá-los e produzir resultados consistentes, tornando-os mais adequados para as análises relativas ao contexto da teoria insumo-produto do que os tradicionais modelos econométricos.

Na literatura, pode-se distinguir dois tipos de modelos CGE, **(i)** o estático que se propõe a sinalizar o efeito de um choque provocado por uma alteração de uma política específica (como uma redução na alíquota de importação) no curto ou no longo prazo, e **(ii)** o dinâmico que produz, de forma recursiva, uma sequência anual de projeções para a economia analisada sendo alimentado, por exemplo, pelos efeitos da relação dinâmica que se verifica entre a taxa de retorno do capital e da taxa de crescimento populacional estimadas em uma região (ADAMS; DIXON; GIESECKE; HORRIDGE, 2010).

A versatilidade dos modelos CGE para geração de cenários econômicos pode ser evidenciada pelo ORANI-ORES (DIXON et al., 1982) e pelo MONASH-MRF produzido por Dixon e Rimmer (2002), ambos desenvolvidos para a economia australiana. No âmbito nacional temos o B-MARIA (HADDAD, 1999) como o primeiro modelo CGE inter-regional e o EFES, um modelo CGE dinâmico proposto por Haddad e Domingues (2001) para gerar projeções anuais para a economia brasileira.

Um dos primeiros modelos CGE que ganharam notoriedade, o ORANI-ORES, incorporou em sua concepção elementos que permitiram retratar mais fielmente os efeitos decorrentes das variações dos preços relativos entre os bens domésticos e os importados, contribuindo na formulação de políticas menos protecionistas para a economia australiana ao quantificar, por setor de atividade, os efeitos positivos e negativos de uma maior exposição ao setor externo sobre o mercado de trabalho (DIXON; KOOPMAN; RIMMER, 2013).

Naqvi e Peter (1996), descrevem o MONASH-MRF como um modelo CGE multirregional do tipo *bottom-up* em que o produto nacional é o resultado da soma do comportamento econômico dos agentes definido a nível regional. Em sua estrutura, projeções para o médio e o longo prazo são realizadas a partir da combinação das relações entre **(i)** o estoque de capital e o investimento, **(ii)** o crescimento populacional e a migração inter e intrarregional e **(iii)** a dívida externa e a balança comercial. Os autores utilizaram o modelo para testar o impacto de gastos em infraestrutura, pelo governo australiano, nas demais regiões da economia daquele país que perfazem o modelo.

Baseado nesse modelo, Haddad (1999) apresentou o B-MARIA com o objetivo de analisar de forma qualitativa e detalhada a estrutura produtiva das regiões da economia brasileira após o processo de liberalização econômica iniciada na década de 1990. Os resultados do modelo apontaram para um arcabouço econômico onde as forças de mercado favoreciam as regiões mais desenvolvidas do país, prevalecendo entre elas o eixo centro-sul, bem como sinalizaram a importância dos investimentos em infraestrutura pelo governo e anteciparam as dificuldades para cumprir esses investimentos diante dos escassos recursos disponíveis.

Dando enfoque à capacidade analítica proporcionada pelos modelos CGE, Haddad e Domingos (2001) desenvolveram o EFES, um modelo dinâmico apto a gerar projeções anuais para a economia brasileira nos anos compreendidos entre o período de 1999 até 2004, utilizando um mecanismo de acumulação de capital, com investimentos setoriais determinados de forma endógena a partir da taxa de retorno esperada do capital. Contudo, sem negar a importância dessa projeção, a vantagem aventada por esse modelo reside na flexibilidade de geração de cenários para esboçar a trajetória da economia doméstica a partir, por exemplo, da simulação de contextos macroeconômicos alternativos.

Não obstante a relevância dos estudos conduzidos no âmbito nacional com o objetivo de fortalecer os conhecimentos relativos às características estruturais da economia brasileira, como fizeram Guilhoto e Sesso-Filho (2005; 2010), Grijó e Berni (2006), Martinez (2014) e Alves-Passoni e Freitas (2020), ao proporem métodos para estimar a MIP a partir de dados das Contas Nacionais, ou de apresentar modelos, como os propostos por Haddad (1999) e Haddad e Domingos (2001), capazes de projetar o cenário macroeconômico, ainda há lacunas que podem ser preenchidas com o uso de modelos CGE.

Diante dessa revisão de literatura, o que se percebe é que, basicamente, os estudos que se sucederam no Brasil parecem ter dado muita atenção à estruturação e melhorias em termos

de modelagem. Entretanto, há outros pontos que poderiam ser mais bem explorados com o uso de modelos CGE, como a avaliação da sintonia do modelo proposto aos dados disponíveis e a da *performance* das projeções do modelo, a partir dos dados disponíveis em um período inicial, com os dados verdadeiros observados em um período posterior.

Essas são avaliações de cunho prático extremamente importantes, e que sempre deveriam ser feitas ao final da condução de exercícios empíricos. Primeiro, porque havendo bases de dados alternativas, torna-se possível ponderar qual seria a mais adequada na condução dos exercícios. Segundo, porque torna-se possível calcular hiatos entre dados simulados e observados e, a partir deles, testar melhorias em termos de modelagem buscando reduzir essas diferenças. É justamente o preenchimento dessas lacunas a principal motivação desse trabalho.

Nesse sentido, combinando as informações disponíveis na MIP mais recente do IBGE com o potencial analítico fornecido por um modelo CGE e construindo alicerces para o debate sobre a lógica semeada por Haddad e Domingos (2001), é possível propor um modelo CGE dinâmico capaz de ser utilizado para efetuar projeções consistentes, mensuráveis por um método de avaliação da *performance* e calibráveis para o médio e o longo prazo da estrutura produtiva da economia brasileira.

3. METODOLOGIA

A metodologia para construir a matriz de contabilidade social,² principal insumo para elaboração dos modelos de equilíbrio geral computável, a partir dos dados disponibilizados tanto na MIP do IBGE dos anos de 2010 e de 2015 como naquela estimada pelo NEREUS para 2010 e a utilizada para modelagem do modelo CGE dinâmico recursivo, impulsionado à poupança, elaborado para realizar projeções sobre a economia brasileira, é apresentada nos tópicos a seguir.

3.1 Recuperação de informações da MIP do IBGE

Ao divulgar a MIP, O IBGE disponibiliza um conjunto de tabelas que permitem identificar as relações entre os setores da economia tanto em um sistema “produto por produto”, como na visão “setor por setor”. A escolha de qual relação utilizar depende exclusivamente dos objetivos do estudo (IBGE, 2015).

Isto posto, para construir a MIP na visão “setor por setor”, mais relevante para esta pesquisa, deve-se recorrer à matriz de *market share*, ou matriz D, uma das que perfazem o conjunto de tabelas divulgadas junto com a publicação da MIP e que apresenta a participação de cada setor na produção dos produtos domésticos. Essa matriz é importante, pois é a utilizada para transformar a relação “produto por setor”, que é a observada na maioria das tabelas que compõem a publicação da MIP, na relação “setor por setor” (GUILHOTO, 2011; PAIVA; TROMPIERI NETO, 2020).

O processo de transformação ocorre mediante a multiplicação matricial entre a matriz D e as matrizes contendo as informações relevantes para construção da SAM. Com efeito, podemos encontrar os valores a serem registrados em cada seção da SAM a partir dos seguintes resultados:

² Ou *social accounting matrix (SAM)*, em inglês.

Onde \hat{D} é o produto de *Hammond*, representando a multiplicação elemento-elemento entre duas matrizes, D representa a matriz D , e U e P são, respectivamente, a tabela de usos de bens e serviços a preços de consumidor ajustada e às importações divulgadas pelo IBGE na publicação da MIP, todas na visão “produto por setor”. Por sua vez, U e P referem-se a essas mesmas matrizes, mas na visão “setor por setor”. Os impostos, informados na tabela de oferta das Tabelas de Recursos e Usos (TRU), são representados por T , onde o sobrescrito representa o tipo de imposto (imposto de importação, IPI, ICMS e outros impostos líquidos de subsídios).

Pelo fato de os produtos incorporarem o valor das margens de comércio e de transporte na tabela de usos a preços de consumidor (U), faz-se necessário um ajuste nas entradas dessa tabela antes de realizar a transformação representada pela equação (1), de forma a expurgar os efeitos dessas margens no preço do produto. Essa correção é obtida a partir da seguinte identidade:

Onde D é a tabela de oferta e demanda da produção nacional a preços básico, composta pelos mesmos elementos da D embora seus valores não contemplem as importações, os impostos e nem as margens de transporte e de comércio, D^* é a tabela de oferta e demanda de produtos importados a preço básico, e T são os impostos incidentes sobre os produtos domésticos e os importados, respectivamente. Todas essas tabelas fazem parte do conjunto divulgado pelo IBGE na publicação da MIP.

