UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**O NOVO CÓDIGO DE MINERAÇÃO NO BRASIL: UMA ANÁLISE ECONÔMICA
DA COMPENSAÇÃO FINANCEIRA SOBRE A EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS**

Eric Universo Rodrigues Brasil

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Slaibe Postali

SÃO PAULO
2015

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

ERIC UNIVERSO RODRIGUES BRASIL

**O NOVO CÓDIGO DE MINERAÇÃO NO BRASIL: UMA ANÁLISE ECONÔMICA
DA COMPENSAÇÃO FINANCEIRA SOBRE A EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS**

Tese apresentada ao Departamento de
Economia da Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo como requisito
parcial para a obtenção do título de Doutor em
Teoria Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Slaibe Postali

**Versão corrigida
(versão original se encontra na biblioteca)**

SÃO PAULO

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Brasil, Eric Universo Rodrigues

O novo código de mineração no Brasil: uma análise econômica da compensação financeira sobre a exploração dos recursos / Eric Universo Rodrigues Brasil. -- São Paulo, 2015.
173 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2016.

Orientador: Fernando Antonio Slaibe Postali.

1. Economia mineral 2.Regulação econômica de recursos naturais
3. Royalties minerais 4. Política fiscal municipal I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 338.2

**para Thati, May e Manu,
os melhores presentes que Deus me deu
e a verdadeira fonte de energia para esta caminhada.**

Seria impossível transpor todas as barreiras que encontrei ao longo desta empreitada sem a ajuda e compreensão de diversas pessoas especiais. Por isso, agradeço:

À minha esposa, Thatiana, pela cumplicidade incondicional que garantiu que eu nunca me sentisse sozinho ou desamparado, mesmo nas incontáveis horas de estudo e trabalho madrugada adentro.

Ao meu orientador, Fernando, por toda dedicação, apoio, parceria e real comprometimento com o desenvolvimento deste trabalho e deste aluno, desde o mestrado.

Aos meus pais, Eliza e Roberto, por serem a inspiração que continua me guiando.

Ao professor André Chagas pela dedicação e parceria em momentos cruciais deste trabalho.

À professora Maria Dolores pelas preciosas contribuições para o desenvolvimento do tema.

Ao Ernesto Guedes e toda equipe da Tendências pela irreparável paciência que tiveram com os meus horários malucos para conciliar estudo e trabalho.

E aos meus amigos da pós-graduação da FEA pelo leal coleguismo durante os cursos e pelas valiosas contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

**“Todos somos o simples
resultado das nossas próprias escolhas.”**

Roberto Brasil

RESUMO

Em junho de 2013, o Governo Federal enviou ao Congresso Nacional uma proposta para o novo marco regulatória da mineração. No entanto, críticos dessa proposta alegam que, caso o aumento dos *royalties* da mineração pretendido pelo Governo não ocorra no bojo de uma reforma tributária mais ampla, a nova carga tributária pode inflar demasiadamente o custo de extração de alguns minérios no Brasil, prejudicando sua inserção no mercado internacional e, consequentemente, desestimulando investimentos produtivos no país. Neste sentido, o objetivo desta tese é realizar uma análise econômica sobre a compensação financeira pela exploração dos recursos minerais no âmbito do novo Código de Mineração. Através de um modelo de equilíbrio geral computável, foram simulados os potenciais impactos do aumento na carga tributária incidente sobre a indústria de mineração, considerando seus efeitos sobre a economia nacional e sobre os principais estados brasileiros produtores de minério. Os resultados encontrados apontam que, apesar da queda no investimento e na produção da indústria mineral, o aumento dos gastos públicos regionais deve aquecer as economias locais, gerando renda e elevação de preços. Entretanto, o modelo adotado na simulação não considera que mudanças na base de cálculo da CFEM podem mudar o comportamento dos mineradores e que os novos recursos da compensação podem alterar a política fiscal dos governos contemplados. Para avaliar a primeira possibilidade, foram analisados modelos teóricos que indicam que o novo arcabouço regulatório está caminhando no sentido contrário da neutralidade do arranjo tributário, o que, a princípio, não é desejável. No entanto, tendo em vista que a assimetria de informação entre investidor privado e regulador também gera perdas ao poder público, sugere-se um arranjo alternativo para a CFEM, onde ela é composta por um componente fixo e um componente *ad valorem*, sendo que os valores pagos em cada modalidade pelo minerador devem ser definidos no leilão que atribuirá às jazidas minerais aos investidores interessados. Por fim, foram avaliados os impactos da CFEM na política fiscal dos municípios contemplados *vis-à-vis* o comportamento dos municípios não contemplados. Para isso, foram estimados diversos modelos econométricos elaboradas com base em um *propensity score weighting* espacial. São testados os efeitos da CFEM sobre o esforço fiscal dos municípios, sobre a contratação de empregados no setor público e sobre os gastos públicos correntes das prefeituras. Os resultados encontrados apontam que, em geral, as rendas da CFEM: (i) diminuem o esforço de arrecadação próprio dos municípios; (ii) aumentam a contratação de pessoal no setor público; e (iii) provocam uma expansão dos gastos públicos correntes significativamente maior do que aquela resultante de aumentos da renda per capita dos contribuintes, o chamado efeito *flypaper*. Com base nestes resultados, é sugerida a adoção de um Fundo de Recursos Soberanos para a administração federal dos recursos da CFEM, sendo que os estados e municípios beneficiados seriam cotistas do fundo, mas resgatariam os recursos sob algumas regras pré-definidas.

Palavras-chave: economia mineral, regulação econômica de recursos naturais, *royalties* minerais, política fiscal municipal.

ABSTRACT

In June 2013, the Brazilian Government sent to the Congress a proposal for the new regulatory framework of the mining sector, which includes an increase in royalties paid by mining companies. Critics of this proposal argue that this increase does not occur under a broader tax reform. Therefore, the new tax can rise the extraction cost of some minerals in Brazil, hampering the integration of companies into the international market and hence discouraging productive investment in the country. The aim of this thesis is to conduct an economic analysis of the financial compensation for the exploitation of mineral resources (CFEM) under the new Mining Code. Through a general equilibrium model, it simulated the potential impact of the increased royalties on the mining industry, considering their effects on the national economy as well as on the main Brazilian mining states. Results show that despite the falling investment and production on the mining industry, the rise of regional public spending should boost local economies, generating income and higher prices. However, the model adopted in the simulation does not take into account that changes in the CFEM's calculation basis can affect the behavior of miners and that the new revenues can change the fiscal policy of benefiting governments. In order to assess the first possibility, theoretical models were analyzed, whose results indicate that the new Mining Code is moving away from a neutral taxation arrangement, which is not desirable. However, since the information asymmetry between investor and regulator also generates losses to the government, it is suggested a new alternative, which consists in a two-component CFEM: a fixed one and a variable one. The proportions of each component should be set by auctions in order to allocate mineral rights to interested investors. With the purpose of considering the second hypothesis, the impacts of CFEM on the fiscal policy of the municipalities were analyzed. In order to do so, several econometric models based on a spatial propensity score weighting are estimated. The effects of CFEM on the tax effort of the municipalities, on the hiring of employees by the public sector and on the current public spending of municipalities are tested. Results show that, in general, CFEM rents: (i) decrease the effort of municipalities; (ii) increase the hiring in the public sector; and (iii) cause an expansion of current public spending significantly higher than that resulting from increases in income per capita (flypaper effect). Based on these results, it is suggested the adoption of a Sovereign Resources Fund for federal administration of CFEM. States and municipalities should be shareholders of the fund, but some predefined rules to rescue resources should be observed.

