

# Estratégias Setoriais de Investimento Público para o Ceará

João Carlos Rodrigues dos Santos<sup>3</sup>

Pedro Luiz Honorato Furtado<sup>4</sup>

Isadora Gonçalves Costa Osterno<sup>5</sup>

Christiano Modesto Penna<sup>6</sup>

## Área 4 - Setor Público

### Resumo

O artigo propõe uma metodologia preliminar inédita para otimizar estratégias de investimento público setorial no Ceará. A abordagem utiliza a Matriz Insumo-Produto do estado (MIPR/CE) e incorpora conceitos da teoria dos jogos para explorar métodos de alocação de recursos, considerando tanto estratégias puras quanto mistas. O estudo avalia o impacto dessas estratégias na distribuição setorial de recursos e na geração de produto. Os resultados sugerem que a estratégia mista — que combina investimentos equitativos, multiplicadores de produção, equalização da produção e externalidades — gera um *payoff* relativamente elevado, além de promover uma distribuição de recursos mais equilibrada entre os setores. Especificamente, cada R\$ 1,00 investido com a estratégia mista resulta em uma geração de produto de R\$ 1,44. Embora preliminar, o estudo fornece uma base metodológica promissora que pode evoluir e contribuir para a tomada de decisões de órgãos como SEPLAG e ADECE.

### Abstract

We propose a novel preliminary methodology to optimize sectoral public investment strategies in Ceará. The approach utilizes the state's Input-Output Table (MIPR/CE) and incorporates concepts from game theory to explore resource allocation methods, considering both pure and mixed strategies. The study evaluates the impact of these strategies on sectoral resource distribution and product generation. The results suggest that the mixed strategy — combining equitable investments, production multipliers, production equalization, and externalities — generates a relatively high payoff while promoting a more balanced distribution of resources across sectors. Specifically, each R\$ 1.00 invested through the mixed strategy results in a product generation of R\$ 1.44. Although preliminary, the study provides a promising methodological foundation that can evolve and contribute to the decision-making process of institutions such as SEPLAG and ADECE.

---

<sup>3</sup> SEFAZ-CE, Mestrando do CAEN/UFC

<sup>4</sup> Doutorando CAEN/UFC

<sup>5</sup> Unifor

<sup>6</sup> CAEN/UFC

# Estratégias Setoriais de Investimento Público para o Ceará

## 1. Introdução

A Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará (SEPLAG/CE) administra um portfólio de investimentos públicos, coordenando a execução de projetos estratégicos e programas prioritários para o desenvolvimento econômico e social do estado<sup>1</sup>. A Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S/A (ADECE) também desempenha um papel importante, com Câmaras Setoriais atuantes em 14 setores distintos de atividades. De que maneira os recursos disponíveis são distribuídos na forma de investimentos setoriais por esses órgãos? Há uma forma técnica de se definir uma política eficaz de distribuição de investimentos setoriais?

Esse artigo busca sustentação na teoria insumo-produto e na teoria dos jogos para responder essa questão. A matriz insumo-produto (MIP) é uma ferramenta que permite mensurar o processo de geração de produto e o fluxo de bens e serviços numa economia. Ela se consolidou no trabalho de Leontief (1936) e, a partir de então, vem sendo amplamente utilizada por diversos órgãos técnicos governamentais, empresas de consultoria, bancos de fomento e comerciais, dentre outros.

Além de conter uma descrição completa das trocas interindustriais e sua relação com a demanda final, a MIP pode ser elaborada para diversos vários níveis geográficos – regional, nacional e internacional (TINTNER, 1957; LEONTIEF, 1986; MILLER; BLAIR, 2009). Além disso, seu uso tem sido estendido para análises integradas de indicadores sociais, como emprego e distribuição de renda, além de indicadores industriais de produção (SANT’ANNA; YOUNG, 2007; HADDAD et al., 2011; HADDAD et al., 2017) e em modelos ambientalmente estendidos na captação do consumo de energia e poluição ambiental associada à atividade interindustrial e turística (CAI, 2016; KRONENBERG *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2024).

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) estimou a Matriz Insumo-Produto do Ceará (MIPR/CE) com ano base de 2013 (PAIVA; NETO, 2020) e, recentemente, vem concluindo uma atualização para o ano de 2019. Essa ferramenta é extremamente importante para o Estado, pois permite uma análise detalhada das interações entre os setores produtivos da economia cearense, possibilitando a identificação das cadeias produtivas mais importantes, dos setores com maior impacto multiplicador e dos entraves a serem enfrentados para estimular o crescimento regional.

Com a atualização da MIPR/CE para 2019 será possível analisar mudanças estruturais, discutir dinâmica econômica, melhorar a capacidade de planejamento, além de realizar simulações contrafactuais para dar suporte aos órgãos governamentais e ao setor privado no processo de tomada de decisão.

No contexto da matriz insumo-produto, os multiplicadores de produção medem o impacto das variações na demanda final de um setor sobre a economia como um todo. Como o gasto e o investimento público compõem essa demanda final, torna-se possível investigar de que forma as iniciativas de investimentos nos setores influenciam o crescimento econômico estadual.

O impacto das políticas públicas no crescimento do produto pode ser descrito por multiplicadores que capturam os efeitos direto, indireto e induzido das atividades produtivas, demonstrando como a expansão de um setor pode gerar repercussões em outros ao longo das cadeias produtivas.

Assim, o modelo insumo-produto permite avaliar quais setores têm maior capacidade de impulsionar o crescimento econômico e gerar efeitos *spillovers* em outros setores, tornando-o essencial

---

<sup>1</sup> A questão dos investimentos públicos é de caráter estratégico para o Governo do Estado do Ceará, tanto que a SEPLAG veio investindo recentemente em uma Metodologia de Gestão de Investimento Público – GIP. A GIP tem como objetivo dotar o Governo de um processo institucionalizado de planejamento e avaliação de processos estratégicos visando melhor eficiência dos recursos alocados aos projetos de investimento, subsidiando as instâncias superiores na tomada de decisão.” (CEARÁ, 2024, online).

para a formulação de políticas e estratégias governamentais. No entanto, a aplicação desses multiplicadores na elaboração de políticas públicas exige cautela.

Basicamente, o governo pode adotar diferentes estratégias de investimento setorial público para abordar desigualdades regionais e promover o desenvolvimento econômico:

- i) Uma primeira abordagem, apoiada por Adam Smith, é permitir que a “mão invisível” opere sem intervenção, e nenhum investimento seria feito nesse caso, que não o no aparelhamento do setor público (administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social). Essa estratégia, no entanto, pode agravar o baixo crescimento do setor privado.
- ii) A segunda alternativa, alinhada à teoria utilitarista de Jeremy Bentham e Stuart Mill, propõe direcionar recursos para setores estratégicos como, por exemplo, os de altos multiplicadores, visando maximizar o bem-estar social. Nessa perspectiva, investimentos concentrados que gerem elevados níveis de produto seriam desejáveis, já que beneficiam a maioria, mesmo que impliquem sacrifícios temporários para algumas minorias.
- iii) Uma terceira opção, apoiada por Amartya Sen, defende uma combinação das abordagens anteriores. O governo deve intervir ativamente por meio de investimentos setoriais, corrigindo falhas de mercado e promovendo um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável.

Este artigo dá ênfase à abordagem de Amartya Sen, distanciando-se da ideia de concentrar investimentos apenas em setores com altos multiplicadores. Essa decisão se fundamenta em três pontos principais.

Primeiro, um dos riscos mais significativos que o gestor público enfrenta ao identificar setores com multiplicadores elevados é a tendência de alocar recursos de forma excessiva nesses setores, em detrimento da diversidade econômica e dos efeitos intersetoriais. Essa abordagem pode resultar em um desenvolvimento econômico desequilibrado, onde setores menos favorecidos ficam desassistidos, tornando a economia mais vulnerável a choques externos.

Segundo, a concentração de investimentos em um único setor pode gerar uma dependência excessiva, o que expõe a economia a riscos em caso de crises setoriais. O ideal é que, ao considerar os multiplicadores, o gestor promova uma alocação equilibrada de recursos, incentivando o desenvolvimento de setores complementares e interconectados. Isso não só diversifica a economia, mas também maximiza os impactos positivos a longo prazo.

Por fim, os investimentos públicos em setores de alto multiplicador podem não produzir os efeitos desejados se esses setores não estiverem devidamente integrados a outros. Em economias com baixa diversificação ou cadeias produtivas frágeis, a falta de conexões pode limitar o potencial de crescimento. Além disso, as decisões sobre investimento setorial frequentemente refletem as prioridades políticas e os interesses do governo em exercício, que podem oscilar entre a ênfase em áreas sociais e setores estratégicos, introduzindo um componente político que influencia essas escolhas.