Em seguida, recuperam-se, a partir da tabela valor adicionado disponibilizada pelo IBGE como parte da publicação da TRU, às informações sobre o fator trabalho (L) e o fator capital (K). O primeiro corresponde às remunerações, enquanto o segundo equivale à diferença entre (i) o valor do excedente operacional bruto e rendimento misto bruto e (ii) o valor dos impostos e subsídios da produção.

3.2 Recuperação de informações da MIP do NEREUS

O tratamento dos dados recuperados a partir da matriz insumo-produto estimada pelo NEREUS, para fins de elaboração da SAM, apesar de guardar semelhanças com o processo descrito no tópico anterior exige algumas adaptações. A mais importante é a necessidade de calcular, a partir da tabela de “Produção”, uma das que perfazem a publicação da MIP estimada, a matriz D . Os elementos que compõem essa matriz, que possuem o mesmo significado daquela do IBGE, são encontrados com a seguinte fórmula:

Onde d_{ij} é o elemento da tabela de “Produção”, enquanto p_i e s_j representam, respectivamente, um produto e um setor específicos. Com efeito, temos que

Em seguida, os valores a preços básicos registrados na tabela “Usos PxS” foram acrescidos das importações e dos impostos. Esse acréscimo é análogo àquele descrito na equação (1), utilizada na MIP do IBGE, porém, como a MIP estimada separa o valor dos impostos sobre os produtos por tipo de tributo, uma pequena adaptação se faz necessária:

Onde i , j , e k representam as tabelas contendo a distribuição por produto do imposto de importação, do ICMS, do IPI e dos outros impostos indiretos líquidos de subsídios respectivamente.

Na sequência, se recuperam, a partir da tabela “Usos PxS” ou da “Usos SxS”, as informações de valor adicionado relativas aos fatores de produção (capital e trabalho) de forma idêntica àquela apresentada na seção anterior e, por fim, utiliza-se o mesmo processo de multiplicação matricial descrito nas equações (1) e (2) para encontrar a relação “setor por setor” necessária para construção da SAM.

3.3 Construção da SAM

A SAM é uma matriz quadrada, integralmente derivada da MIP e de outros dados do Sistema de Contas Nacionais (SCN), que representa uma economia em estado de equilíbrio.

Essa matriz, segundo Tourinho, Silva e Alves (2006), retrata, para um determinado período, o fluxo circular da renda entre os agentes, além de, conforme Paiva e Trompieri Neto (2021), proporcionar ao modelo CGE a capacidade de atribuir formas funcionais aptas a traduzir o comportamento desses agentes de acordo com os fluxos observados na matriz. Com efeito, enquanto as linhas da matriz sinalizam o fluxo de bens e serviços, as suas colunas representam os pagamentos, ou o fluxo de renda, entre esses agentes (HOSOE, 2010).

Isto posto, apresenta-se, na figura a seguir, a representação sintética da SAM utilizada no presente estudo. Ela é composta por 20 setores, os quais podem ser verificados em detalhes no apêndice I, pelos fatores de produção (capital e trabalho), os impostos indiretos (imposto de importação, ICMS e outros impostos líquidos de subsídios, inclusive IPI), os agentes da demanda final (famílias, governo e investimento) e pelo setor externo. Entre a SAM elaborada a partir das informações do IBGE e a elaborada a partir do NEREUS, não há diferença de estrutura, apenas os valores se alteram. A alocação dos valores recuperados a partir da MIP é indicada abaixo da descrição das seções hachuradas, as seções tracejadas são calculadas a partir da SAM e a seção sólida, relativa ao imposto de renda, é recuperada do SCN como veremos em seguida.

Na SAM, o consumo intermediário, a demanda pelos fatores de produção, os impostos, as importações e as exportações, bem como os valores de consumo dos agentes que compõem a demanda final (famílias, governo e investimentos) são todos recuperados a partir das informações registradas na MIP, conforme detalhado nas equações , e .

Na seção da demanda final, o consumo do governo equivale ao resultado da soma entre o seu próprio consumo e o consumo das Instituições sem Fins de Lucro a Serviço das Famílias (ISFLSF), enquanto o investimento é composto pela soma entre a variação dos estoques e a formação bruta de capital fixo.

A oferta dos fatores de produção corresponde ao somatório dos fatores utilizados nos setores da economia. Obviamente, o somatório da demanda do fator capital será igual à totalidade da oferta do fator capital. Raciocínio análogo vale para o fator trabalho.

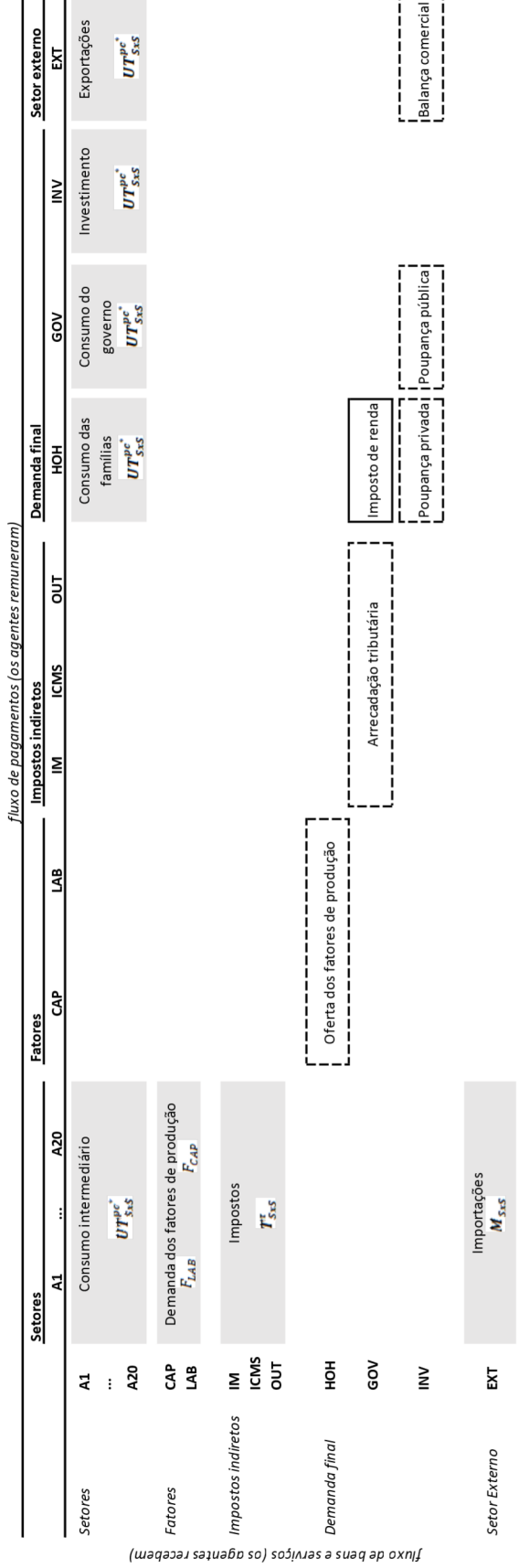


Figura 1 – Representação de uma SAM. Adaptado pelo autor/Fonte: Hosoe (2010).

De forma similar, temos que a arrecadação tributária relativa ao imposto de importação, do ICMS e dos outros impostos líquidos de subsídios (inclusive IPI), será equivalente ao somatório do valor desses impostos nos setores de produção da economia. O imposto de renda, dado não disponível na MIP, é obtido no SCN a partir das Contas Econômicas Integradas (CEI) dos anos de 2010 e de 2015. Por ser recuperado a partir da CEI, o valor do imposto de renda é o mesmo entre as duas matrizes de contabilidade social elaboradas para o ano de 2010.

Os valores relativos à poupança privada e à poupança pública, na SAM, são derivados por dedução a partir da relação de igualdade entre o somatório da linha e da coluna correspondentes, após o registro dos valores referentes ao imposto de renda e à balança comercial. Esta é equivalente à diferença entre as exportações e às importações.

A consistência das informações da SAM, diante de sua hipótese de representar uma economia em estado de equilíbrio, onde as receitas se igualam as despesas, é verificada pela exigência de igualdade entre o somatório da linha e o da coluna correspondente (HOSOE, 2010). Durante a elaboração da SAM de 2010 a partir dos dados da MIP do NEREUS e na SAM construída para o ano de 2015 a partir da MIP do IBGE, diferenças de valor irrisório e percentualmente pouco relevantes (todas menores do que 0,01%) entre o somatório da linha e o da coluna correspondente foram observadas em alguns setores. O valor dessas diferenças foi alocado nas importações desses setores.