Keywords: mineral economics, regulation of natural resources, mineral royalties, fiscal policy.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 A INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO MINERAL	11
1.1 Características da Atividade	11
1.2 Riscos Socioambientais e Regulação.....	14
1.3 O Desenvolvimento da Indústria Mundial.....	19
1.4 A Indústria Nacional Desde o Fim do Século XX.....	22
2 A MUDANÇA NO CÓDIGO DE MINERAÇÃO.....	29
2.1 O Atual Marco Regulatório	32
2.2 O Novo Código de Mineração.....	34
2.3 Participação do Estado na Renda vs Competitividade	38
2.3.1. <i>Royalties</i> minerais no Brasil e no mundo	39
2.3.2. Carga tributária sobre a mineração no Brasil e no mundo.....	43
3 POTENCIAIS IMPACTOS DO AUMENTO DA CFEM	53
3.1 Inter-relações da atividade de mineração com os demais setores da economia.....	54
3.1.1. Multiplicadores	57
3.1.2. Índices de ligação	63
3.1.3. Matriz de intensidade	72
3.2 Simulação dos impactos do aumento da CFEM	74
3.2.1. Fechamento de curto e longo prazo.....	76
3.2.2. Choques	77
3.2.3. Resultados	80
3.2.4. Algumas considerações	88
4 OS PROBLEMAS NA BASE DE CÁLCULO DA CFEM	91
4.1 Características desejáveis da compensação financeira	91
4.2 Um modelo de compensação na exploração mineral.....	95
4.2.1. Condição de equilíbrio sem compensação financeira.....	96
4.2.2. Condição de equilíbrio com compensação sobre o faturamento bruto	97
4.2.3. Condição de equilíbrio com compensação sobre o lucro líquido	100
4.3 Um modelo de compensação financeira sob assimetria de informação.....	103
4.4 Nova sugestão para o arranjo da CFEM.....	113
4.4.1. Proposta de regras gerais dos leilões	115

5	O IMPACTO DA CFEM NA POLÍTICA FISCAL DOS MUNICÍPIOS.....	117
5.1	A busca por um contrafactual através de um <i>propensity score weighting</i> espacial.....	119
5.1.1.	Análise e tratamento da dependência espacial dos dados.....	123
5.1.2.	Estimador duplo robusto de <i>propensity score weighting</i>	132
5.2	Estimação dos efeitos da CFEM.....	137
5.2.1.	Esforço fiscal dos municípios.....	137
5.2.2.	Emprego no setor público.....	143
5.2.3.	Efeito <i>flypaper</i>	147
5.3	Nova sugestão para a gestão dos recursos da CFEM.....	150
6	CONCLUSÃO	155
	REFERÊNCIAS	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais pontos da proposta do Poder Executivo Federal para o novo Código de Mineração ...	36
Tabela 2. Alíquotas e base de cálculo para cobrança de <i>royalties</i> pela exploração mineral	40
Tabela 3. Cobrança de <i>royalties</i> em outras regiões do mundo	42
Tabela 4. Carga tributária incidente sobre a mineração	43
Tabela 5. Taxa interna de retorno após incidência da carga tributária	46
Tabela 6. Carga tributária no Brasil	47
Tabela 7. Resultados do Brasil no <i>Policy Perception Index</i>	49
Tabela 8. Resultados do Brasil no <i>Investment Attractiveness Index</i>	49
Tabela 9. Setores que compõem a Matriz de Insumo-Produto de cada região.....	54
Tabela 10. Participação das regiões na produção	55
Tabela 11. Participação das regiões na exportação	56
Tabela 12. Destino da produção das regiões	57
Tabela 13. Multiplicadores de emprego, impostos, valor adicionado e importação	62
Tabela 14. Índices de ligação puro normalizados	70
Tabela 15. Principais ligações da mineração.....	74
Tabela 16. Choques implementados.....	80
Tabela 17. Resultados macroeconômicos nacionais (em variação %)	82
Tabela 18. Volume de exportação (em variação %).....	83
Tabela 19. Volume de importação (em variação %)	83
Tabela 20. PIB Real (em variação %)	83
Tabela 21. Consumo real das famílias (em variação %)	84
Tabela 22. Índice de preços ao consumidor (em variação %)	84
Tabela 23. Taxa de desemprego (resultado em mudança nos pontos percentuais)	84
Tabela 24. Outros resultados regionais (em variação %)	86
Tabela 25. Emprego na indústria (em variação %)	87
Tabela 26. Nível de atividade na indústria (em variação %).....	88
Tabela 27. Teste I de Moran sobre os resíduos	126
Tabela 28. Teste I de Moran sobre os resíduos com defasagem espacial das covariadas	127
Tabela 29. Testes LM.....	129

Tabela 30. Testes LM Robustos	130
Tabela 31. Sumário estatístico dos <i>propensity scores</i> estimados	131
Tabela 32. Efeito da CFEM sobre a arrecadação de IPTU – ATE.....	140
Tabela 33. Efeito da CFEM sobre a arrecadação de IPTU – ATT	141
Tabela 34. Efeito da CFEM sobre a arrecadação tributária do município – ATE.....	142
Tabela 35. Efeito da CFEM sobre a arrecadação tributária do município – ATT	143
Tabela 36. Efeito da CFEM sobre o emprego no setor público municipal – ATE.....	144
Tabela 37. Efeito da CFEM sobre o emprego no setor público municipal – ATT	145
Tabela 38. Efeito da CFEM sobre o emprego no poder executivo municipal – ATE.....	146
Tabela 39. Efeito da CFEM sobre o emprego no poder executivo municipal – ATT	147
Tabela 40. Efeito da CFEM sobre as despesas correntes do setor público municipal – ATE.....	149
Tabela 41. Efeito da CFEM sobre as despesas correntes do setor público municipal – ATT	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das reservas conhecidas de minerais metálicos e não metálicos.....	21
Figura 2. Arrecadação da CFEM per capita por UF ¹	31
Figura 3. Relações causais esperadas após o aumento da CFEM	81
Figura 4. Mapas com os municípios beneficiados com CFEM em 2010	122
Figura 5. Mapas de clusters da correlação espacial das <i>dummies</i> de CFEM e dos resíduos	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice de preço diário do ouro medido em dólar (jan/90 = 100).....	23
Gráfico 2. Índice de preços diário de minerais metálicos medidos em dólar (jan/90 = 100)	24
Gráfico 3. Produção mineral brasileira ¹	25
Gráfico 4. Produção de minério de ferro (em mil toneladas)	27
Gráfico 5. Arrecadação da CFEM por UF (em R\$ milhões).....	31
Gráfico 6. Multiplicadores de produção	60
Gráfico 7. Índices de ligação Rasmussen-Hirschmann para trás.....	65
Gráfico 8. Índices de ligação Rasmussen-Hirschmann para frente	67
Gráfico 9. Matriz de intensidade	73
Gráfico 10. Distribuição de frequências dos <i>propensity scores</i>	132
Gráfico 11. Distribuição de frequências dos <i>propensity scores</i> por grupo.....	134