Diante do exposto, é fundamental considerar o desenvolvimento de uma estratégia de diversificação econômica de investimentos, que inclua investimentos tanto em setores com altos multiplicadores quanto em setores de apoio, como infraestrutura e pesquisa e desenvolvimento, a fim de criar um ambiente propício ao crescimento econômico sustentável, e que também respeite as diretrizes do governo atuante.

Este artigo objetiva esclarecer essas questões e dar os primeiros passos em direção a uma proposta de otimização do investimento público setorial, estabelecendo bases metodológicas para promover a diversificação dos investimentos. Para isso, adota-se uma abordagem técnica, sistemática e reflexiva, que engloba conceitos fundamentais da análise insumo-produto e da teoria dos jogos.

Aqui, o processo de tomada de decisão do gestor público é considerado uma “estratégia”, especialmente frente à necessidade de otimizar os investimentos entre os setores. A interdependência

setorial é caracterizada diretamente pela MIP do estado e seus efeitos multiplicadores, o que possibilita a identificação de *payoffs* para cada estratégia de investimento elaborada pelo gestor.

Como irá ser demonstrado, ao distribuir os investimentos entre diferentes setores através de uma “Estratégia Mista”, o gestor consegue lograr num maior *payoff* em termos de produto setorial agregado controlando para várias questões importantes como a existência de externalidades positivas, mitigação de riscos setoriais, equalização de produção e investimentos equitativos, que são fatores que obviamente influenciam a alocação de recursos.

Ademais, a diversificação dos investimentos não é apenas uma forma de proteger a economia de choques setoriais específicos, mas também uma estratégia racional que busca otimizar os retornos setoriais e totais integrando diferentes objetivos políticos e econômicos. Este trabalho destaca como essa abordagem, muitas vezes negligenciada pelos gestores de políticas públicas, pode ser útil para uma gestão eficiente e equilibrada dos recursos.

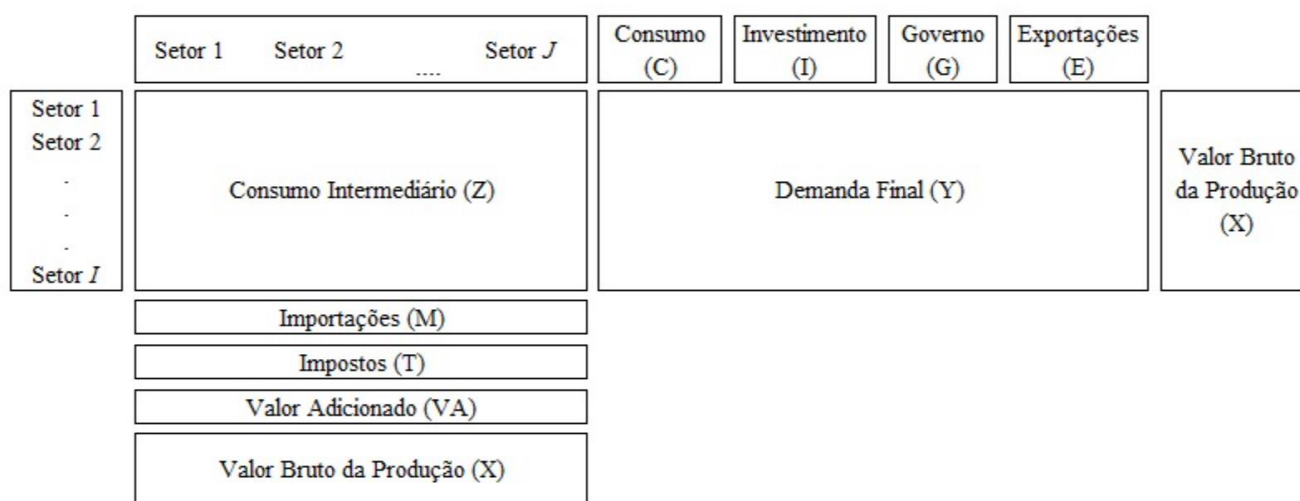
O trabalho está organizado em cinco seções principais. Na próxima seção, é discutida a análise insumo-produto, com foco no modelo teórico e na relevância dos multiplicadores de produção. A terceira seção aprofunda essa discussão, aplicando conceitos da teoria dos jogos e elencando os *payoffs* esperados em estratégias puras e mistas, além de discutir equilíbrios de Nash e ótimo de Pareto. A quarta seção ilustra os resultados da discussão aplicados à MIPR/CE. O trabalho finaliza com as considerações finais, onde são apresentadas possíveis extensões para a continuidade da pesquisa.

## 2. Teoria Insumo-Produto

A estrutura básica de uma matriz insumo-produto pode ser descrita pela Figura 1, em que, através da transformação de insumo primários, fatores de produção e produtos importados, obtêm-se a produção de bens e insumos domésticos (GUILHOTO, 2011; LEONTIEF, 1986).

As linhas do esquema básico de insumo-produto representam o destino da produção de cada setor: o setor  $i$  vende parte da produção para si próprio e para os demais setores  $j$ , e destina o restante para a demanda final. Enquanto as colunas da MIP, por sua vez, apresentam as quantidades de insumos regionais ou importados demandadas por cada setor, impostos pagos e o valor adicionado da produção.

Figura 1. Matriz Insumo-Produto – Estrutura Básica



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A demanda final (Y) corresponde à soma do consumo (C), do investimento (I) e gastos do governo (G) e das exportações (E). As vendas de cada setor para si próprio e para os outros demais totaliza o consumo intermediário dessa economia e pode ser descrito por uma submatriz (Z). O valor bruto da produção (X) é dado pela soma do consumo intermediário (Z) com a demanda final (Y). Tem-se também o valor adicionado (VA), que é dado pela renda gerada no processo produtivo: salários, lucros, juros e

aluguéis, além das importações (M) e impostos (T) utilizados e pagos, respectivamente, no processo produtivo

Note que a produção setorial do setor  $i$ , é dada pela parcela destinada a atender a demanda intersetorial  $z_{ij}$  e a demanda final  $y_i$ . Assim, tem-se que o valor bruto da produção do setor  $i$  é obtido por:

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (1)$$

A partir do consumo intersetorial e da produção pode-se calcular os coeficientes técnicos de produção ( $a_{ij}$ ), que sugere quanto de insumos um setor  $i$  fornece para que seja obtida uma unidade de produto do setor  $j$ . Os coeficientes técnicos são calculados pela razão entre o valor de cada componente de consumo intermediário pelo valor da produção total bruta de cada coluna. Com efeito, pode-se descrever a matriz  $A = Z \cdot X^{-1}$  de coeficientes técnicos:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}; \quad a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad \therefore z_{ij} = a_{ij}x_j \quad (2)$$

A matriz de coeficientes técnicos mostra a estrutura da demanda intermediária, refletindo os graus de dependência de cada setor em relação aos outros, além de indicar as proporções da origem e do destino dos insumos e produtos do sistema econômico. A partir dela, também é possível calcular o impacto na produção bruta de cada setor para um dado aumento da demanda final. Em outras palavras, a partir de uma expansão da demanda final, a matriz insumo-produto permite calcular o quanto deve ser a produção bruta de cada setor para que se possa atender ao aumento da demanda dada sua situação inicial.

Note que, substituindo a expressão (2),  $z_{ij} = a_{ij}x_j$ , em (1) e no seu equivalente para  $n$  setores, tem-se o seguinte sistema de equações:

$$\begin{aligned} \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \cdots + \alpha_{1n}x_n + y_1 &= x_1 \\ \vdots + \vdots + \cdots + \vdots + \vdots &= \vdots \\ \alpha_{n1}x_1 + \alpha_{n2}x_2 + \cdots + \alpha_{nn}x_n + y_n &= x_n \end{aligned}$$

ou, matricialmente:

$$X = AX + Y \quad (3)$$

onde  $X_{n \times 1}$  é um vetor de valores brutos da produção,  $A_{n \times n}$  é a matriz de coeficientes técnicos de produção, e  $Y_{n \times 1}$  o vetor de demanda final, resolvendo para X obtêm-se:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (4)$$

$$X = BY \quad (5)$$

onde  $I$  é uma matriz identidade e  $B_{n \times n} = (I - A)^{-1}$  é chamada matriz inversa de Leontief. Ela é calculada a partir da matriz de coeficientes técnicos e mostra todos os impactos diretos e indiretos gerados por uma variação em uma unidade na demanda final setorial.