3.4 A estrutura de um modelo CGE

Em sua essência, o modelo CGE é um sistema de equações simultâneas que pode ser expresso, conforme Hosoe (2010), da seguinte forma:

Onde y representa o vetor de variáveis endógenas, x o vetor de variáveis exógenas, observadas previamente à construção do modelo e c representa o vetor de coeficientes.

Para Hosoe (2010), a prática comum é a de resolver o modelo para o vetor de variáveis endógenas a partir do vetor de variáveis exógenas e do vetor de coeficientes. Contudo, como a SAM representa uma economia em situação de equilíbrio, é possível recuperar os valores de

(que neste caso denotaremos de α) e de β de forma a resolver o modelo para o vetor de coeficientes :

Esta resolução proposta por Hosoe (2010) representa também o modelo de estimação por calibração, que consiste no processo de encontrar o valor dos parâmetros de uma economia a partir dos valores das variáveis endógenas que podem ser observados no equilíbrio de *benchmark* cristalizado na SAM. Uma vez encontrado o valor desses parâmetros é possível realizar o exercício de simulação dos efeitos que as políticas poderiam promover na economia e comparar os resultados obtidos, que correspondem a um novo ponto de equilíbrio da economia, com aqueles do equilíbrio de *benchmark* (HOSOE, 2010).

Realizadas essas considerações, na imagem abaixo, se apresenta a estrutura de um modelo CGE estático, inclusive mostrando entre parêntesis as formas funcionais associadas aos agentes, como forma de facilitar a compreensão dos conceitos apresentados e adiantar uma parte da notação que será utilizada ao longo do estudo.

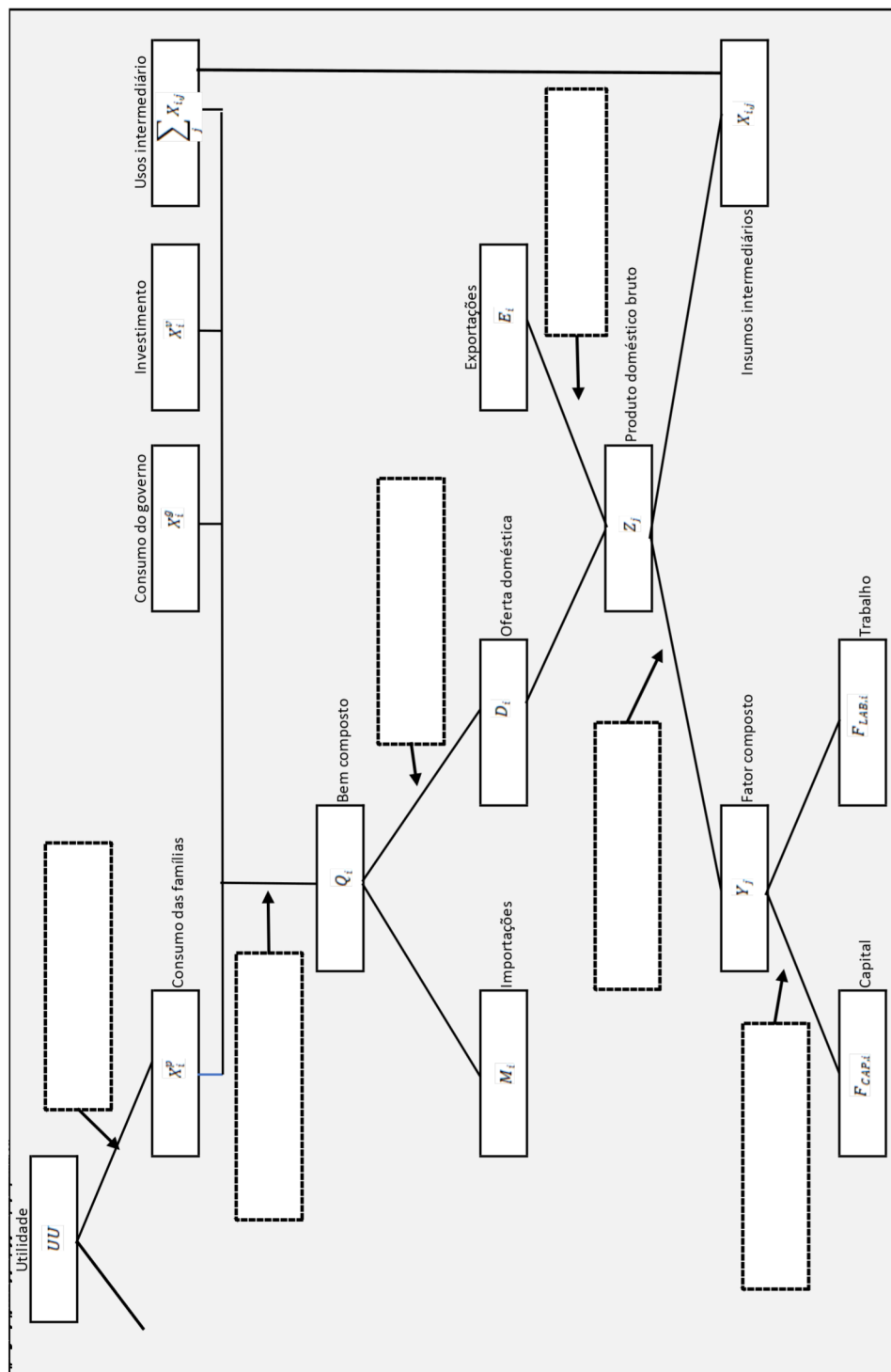


Figura 2 –Estrutura de um modelo CGE estático. Fonte: adaptado de Hosoe (2010)

Conforme proposto por Paiva e Trompieri Neto (2021), a leitura desse fluxo pode ser efetuada da seguinte forma:

- 1) Os fatores de capital e de trabalho, e respectivamente, se combinam por meio de uma função do tipo *Cobb-Douglas* para formar um fator composto ();
- 2) O fator composto é, então, combinado com os insumos intermediários utilizados pelo setor de atividade da economia para gerar o produto doméstico bruto () da economia. Essa combinação é modelada por meio de uma Leontief;
- 3) O produto doméstico bruto divide-se, a partir de uma função de transformação CET, em dois destinos: a oferta doméstica () e as exportações ();
- 4) A oferta doméstica é combinada com os produtos importados () por meio de uma função do tipo CES, dando origem ao bem composto de *Armington* ();
- 5) Cumprindo a condição de equilíbrio de fechamento macroeconômico, onde a oferta é igual a demanda, a oferta doméstica é integralmente consumida pelas famílias () e pelo governo (), além de ser utilizada para fins de investimento () e como insumo intermediário pelos setores de atividade da economia ();
- 6) Finalmente, a utilidade das famílias, mensurada por meio de uma função do tipo *Cobb-Douglas*, encerra a estrutura do modelo.

Na última etapa desse fluxo surge um *insight* interessante do ponto de vista econômico proporcionado pela resolução do modelo CGE. Ele é capaz atribuir valores para as funções de utilidade das famílias a partir dos dados registrados na SAM. Assim, utilizando duas matrizes de contabilidade social distintas, e elaboradas a partir de matrizes insumo-produto de anos diferentes, torna-se possível analisar se houve evolução no bem-estar das famílias ao longo daquele intervalo de tempo.

3.5 O modelo CGE dinâmico recursivo impulsionado à poupança

O modelo CGE dinâmico, apesar de manter preservada a estrutura do modelo estático, incorpora em seus fundamentos parâmetros que permitem definir uma trajetória de crescimento para suas variáveis ao longo do tempo como, por exemplo, a evolução da dotação de fatores de uma economia (capital e trabalho). Ele admite também que algumas das variáveis utilizadas sejam qualificadas como estáticas, caso em que o fator por ela

representado não pode se deslocar de um setor para outro da economia, e móveis, no caso de se admitir o deslocamento desse fator.

Nesse esteio, o modelo CGE dinâmico recursivo impulsionado à poupança aqui proposto define uma trajetória de crescimento para a economia brasileira, tanto a partir do seu nível de poupança, como pela taxa de crescimento da população economicamente ativa (PEA).

Com efeito, a poupança é a fonte de recursos de onde se originam os investimentos que aumentam o estoque de capital () da economia, que se deprecia a uma taxa constante () e é também remunerado a uma taxa constante (). A estrutura lógica desse modelo é apresenta na figura abaixo.