INTRODUÇÃO

Em termos econômicos, a primeira década do século XXI ficou caracterizada por um *boom* de consumo de *commodities*, impulsionado, principalmente, pelo crescimento econômico dos países em desenvolvimento, como a China. Neste processo, tendo em vista suas diversas aplicações desde a indústria de base até indústrias de alta tecnologia, as *commodities* minerais alcançaram grande destaque. A forte demanda mundial teve impacto direto nos preços dos minérios, gerando expansão agressiva da indústria de mineração pelo mundo.

A indústria mineral no Brasil não ficou alheia a este movimento. Impulsionada por fatores que lhe geraram vantagens comparativas, a extração mineral brasileira também surfou a onda dos preços dos minérios e viu sua produção crescer significativamente no período. Processos de urbanização e crescimento das economias emergentes influenciaram diretamente a indústria de mineração nacional. O expressivo crescimento econômico chinês tornou o país asiático um grande consumidor externo do minério brasileiro. Pelo lado da oferta, o crescimento da mineração no Brasil foi alavancado tanto pela ampliação do capital nacional instalado na indústria quanto por elevados investimentos estrangeiros, nos dois casos com os agentes avaliando as reservas minerais brasileiras como oportunas para atender o mercado interno e externo que vivenciava franca expansão.

Esse forte crescimento da mineração no Brasil acabou se transformando em um dos propulsores do interesse de estados e municípios produtores de minério na ampliação da participação do Estado nas rendas minerais. Apesar da arrecadação pública com a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) ter crescido significativamente durante o *boom* das *commodities*, a pressão pelo aumento das alíquotas da CFEM se intensificou nos últimos anos e foi ainda reforçada com a aprovação da reforma na regulação do setor petrolífero, que permitiu aos estados e municípios produtores de petróleo vislumbrar ganhos expressivos nas suas arrecadações.

De modo geral, é consenso que a atividade de extração mineral no Brasil se encontra carente de um marco regulatório sólido, que norteie de forma clara as relações entre setor público e privado com o intuito de torná-las mais modernas e racionais. Por outro lado, ainda existem

divergências sobre quais aspectos e de que forma a nova regulação deve alterar as regras vigentes.

No embalo deste cenário, em junho de 2013, o Governo Federal enviou ao Congresso Nacional sua proposta para o novo marco regulatório do setor. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, o Projeto de Lei visa: (i) fortalecer a soberania do Estado sobre os recursos minerais; (ii) maximizar o aproveitamento das jazidas, mitigando os riscos socioambientais da atividade; (iii) atrair investimentos e elevar a competitividade das empresas brasileiras; (iv) contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria nacional; e (v) aumentar a arrecadação pública com os *royalties* minerais.

Segundo os críticos do Projeto que tramita no Congresso Nacional, o problema é que muitos dos objetivos não estão claros e parecem conflitantes na proposta do Governo Federal. De acordo com essa visão, por exemplo, se o aumento dos *royalties* da mineração não ocorrer no bojo de uma reforma tributária mais ampla, a alíquota e a base de cálculo adotadas podem inflar demasiadamente o custo de extração de alguns minérios no Brasil, prejudicando sua inserção no mercado internacional tanto por aumentar o preço do produto brasileiro quanto por, consequentemente, desestimular investimentos produtivos no país.

De fato, estão nítidos na proposta do Governo os mecanismos pelos quais ele pretende aumentar a participação do setor público na renda mineral. No Projeto de Lei em tramitação, questões como a cobrança de taxa extra sobre as jazidas mais rentáveis, o aumento das alíquotas da CFEM e a mudança na base de cálculo da compensação financeira tendem, tudo mais constante, a aumentar significativamente a arrecadação do setor público. O problema é que, como sempre, não existem quaisquer garantias de que tudo mais ficará constante e as possíveis consequências diretas e indiretas do novo marco regulatório ainda carecem de análises robustas. Além disso, o Código de Mineração proposto não é claro sobre como os recursos públicos auferidos com a compensação financeira serão geridos entre União, estados e municípios.

Tendo em vista estes aspectos, o objetivo desta tese é realizar uma análise econômica sobre a compensação financeira pela exploração dos recursos minerais no âmbito do novo Código de Mineração do Brasil. Para isso, o presente estudo está dividido em seis capítulos, além desta introdução.

O primeiro capítulo apresenta características relevantes da indústria de mineração no Brasil e no mundo com o intuito de subsidiar as questões que serão levantadas ao longo do trabalho. Revelam-se os elevados riscos socioambientais inerentes à atividade de extração mineral, destacando algumas medidas, de iniciativas públicas e privadas, que objetivam regular o setor e mitigar esses riscos. Um breve histórico do desenvolvimento da indústria de mineração mundial é apresentado para dar pano de fundo ao desenvolvimento da indústria nacional que culminou no movimento que busca elevar a arrecadação pública com o setor.

No segundo capítulo são apresentadas as mudanças pretendidas no arcabouço regulatório da mineração, comparando as regras atuais com o novo Código proposto. Mostra-se que a elevação da participação do setor público na renda da mineração é um dos objetivos claros da proposta do Governo Federal, o que levanta questionamentos sobre os impactos das medidas na competitividade da indústria. Para embasar esta discussão, uma revisão bibliográfica que compara os *royalties* minerais e a carga tributária no Brasil e no mundo é apresentada.

Tendo em vista os resultados encontrados no Capítulo 2, que não descartam a possibilidade de efeitos deletérios da nova CFEM sobre o investimento e a produção do setor mineral, o Capítulo 3 simula os potenciais impactos do aumento na carga tributária incidente sobre a indústria de mineração, considerando seus efeitos sobre a economia nacional e sobre os estados brasileiros produtores de minério (Minas Gerais e Pará). Os resultados encontrados apontam que, apesar da queda no investimento e na produção da indústria mineral, o aumento dos gastos públicos regionais deve aquecer as economias locais, gerando renda e elevação de preços. Entretanto, o modelo adotado na simulação não considera que: (i) a mudança na base de cálculo da CFEM pode mudar o comportamento dos mineradores; e (ii) os novos recursos da CFEM podem alterar a política fiscal dos governos contemplados.