Admitindo que os coeficientes técnicos sejam fixos no curto prazo, pode-se também calcular o impacto na produção bruta de cada setor em resposta a um aumento unitário na demanda final. Em outras palavras, a partir de uma expansão da demanda final, a matriz insumo-produto permite calcular o quanto deve ser a produção bruta de cada setor para que se possa atender ao aumento conjecturado de demanda.

$$\Delta X = (I - A)^{-1}\Delta Y \quad (6)$$

Portanto, conforme descrito pela equação (6), é possível analisar os incrementos na produção frente a variações da demanda final.

## 2.1. Multiplicadores de Produção

A matriz inversa de Leontief, representada  $B = (I - A)^{-1}$ , reflete os efeitos diretos e indiretos da produção em resposta a uma variação na demanda final. Cada elemento  $b_{ij}$  da matriz indica quanto de produção é gerado em todos os setores da economia para cada unidade monetária adicional de demanda final requerida no setor  $j$ .

Dessa forma, o multiplicador total do setor  $j$ , denotado por  $M_j^p$ , representa o impacto total desse setor na economia. Em outras palavras,  $M_j^p$  mede o efeito de cada unidade monetária de demanda final adicional no setor  $j$  sobre a produção total da economia. O multiplicador pode ser expresso pela seguinte equação:

$$M_j^p = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (7)$$

A equação (7) sugere que o efeito total de uma unidade monetária adicional de demanda agregada sobre a produção total dos setores é dado pela soma dos elementos de cada coluna da matriz inversa de Leontief. Por exemplo, um investimento de R\$ 1,00 num setor  $j$  gerará um impacto total no setor  $j$  de  $b_{ij} \forall i=j$  representando o incremento da produção no próprio setor, mais  $\sum_{i=1}^n b_{ij} \forall i \neq j$  referente ao aumento da produção dos demais setores, totalizando assim o efeito multiplicador.

## 3. Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos é um campo da matemática aplicada que estuda situações de interação estratégica entre agentes racionais, onde as decisões estratégicas de um jogador influenciam os resultados conjuntos (OSBORNE, 2004; VARIAN, 1992). Cada jogador busca maximizar sua utilidade ou *payoff*, levando em consideração as ações possíveis dos demais. Um dos conceitos centrais da teoria dos jogos é o equilíbrio de Nash, que ocorre quando nenhum jogador tem incentivo para mudar sua estratégia unilateralmente, dado que todos os outros jogadores estão jogando suas estratégias de equilíbrio.

Se os investimentos são privados, cada setor de atividades pode ser considerado um jogador e a alocação dos investimentos nos setores representa uma estratégia setorial privada. No caso de um gestor público que decide quanto investir em cada setor, essa escolha de alocação de recursos também pode ser interpretada como uma estratégia, mas, ao invés dela ser tomada internamente por cada setor, agora ela é tomada por parte de um planejador central.

A seguir os conceitos de estratégia pura e mista, assim como o conceito de equilíbrio de Nash e de melhoria de Pareto são apresentados e mais bem discutidos. Ao longo da apresentação dos conceitos, também é desenvolvido o aspecto metodológico para ilustrar suas respectivas aplicações.

### 3.1. Estratégias Puras

Por definição, uma estratégia representa uma ação deliberada do indivíduo. Neste contexto, a ação do gestor público é entendida como "a forma de distribuir um montante de recursos  $N$  entre os diferentes setores da economia". Existem inúmeras estratégias possíveis, o que implica em diversas maneiras de alocar o montante  $N$ . Isso indica que o planejador central tem uma estratégia de investimento  $s_k$  a ser escolhida entre um conjunto de estratégias  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_S\}$  com  $s_k = 1, \dots, S$ .

Para cada estratégia  $s_k$  adotada pelo gestor, há um vetor de demanda, ou de investimento,  $Y_k(s_k)$ , corresponde. Dada a estrutura da MIP, é possível estabelecer um mapeamento natural de  $Y_k(s_k) \rightarrow X_k$ , onde  $X_k$  é o vetor de produção resultante, definido em  $\mathbb{R}^n$ , com  $n$  representando o número de setores da economia.

Cada estratégia  $s_k = [s_{k1}; s_{k2}; \dots; s_{kn}]$  pode ser interpretada como um vetor de pesos que, ao ser multiplicado pelo montante total a ser investido,  $N$ , gera o vetor de investimentos  $Y_k(s_k)$ . Esse vetor de investimentos pode ser utilizado, sem perda de generalidade, como uma variação parcial do componente da

demanda final na estrutura insumo-produto, ou seja, com base na Equação (6), torna-se possível avaliar o impacto dessa estratégia sobre o produto da economia.

Do ponto de vista utilitarista de Bentham e Stuart Mill, um gestor age racionalmente se ele escolhe uma estratégia  $s^* \in S$  de modo que, dada uma relação de preferência  $\succsim$ , a condição  $s^* \succsim s_k \Leftrightarrow U(X_{s^*}) \geq U(X_{s_k})$  para todo  $s_k \in S$  é satisfeita.<sup>2</sup>

Neste contexto, a utilidade  $U(\cdot)$  é uma função que quantifica a satisfação ou benefício que um agente obtém ao escolher uma determinada estratégia. A função  $U(X_{s_k})$  representa a utilidade associada à estratégia  $s_k$ , onde  $X_{s_k}$  é o total de valor bruto da produção gerado na economia por conta da implementação da estratégia  $s_k$ . Valores mais altos de  $X_{s_k}$  indicam maiores retornos e, conseqüentemente, uma utilidade maior.

Note que essa definição de utilidade se adéqua ao conceito de *payoff*. Ela se refere-se ao retorno ou ao resultado quantificável que um planejador (jogador) obtém ao implementar uma estratégia específica, que pode ser visto como uma medida direta de resultado em termos monetários ou de recursos.

Assim, a estratégia  $s^*$  é considerada ótima em termos isolados, pois resolve o problema de maximização  $\max_{s_k \in S} U(X_{s_k})$  ao maximizar o *payoff* do planejador. Isso sugere que, no contexto de estratégias puras, o problema do planejador central pode ser descrito matematicamente como a escolha de uma estratégia que maximiza seu *payoff* entre as várias estratégias possíveis, isto é:

$$s^* = \arg \max_{s_k \in S} U(X_{s_k}). \quad (8)$$

Na prática, a Equação (8) sugere que, sob hipótese de uma visão utilitarista e havendo conhecimento da Inversa de Leontief correta, então a estratégia de investir todos os  $N$  recursos monetários no setor indicado pelo maior efeito multiplicador sempre seria a racional. Essa estratégia é mais bem vislumbrada a seguir.

### i) Estratégia do Efeito Multiplicador ( $s_1$ )

Seja  $M_j^+$  o maior multiplicador associado ao setor  $j$ , então, essa estratégia resultaria num vetor de investimentos  $Y = [0; \dots; N; \dots, 0]_{n \times 1}$  onde  $N$  seria alocado no setor indicado por  $M_j^+$ . Essa estratégia é chamada aqui de “Estratégia do Efeito Multiplicador” e seu *payoff* será dado por:

$$X_{n \times 1}^{s_1} = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} N \cdot 0 \\ \vdots \\ N \cdot 1 \\ N \cdot 0 \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} X_1^{s_1} \\ \vdots \\ X_n^{s_1} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{s_1} = \sum_{i=1}^n X_i^{s_1} \quad (9)$$

Essa estratégia garante um retorno (*payoff*) total que é dado pela soma dos VBPs setoriais resultantes dessa demanda adicional, isto é,  $X^{s_1} = \sum_{i=1}^n X_i^{s_1}$ .

Novamente: há argumentos contra essa estratégia. Um entrave à concentração do investimento setorial é a opção natural pela diversificação. O cotidiano e a ausência de informação confiável nos alertam para os riscos dessa abordagem, pois pode-se chegar a resultados subótimos, especialmente se houver incertezas sobre o desempenho de um setor. Basta que a MIP à disposição do gestor esteja desatualizada e que haja alguma mudança estrutural (uma alteração no setor detentor do maior multiplicador, por exemplo), para que a estratégia do efeito multiplicador se mostre sub-ótima na prática. Isto sugere que, em um contexto de informação imperfeita ou incerteza estrutural, o uso dessa estratégia pode ser ineficiente.

A seguir, são discutidas outras estratégias (dentro de um conjunto inumerável  $S$  de estratégias possíveis) que poderiam fazer sentido para o gestor.