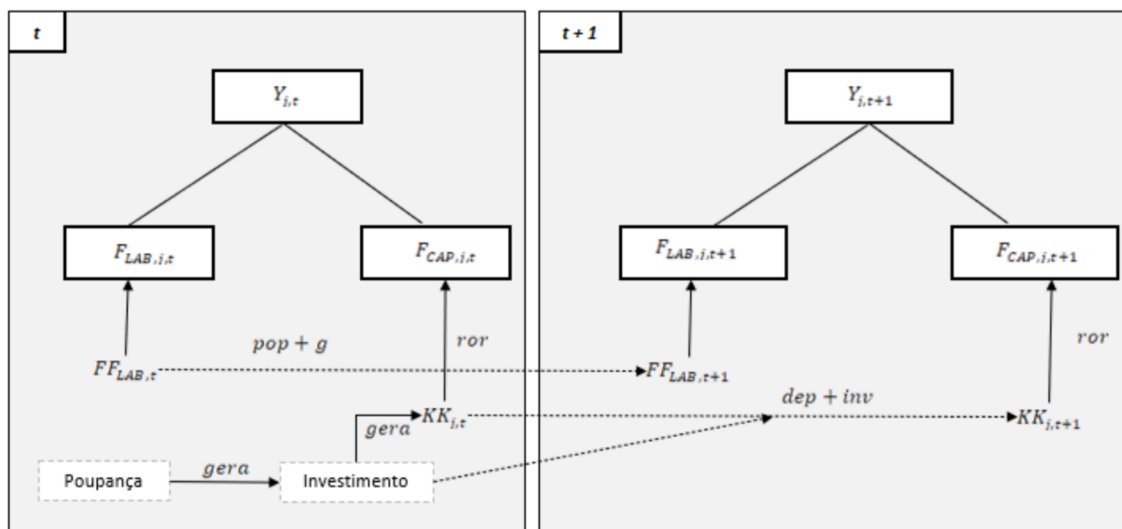


Figura 3 – Representação da estrutura lógica do modelo CGE dinâmico.

A dinâmica do modelo repousa então sobre a evolução do capital ao longo dos períodos projetados, onde o fator capital disponível para cada setor da economia, $KK_{i,t}$, é produzido no início do i -ésimo período a partir da taxa de retorno r_{or} que remunera o estoque de capital, $KK_{i,t-1}$, existente naquele setor. No modelo, o fator relativo ao trabalho, conforme Oliveira (2020), é móvel, ou seja, ele pode se *deslocar* de um setor para outro da economia independente da sua localização, estado da economia e custos de mobilidade setoriais e espaciais, enquanto o estoque de capital é tido como imóvel, *i.e.*, não é possível utilizar o estoque de capital disponível no setor de indústrias extrativas, por exemplo, para produção de fator de capital no setor de construção.

Assim, para determinar a trajetória de crescimento do fator capital no i -ésimo setor da economia no começo do período seguinte ($t+1$), o estoque de capital, que se deprecia à taxa δ , é combinado com os investimentos, I_i , realizados naquele setor. Esse conceito pode ser formalmente apresentado da seguinte forma:

Para definir como os investimentos realizados serão alocados entre os setores, é necessário definir que o *investimento composto* utilizado em um setor da economia é produzido a partir de vários bens de investimentos, que denotaremos de K_i , por meio de uma função de produção do tipo *Cobb-Douglas* que apresentamos a seguir:

Onde α é o parâmetro de escala na função de investimento composto e β é o parâmetro de participação do investimento do i -ésimo setor no investimento total da economia.

Para que exista recurso disponível para ser investido na economia, deve existir poupança. Esta se divide em poupança das famílias, S_f , e poupança pública (S_g) que, quando combinadas com a poupança externa representam a poupança total da economia. A poupança externa, por hipótese de fechamento macroeconômico do modelo (HOSOE, 2010), é tida como exógena e constantemente crescente à taxa de crescimento da PEA.

As famílias poupam recursos a partir de uma propensão a poupar constante, s_f , que incide sobre a sua renda disponível:

Onde Y_i representa a renda total da família representativa oriunda do trabalho e τ é o valor do imposto de renda que é pago para o governo.

A poupança do governo é encontrada a partir da seguinte equação, que define a poupança do setor público como uma fração constante de sua receita de arrecadação com impostos:

Onde τ , θ e ϕ são, respectivamente, a arrecadação com o ICMS, com o imposto sobre produtos importados e de outros impostos líquidos de subsídios.

A poupança da economia é, então, canalizada pelos agentes da economia, que no modelo têm expectativas *miopes*, para os investimentos compostos de forma a viabilizar a acumulação de estoque no i -ésimo setor da economia, proporcionalmente, ao retorno de capital desse setor em relação aos demais setores da economia. A decisão de alocação pode ser apresentada da seguinte forma:

Onde r e w são o preço e a dotação de capital, ρ representa o preço do investimento composto e θ é a taxa de câmbio. O parâmetro ϕ pode ser interpretado como um parâmetro de peso, representando a sensibilidade do investimento direcionado para o i -ésimo setor da economia em relação ao preço do serviço de capital praticado neste setor. No caso de $\phi = 1$, a equação se torna uma simples fórmula de participação.

A vantagem dessa equação no modelo é que ela elimina soluções de canto, as quais ocorreriam quando o retorno proporcionado por um setor fosse menor do que aquele observado em outro setor, implicando em nenhum investimento direcionado para ele. A equação garante, então, que investimentos sejam realizados em todos os setores da economia, o que significa também que a *convergência* da taxa de retornos setoriais, apresentada pelo modelo, é mais lenta do que aquela que poderia se obter por uma regra de alocação de investimentos que admitisse uma solução de canto.

3.6 Taxa de Retorno do Capital e taxa de depreciação

A taxa de retorno do capital determina, no modelo, a quantidade de fator capital que estará disponível para cada setor no início do t -ésimo período a partir do estoque de capital existente naquele setor. Formalmente, temos que:

Onde λ é o fator capital disponível no t ésimo período para o t ésimo setor, r_t é a taxa de retorno do capital e K_{t-1} é o estoque de capital disponível no início do t ésimo período para o t ésimo setor da economia.

O valor da taxa de retorno do capital é definida de acordo com o *Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach* (SAMBA), um modelo DSGE (*dynamic stochastic general equilibrium*) desenvolvido por Castro, Gouvea, Minella, Santos e Souza-Sobrinho (2011) para ser utilizado como ferramenta de modelagem do contexto macroeconômico no Banco Central do Brasil, como:

Onde μ é o multiplicador de *Lagrange* associado a lei de movimento do capital, com valor igual a um, ρ é a taxa de desconto temporal com valor igual a 0,989, a taxa de depreciação do capital tem valor definido em 0,015 (taxa trimestral) e γ é a taxa de crescimento estocástica e temporalmente variável da tecnologia com valor γ e σ_γ tem valor unitário.

Como a taxa de depreciação do capital é uma taxa trimestral e o modelo CGE proposto tem periodicidade anual é necessário encontrar a taxa equivalente, a qual é de ρ ou de ρ^{12} .

Reintroduzindo esses parâmetros na equação (1), chega-se à uma taxa de retorno do capital estimada para a economia brasileira de r a.a. No modelo, fixou-se $\lambda = 1$ e $\mu = 1$.

3.7 Taxa de Crescimento da População Economicamente Ativa

Por se tratar de um modelo dinâmico, deve-se levar em consideração o efeito da taxa de crescimento da população economicamente ativa (PEA) na economia diante da sua relevância para a evolução da dotação do fator trabalho ao longo do tempo.

A partir dos dados disponíveis no IBGE se estimou a taxa de crescimento da PEA (γ) utilizada no modelo, conforme apresentado na tabela abaixo:

Tabela 1 – Taxa de crescimento da PEA

PEA		
2000	2010	Taxa de crescimento (a.a.)
74.810.805	91.548.924	2,04%

Fonte: IBGE/Elaborado pelo autor.

Dessa forma:

Onde λ é a dotação do fator trabalho no período t , g é a taxa de crescimento da PEA, e λ_{t-1} é a dotação do fator trabalho no período $t-1$.

Com efeito e partindo da premissa de que o trabalhador tem a capacidade de aprimorar suas habilidades para realizar suas atividades com o mínimo de perdas, tornando-se mais eficiente a medida que o tempo passa, considera-se também que a eficiência do trabalho da PEA pode evoluir com o passar do tempo a uma taxa de progresso tecnológico γ . Em tempo, o progresso é neutro no sentido de Harrod, sua taxa é determinada de forma exógena ao modelo e tem seu valor, γ , definido pela taxa de crescimento observada na TRU divulgada pelo IBGE, nos componentes de valor adicionado, entre a razão do valor total de produção das atividades e o total de ocupações da economia entre 1996 e 2009.