Para avaliar a primeira possibilidade, o Capítulo 4 analisa os problemas com a base de cálculo da CFEM proposta para o novo Código de Mineração a luz de modelos teóricos desenvolvidos por Osmundsem (1998). A análise implementada indica que o novo arcabouço regulatório está caminhando no sentido contrário da neutralidade do arranjo tributário, o que, a princípio, não é desejável. No entanto, tendo em vista que a assimetria de informação entre investidor privado e regulador também gera perdas ao poder público, sugere-se um arranjo alternativo para a CFEM, onde ela é composta por um componente fixo e um componente *ad valorem*, sendo que os valores pagos em cada modalidade pelo minerador devem ser definidos no leilão que atribuirá às jazidas minerais aos investidores interessados.

Com o intuito de contemplar a segunda hipótese não considerada na simulação do Capítulo 3, o Capítulo 5 avalia os impactos da CFEM na política fiscal dos municípios contemplados *vis-à-vis* o comportamento dos municípios não contemplados. Para isso, estima diversos modelos econométricos elaboradas com base em um *propensity score weighting* espacial. São testados os efeitos da CFEM sobre o esforço fiscal dos municípios, sobre a contratação de empregados no setor público e sobre os gastos públicos correntes das prefeituras.

Os resultados encontrados apontam que, em geral, as rendas da CFEM: (i) diminuem o esforço de arrecadação própria dos municípios, o que caracteriza uma transferência direta desses recursos aos contribuintes; (ii) aumentam a contratação de pessoal no setor público, elevando a relação servidor público/munícipe e o custo da máquina pública; e (iii) em linha com o efeito anterior, provocam uma expansão dos gastos públicos correntes significativamente maior do que aquela resultante de aumentos da renda per capita dos contribuintes, o chamado efeito *flypaper*. Com base nestes resultados, é sugerida a adoção de um Fundo de Recursos Soberanos (FRS) para a administração federal dos recursos da CFEM, sendo que os estados e municípios beneficiados seriam cotistas do fundo, mas resgatariam os recursos sob algumas regras pré-definidas.

Por fim, o Capítulo 6 traz algumas considerações finais e apresenta as principais conclusões da tese.

1 A INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO MINERAL

A extração mineral representa a atividade de coleta de minerais e outros materiais geológicos, que possuam valor econômico, a partir da exploração dos recursos naturais disponíveis no solo do planeta. Tais recursos possuem como característica comum o fato de serem não renováveis, ou seja, impossíveis de serem reproduzidos através de processos agrícolas ou industriais. Dentre eles, os mais comuns são petróleo, gás natural, água, metais, carvão e rochas.

Seguindo uma prática comum em estudos correlatos e até mesmo adotada por instituições públicas no Brasil e no mundo, a presente tese irá separar a produção mineral em três segmentos: setor de petróleo e gás; setor de água mineral; e setor mineral (incluindo todos os demais minérios). Desta forma, menções ao setor mineral ou à indústria de mineração, feitas a partir daqui, não incluem a produção de petróleo e gás e nem de água mineral, que serão tratadas de forma específica quando forem mencionadas. Esta separação está em linha, por exemplo, com o Novo Marco Regulatório da Mineração, que é um dos focos de análise desta tese e que pretende regular a indústria mineral excluindo do seu arcabouço a produção de petróleo, gás natural e água, tratadas em regulações específicas.

1.1 Características da Atividade

De forma geral, a atividade de extração mineral pode ser segmentada em quatro etapas:

- (i). prospecção de campos ricos em minério;
- (ii). análise do potencial econômico de extração dos recursos encontrados;
- (iii). efetiva extração dos minerais; e

(iv). recuperação da área explorada depois que os recursos são extraídos.

A primeira etapa refere-se à busca e descoberta da fonte de minério, através de métodos geológicos de exploração e prospecção do solo. Em seguida à descoberta dos recursos, é preciso definir a extensão e a densidade da fonte mineral. Estas estimativas são usadas para realizar o estudo de pré-viabilidade econômica da mina¹, identificando desde cedo se um maior investimento em estudos sobre as oportunidades do depósito mineral se justifica, tendo em vista os riscos associados à nova área descoberta (Hartman and Mutmansky, 2002).

Caso o investimento se justifique, realizam-se estudos de viabilidade mais completos para avaliar o retorno financeiro, os riscos técnicos e a robustez do projeto, permitindo que a empresa mineradora tome a decisão de desenvolver a mina ou de se afastar da empreitada. Isso inclui todo o planejamento do negócio, avaliando a parcela economicamente recuperável do depósito de minérios, a infraestrutura necessária à operação e a logística de comercialização do produto. As necessidades de financiamento e capital também são definidas neste momento.

Uma vez que a análise aponte satisfatória lucratividade com a extração do mineral encontrado, o desenvolvimento da mina passa pela etapa de viabilização do acesso ao minério. As estruturas da mina e a planta de operação da extração são construídas. Os equipamentos necessários são viabilizados. A extração dos minérios começa e continua enquanto a empresa mineradora obtiver retorno econômico com o projeto.

Segundo Hartman and Mutmansky (2002), as técnicas de mineração modernas podem ser divididas de acordo com o tipo de escavação exigida, sendo: (i) mineração de superfície (ou a céu aberto); e (ii) mineração subterrânea (ou de subsuperfície)².

Nas últimas décadas, a mineração de superfície tem sido mais comum, produzindo, por exemplo, 85% dos minerais dos Estados Unidos³. Ela é feita através da remoção da vegetação e das camadas de rocha da superfície⁴, a fim de alcançar os depósitos de minério enterrados. As técnicas nesta categoria incluem, entre outros, a extração dos minérios a partir de poços

¹ Escavação feita na Terra para extrair minerais (Hartman and Mutmansky, 2002).

² Alguns minerais não são extraídos por escavação. Há, por exemplo, minerais solúveis, como cloreto de potássio, cloreto de sódio e sulfato de sódio, que se dissolvem em água e são extraídos da natureza sem o uso de escavações.

³ Excluindo petróleo e gás natural.

⁴ Processo conhecido como “decapagem”.

abertos no chão, do descascamento de camadas superficiais do solo ou da remoção do cume de montanhas⁵ (MacDonald, 2002).

Já a mineração subterrânea consiste em cavar túneis e veios na Terra para alcançar depósitos de minério presentes em grandes profundidades. Por isso, este tipo de mineração também é classificada de acordo com a técnica usada para alcançar o depósito mineral: (i) “mineração em cabeceira”, onde há escavação horizontal para atingir o depósito; (ii) “mineração inclinada”, onde a mina possui acesso ao depósito por abertura inclinada; e (iii) “mineração de eixo”, onde utiliza-se poços de acesso vertical ao depósito. Os materiais são trazidos à superfície através de túneis e elevadores e, em geral, existe o uso de diferentes técnicas em cada caso.