<sup>2</sup> Assim como foi discutido na introdução, é possível levantar contra-argumentos sobre a maneira como a utilidade é inferida a partir dessas preferências, ou estratégia racional.

## ii) Estratégia de Investimentos Equitativos ( $s_2$ )

Considere uma segunda estratégia,  $s_2$ , onde o gestor não possui conhecimento da inversa de Leontief e opta por distribuir o montante de investimento  $N$  igualmente entre os setores.

Como o gestor possui  $N = 32$  unidades monetárias a serem distribuídas entre os  $n$  setores, o vetor de investimentos será  $Y = [1; 1; \dots; 1]$ . Essa estratégia ( $s_2$ ) é aqui chamada de “Estratégia de Investimentos Equitativos”. Assim, o *payoff* associado a essa estratégia será:

$$X_{n \times 1}^{s_2} = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} N \cdot 1/n \\ \vdots \\ N \cdot 1/n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} X_1^{s_2} \\ \vdots \\ X_n^{s_2} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{s_2} = \sum_{i=1}^n X_i^{s_2} \quad (10)$$

Como exposto, nessa estratégia o planejador central opta por investir uma unidade monetária (R\$ 1,00) em cada setor e obtém um *payoff* de  $X^{s_2} = \sum_{i=1}^n X_i^{s_2}$ .

## iii) Estratégia de Equalização da Produção ( $s_3$ )

Uma terceira estratégia que pode ser facilmente descrita é a “Estratégia de Equalização da Produção”. Essa estratégia consiste em encontrar um vetor de investimentos (demanda final) tal que  $X_i^{s_3} = \bar{X}$  para todo  $i$ .

Ou seja, dado o montante de investimentos  $N$ , o planejador central deve escolher níveis de investimento de modo que  $\sum_i y_i = N$  e todos os setores atinjam um mesmo nível de produto. Isso equivale a um problema de programação matemática que, ao ser resolvido, gera:

$$X_{n \times 1}^{s_3} = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \vdots \\ \bar{X} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{s_3} = n \times \bar{X} \quad (11)$$

## iv) Estratégia de Internalização das Externalidades para Frente

Havendo conhecimento prévio da MIP, uma quarta estratégia se baseia na tentativa de internalizar as externalidades positivas que o setor  $i$  gera sobre os demais setores da economia. Isso pode ser feito supondo que o gestor atribua pesos para o investimento setorial proporcionais aos efeitos indiretos (os elementos fora da diagonal principal) de cada setor. A ideia é que o impacto indireto de um setor  $i$  sobre outro setor  $j$  seja tratado como uma externalidade positiva, aumentando o 'peso' na definição dos investimentos destinados ao setor  $i$ . Note que essa proposta atenta apenas para o efeito do setor sobre os demais setores, ou seja, ela desconsidera o efeito interno do setor sobre ele mesmo.

Com isso em mente, pode-se derivar duas estratégias: i) internalizar os efeitos através da soma das colunas da inversa de Leontief modificada, ou, ii) internalizar os efeitos de externalidade através da soma das linhas da inversa de Leontief modificada.<sup>3</sup> No primeiro caso busca-se externalidades para a frente (*forward*), ou seja, é uma externalidade pelo lado da oferta. Esta estratégia atribui maiores pesos aos setores capazes de amplificar a produção dos demais.

Seja,  $\tilde{B} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \tilde{b}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{b}_{n1} & \dots & 0 \end{bmatrix}_{n \times n}$  a Inversa de Leontief Modificada, faça  $\tilde{b}_j = \sum_{i=1}^n \tilde{b}_{ij}$ . Com efeito, a

estratégia  $s_4$  irá distribuir o montante de investimentos de acordo com  $s_4 = \frac{\tilde{b}_j}{\sum_{j=1}^n \tilde{b}_j}$ , ou seja, o vetor de investimentos será dado por  $Y = N \cdot s_4$ . Daí, chega-se ao seguinte vetor de produção:

<sup>3</sup> Essa matriz é chamada de “modificada” porque os elementos da diagonal principal de B são zerados visando negligenciar os efeitos sobre o próprio setor. Note que essa modificação só é feita para se encontrar o vetor de distribuição de investimentos, ou seja, B modificada não deve entrar no computo posterior da equação de Leontief.



$$X_{n \times 1}^{S_4} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} N \cdot s_{41} \\ \cdots \\ N \cdot s_{4n} \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} X_1^{S_4} \\ \vdots \\ X_n^{S_4} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{S_4} = \sum_{i=1}^n X_i^{S_4} \quad (12)$$

### v) Estratégia de Internalização das Externalidades para Trás

Por fim, esta última estratégia pura busca externalidades para trás (*backward*), isto é, a estratégia atribui maiores pesos aos setores que mais demandam insumos dos demais. Basicamente, tem-se que  $Y = (N \cdot s_5)'$ , onde  $s_5 = \frac{\tilde{b}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{b}_i}$  e  $\tilde{b}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{b}_{ij}$ . Seguindo essa estratégia, chega-se ao vetor de produção:

$$X_{n \times 1}^{S_5} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} N \cdot s_{51} \\ \cdots \\ N \cdot s_{5n} \end{bmatrix}'_{n \times 1} = \begin{bmatrix} X_1^{S_5} \\ \vdots \\ X_n^{S_5} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{S_5} = \sum_{i=1}^n X_i^{S_5} \quad (13)$$

Aqui, alguns adendos se fazem necessários. Primeiramente, uma estratégia é dita “pura” e pode ser um equilíbrio se nenhum jogador puder se beneficiar unilateralmente ao desviar dessa estratégia, dado que os outros jogadores não mudam suas estratégias. Assim, assumindo que o gestor é o único tomador de decisão e sua meta é maximizar a produção total, a estratégia de concentrar todos os investimentos no setor com o maior efeito multiplicador é, de fato, um equilíbrio de Nash em estratégias puras. Nenhum outro curso de ação traria um melhor retorno em termos de produção total, assumindo que a meta é maximizar esse retorno e que não existem restrições ou considerações externas.

Note-se que, com relação a segunda estratégia, onde o gestor aloca o investimento igualmente entre todos os setores, ela ainda pode ser considerada uma estratégia pura pois, apesar da alocação ser distribuída igualmente, a decisão de dividir igualmente o orçamento de investimento é certa e não há incerteza ou variabilidade na escolha.<sup>4</sup> Isso vale para todas as estratégias explanadas até aqui.

## 3.2. Estratégia Mista

No contexto de estratégias mistas, o equilíbrio de Nash ocorre quando os jogadores não escolhem uma ação de forma determinística, mas sim atribuem probabilidades a cada uma de suas possíveis ações (OSBORNE, 2004; VARIAN, 1992). No caso do gestor de investimentos públicos, isso sugere que, em vez de optar por uma única estratégia, o planejador passa a dispor de um mix de estratégias ponderadas por probabilidades. A seguir essa ideia é formalizada.

Recorde que o problema do gestor é o de distribuir um montante de investimentos  $N$  entre os setores da economia, considerando as estratégias puras discutidas. Posto isso, uma estratégia mista para o gestor é basicamente uma combinação probabilística das várias estratégias puras disponíveis.

No contexto de alocação de um montante total de investimentos  $N$  entre os  $i$  setores da economia, cada estratégia pura  $s_k$  representa uma forma específica de distribuir os investimentos. Seja  $S_K = \{s_1, s_2, \dots, s_K\}$  o conjunto de  $K$  estratégias puras disponíveis para o gestor (notando que  $S_K \subset S$ ). Uma estratégia mista,  $s_m$ , é representada por um vetor de probabilidades  $p_k$ , onde cada  $p_k$  corresponde à probabilidade de escolher a estratégia pura  $s_k$ :

$$s_m = (p_1, p_2, \dots, p_n) \quad \text{com} \quad \sum_{k=1}^n p_k = 1 \quad \text{e} \quad p_k \geq 0 \quad (14)$$

A alocação de investimentos sob uma estratégia mista resulta em um vetor de investimentos  $Y(s_m)$ , que é uma combinação ponderada dos vetores de investimento  $Y_k(s_k)$  correspondentes a cada estratégia pura  $s_k$ :

<sup>4</sup> Note que essa estratégia não maximiza a produção total, mas pode ter benefícios em termos de diversificação e estabilidade econômica, dependendo de objetivos mais amplos de utilidade da política econômica, como argumenta Amartya Sen.

$$Y(s_m) = N \cdot \begin{bmatrix} p_1 \cdot s_1 \\ p_2 \cdot s_2 \\ \vdots \\ p_k \cdot s_k \end{bmatrix} \quad (15)$$

Já a utilidade esperada  $U(s_m)$  da estratégia mista é dada pela soma ponderada das utilidades associadas a cada estratégia pura, multiplicadas pelas respectivas probabilidades:

$$U(s_m) = \mathbb{E}[U(X(s_k))] = \sum_{k=1}^n p_k U(X(s_k)), \quad (16)$$

onde  $X(s_k)$  é o VBP total gerado na economia pela implementação da estratégia pura  $s_k$ .