A tabela seguinte resume os parâmetros utilizados no modelo e os seus respectivos valores:

Tabela 2 – Escalares do modelo

Parâmetro	Descrição	Valor
	Taxa de retorno do capital	
	Taxa de depreciação	
	Taxa de crescimento da população economicamente ativa (PEA)	
	Taxa de progresso tecnológico	0,08
	Parâmetro de elasticidade para alocação de investimento	

Fonte: IBGE/Elaborado pelo autor.

3.8 Ajuste do Investimento do Ano Base

Uma vez estabelecida a taxa de depreciação, o nível de investimento requerido, I , para o crescimento desejado da economia é encontrado pela taxa de crescimento da população economicamente ativa (PEA) a partir da seguinte equação:

Ocorre, porém, que o nível de investimento requerido dificilmente será condizente com o nível de investimento observado na SAM e, por esse motivo, este deverá ser ajustado. O primeiro passo para realizar esse ajuste é encontrar a razão entre o investimento requerido e o observado:

Em seguida, multiplica-se esse parâmetro pelo valor do investimento observado em cada setor da economia:

Ao alterar o nível de investimento dessa forma, perde-se a igualdade entre linhas e colunas da SAM e ajustes adicionais na matriz são necessários para que ela recupere a condição de equilíbrio. A premissa utilizada no modelo é a de que o investimento requerido para o crescimento desejado da economia brasileira será financiado pelo setor externo.³ Assim, ajusta-se o valor das importações dos setores da economia para que estas absorvam a diferença entre o investimento requerido e o observado na SAM, conforme apresentado na seguinte equação:

A consequência natural desse ajuste é a necessidade de reequilibrar a poupança externa, que será equivalente a:

3.9 Solução do Modelo

Uma vez elaborada a SAM, utilizou-se o *software* GAMS (*General Algebraic Modeling System*), que tem o atrativo de solucionar um sistema de equações simultâneas não-

³ Essa suposição implica em poupança externa positiva e em aumento do endividamento do país.

lineares (No GEMPACK, por exemplo, as equações precisam ainda ser linearizadas), para se calcular o valor das variáveis endógenas que respeitassem a solução do modelo.

Por se tratar de um modelo dinâmico, faz-se necessário definir as trajetórias de crescimento das variáveis exógenas para o estado estacionário (EE). Para facilitar a análise, o preço do bem composto de *Armington* é fixado como numerário e as demais variáveis exógenas evoluem de acordo com a taxa de crescimento da PEA e da taxa de progresso tecnológico.

A seguir se apresenta a definição das formas funcionais que representam o comportamento dos agentes econômicos que compõem o modelo.

3.9.1 Família representativa

A demanda de consumo das famílias, que decorre da resolução de um problema de maximização de uma função utilidade do tipo *Cobb-Douglas*, restrita à renda disponível, se apresenta como:

Sujeito à seguinte restrição orçamentária

Onde c é o consumo composto da família representativa, α é o parâmetro de escala na função de consumo composto, c_f é o consumo das famílias, β é a participação do bem consumido na função de consumo composto, p é o preço do bem composto de *Armington*, que será definido mais adiante na seção 3.8.6.

Resolvendo esse problema, obtém-se a demanda ótima das famílias pelo c bem:

3.9.2 Firmas

No modelo se faz uso da premissa de que as firmas utilizam insumos intermediários dos setores da economia no seu processo de produção. Por esse motivo, o processo de produção é dividido em duas etapas.

A primeira, corresponde à escolha do nível de produto que maximiza o seu lucro a partir da utilização do fator capital e do fator trabalho para produção de um fator composto, sujeito ao preço relativo desses fatores (capital e trabalho) e à tecnologia disponível (representada por uma função do tipo *Cobb-Douglas*). Para essa etapa, o processo de produção é representado pela seguinte equação:

Sujeito a

Onde π é o lucro da firma, p é o preço do fator composto, Y é o fator composto, w é o preço do fator, K é o fator de produção (capital ou trabalho), L é o parâmetro de escala na função de produção e α é a participação do fator na função de produção do fator composto.

A solução desse problema resulta na utilização dos fatores de produção que maximiza o lucro da firma, dada por:

A segunda etapa é o momento em que o fator composto é combinado com insumos intermediários para gerar o produto doméstico bruto. Neste caso, a forma funcional da função de tecnologia é uma função do tipo *Leontief*, onde a maximização do lucro irá ocorrer mediante resolução do seguinte problema:

Sujeito a

que permite encontrar a demanda ótima do insumo intermediário:

e a demanda ótima do fator composto:

Onde p é o preço de oferta do produto doméstico bruto, Y é o produto doméstico bruto, z é o insumo intermediário, α e β são, respectivamente, o coeficiente de insumo intermediário requerido e o coeficiente de fator composto requerido.

Seguindo a lógica estabelecida por Hosoe (2010), a restrição relativa à segunda etapa gera isoquantas retangulares, que dificultam sobremaneira os cálculos computacionais. Para se contornar esse problema, se estabeleceu uma condição de lucro zero, indicando que, no equilíbrio, uma firma não pode apresentar receitas excessivas e nem ter perdas volumosas. Dessa forma:

Utilizando na equação acima as definições de demanda ótima do insumo intermediário e do fator composto, encontradas nas equações (1) e (2) , tem-se:

A equação acima é definida como a função de custo unitário, que é uma forma mais conveniente de implementar no modelo a condição de lucro zero definida anteriormente.

3.9.3 Governo

Inicialmente, é oportuno esclarecer que não existe uma forma padronizada para modelar o comportamento do governo em um modelo CGE (HOSOE, 2010). Ainda assim, de forma aderente à realidade que pode ser observada no cotidiano, algumas das principais

funções desse agente na economia são a arrecadação de impostos e o consumo de bens e serviços. É nesse sentido que o governo se insere no contexto do modelo.

Conforme proposto por Paiva e Trompieri Neto (2021) e Hosoe (2010) as receitas do governo provêm da arrecadação com imposto de renda, T , que depende do nível de renda das famílias e é equivalente a uma fração da arrecadação total das famílias que corresponde à alíquota de arrecadação desse imposto τ e das arrecadações com o ICMS T_{ICMS} , o imposto de importação T_{IPI} e outros impostos líquidos de subsídios, inclusive IPI. As alíquotas relativas a tais impostos são, respectivamente, τ , τ_{ICMS} e τ_{IPI} . Isto posto, no modelo, as seguintes equações descrevem as receitas do governo:

Onde G representa o consumo do governo.

Resta, portanto, definir o comportamento de gastos do governo, que serão, por suposição, direcionados de forma proporcional a todos os setores da economia e equivalentes a totalidade de receita líquida, ou seja, à diferença resultante entre (i) a arrecadação tributária e (ii) a poupança do governo. Dessa forma, a demanda do governo é representada pela seguinte equação:

Onde α é a proporção das receitas do governo direcionadas para o consumo de bens e serviços do i -ésimo setor da economia, com $\alpha_i \in [0, 1]$.

3.9.4 Investimento e poupança

Incorpora-se o investimento no modelo, mediante a suposição da existência de um agente (virtual) de investimentos, a mesma utilizada tanto por Paiva e Trompieri Neto (2021), como por Hosoe (2010), que coleta todos os recursos poupados da família representativa, do governo e do setor externo da economia para, em seguida, adquirir bens de investimento de forma proporcional entre os setores da economia. Nessa linha de raciocínio, o comportamento desse agente virtual pode ser definido como:

Onde α_i é a proporção dos gastos de investimento do agente virtual alocados em um setor da economia, com $\sum \alpha_i = 1$. I_i é o investimento de um dado setor da economia que pode ser representado de forma mais analítica como:

Este conceito, assim como a definição da poupança, foi abordado na seção 3.5 anterior onde apresentamos o modelo CGE dinâmico.

3.9.5 Setor externo

O modelo parte da premissa de que o Brasil é uma pequena economia aberta, no sentido de que é incapaz, a partir de suas transações com o setor externo, de alterar níveis de preços. Assim, para economia doméstica, o preço das exportações e das importações em moeda internacional é exógeno (HOSOE, 2010).

Isto posto, para fins de comércio internacional são utilizados dois conjuntos de tipos de preços. O primeiro é o conjunto relativo ao preço das exportações, P^* , e das importações, P , em moeda nacional, enquanto o segundo é aquele dos preços das exportações e das importações em moeda estrangeira, que definimos como P^* e P^* respectivamente.