Após a extração subterrânea ou de superfície, para se obter enfim os minerais desejados é muitas vezes necessário ainda eliminar os resíduos que não interessam ao minerador, mas estão presentes no material recolhido. Este material é então processado através de meios químicos ou mecânicos, numa atividade definida como processamento mineral (ou limpeza mineral), permitindo separar os minerais dos demais componentes. A limpeza mineral representa parte fundamental do processo. Muitas vezes, mais resíduos do que minérios são extraídos durante a vida útil de uma mina, dependendo da geologia e da localização da fonte. Desta forma, a remoção e destinação dos resíduos representa um grande custo para o minerador, o que torna fundamental para o programa de exploração a caracterização detalhada de todos os materiais presentes na mina.

Ainda sobre o custo do minerador, a atividade de extração em larga escala é intensiva em capital e exige o uso de maquinário pesado, tanto na exploração quanto no desenvolvimento de minas, pois exige constantes remoções e estocagens de materiais de diferentes características físicas. Escavadeiras, tratores, caminhões, esteiras e explosivos, todos de grande porte, são equipamentos constantes nas plantas produtivas. Grandes brocas são usadas para escavar o solo e obter amostras para análise. Na mineração subterrânea, bondes e elevadores transportam mineiros, máquinas, minerais e resíduos para dentro e para fora das minas. Na mineração de superfície, guindastes e pás são empregados para mover grandes quantidades de solo. As plantas de processamento utilizam máquinas esmagadoras, moinhos, reatores e outros equipamentos para tratar o material extraído e obter os compostos desejados (Hartman and Mutmanský, 2002).

⁵ Comumente associado à mineração do carvão.

Uma vez que todo o minério extraível de forma rentável é obtido, começa a recuperação do solo para torná-lo adequado ao futuro. A necessidade de recuperar o solo e o meio ambiente explorado se dá pela própria natureza dos processos de mineração. Por se tratar da retirada de recursos não renováveis da Terra – e tendo em vista a necessidade do uso intensivo de máquinas, trabalhadores e produtos químicos para que o processo seja rentável – a atividade de mineração traz consigo elevado potencial de impacto negativo sobre o meio ambiente, durante não só o curso da atividade, mas também por anos depois de encerrada a extração. Esta externalidade negativa levou a maioria dos países pelo mundo a adotar regulações destinadas a moderar os efeitos colaterais da extração mineral.

1.2 Riscos Socioambientais e Regulação

Os impactos ambientais da atividade de mineração mencionados acima podem incluir erosão, perda da biodiversidade e contaminação do solo e da água (tanto subterrânea quanto superficial) pelo uso de produtos químicos próprios da atividade mineradora. Além disso, conforme mencionado anteriormente, usinas de minério geram grandes quantidades de resíduos, chamados rejeitos. Por exemplo, 99 toneladas de resíduos são geradas para cada tonelada extraída de cobre. Relação ainda pior é encontrada na mineração do ouro, onde uma tonelada de ouro produz 200 mil toneladas de rejeitos. Tais resíduos podem ser tóxicos, com elevado risco de contaminarem o meio ambiente, por isso, o movimento e armazenamento deste material constitui parte importante do processo de planejamento da mina. Em alguns casos, há eliminação florestal adicional na proximidade da mina para criar espaço para o armazenamento de detritos e materiais. Se não for adequadamente controlada, a contaminação resultante do vazamento de produtos químicos pode afetar também a saúde da população local (Larmer, 2009).

Um exemplo triste e emblemático do potencial dos riscos descritos acima é o desastre ocorrido no município brasileiro de Mariana e suas consequências ambientais e socioeconômicas para diversos municípios do sudeste do país, após o rompimento da

barragem de rejeitos da mineradora Samarco⁶. No entanto, como este episódio⁷ ocorreu no fim de 2015, portanto, nos momentos de ajuste final desta Tese e após seu depósito inicial, ele não será tratado de forma específica aqui, embora reforce significativamente a necessidade de revisão profunda do Marco Regulatório da mineração brasileira, tema deste trabalho.

Devido aos riscos envolvidos, as empresas de mineração em muitos países são obrigadas a seguir códigos ambientais e de reabilitação rigorosos, a fim de minimizar seu impacto sobre o meio ambiente e não afetar a saúde humana. Estes regulamentos exigem várias etapas de avaliação do impacto da atividade, o desenvolvimento de planos de gestão ambiental, o planejamento do fechamento da mina (que deve ser realizado antes mesmo do início da extração) e o monitoramento ambiental do espaço durante e depois de encerrada a mineração.

Com a crescente preocupação global em relação à qualidade de vida das gerações futuras e da Terra, as últimas décadas revelaram um forte movimento de novas regulações, autorregulações e processos de reforma legislativa com o intuito de reforçar a harmonia e estabilidade da indústria de mineração com os demais setores da economia e da sociedade, além do meio ambiente.

Em boa parte do século 20, a indústria de extração mineral, em forte expansão e mais complexa nos países ricos, oferecia poucos benefícios em termos de sustentabilidade às comunidades locais onde a extração ocorria. O aumento do debate, sobretudo por conta da pressão de ONGs e comunidades, gerou novos programas de mineração sustentável e de cuidados com a natureza, mesmo após o fechamento da mina.

Em termos de iniciativas privadas, há hoje em dia organizações internacionais como o *Global Mining Initiative* (GMI) e o *Extractive Industries Transparency Initiative* (EITI). O primeiro foi fundado em 1998 pelos CEOs de nove das maiores companhias mineradoras do mundo⁸ e promoveu a formação do Conselho Internacional de Mineração e Metais⁹, cujo objetivo é catalisar esforços para melhorar o desempenho socioambiental da atividade de mineração pelo mundo através, entre outros, do financiamento de grupos de preservação ambiental e

⁶ Disponível em <<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/barragem-de-rejeitos-se-rompe-em-distrito-de-mariana.html>>. Acesso em 21/11/2015.

⁷ Provavelmente, o mais danoso da história da mineração brasileira.

⁸ As companhias fundadoras foram: Anglo American, BHP Billiton, Codelco, Newmont, Noranda, Phelps Dodge, Placer Dome, Rio Tinto e WMC Limited.

⁹ *International Council on Mining & Metals* (ICMM), fundado em 2001, atualmente reúne 23 empresas de mineração e metais, além de 35 associações nacionais e regionais de mineração. Disponível em <<http://www.icmm.com>>. Acesso em 12/09/2015.

economia sustentável. O segundo foi proposto pela primeira vez em 2002, pelo primeiro-ministro britânico Tony Blair, e visa estabelecer níveis de transparência a respeito das atividades que envolvem recursos minerais e de óleo e gás através de normas desenvolvidas e supervisionadas por um conselho multissetorial composto por representantes de governos, empresas extrativas, organizações da sociedade civil, investidores institucionais e organizações internacionais¹⁰.

No início dos anos 2000, as questões ligadas ao desenvolvimento das comunidades afetadas pela mineração começaram a se integrar aos projetos de extração mineral desde suas concepções iniciais. A expansão da indústria pós 2003, devido ao aumento de preços do minério no mercado mundial, e o consequente aumento da arrecadação fiscal com a atividade reforçaram a criação de regras regulatórias que visam controlar as externalidades geradas pelo setor. Entretanto, estudos que focam, sobretudo, os impactos socioambientais da atividade concluem que ainda há muito por fazer. Campbell (2008), por exemplo, mostra que as legislações minerais nos países africanos ainda são incipientes, com elevado potencial de melhora na relação de longo prazo da indústria com a sociedade.