Com efeito, a função objetivo do gestor é maximizar a utilidade esperada ao escolher as probabilidades  $p_k$ :

$$\max_{(p_1, p_2, \dots, p_n)} U(s_m) \quad s. t. \quad \sum_{k=1}^n p_k = 1 \quad e \quad p_k \geq 0 \quad (17)$$

A seção anterior apresentou uma série de definições de estratégias que podem ser sintetizadas cada qual num vetor de distribuição setorial de investimentos. Mais especificamente, foi descrito que cada estratégia  $s_k = [s_{k1}; s_{k2}; \dots s_{kn}]$  poderia ser interpretada como um vetor de pesos que, ao ser multiplicado pelo montante total a ser investido,  $N$ , gerava o vetor de investimentos  $Y_k(s_k)$ .

Com isso em mente, os seguintes vetores de peso geravam os seguintes vetores de investimentos:

- a) Estratégia do Efeito Multiplicador:  $s_1 \rightarrow Y_1(s_1)$
- b) Estratégia de Investimentos Equitativos:  $s_2 \rightarrow Y_2(s_2)$
- c) Estratégia de Equalização da Produção:  $s_3 \rightarrow Y_3(s_3)$
- d) Estratégia de Externalidades para Frente:  $s_4 \rightarrow Y_4(s_4)$
- e) Estratégia de Externalidades para Trás:  $s_5 \rightarrow Y_5(s_5)$

Suponha que o gestor não tem nenhuma crença sobre qual dessas estratégias é a mais relevante do ponto de vista empírico. Nestes termos, ele pode atribuir um mesmo peso  $p_h = (1/5)$  à essas estratégias e formar o seguinte vetor probabilístico

$$s_m = \sum_{h=1}^5 p_h s_h \quad (18)$$

A estratégia mista descrita em (18) não apenas reflete a ausência de crença do gestor sobre qual abordagem é a mais adequada, mas também proporciona uma maneira atraente de lidar com a incerteza inerente à alocação de investimentos em um ambiente econômico. Ao atribuir pesos iguais a cada uma das cinco estratégias, o planejador central busca maximizar a diversidade de sua abordagem, permitindo que os benefícios potenciais de diferentes estratégias sejam considerados simultaneamente.

Seguindo a estrutura apresentada anteriormente, pode-se reunir a análise insumo-produto e a teoria dos jogos para a estratégia mista da seguinte maneira:

$$X_{n \times 1}^{s_m} = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \begin{bmatrix} N \cdot s_{m1} \\ \cdots \\ N \cdot s_{mn} \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} X_1^{s_m} \\ \vdots \\ X_n^{s_m} \end{bmatrix}_{n \times 1} \Rightarrow X^{s_m} = \sum_{i=1}^n X_i^{s_m} \quad (19)$$

Note que a média aritmética dos vetores de probabilidades setoriais implica que o gestor está ciente de que cada estratégia pode oferecer vantagens em contextos específicos, daí essa abordagem combinada que resulta em  $X^{s_m}$  pode resultar em uma alocação de recursos mais equilibrada e eficaz.

Além disso, ao adotar essa estratégia mista, o gestor pode se resguardar contra riscos associados à escolha de uma única estratégia, mitigando os efeitos adversos de possíveis falhas em um setor específico. Essa flexibilidade é extremamente importante em cenários dinâmicos, onde as condições econômicas podem se alterar rapidamente e a eficácia de uma estratégia pode depender de fatores externos imprevisíveis.<sup>5</sup>

A implementação de uma estratégia mista também permite ao gestor ajustar sua alocação de recursos conforme novas informações se tornam disponíveis, possibilitando uma resposta mais ágil a mudanças nas condições do mercado ou nas prioridades de desenvolvimento econômico. Dessa forma, a estratégia mista não só reflete uma abordagem prudente na ausência de informações claras, mas também se torna uma ferramenta estratégica eficaz para a maximização do impacto social e econômico dos investimentos públicos.

### 3.3. Equilíbrio de Nash e Melhoria de Pareto

Em um equilíbrio de Nash, nenhum jogador tem incentivo para mudar unilateralmente sua estratégia, desde que as outras estratégias permaneçam inalteradas. No caso da “Estratégia Mista”, o gestor considera as  $k$  “Estratégias Puras” a sua disposição e pondera essas abordagens de alocação distribuindo os recursos de maneira a maximizar o retorno total da economia. Assim fazendo, ele consideraria o efeito multiplicador, investimentos equitativos, a equalização da produção e os dois tipos de externalidades geradas por cada setor.

Conforme foi discutido, dentre as estratégias puras apresentadas, a estratégia de concentrar investimentos no setor com maior multiplicador poderia constituir um equilíbrio de Nash, desde que ela alcance o maior nível de produção e que essa métrica seja única consideração relevante para o gestor. No entanto, isso ignoraria os efeitos de externalidades para trás que outros setores poderiam gerar e poderia expor a economia a riscos de choques setoriais.

Da mesma forma, uma estratégia equitativa, embora balanceada, não maximizaria os retornos econômicos, pois setores com maior impacto multiplicador ou externalidades positivas deixam de receber o investimento adequado.

Com efeito, é de se esperar que a “Estratégia Mista”, ao integrar todos esses fatores, ofereça uma solução mais equilibrada por diversificar os investimentos de forma a mitigar riscos, reduzir a exposição a choques setoriais, capturar as externalidades positivas geradas pelos setores e buscar o retorno agregado da sociedade. Assim, o gestor não teria incentivo para desviar dessa estratégia, pois qualquer mudança unilateral – como optar por uma estratégia pura – poderia resultar em desequilíbrios ou perdas prováveis.

Consequentemente, como a “Estratégia Mista” equilibra os múltiplos objetivos do gestor, ela pode ser vista como um Equilíbrio de Nash estável, onde o gestor não tem razões para mudar sua estratégia. Para formalizar essa ideia é preciso voltar à relação entre *payoff* e utilidade esperada.

Se a utilidade (e o *payoff*) do gestor vem exclusivamente do VBP total da economia, *i.e.*,  $U(X_T)$ , então de fato a estratégia de concentrar investimentos seria ótima para o gestor. Ademais, desconsiderando risco setorial, ela garantiria uma melhoria de Pareto, que é quando uma estratégia ou política faz pelo menos uma parte melhor, sem tornar nenhuma outra parte pior.

Entretanto, é mister que o gestor busque mitigar riscos e, se imaginarmos que ele faz isso através da diversificação dos investimentos setoriais, é possível supor que sua função de utilidade - e seu *payoff* - sejam dados por uma função de utilidade da seguinte forma:  $U(X_T, D)$ , onde  $D$  representa o grau de diversificação setorial.

---

<sup>5</sup> Uma estratégia mista, sendo uma combinação convexa das estratégias puras, implica que as alocações dos investimentos são ponderadas de forma a refletir uma média das estratégias. Essa abordagem naturalmente dilui a exposição a riscos associados a qualquer uma das estratégias puras individualmente.

Note que esse grau de diversificação poderia ser calculado, por exemplo, com base no Índice de Herfindahl-Hirschman. Essa função de utilidade também poderia ser especificada como uma Cobb-Douglas, o que permitiria calcular *payoffs* para o gestor público sem maiores problemas.<sup>6</sup>

Vale ressaltar que, dependendo da maneira que fosse implementada, essa estrutura alteraria completamente os *payoffs* e, possivelmente, a estratégia do multiplicador deixaria de ser um equilíbrio de Nash em estratégias puras. Ademais, é bem provável que essa estratégia mista gere uma melhoria de Pareto superior à encontrada anteriormente.

Com efeito, se o único objetivo for maximizar a produção total, a estratégia do efeito multiplicador poderia ser vista como superior em termos desse objetivo específico. No entanto, do ponto de vista de uma melhoria de Pareto, onde nenhuma parte deve ser prejudicada, essa estratégia não necessariamente se qualifica, pois pode prejudicar os outros setores da economia. Portanto, a menos que haja compensações ou políticas para mitigar os efeitos negativos nos demais setores, a estratégia do multiplicador não pode ser considerada uma melhoria de Pareto em relação à mista. De modo semelhante, ela também não se qualifica como ótimo de Pareto frente às demais, desde que outras preferências fossem embutidas no raciocínio do gestor.