A relação entre esses tipos de preços ocorre por meio da taxa de câmbio, τ , da seguinte forma:

Presume-se, também, que a economia brasileira enfrenta restrições no balanço de pagamentos que podem ser expressas em moeda estrangeira como:

A equação acima sugere que o valor das importações equivale ao valor das exportações () adicionado do *déficit* em conta corrente (poupança externa positiva).

3.9.6 Bem composto de Armington

A modelagem de uma economia aberta exige, também, a reflexão sobre as diferenças que podem ser encontradas nos bens produzidos domesticamente e aqueles exportados ou importados a partir do setor externo. Para Hosoe (2010), é necessário supor que tais bens sejam substitutos imperfeitos entre si, no sentido de que o bem doméstico é *similar*, mas não idêntico àquele importado.

Nesse esteio, a substituição imperfeita entre os bens mostra-se mais relevante quando se consideram os bens domésticos, do que aquela observada apenas entre as exportações e as importações. Em particular, a constatação de que as importações e os bens domésticos sejam imperfeitamente substituíveis entre si é também conhecida como pressuposto de *Armington* (ARMINGTON, 1969).

Armington (1969) sugere que as famílias ou as firmas não consomem ou utilizam *diretamente* produtos importados; elas, ao invés disso, utilizariam o *bem composto* de *Armington*, que combina bens domésticos e importados na sua produção. A mescla entre esses tipos de bem decorre da decisão das firmas de maximizarem seus lucros ao escolher a melhor combinação entre produtos nacionais e importados.

Esse problema pode ser representado por meio de uma função do tipo CES, que retrata a função de produção das firmas:

Sujeito a

Onde, α é o bem composto de *Armington*, β é o parâmetro de escala na função de *Armington*, e γ e δ representam os pesos relativos à importação e à produção doméstica, com $\gamma + \delta = 1$, enquanto α é o preço do bem doméstico e β é o bem doméstico.

A resolução desse problema permite encontrar a demanda ótima das firmas por produtos importados e por produtos domésticos:

O próximo passo é o de analisar como as firmas escolhem o destino do produto doméstico bruto, tomando a decisão de ofertar seus produtos para o resto do mundo⁴ ou para o consumo doméstico. A essência desse processo de *transformação* é materializada através de uma função de transformação com elasticidade constante (CET). Dessa forma, a firma de um determinado setor escolhe quanto de sua produção será destinada para o consumo doméstico e quanto dela será exportada ao resolver o seguinte problema:

Sujeito a

Onde α é o parâmetro de escala na função de transformação e β e γ representam os pesos de transformação relativos à exportação e à produção doméstica, onde $\beta + \gamma = 1$.

A resolução desse problema permite às firmas encontrar a alocação ótima entre a produção a ser exportada e àquela a ser ofertada para o mercado nacional:

⁴ Na prática, a oferta de produtos para setor externo demanda uma customização para que ele se torne mais adequado aos desejos dos consumidores que o demandam no resto do mundo.

3.9.7 Equilíbrio (fechamento macroeconômico)

Concluída a descrição dos agentes econômicos que compõem o modelo por meio da definição de suas equações comportamentais, a última etapa é a de determinar as condições de equilíbrio de mercado, *i.e.*, as condições que igualam a oferta e a demanda em todos os mercados e que decorrem de ajustes entre os preços e as quantidades (PAIVA; TROMPIERI NETO, 2021); o que se cumpre a partir do seguinte conjunto de equações:

A equação , a primeira do fechamento macroeconômico, versa sobre o bem composto de *Armington* e descreve como ele é completamente consumido pelos agentes da economia (família representativa, governo e agente virtual de investimentos).

A equação remete à condição de que em uma economia em situação de equilíbrio não há desemprego involuntário. Ou seja, toda a dotação de mão de obra existente, que no modelo é composta pela PEA, está empregada nos setores da economia. A equação indica que não há arbitragem setorial para o preço do fator trabalho.

As equações e definem, respectivamente, a dotação do fator capital relativo ao *ésimo* setor, produzido pelo estoque de capital disponível naquele mesmo setor, e o investimento composto da economia, equivalente à soma de todos os investimentos realizados nos setores.

Além dessas, pelo fato de se tratar de um modelo dinâmico impulsionado à poupança, foi necessário definir um outro conjunto de equações relativas ao investimento. A primeira para estabelecer a dinâmica da condição de equilíbrio do investimento composto:

A segunda, conforme explicado na seção 3.5, para definir como o agente virtual de investimentos irá realizar a alocação da poupança:

E, finalmente, a terceira para determinar o índice de preços da economia:

Na próxima seção serão avaliadas **(i)** a *performance* dos resultados projetados pelo modelo para o ano de 2015 frente aos dados observados, extraídos da MIP de 2015 do IBGE, e **(ii)** qual a MIP gera projeções mais acuradas para a trajetória de crescimento da economia brasileira.

3.10 Avaliação da performance dos resultados estimados

Com o fito propositivo de verificar qual a MIP mais adequada para elaborar a SAM a ser utilizada como fonte de dados no modelo CGE desenvolvido, realizou-se um exercício de comparação entre **(i)** os resultados projetados para o ano de 2015 com os dados da SAM elaborada a partir da MIP de 2010, tanto do IBGE como do NEREUS, e **(ii)** os valores verdadeiros observados na SAM elaborada a partir de MIP de 2015 divulgada pelo IBGE.

A primeira medida utilizada para avaliar a *performance* dos valores estimados é o erro médio, que mensura, em termos percentuais, a distância entre o valor estimado e o valor efetivamente observado na SAM de 2015. Quanto mais próximo de zero for o resultado do erro médio, melhor a *performance* da estimação. Conforme proposto por Dixon e Rimmer (2009), o erro médio é obtido pela seguinte equação:

Onde Δ representa a variação percentual entre 2010 e 2015 do valor estimado da variável \hat{y}_i , que pode ser o valor do consumo intermediário, da demanda final, do capital, do trabalho ou dos impostos (imposto de importação, ICMS ou outros impostos, inclusive IPI, líquidos de subsídios), Δ_{obs} é a variação percentual entre 2010 e 2015 do valor observado da variável y_i e n é o número de setores da SAM. Para esse estudo, $n = 10$.

Apesar de Cho e Lee (2013) sinalizarem que não existe um método mais ou menos apropriado para comparar a distância entre os valores de duas matrizes, Alves-Passoni e Freitas (2020), realizaram um procedimento de comparação entre matrizes que será replicado neste estudo para comparar os valores projetados das matrizes de contabilidade social estimadas para o ano de 2015 com os valores verdadeiros da SAM de 2015 (construída com base na MIP de 2015 do IBGE).

Neste bojo, o primeiro indiciador utilizado para avaliar a distância entre o valor estimado e o valor observado é o desvio médio absoluto, ou *mean absolute deviation* (*MAD*, na sigla em inglês), que representa o quanto um valor estimado é diferente daquele original. O MAD é calculado da seguinte forma:

Onde \hat{y}_i é o valor estimado (recuperado a partir da SAM projetada), y_i é o valor verdadeiro (encontrado na SAM construída a partir da MIP de 2015 publicada pelo IBGE), n é o número de atividades e m é o número de atividades ou de componentes da demanda final, conforme o caso. O grau de abertura de dados desse estudo sugere $n = 10$ e $m = 10$.

Frisa-se, ainda segundo Alves-Passoni e Freitas (2020), que essa medida apresenta algumas limitações que repousam sobre o seu valor ser influenciado pelo tamanho da matriz e pelo fato dela não ponderar os desvios considerando o tamanho do coeficiente da matriz original, por esse motivo, outros dois indicadores são utilizados para avaliar a *performance* da estimação: o *standardized weighted absolute difference* e o índice de Theil.

A diferença absoluta ponderada padronizada, ou *standardized weighted absolute difference* na sigla em inglês, apresenta a distância média entre os valores estimados e aqueles observados na matriz verdadeira, ponderada pelo tamanho das transações dessa matriz e dando mais peso aos valores mais altos. Esse indicador é calculado da seguinte forma:

O índice de Theil é um indicador que fornece uma medida de proporção de distância entre o valor estimado e aquele efetivamente observado na matriz verdadeira e é calculado a partir da seguinte equação:

A ideia de distância entre os valores estimados e aqueles observados pode também ser representada pelo conceito matemático de norma. Segundo Lages (2010), existem uma infinidade de normas que podem ser consideradas num espaço Euclidiano, desde que elas cumpram as seguintes condições:

Onde $|x|$ e $|y|$ significam o valor absoluto do número real. Por oportuno, destaca-se que a condição decorre da desigualdade de *Cauchy-Schwarz*.