Para as grandes empresas de mineração em busca de financiamento internacional, há ainda outros mecanismos com o intuito de fazê-las cumprir boas práticas. Estes mecanismos geralmente referem-se a regras de financiamento, como as normas ambientais do *International Finance Corporation* (IFC)¹¹ e os Princípios do Equador¹². Segundo Felton (2007), muitas companhias mineradoras pelo mundo usam essa supervisão do setor financeiro para argumentar a favor de algum nível de autorregulação em seus processos.

Já as minas cuja operação de extração segue boas práticas podem ser certificadas por instituições internacionais como a *International Organization for Standardization* (ISO), que auditam os sistemas de gestão ambiental dessas minas, embora tais auditorias sejam muitas vezes criticadas por organismos não governamentais devido a sua potencial falta de rigor (Felton, 2007).

¹⁰ Disponível em <<http://eiti.org>>. Acesso em 12/09/2015.

¹¹ Instituição global, fundada em 1956, membro do Grupo Banco Mundial, com sede em Washington DC nos EUA e presente em 184 países. De acordo com o Banco Mundial, o IFC é responsável por promover o desenvolvimento econômico dos países através do setor privado. Os parceiros de negócios do IFC investem em seu capital através de empresas privadas, viabilizando empréstimos de longo prazo em países em desenvolvimento. Disponível em <<http://www.ifc.org>>. Acesso em 15/08/2015.

¹² Iniciativa do Banco Mundial que trata de um conjunto de exigências socioambientais aplicadas na concessão de financiamento de grandes projetos (Wright and Rwabizambuga, 2006).

A segurança no trabalho também representa um problema histórico da atividade de mineração, especialmente no caso da mineração subterrânea. A catástrofe de Courrières, o pior acidente mineiro já registrado na Europa, provocou a morte de 1.099 mineiros no norte da França, em 1906. Em número de óbitos, Courrières só foi superada pela tragédia ocorrida na China, na mina de carvão Benxihu, em 1942, onde 1.549 mineiros perderam suas vidas (Hartman, 1992).

Embora a extração mineral hoje seja uma atividade substancialmente mais segura do que no século XX, acidentes ainda ocorrem. Elegant (2007) mostra, por exemplo, que dados do governo chinês indicam que 5 mil mineiros morrem em acidentes de trabalho ocorridos no país a cada ano, enquanto outros estudos sobre o tema sugerem que o número chinês chegue a 20 mil. O fato é que a atividade continua perigosa em todo o mundo, sujeita a acidentes que podem incluir dezenas ou centenas de mortes, como o desastre de 2007 na mina de carvão Ulyanovskaya¹³, na Rússia, ou o de 2010 na mina, também de carvão, Upper Big Branch¹⁴, nos EUA.

Uma das principais questões que põe em risco a segurança dos mineiros é a ventilação das minas subterrâneas. Um sistema de ventilação inadequado faz com que a exposição a gases nocivos, calor e poeira possa causar doenças, ferimentos e morte nos trabalhadores. De acordo com o *Office of Mine Safety and Health Research* (OMSHR)¹⁵, a concentração de metano e outros contaminantes transportados pelo ar subterrâneo pode ser controlada por diluição (através da ventilação), captura antes da substância entrar no fluxo de ar do ambiente (drenagem do metano) ou isolamento (através de selos e paragens). Poeira das rochas, incluindo pó de carvão e de silício, também pode causar problemas pulmonares no longo prazo, incluindo a silicose¹⁶, a asbestose¹⁷ e a pneumoconiose¹⁸ (também conhecido como

¹³ Onde uma explosão de gás matou 110 pessoas. Disponível em <<http://noticias.terra.com.br/mundo/noticias/0,OI1557151-EI8142,00-Explosao-de+gas+em+mina+na+Russia+mata.html>>. Acesso em 11/09/2015.

¹⁴ Onde uma explosão subterrânea matou 29 pessoas. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2010/04/100405_mina_acidente_eua_np.shtml>. Acesso em 11/09/2015.

¹⁵ Disponível em <<http://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/Ventilation.html>>. Acesso em 13/09/2015.

¹⁶ A silicose é uma doença pulmonar causada pela inalação de sílica. O pó de sílica é o elemento principal que constitui a areia, fazendo com que a doença acometa principalmente mineiros, cortadores de arenito e de granito, operários das fundições e oleiros. Disponível em <<http://www.minhavidade.com.br/saude/temas/silicose>>. Acesso em 13/09/2015.

¹⁷ Doença do sistema respiratório provocada pela aspiração de poeira contendo asbesto (amianto). Também conhecida como fibrose pulmonar por exposição ao asbesto, esta complicação promove uma fibrose pulmonar crônica que não pode ser revertida. Disponível em <<http://www.saudemedicina.com/asbestose-doenca-respiratoria>>. Acesso em 13/09/2015.

¹⁸ Doença respiratória causada pela inalação de substâncias químicas, como silicose, alumínio, grafite ou asbestos, que provocam tosse frequente ou dificuldade para respirar. Geralmente, a pneumoconiose afeta indivíduos que estão constantemente em locais de trabalho com muita poeira, como minas de carvão, fábricas

pulmão petro). Por isso, um sistema de ventilação apto a forçar um fluxo de ar fresco, em direção única, através das áreas de trabalho dos mineiros, geralmente impulsionado por um ou mais ventiladores de grande porte localizados acima do solo, é essencial¹⁹.

Os diversos gases presentes em uma mina podem envenenar os trabalhadores ou deslocar o oxigênio, causando asfixia. Neste sentido, o *Mine Safety and Health Administration* (MSHA)²⁰ norte americano, exige que os mineiros do país transportem equipamento de detecção de gás, que pode detectar gases comuns, tais como CO, O₂, H₂S, CH₄, assim como calcular o percentual do limite inferior para a explosão do ambiente. A regulação exige ainda que toda a produção pare se houver a concentração de 1,4% de gases inflamáveis.

Outros riscos ocupacionais associados, principalmente, à mineração no subsolo incluem desmoronamentos e altas temperaturas. Como a mineração implica a remoção de terras e rochas da sua localização natural, desmoronamentos representam uma preocupação constante da atividade²¹. Já as altas temperaturas e humidade enfrentadas pelos mineiros também podem gerar problemas relacionados ao calor, como acidentes vasculares cerebrais.