#### 4. Ilustração com a MIPR/CE do IPECE

A Matriz Insumo-Produto do Estado do Ceará (MIPR/CE) foi desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e uma discussão detalhada da mesma pode ser vista em Paiva e Trompieri Neto (2020). Ela tem como ano base 2013 e aqui é utilizada a dimensão  $32 \times 32$ , que é a dimensão setorial mais abrangente fornecida pelo IPECE.

A MIPR/CE foi utilizada para replicar cada uma das estratégias desenvolvidas nas seções anteriores. Aqui se dá ênfase às estratégias  $s_k = [s_{k1}; s_{k2}; \dots s_{kn}]$ , no sentido de que elas podem ser interpretadas como vetores de pesos setoriais, e ênfase nos *payoffs* obtidos supondo que o montante de investimentos a ser realizado pelo gestor é de  $N = n = 32$  unidades monetárias, onde  $n$  é o número de setores existentes na matriz.<sup>7</sup>

A Tabela 1, a seguir, apresenta as estratégias setoriais de investimento. Nas linhas tem-se os setores de atividades e nas colunas os pesos atribuídos a cada setor com base em cada uma das estratégias (ver legenda). Para facilitar a leitura dos dados aplicou-se um mapa de calor a todas as estratégias: pesos mais próximos de 1 são mais quentes (tendem para o vermelho) e mais próximos de zero são mais frios (tendem para o azul).

De acordo com os dados da MIPR/CE, o setor de maior efeito multiplicador é o setor de “*Refino de petróleo e coque e de álcool e outros biocombustíveis*”, com efeito total de 1,6841. A “Estratégia do Efeito Multiplicador” ( $s_1$ ) absorve esse valor e sugere que todo o montante do investimento público seja ali empregado, o que implica que o vetor dessa estratégia é composto de 1 na linha do setor em questão e de zeros para os demais setores. A estratégia de “Investimentos Equitativos” ( $s_2$ ) dá o mesmo peso para os setores ( $1/32 = 0,03$ ).

A estratégia de “Equalização da Produção” recai numa solução não factível quando supomos que  $s_{3i}$  é positivo para todo  $i$ . Relaxando essa restrição, encontram-se valores relativamente bem distribuídos, com exceção do setor de “*Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas*”. Para esse setor de atividade, o valor da ponderação é negativo. Isso sugere que deveria acontecer um “desinvestimento” nesse setor para se chegar a um VBP equalizado aos dos outros setores. Isso não é surpresa, posto que o VBP do setor de comércio é, de fato, um dos maiores dentro da MIPR/CE.

---

<sup>6</sup> Discutir a especificação matemática e a calibração adequada dos parâmetros das funções de utilidade que poderiam ser propostas é algo que transpassa a ideia desse artigo. Ainda assim, poderia se propor uma função do tipo  $U = \alpha \cdot \ln(X_T) + D^{1-\alpha}$ , mas isso é deixado para trabalhos futuros.

<sup>7</sup> Essa hipótese é feita com base na matriz do IPECE e só tem o intuito de facilitar a exposição, podendo ser relaxada para qualquer valor de  $N$ .

Tabela 1 – Vetores de Pesos das Estratégias

| Setor  | $s_1$       | $s_2$       | $s_3$       | $s_4$       | $s_5$       | $s_m$       |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Agropecuária   | 0,00        | 0,03        | 0,03        | 0,01        | 0,03        | 0,02        |
| Indústrias extrativas  | 0,00        | 0,03        | 0,03        | 0,04        | 0,05        | 0,03        |
| Fabricação de produtos alimentícios  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,05        | 0,01        | 0,03        |
| Fabricação de bebidas  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,05        | 0,01        | 0,02        |
| Fabricação de produtos têxteis, artigos do vestuário e acessórios, calçados e artefatos de couro   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,00        | 0,02        |
| Fabricação de produtos de madeira, exceto móveis, de celulose, papel e produtos de papel e serviços de impressão e reprodução de gravações | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,01        | 0,02        |
| Refino de petróleo e coque e de álcool e outros biocombustíveis  | 1,00        | 0,03        | 0,04        | 0,07        | 0,00        | 0,23        |
| Fabricação de produtos químicos  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,01        | 0,02        |
| Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,00        | 0,02        |
| Fabricação de produtos de borracha e de material plástico  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,01        | 0,02        |
| Fabricação de produtos de minerais não metálicos   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,04        | 0,01        | 0,02        |
| Metalurgia   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,04        | 0,01        | 0,02        |
| Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,01        | 0,02        |
| Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, máquinas, aparelhos e materiais elétricos                       | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,00        | 0,02        |
| Fabricação de máquinas e equipamentos  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,00        | 0,02        |
| Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias e outros equipamentos de transporte   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,04        | 0,00        | 0,02        |
| Outras atividades industriais  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,00        | 0,02        |
| Manutenção, reparação e instalação de máq. e equipamentos  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,02        | 0,01        | 0,02        |
| Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação   | 0,00        | 0,03        | 0,01        | 0,03        | 0,08        | 0,03        |
| Construção   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,01        | 0,02        |
| Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas  | 0,00        | 0,03        | -0,04       | 0,03        | 0,23        | 0,05        |
| Transporte, armazenagem e correio  | 0,00        | 0,03        | 0,00        | 0,03        | 0,13        | 0,04        |
| Serviços de alojamento   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,05        | 0,01        | 0,03        |
| Serviços de alimentação  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,04        | 0,02        | 0,03        |
| Informação e comunicação   | 0,00        | 0,03        | 0,03        | 0,04        | 0,04        | 0,03        |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados   | 0,00        | 0,03        | 0,01        | 0,04        | 0,09        | 0,03        |
| Atividades imobiliárias  | 0,00        | 0,03        | 0,03        | 0,01        | 0,04        | 0,02        |
| Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares  | 0,00        | 0,03        | 0,00        | 0,02        | 0,16        | 0,04        |
| Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social   | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,01        | 0,02        |
| Educação e saúde privadas  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,03        | 0,00        | 0,02        |
| Artes, cultura, esporte e recreação e outras atividades de serviços  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,05        | 0,01        | 0,03        |
| Serviços domésticos  | 0,00        | 0,03        | 0,04        | 0,00        | 0,00        | 0,02        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> |
| <b>Desvio Padrão</b>   | <b>0,18</b> | <b>0,00</b> | <b>0,02</b> | <b>0,01</b> | <b>0,05</b> | <b>0,04</b> |
| <b>Média dos Desvios</b>   |             |             | <b>0,05</b> |             |             |             |

( $s_1$ ) Estratégia do Multiplicador; ( $s_2$ ) Investimentos Equitativos; ( $s_3$ ) Equalização da Produção; ( $s_4$ ) Externalidade p/ Frente; ( $s_5$ ) Externalidade p/ Trás; ( $s_m$ ) Estratégia Mista.

Já a estratégia de “Externalidades para Frente” ( $s_4$ ) busca atribuir maior peso aos setores que apresentam grande efeito indireto. O setor de “Refino de petróleo” ainda detém o maior peso, segundo essa métrica, e os setores de “Serviços domésticos”, “Atividades Imobiliárias” e “Agricultura” são os que detêm menor peso, ou seja, esses três últimos são setores que não geram muitos efeitos transbordamento (têm pouca interação com os demais setores).

A estratégia de “Externalidades para Trás” ( $s_5$ ) dá pesos fortes para os setores de “Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas”, “Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares” e “Transporte, armazenagem e correio”, nessa ordem. Isso significa que esses setores são grandes demandantes dos demais setores da economia (que não do próprio setor). Essa estratégia também dá pesos baixos, por exemplo, para o setor de “Refino de petróleo e coque e de álcool e outros biocombustíveis”. Isso significa que esse setor tem baixa demanda por insumos dos demais setores e que, por conseguinte, deve receber um menor montante de investimentos.

Por fim, a “Estratégia Mista” ( $s_m$ ) equipondera as estratégias anteriores. Primeiramente, note que essa estratégia retorna um vetor de pesos mais homogêneo: dos 32 setores, 28 tem pesos entre 0,02 e 0,03; 3 setores tem um peso um pouco maior, entre 0,04 e 0,05 e; apenas o setor de “Refino de Petróleo” tem um peso elevado, igual a 0,23.