Assim, uma norma que pode ser utilizada para representar a distância entre os elementos de duas matrizes distintas é a *norma de Frobenius*, definida, de acordo com Pulino (2008), da seguinte forma:

O objetivo desses indicadores, que possuem interpretação semelhante do ponto de vista analítico (quanto menor o valor, melhor), é o de avaliar a *performance* dos valores estimados para SAM de 2015 com aqueles efetivamente observados na SAM de 2015 divulgada pelo IBGE a partir da distância entre esses valores.

4. RESULTADOS

O resultado da comparação entre as matrizes de contabilidade social projetadas para 2015 a partir do modelo CGE dinâmico recursivo impulsionado à poupança, com a SAM do ano de 2015 elaborada a partir da MIP do IBGE desse mesmo ano é apresentada na tabela seguinte:

Tabela 3 – Avaliação da *performance* de estimação entre as matrizes de contabilidade social

Indicador	SAM Estimada		IBGE/ NEREUS
	IBGE	NEREUS	
Erro médio	2,98%	2,98%	1,00
MAD	17.822.685,62	18.081.031,22	0,99
SWAD	0,2266	0,2338	0,97
U de Theil	1,3832	1,5622	0,89
Norma de Frobenius	6.378.503,28	6.425.705,59	0,99

Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliando os resultados estimados para 2015 sob a ótica do erro médio, destaca-se a proximidade dos valores estimados em relação aqueles observados. Com efeito, tanto a SAM elaborada a partir da MIP do IBGE como a elaborada com os dados do NEREUS apresentam, em relação aos valores observados na SAM de 2015 do IBGE. Em outras palavras, a estimação da SAM de 2015 com a estrutura do modelo CGE dinâmico desenvolvido, seja ela realizada a partir dos dados do IBGE ou do NEREUS, produziu resultados muito próximos aqueles efetivamente observados na SAM de 2015.

Há de se destacar que o valor desse erro médio, embora sofra o impacto do ajuste realizado no investimento conforme explicado na seção 3.9, ainda é surpreendentemente baixo quando comparado àquele encontrado por Dixon e Rimmer (2009) para avaliar a precisão das estimativas geradas pelo modelo USAGE,⁵ que gravita por volta dos 19%.

Neste bojo, pelo fato de o mensurar a distância entre o percentual estimado e aquele efetivamente observado, não há diferença entre o das matrizes de contabilidade social estimadas, pois ambas foram projetadas para 2015 a partir dos mesmos parâmetros de crescimento, gerando, conseqüentemente, as mesmas variações percentuais entre os valores de

⁵ Modelo CGE utilizado como ferramenta auxiliar à avaliação de políticas para os Estados Unidos e a Austrália.

2015 e de 2010, embora, evidentemente, os valores nominais das matrizes no ano base sejam diferentes.

Os outros indicadores utilizados para avaliar a *performance* (σ , índice de Theil e a norma de *Frobenius*), sugerem que a SAM estimada a partir da MIP do IBGE gera resultados mais próximos daqueles efetivamente observados no ano de 2015, mostrando-se mais adequada para ser utilizada como insumo na projeção da trajetória de crescimento da economia brasileira no modelo CGE dinâmico recursivo impulsionado à poupança.

Diante de tais resultados, realizou-se também a comparação da produção doméstica bruta Y , descrita na equação (1), que também pode ser interpretada como uma aproximação do PIB setorial entre as matrizes de contabilidade social estimadas e a SAM de 2015 do IBGE. A tabela 4 apresenta os níveis (em R\$ milhares) e as participações relativas do produto setorial no produto nacional preconizadas por cada uma dessas matrizes.

Deste exercício, relevante na medida em que auxilia na determinação de quais seriam os principais setores responsáveis por variações nos níveis do PIB, se destacam as seguintes considerações:

- 1) Não há diferenças nas participações relativas entre a SAM estimada para 2015 com dados do IBGE e a SAM estimada para esse mesmo ano a partir dos dados do NEREUS;
- 2) O *rank* de participação relativa do produto setorial no produto nacional entre as matrizes estimadas e a observada é preservado para os setores A1, A3, A5, A6, A7, A9, A11, A15, A18, A19 e A20;
- 3) O *rank* de participação relativa do produto setorial no produto nacional entre as matrizes estimadas e a observada diverge para os setores A2, A4, A8, A10, A12, A13, A14, A16 e A17. Nestes casos, as matrizes estimadas sinalizaram uma maior relevância para os setores A2, A8, A10 e A13, enquanto os setores A4, A14 e A16 perderam posições no *ranking*;

Em relação ao último item, é oportuno ponderar que a maior diferença entre o *rank* observado e o estimado é de 2 posições, para mais ou para menos, exceto para os setores A10 e A16, que, respectivamente, ganharam e perderam 3 colocações na SAM estimada.

Tabela 4 – Comparação do PIB setorial entre as matrizes de contabilidade social de 2015

Atividade	IBGE 2015E		NEREUS 2015E		IBGE 2015		RANK	
	PIB	%	PIB	%	PIB	%	2015E ⁶	2015
A1	439.090	4,13%	439.089	4,13%	478.730	4,68%	8	8
A2	319.778	3,01%	319.781	3,01%	260.577	2,55%	13	15
A3	3.215.364	30,25%	3.215.363	30,25%	2.776.460	27,15%	1	1
A4	245.888	2,31%	245.888	2,31%	260.764	2,55%	15	14
A5	69.312	0,65%	69.310	0,65%	62.845	0,61%	18	18
A6	720.121	6,78%	720.119	6,78%	632.308	6,18%	4	4
A7	1.041.479	9,80%	1.041.476	9,80%	1.100.756	10,76%	2	2
A8	507.776	4,78%	507.777	4,78%	505.416	4,94%	6	7
A9	226.535	2,13%	226.536	2,13%	247.414	2,42%	16	16
A10	404.605	3,81%	404.605	3,81%	350.466	3,43%	9	12
A11	584.119	5,50%	584.119	5,50%	574.610	5,62%	5	5
A12	477.041	4,49%	477.041	4,49%	545.929	5,34%	7	6
A13	352.696	3,32%	352.697	3,32%	353.061	3,45%	10	11
A14	274.751	2,59%	274.751	2,59%	294.042	2,88%	14	13
A15	780.108	7,34%	780.106	7,34%	719.674	7,04%	3	3
A16	348.185	3,28%	348.185	3,28%	419.766	4,10%	12	9
A17	350.724	3,30%	350.725	3,30%	401.834	3,93%	11	10
A18	37.521	0,35%	37.523	0,35%	34.631	0,34%	20	20
A19	167.942	1,58%	167.942	1,58%	145.590	1,42%	17	17
A20	64.958	0,61%	64.958	0,61%	61.996	0,61%	19	19
Total	10.627.993	100,00%	10.627.991	100,00%	10.226.869	100,00%		

Fonte: IBGE/Elaborado pelo autor.

⁶ O *rank* das atividades se mantém inalterado entre as matrizes estimadas.

5. CONCLUSÕES

Neste estudo foi desenvolvido um modelo CGE dinâmico recursivo, impulsionado à poupança, e foram construídas três matrizes de contabilidade social, uma a partir da MIP de 2010 do NEREUS e outras duas a partir da MIP do IBGE divulgadas nos anos de 2010 e de 2015. Todas as matrizes de contabilidade social construídas apresentam 20 setores de atividade, 4 agentes de demanda final (governo, famílias, investimento e exportações), dois fatores de produção (capital e trabalho), impostos (imposto de renda, ICMS, imposto de importação e outros impostos, inclusive IPI, líquidos de subsídios), importações, poupança pública, poupança privada e a poupança do setor externo.

As matrizes de contabilidade social do IBGE e do NEREUS relativas ao ano de 2010 foram, então, utilizadas como insumo no modelo CGE e projetadas até o ano de 2015 para comparação com os valores efetivamente observados naquele ano a partir dos dados existentes na SAM de 2015 do IBGE, verificando-se, em seguida, a *performance* de estimação, medida pela distância entre os valores estimados e os observados.

A SAM que se mostrou mais adequada neste exercício é aquela construída a partir da MIP do IBGE de 2010, que, além de apresentar um erro médio de aproximadamente 3% entre os valores estimados e os observados, teve melhor *performance* na estimação de acordo com os resultados gerados pelas métricas utilizadas.

Este resultado é particularmente relevante, pois sinaliza que o modelo CGE desenvolvido tem a capacidade de, a partir da MIP oficial do país, realizar projeções de qualidade, fornecendo informações que podem ser utilizadas para conduzir as mais diversas análises de curto, de médio e de longo prazo para a economia brasileira, inclusive permitindo ao modelador simular, mediante a realização de experimentos contrafactuais, cenários de crise ou de possíveis impactos gerados pela implementação de políticas econômicas.