Além dos aspectos específicos da atividade, naturalmente os trabalhadores de minas também se deparam com riscos ocupacionais comuns à indústria em geral, como quedas e acidentes com máquinas e equipamentos. Peterson et al. (2006) mostram, por exemplo, que os mineiros utilizam maquinário forte o suficiente para romper camadas extremamente rígidas da crosta terrestre, o que combinado com o ambiente de trabalho fechado das minas subterrâneas ou repleto de outras máquinas pesadas e de alto ruído pode causar perda de audição²². Essa combinação de fatores, como alertam Coelho et al. (2011), faz da mineração uma das atividades profissionais mais arriscadas do mundo, mesmo após o expressivo avanço tecnológico – inclusive na área de saúde do trabalho – vivenciado nas últimas décadas. Isso torna a legislação trabalhista dos grandes países mineradores especialmente atenta às condições de trabalho dos mineiros, gerando casos internacionais de acusações e multas às companhias de exploração mineral.

metalúrgicas ou obras de construção e, por isso, é considerada uma doença ocupacional. Disponível em <<http://www.tuasaude.com/pneumoconiose>>. Acesso em 13/09/2015.

¹⁹ Comumente, estes sistemas de ventilação também pulverizam água no ar ambiente, diluindo a poeira e filtrando a água carregada com pó. Disponível em <<http://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/Ventilation.html>>. Acesso em 13/09/2015.

²⁰ Órgão do Ministério do Trabalho dos EUA. Disponível em <<http://www.msha.gov>>. Acesso em 13/09/2015.

²¹ Como exemplo, vale lembrar o caso de repercussão mundial ocorrido em 2010, no Chile, quando 33 mineiros ficaram presos por 69 dias em uma mina subterrânea após um desmoronamento.

²² De acordo com os dados dos autores, aos 50 anos, quase 90% dos mineiros de carvão dos EUA têm alguma perda auditiva, em comparação com apenas 10% entre trabalhadores não expostos a ruídos altos.

Em resumo, diante de todos os riscos socioambientais envolvidos na extração mineral – sejam eles relacionados aos trabalhadores, às comunidades locais ou ao meio ambiente – e a despeito de todas as iniciativas privadas de autorregulação, a indústria de mineração pelo mundo é, sem dúvidas, uma das mais reguladas pelos governos locais. Em diversos países existem códigos e legislações específicos para tratar e mitigar os riscos da exploração mineral. Dentro destes códigos, um dos aspectos mais comuns é a cobrança de compensações financeiras das companhias mineradoras, os chamados *royalties*.

No Brasil, por exemplo, essa compensação é conhecida como CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral) e prevê o pagamento ao Estado de parte do resultado da exploração de recursos minerários, definidos pela Legislação como bens da União (portanto, da sociedade). Apesar de certo conflito jurídico a respeito do caráter “indenizatório” ou de “participação no resultado” associado à CFEM (vide Belizário, 2011), em linha com a racionalidade econômica dos *royalties* minerais aplicados em outros países, a compensação financeira da extração mineral pressupõe os prejuízos socioambientais decorrentes da atividade e o caráter não renovável dos recursos. Neste sentido, a perda dos recursos naturais – que não poderão ser, por exemplo, usufruídos pelas gerações futuras – e as despesas socioambientais, atuais e futuras, causadas à sociedade são financeiramente compensadas àquelas pessoas cujos territórios foram afetados pela exploração mineral.

1.3 O Desenvolvimento da Indústria Mundial

De acordo com Hartman (1992), a atividade de extração mineral está presente no cotidiano do homem desde o início da civilização, quando indivíduos extraíam pedras, cerâmicas e, mais tarde, metais encontrados perto da superfície terrestre para fabricar ferramentas e armas. A mais antiga mina já registrada foi operada há cerca de 40.000 anos no continente africano²³, mais precisamente na Suazilândia²⁴. Neste local, extraia-se a hematita²⁵, minério que continha

²³ Esta mina ficou conhecida como “Cova do Leão”.

²⁴ Pequeno país africano localizado entre Moçambique e África do Sul.

²⁵ Mineral de fórmula química constituída por 70% de ferro e 30% de oxigênio.

ferro e era usado para produzir o pigmento ocre (Swaziland Natural Trust Commission, 2007).

No Egito Antigo²⁶ (por volta de 3000 a.C.), a atividade de mineração do ouro fez parte da rotina local desde as primeiras dinastias (Shaw, 2000). Mas foram os antigos romanos²⁷ (por volta do século VIII a.C.) que ficaram conhecidos como os grandes precursores da engenharia de exploração mineral, adotando métodos que usavam água e fogo associados a maquinários da época para permitir a extração de recursos em larga escala (Hartman, 1992).

Já o uso da pólvora, considerado um recurso que também revolucionou a indústria de extração mineral por permitir a rápida abertura de grandes rochas e do solo, foi adotado pela primeira vez apenas em 1627, no reino húngaro, região da atual Eslováquia. Nos séculos XVIII e XIX, a Revolução Industrial trouxe outros avanços tecnológicos significativos para a extração mineral, o que inclui a introdução de explosivos mais eficientes, elevadores para subir os minérios à superfície e brocas de perfuração do solo (Hartman, 1992).

No início do século XX, os EUA despontam como uma grande potência da indústria mineradora, motivado pela corrida do ouro e da prata no oeste do país, o que também impulsiona a mineração de carvão e outros metais básicos, como cobre, chumbo e ferro. Diversas minas presentes na América do Norte se tornam grandes ofertantes de cobre para o mundo, em um momento de elevada expansão da demanda pelo minério por conta do crescimento do consumo de materiais elétricos (Miller, 2003).

À medida que se aproxima e avança o século XXI, a indústria de mineração se globaliza na forma de grandes corporações multinacionais. Novos elementos, particularmente metais de terras raras²⁸, começam a ser altamente demandados em um mundo em constante transformação tecnológica. A exploração mineral de larga escala passa a estar presente em todo o Planeta. Londres fica conhecida como a capital das grandes mineradoras internacionais, abrigando a sede de companhias como Rio Tinto Group²⁹, BHP Billiton³⁰ e

²⁶ Nordeste da África, às margens do rio Nilo.

²⁷ Civilização que surgiu na península itálica, centrada na cidade de Roma e banhada pelo mar mediterrâneo.

²⁸ De acordo com a classificação da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), os metais de terras raras são um grupo de 17 elementos químicos presentes nos mesmos minérios e que apresentam propriedades físico-químicas semelhantes. Tais metais são utilizados numa grande variedade de aplicações tecnológicas, que vão desde a constituição de catalisadores à produção de materiais luminescentes e de magnetos. Disponível em <<http://www.iupac.org>>.

²⁹ Disponível em <<http://www.riotintominerals.com>>. Acesso em 08/09/2015.

³⁰ Disponível em <<http://www.bhpbilliton.com>>. Acesso em 08/09/2015.

Anglo American PLC³¹. A indústria de mineração norte americana continua se fortalecendo, mas é dominada pelo carvão e outros minerais não-metálicos, como pedra e areia. Chile e Peru despontam como os principais países mineradores da América do Sul³². O continente africano se revela detentor de grande percentual das reservas mundiais de minerais metálicos, embora a extração no continente ainda seja baixa³³. Países em desenvolvimento como China e Índia passam a ter parte significativa das suas economias voltada à mineração, sendo que a China atualmente controla mais de 90% da mineração mundial em terras raras. Entre os países desenvolvidos, Austrália e Canadá se integram ao grupo dos grandes produtores mundiais (MacDonald, 2002).