As duas últimas linhas da Tabela 1 retornam o desvio padrão da distribuição associada a cada estratégia, assim como a média dos desvios padrões das estratégias puras. Repare que esta última média é menor do que os desvios padrões da estratégia mista individual, sugerindo que a estratégia mista apresenta uma variabilidade total menor (0,04 contra 0,05).<sup>8</sup> Isso indica que a estratégia mista fornece uma distribuição de investimentos mais balanceada do que as demais estratégias levadas em conjunto.

Os resultados mais interessantes aparecem na Tabela 2, a seguir. Ela revela qual seria a produção setorial caso as  $N = 32$  unidades monetárias fossem distribuídas de acordo com cada uma das estratégias de investimento. Para facilitar a exposição, mapas de calor também foram aplicados, agora para cada estratégia individualmente.

Como se observa, a estratégia do efeito multiplicador leva ao maior VBP agregado: o investimento concentrado de 32,00 unidades monetárias gera um VBP total de  $X^{s_1} = 53,89$  unidades monetárias. Esse resultado é coerente com o esperado por maximizar o *payoff* isolado, mas pode não ser aderente em termos de melhoria de Pareto e é atingido à custa de um risco elevado, conforme discutido anteriormente. Observa-se que a produção é extremamente baixa em diversos setores e o crescimento do produto se destaca em apenas 5 setores: “Refino de Petróleo”, “Indústrias Extrativas”, “Comércio”, “Transporte” e “Atividades Profissionais”.

A “Estratégia dos Investimentos Equitativos” ( $s_2$ ) dilui igualmente o montante de investimento entre os setores. Assim, dada uma variação de 1 unidade monetária na demanda final de todos os 32 setores presentes na MIPR/CE, o resultado agregado em termos de VBP seria de  $X^{s_2} = 43,44$  unidades monetárias.

A estratégia de “Equalização da Produção” é a que gera o pior desempenho: a tentativa de se distribuir os investimentos setoriais de modo que eles acarretem num mesmo VBP setorial (próximo de 1,35) finda num VBP de  $X^{s_3} = 32 \times 1,35 = 43,14$  unidades monetárias. Importante ressaltar que essa estratégia de equalizar a produção requer desinvestimentos, ou queda de demanda agregada, no setor de “Comércio”.

Já a estratégia de internalizar as “Externalidades para Frente” retorna uma produção agregada de  $X^{s_4} = 45,42$  unidades monetárias de VBP, já a internalização de “Externalidades para Trás” atingiria um VBP agregado de  $X^{s_5} = 44,08$ . Vale destacar que, em termos de estratégias puras, ambos *payoffs* superam os das estratégias  $s_2$  e  $s_3$ , indicando que a internalização das externalidades positivas pode ser um fator relevante a ser considerado na tomada de decisão de investimentos setoriais.

---

<sup>8</sup> Este é um fenômeno comum em agregações de dados, onde a variabilidade dos componentes individuais é reduzida na agregação, especialmente se as séries não forem altamente correlacionadas.

Por fim, a “Estratégia Mista” é a que retorna o segundo maior *payoff* monetário (algo em torno de  $X^{Sm} = 45,99$ ). Note que o VBP total gerado a partir dessa estratégia é superior ao gerado individualmente pelas estratégias puras, que não a do efeito multiplicador.

Tabela 2 – VBP Setorial Gerado pelas Estratégias

| Setor  | $X_{s_1}$    | $X_{s_2}$    | $X_{s_3}$    | $X_{s_4}$    | $X_{s_5}$    | $X_{s_m}$    |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Agropecuária   | 1,22         | 1,34         | 1,35         | 0,90         | 1,12         | 1,18         |
| Indústrias extrativas  | 9,17         | 1,45         | 1,35         | 2,01         | 1,57         | 3,11         |
| Fabricação de produtos alimentícios  | 0,11         | 1,20         | 1,35         | 1,84         | 0,55         | 1,01         |
| Fabricação de bebidas  | 0,00         | 1,13         | 1,35         | 1,64         | 0,31         | 0,89         |
| Fabricação de produtos têxteis, artigos do vestuário e acessórios, calçados e artefatos de couro   | 0,01         | 1,10         | 1,35         | 0,82         | 0,17         | 0,69         |
| Fabricação de produtos de madeira, exceto móveis, de celulose, papel e produtos de papel e serviços de impressão e reprodução de gravações | 0,06         | 1,18         | 1,35         | 1,12         | 0,61         | 0,86         |
| Refino de petróleo e coque e de álcool e outros biocombustíveis  | 32,12        | 1,01         | 1,35         | 2,23         | 0,04         | 7,35         |
| Fabricação de produtos químicos  | 0,06         | 1,17         | 1,35         | 1,05         | 0,44         | 0,81         |
| Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos   | 0,00         | 1,03         | 1,35         | 1,04         | 0,04         | 0,69         |
| Fabricação de produtos de borracha e de material plástico  | 0,02         | 1,08         | 1,35         | 0,81         | 0,25         | 0,70         |
| Fabricação de produtos de minerais não metálicos   | 0,02         | 1,17         | 1,35         | 1,35         | 0,49         | 0,88         |
| Metalurgia   | 0,02         | 1,19         | 1,35         | 1,53         | 0,49         | 0,92         |
| Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos  | 0,02         | 1,08         | 1,35         | 0,68         | 0,23         | 0,67         |
| Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, máquinas, aparelhos e materiais elétricos                       | 0,02         | 1,04         | 1,35         | 1,03         | 0,10         | 0,71         |
| Fabricação de máquinas e equipamentos  | 0,02         | 1,02         | 1,35         | 0,68         | 0,04         | 0,62         |
| Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias e outros equipamentos de transporte   | 0,01         | 1,04         | 1,35         | 1,26         | 0,07         | 0,75         |
| Outras atividades industriais  | 0,00         | 1,01         | 1,35         | 0,64         | 0,02         | 0,60         |
| Manutenção, reparação e instalação de máq. e equipamentos  | 0,07         | 1,08         | 1,35         | 0,75         | 0,32         | 0,71         |
| Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação   | 0,33         | 2,10         | 1,35         | 2,12         | 3,97         | 1,98         |
| Construção   | 0,12         | 1,20         | 1,35         | 1,11         | 0,61         | 0,88         |
| Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas  | 2,76         | 3,31         | 1,35         | 3,41         | 9,13         | 3,99         |
| Transporte, armazenagem e correio  | 3,71         | 2,35         | 1,35         | 2,70         | 5,63         | 3,15         |
| Serviços de alojamento   | 0,02         | 1,06         | 1,35         | 1,57         | 0,23         | 0,84         |
| Serviços de alimentação  | 0,03         | 1,17         | 1,35         | 1,59         | 0,67         | 0,96         |
| Informação e comunicação   | 0,24         | 1,61         | 1,35         | 2,16         | 2,19         | 1,51         |
| Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados   | 0,92         | 2,06         | 1,35         | 2,33         | 4,41         | 2,21         |
| Atividades imobiliárias  | 0,22         | 1,35         | 1,35         | 0,65         | 1,70         | 1,05         |
| Atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares  | 2,42         | 2,65         | 1,35         | 2,67         | 7,51         | 3,32         |
| Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social   | 0,09         | 1,13         | 1,35         | 0,97         | 0,61         | 0,83         |
| Educação e saúde privadas  | 0,03         | 1,06         | 1,35         | 0,92         | 0,20         | 0,71         |
| Artes, cultura, esporte e recreação e outras atividades de serviços  | 0,06         | 1,09         | 1,35         | 1,84         | 0,38         | 0,94         |
| Serviços domésticos  | 0,00         | 1,00         | 1,35         | 0,00         | 0,00         | 0,47         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>53,89</b> | <b>43,44</b> | <b>43,14</b> | <b>45,42</b> | <b>44,08</b> | <b>45,99</b> |
| <b>Retorno Agregado do Investimento (para cada R\$ investido)</b>  | <b>1,68</b>  | <b>1,36</b>  | <b>1,35</b>  | <b>1,42</b>  | <b>1,38</b>  | <b>1,44</b>  |

VBP gerado pela Estratégia do Multiplicador ( $X_{s_1}$ ); por “Investimentos Equitativos” ( $X_{s_2}$ ); pela Equalização da Produção ( $X_{s_3}$ ); pela Externalidade p/ Frente ( $X_{s_4}$ ); pela Externalidade p/ Trás ( $X_{s_5}$ ); pela Estratégia Mista ( $X_{s_m}$ ). Fonte: Elaborado pelos autores a partir da MIPR/CE do IPECE.