Contudo, existem desafios a serem superados. Sem a pretensão de esgotar todas as possibilidades, poderiam se incorporar no modelo as mudanças na composição dos setores de atividade da economia doméstica, diante da premissa de crescimento no estado estacionário, e a de como modelar nos resultados gerados pelo modelo os impactos dos choques nos setores de atividade da economia que podem ocorrer de forma simultânea aos ajustes nas políticas comerciais realizados ou simulados ao longo dos períodos projetados.

Isto posto, o modelo CGE dinâmico recursivo desenvolvido tem o potencial, do ponto de vista teórico, de se tornar um método consistente para estimar a trajetória de crescimento da economia brasileira, produzindo resultados sólidos que possam ser considerados e utilizados pelos agentes formuladores de políticas no processo de tomada de decisões estratégicas.

Com efeito, formuladores de políticas precisam do auxílio de modelos que sejam setorialmente desagregados, atualizados e capazes de representar de forma precisa os efeitos das políticas públicas propostas sobre as atividades comerciais, o mercado de trabalho e a arrecadação de impostos. Em sua essência, os modelos CGE têm o propósito de ser exatamente essa ferramenta capaz de suprir o desejo desses agentes.

Este estudo, que não se propõe ser definitivo, também procura lançar foco sobre a importância do potencial analítico proporcionado por modelos CGE em relação àquele da análise insumo-produto (AIO), mais comum nas análises estruturais da economia brasileira. Com efeito, enquanto a AIO sugere que o incentivo de um determinado setor é capaz de gerar benefícios para todos os demais setores da economia, as restrições impostas pelos modelos CGE podem indicar que os ganhos realizados por um setor como consequência desse estímulo ocorram em detrimento de outros setores.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Philip; DIXON, Janine; GIESECKE, James; HORRIDGE, Mark. **MMRF: Monash Multi-Regional Forecasting Model: A Dynamic Multi-Regional Model of the Australian Economy**. CLAYTON: [s. n.], 2010. 185 p.

ALVES-PASSONI, Patieene; FREITAS, Fabio N. P.. Estimação de Matrizes Insumo-Produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais Referência 2010. **UFRJ Instituto de Economia**: Texto para Discussão, Rio de Janeiro, n. 25, p. 1-59, set. 2020.

ARMINGTON, P.. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. **IMF Staff Papers**, [s. /], v. 16, n. 1, p. 159-178, 1969.

ASSAF NETO, Alexandre; GUASTI, Fabiano Lima. **Curso de Administração Financeira**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

CASTRO, Marcos R. de; GOUVEA, Solange N.; MINELLA, André; SANTOS, Rafael C.; SOUZA-SOBRINHO, Nelson F.. SAMBA: stochastic analytical model with a bayesian approach. **Working Paper Series**, Brasília, n. 239, p. 1-138, abr. 2011.

CHO, B.; CHO, S. S.; LEE, J. An alternative approach of input-output tables to dynamic structure changes in Korean IT industries. **Technological and Economic Development of Economy**, 2013, vol. 19, no 2, p. 257-271.

DIXON, Peter B.; KOOPMAN, Robert B., RIMMER, Maureen T.. The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modeling: A Framework for Practical Policy Analysis. In: **HANDBOOK of CGE Modeling**. [S. l.]: Elsevier B.V., 2013. v. 1, cap. 2, p. 23-103.

DIXON, Peter B.; RIMMER, Maureen T. **Forecasting with a CGE model: Does it Work?**. CLAYTON: [s. n.], maio 2009. 25 p.

DIXON, Peter B.; RIMMER, Mauren T. **Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: A Practical Guide and Documentation of MONASH**. Amsterdam: North-Holland, 2002.

DIXON, Peter B.; PARMENTER, B.R. **Computable General Equilibrium Modelling for Policy Analysis and Forecasting**. [S. l.]: Elsevier Science B.V., 1996. 85 p. v. 1.

DIXON, Peter B. et al. **ORANI: a multisectoral model of the Australian economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982.

GERKING, S. D. **Estimation of Stochastic Input-Output Models: Some statistical problems**. [S. l.: s. n.], 1976. 87 p. v. 3.

GRIJÓ, E., BÊRNI, D. A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e evidência econômica**, 2006, vol. 14, no 26, p. 9-42

GUILHOTO, Joaquim José Martins. Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. **Munich Personal RePEc Archive**, [S. l.], p. 1-72, 5 ago. 2011.

GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO U.A.. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005". **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, v. 23, Out./Dez. 2010, ISSN 1809-080X.

GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO U.A.. Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**. v. 9. N. 2. Abril-Junho. 2005, pp. 277-299.

HADDAD, Eduardo Amaral; DOMINGUES, E. P. EFES - Um Modelo Aplicado de Equilíbrio Geral Computável para a Economia Brasileira: Projeções Setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 89-125, 2001.

HADDAD, Eduardo Amaral. **Regional Inequality and Structural Changes**: Lessons from the Brazilian Experience. [S. l.: s. n.], 1999.

HOSOE, Nobuhiro; GASAWA, Kenji, HASHIMOTO, Hideo. **Textbook of Computable General Equilibrium Modelling**: programming and simulations. Londres: Palgrave Macmillan, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Matriz insumo-produto Brasil: 2015. **Contas nacionais**, n. 62, Rio de Janeiro, IBGE: 2018.

LIMA, Elon Lages. **Curso de Análise vol. 2**. 11. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2010.

LKHANAAJAV, Esmedekh; BAYARJARGAL, Munkh-Ireedui; GANSHIR, Vaanchig. **Developing a Recursive Dynamic CGE model of the Mongolian Economy**: The ERI CGE model. ULAANBAATAR: [s. n.], 2016. 52 p.

MARTINEZ, Thiago Sevilhano. Estimação das Tabelas Auxiliares de Impostos e Margens da Matriz de Insumo-Produto com Mínima Perda de Informação: Algoritmo RAWs. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**: Texto para discussão, Rio de Janeiro, ed. 2011, 2014.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton O.. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

NAQVI, Farzana; PETER, Matthew W. A Multiregional, Multisectoral Model of the Australian Economy with an Illustrative Application. **Australian Economic Papers**, [s. l.], 1996.

OLIVEIRA, João Maria de. **EFEITOS DA EQUALIZAÇÃO TRIBUTÁRIA REGIONAL E SETORIAL NO BRASIL**: uma aplicação de equilíbrio geral dinâmico. 2020. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

PAIVA, Witalo de Lima; TROMPIERI NETO, Nicolino. **MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL PARA ECONOMIA CEARENSE**: modelo mares/ce. **Nota**

Técnica: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), [s. l], v. 72, p. 1-72, fev. 2021.

PAIVA, Witalo de Lima; TROMPIERI NETO, Nicolino. TABELA DE RECURSOS E USO E MATRIZ INSUMO-PRODUTO REGIONAIS PARA ECONOMIA CEARENSE. **Nota Técnica:** Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), [s. l], v. 70, p. 1-115, jan. 2020.

PULINO, Petronio. Algebra Matricial Computacional. In: PULINO, Petronio. **Métodos de Diferenças Finitas:** Aspectos Teóricos, Computacionais e Aplicações. Campinas: Departamento de Matemática Aplicada – IMECC / UNICAMP, 2008. cap. 2, p. 5-50.

ROBERTS, Barbara M. Calibration procedure and the robustness of CGE models: Simulations with a model for Poland. **Economics of Planning**, Netherlands, v. 27, p. 189-210, 1994.

TOURINHO, Octávio A. F.; SILVA, Napoleão L. C. da; ALVES, Yann L. B.. Uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil em 2003. **IPEA: TEXTO PARA DISCUSSÃO** n.º 1242, Rio de Janeiro, dez. 2006.

APÊNDICE – RELAÇÃO DE SETORES DA ECONOMIA

Setor	Descrição
A1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
A2	Indústrias extrativas
A3	Indústrias de transformação
A4	Eletricidade e gás
A5	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação
A6	Construção
A7	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
A8	Transporte, armazenagem e correio
A9	Alojamento e alimentação
A10	Informação e comunicação
A11	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
A12	Atividades imobiliárias
A13	Atividades científicas, profissionais e técnicas
A14	Atividades administrativas e serviços complementares
A15	Administração pública, defesa e seguridade social
A16	Educação
A17	Saúde humana e serviços sociais
A18	Artes, cultura, esporte e recreação
A19	Outras atividades de serviços
A20	Serviços domésticos