## 5. Comentários Finais

A questão central discutida neste estudo é se existe uma metodologia técnica que permita aos órgãos competentes definir uma política eficaz para a distribuição de investimentos setoriais. Com base nas análises realizadas, propõe-se que a combinação do modelo insumo-produto com a teoria dos jogos oferece uma abordagem robusta para orientar a alocação de recursos de forma estratégica e eficiente, atendendo às necessidades de desenvolvimento econômico e social do Estado do Ceará.

Foi demonstrado que a distribuição de investimentos pode ser modelada como uma ou várias estratégias adotadas por um planejador central. Segundo a teoria dos jogos, cada decisão estratégica deve estar associada a um *payoff*. Inicialmente, esse *payoff* foi vinculado à produção total, calculada pela equação de Leontief, com base na distribuição de investimentos sugerida por cada estratégia. Sob essa estrutura, demonstra-se que o resultado trivial seria investir todos os recursos no setor com o maior multiplicador de produção, o que configuraria a estratégia dominante.

Entretanto, esse resultado ignora uma série de questões fundamentais, como planos governamentais, riscos setoriais, mudanças estruturais na economia e a suposição de informação completa. Argumenta-se que, ao introduzir uma função de utilidade que considere essas variáveis, além do valor bruto da produção, é provável que a estratégia pura focada no maior multiplicador deixe de ser a dominante. São apresentadas alternativas, como investimentos equitativos, equalização da produção e estratégias que promovem externalidades positivas, tanto pelo lado da oferta quanto da demanda. Uma combinação convexa dessas alternativas — uma estratégia mista — pode resultar em *payoffs* mais elevados que os tradicionais. São discutidas, também, as vantagens inerentes às estratégias mistas diante da complexidade enfrentada pelo gestor público.

Todo o raciocínio foi ilustrado utilizando a matriz insumo-produto do IPECE de 2013, composta por 32 setores de atividades. Através da modelagem dessas estratégias, foram obtidos resultados bastante satisfatórios. De maneira geral, a estratégia mista delineada para o Ceará indicou que um investimento de R\$ 1,00 poderia gerar um aumento médio de produção de R\$ 1,44, além de promover uma distribuição mais balanceada entre os setores. Considerando que o gestor não foca apenas no ganho de produção, tal alocação pode ser interpretada como um equilíbrio de Nash estável, sem incentivos para desvio dessa estratégia.

Embora esses resultados estejam alinhados com as conjecturas iniciais, eles não encerram o debate. É salutar fornecer diretrizes ao Estado e à comunidade acadêmica para dar continuidade e aprofundar essa investigação. Essas diretrizes devem estar ancoradas em três pilares principais: dados, teoria e empirismo.

Em relação aos dados, seria de grande relevância que o IPECE continuasse a formular e disponibilizar matrizes insumo-produto para anos mais recentes. O acesso a outras bases de dados seria igualmente relevante para ampliar a abrangência das análises. Aqui a análise foi embasada em setores econômicos, mas é possível se fazer uso da teoria dos jogos para se tentar avaliar outras questões que, por exemplo, contribuam com a metodologia de Gestão de Investimento Público.<sup>9</sup>

No campo teórico, diversas abordagens podem ser seguidas. A disponibilidade de múltiplas MIPs ao longo do tempo possibilitaria o desenvolvimento de estratégias dinâmicas, que consideram o histórico de investimentos passados. Além disso, estratégias que incorporem pautas políticas de governos em exercício também podem contribuir para uma estratégia final mais condizente com a tomada de decisão do gestor. Por fim, a modelagem de probabilidades adequadas para estratégias mistas merece uma investigação mais aprofundada.

Outro ponto relevante é a interação entre o investimento público e privado, dado que ambos são componentes fundamentais da demanda agregada. A modelagem de um jogo parcialmente cooperativo entre os setores, com algum grau de coordenação governamental, poderia revelar como essas interações

---

<sup>9</sup> Ver: <https://www.seplag.ce.gov.br/2024/02/14/seplag-realiza-reuniao-com-grupo-tecnico-de-gestao-do-investimento-publico-sobre-metodologia-gip/>



afetam a eficácia dos investimentos. A literatura existente, como os trabalhos de Chiang (1995) e Sarafopoulos e Ioannidis (2014), pode contribuir para essa discussão.

Por fim, a especificação de funções de utilidade que considerem uma gama mais ampla de variáveis, além da produção total, é uma via promissora para capturar de forma mais precisa *payoffs* mais assertivos e em linha com a complexidade das decisões enfrentadas pelos gestores públicos. Do lado empírico, a conexão entre a teoria dos jogos e modelos mais complexos, como os modelos dinâmicos de equilíbrio geral computável (MDEGC), é igualmente uma área pouco explorada e com grande potencial para aprimorar a análise de decisões relacionadas à alocação de investimentos públicos.

Em suma, este estudo estabelece um marco inicial para o uso da teoria dos jogos e das matrizes insumo-produto na formulação de políticas de investimento público. O caminho para aprimorar essa metodologia é vasto, passando pela incorporação de estratégias dinâmicas, pela modelagem de interações público-privadas e pela especificação de funções de utilidade mais sofisticadas. A colaboração contínua entre Estado e Academia é fundamental para consolidar essas práticas e, com isso, contribuir de forma decisiva para o desenvolvimento econômico do Ceará.

## 6. Referências

CAI, Mattia. Greenhouse gas emissions from tourist activities in South Tyrol: A multiregional input–output approach. **Tourism Economics**, v. 22, n. 6, p. 1301-1314, 2016.

CEARÁ. Secretaria do Planejamento e Gestão. *Seplag realiza reunião com Grupo Técnico de Gestão do Investimento Público sobre Metodologia GIP*. Secretaria do Planejamento e Gestão, 14 fev. 2024. Disponível em: <https://www.seplag.ce.gov.br/2024/02/14/seplag-realiza-reuniao-com-grupo-tecnico-de-gestao-do-investimento-publico-sobre-metodologia-gip/>. Acesso em: 2 out. 2024.

CHIANG, Jong-Tsong. Application of game theory in government strategies for industrial collaborative research and development. **Technology in Society**, v. 17, n. 2, p. 197-214, 1995.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. Input-output analysis: theory and foundations. **Munich Personal RePEc Archive**, v. 72, 2011.

HADDAD, E. A.; JÚNIOR, C. A. G.; NASCIMENTO, T. O. Matriz interestadual de insumo-produto para o Brasil: uma aplicação do método IIOAS. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 4, p. 424–446, 2017.

HADDAD, E. A.; LUQUE, C. A.; LIMA, G. T.; SAKURAI, S. N.; COSTA, S. M. Impact assessment of interregional government transfers in Brazil: an input output approach. **Texto para Discussão**, v. 9, 2011.

KRONENBERG, Kai; FUCHS, Matthias; LEXHAGEN, Maria. A multi-period perspective on tourism's economic contribution—a regional input-output analysis for Sweden. **Tourism Review**, v. 73, n. 1, p. 94-110, 2018.

LEE, Lien-Chieh et al. Impact of COVID-19 on the economic loss and resource conservation of China's tourism industry from the supply chain perspective. **Cities**, v. 144, p. 104633, 2024.

LEONTIEF, W. **Input-Output Economics**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1986.

LEONTIEF, W. Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. **The review of economic statistics**, p. 105-125, 1936.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

PAIVA, W. L.; NETO, N. T. **Tabela de recursos e usos e matriz insumo-produto regionais para a economia cearense**. Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2020. (Nota Técnica, n. 70).

OSBORNE, M. J. *An Introduction to Game Theory*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

ROCHA, A et al. Modelling the location choice: evidence from an evolutionary game based on regional input–output analysis. **Regional Studies**, 2019.

SANT’ANNA, A. A.; YOUNG, C. E. The use of input-output analysis to simulate effects of income redistribution on economic growth. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35., 2007, Recife. Anais. Recife: ANPEC, 2007.

SARAFPOULOS, Georges; IOANNIDIS, Panagiotis G. Local agents’ cooperation as a signal game: firms, local governments and investment strategies. **Procedia Economics and Finance**, v. 9, p. 133-141, 2014.

TINTNER, G. Game Theory, Linear Programming and Input-Output Analysis. **Zeitschrift für Nationalökonomie / Journal of Economics**, v. 17, n. 1, p. 1-38, 1957, v. 17, n. 1, p. 1-38, 1957

VARIAN, Hal R. **Microeconomic analysis**. 3. ed. New York: W. W. Norton & Company, 1992