A Figura 1 expõe a localização das atuais reservas minerais conhecidas pelo mundo de acordo com o *Mineral Resource Data System*³⁴.

Figura 1. Localização das reservas conhecidas de minerais metálicos e não metálicos

Fonte: U.S. Geological Survey – Mineral Resource Data System.

Embora a extração mineral possa ser tecnicamente conduzida por pequenos negócios, as reservas atualmente relevantes exigem elevado nível de capital investido para uma operação eficiente. Consequentemente, as maiores minas do mundo estão concentradas nas mãos das grandes companhias do setor, muitas vezes corporações de capital aberto.

³¹ Disponível em <<http://www.angloamerican.com>>. Acesso em 08/09/2015.

³² As causas econômicas associadas a este resultado são discutidas em Borregaard and Dufey (2002).

³³ Dados específicos podem ser encontrados em <<http://www.mbendi.com/indy/ming/af/p0005.htm>>.

³⁴ Disponível em <<http://mrdata.usgs.gov/mrds>>. Acesso em 03/10/2015.

No entanto, a indústria de mineração moderna pode ser subdividida em dois setores: um especializado na exploração de novos depósitos minerais; e outro na extração desses recursos. Enquanto o segundo é dominado pelas grandes companhias, o primeiro é tipicamente composto por pequenas empresas (chamadas "*juniors*")³⁵, amplamente dependentes de capital de risco. Essas empresas, vitais para a prosperidade da indústria, contam atualmente com elevadas tecnologias na busca de locais com potencial mineral. Tais tecnologias envolvem, por exemplo, prospecção sísmica e sensoriamento remoto por satélites. A Bolsa de Valores do Canadá, com foco particular em empresas de mineração, negocia boa parte dos papéis das empresas *juniors* de exploração, que captam recursos e os investem na exploração mineral mundo a fora (MacDonald, 2002).

1.4 A Indústria Nacional Desde o Fim do Século XX

A atividade de mineração é fortemente afetada pelos preços das *commodities* minerais, normalmente negociadas nas grandes bolsas internacionais. O *boom* de consumo de *commodities* na primeira década do século XXI, impulsionado pelo crescimento econômico dos países em desenvolvimento (sobretudo da China), teve forte impacto positivo no preço mundial dos minérios, gerando expansão agressiva da mineração pelo mundo. O preço do ouro, por exemplo, aumentou drasticamente na década passada, o que elevou a extração global do metal. Swenson et al. (2011) mostram, por exemplo, que no quadriênio 2006-2009 a degradação na Amazônia peruana por conta da mineração artesanal do ouro cresceu cerca de seis vezes em relação ao triênio 2003-2006. O Gráfico 1 mostra o índice de preço do ouro, desde 1990, cotado em dólar na *London Metal Exchange* (LME)³⁶.

³⁵ As empresas de mineração costumam ser classificadas com base na sua dimensão e capacidade financeira: (i) **grandes empresas** possuem faturamento anual com mineração superior a US\$ 500 milhões e dispõem de capacidade financeira para operar uma grande mina por conta própria; (ii) **empresas intermediárias** faturam entre US\$ 50 e US\$ 500 milhões anuais; e (iii) **empresas juniors** contam com menos de US\$ 50 milhões de faturamento por ano e na sua maioria são apenas empresas de exploração/prospecção. Disponível em <<http://www.snl.com/sectors/metalsmining>>. Acesso em 12/09/2014.

³⁶ A LME é considerada o centro mundial para o comércio de metais industriais. Os preços negociados na sua plataforma são usados como referência global. Disponível em <<http://www.lme.com>>. Acesso em 04/10/2015.

**Gráfico 1. Índice de preço diário do ouro
medido em dólar (jan/90 = 100)**

Fonte: *London Metal Exchange (LME)*. Elaboração do autor.

Conforme destacado acima, o ouro não foi o único mineral com expressiva escalada de preços nos anos 2000. Em geral, os minerais metálicos vivenciaram pouca volatilidade de preços na década de noventa, quando, a partir do início deste século, passaram a mudar de patamar rapidamente. Com a crise mundial de 2008, os metais se desvalorizaram por algum tempo, mas voltaram a subir em seguida. Nos últimos anos, em linha com o desaquecimento da economia chinesa, nova desvalorização vem ocorrendo.

O Gráfico 2 mostra a evolução dos preços do alumínio, cobre, níquel, chumbo, estanho e zinco na cotação da LME

Gráfico 2. Índice de preços diário de minerais metálicos medidos em dólar (jan/90 = 100)

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Elaboração do autor.

A indústria de mineração no Brasil não ficou alheia a este movimento do mercado mundial. Impulsionada por alguns fatores que geram vantagens comparativas, como extensão territorial, elevada densidade demográfica e PIB relativamente alto, a extração mineral brasileira também surfou a onda dos preços dos minérios e viu sua produção crescer significativamente na última década.

De acordo com Barreto (2001), de 1990 a 2000 houve relativa estagnação na produção brasileira de minerais industriais e fertilizantes, mas um crescimento contínuo de minérios ferrosos e da construção civil. Alguns minérios não ferrosos, como carvão e ouro, chegaram a apresentar queda na produção, desestimulados por uma leve tendência mundial de recuo nos preços. Esse movimento dos preços gerou dificuldades aos exportadores nacionais, com diminuição de lucros e retração da indústria, o que foi amenizado por políticas nacionais de desvalorização do real e de promoção do setor. Além disso, o mercado brasileiro no período, como em muitos países em desenvolvimento, tomou um caminho de maior abertura econômica, o que atraiu investimentos estrangeiros diretos ao setor minerador, dando fôlego à atividade nacional.

A partir de 2000, o crescimento dos preços e da demanda por minério no mercado mundial impulsionou o valor da Produção Mineral Brasileira (PMB). Os processos de urbanização e

crescimento das economias emergentes (os chamados BRICs)³⁷ influenciou diretamente a extração mineral no Brasil. O expressivo crescimento econômico chinês no período tornou o país um grande consumidor externo do minério brasileiro, já que a economia chinesa alcançou um tamanho no qual os suprimentos minerais locais não eram suficientes para suportar o acréscimo de demanda. Internamente, o crescimento da mineração nacional também foi alavancado pelo capital local anteriormente instalado no país, que ampliou sua produção, principalmente para o atendimento do mercado externo (DNPM, 2013, 2014 e 2015).

A seguir é reproduzido um gráfico disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) com a evolução da PMB entre 1994 e 2014.

Gráfico 3. Produção mineral brasileira¹

Fonte: Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM).

¹ Não inclui Petróleo e Gás.

Em linhas gerais, o Gráfico 3 resume que:

- Entre 2005 e 2008, a produção mineral brasileira começa a acelerar em resposta ao cenário internacional. Os investimentos estrangeiros na mineração nacional, já motivados pelo *boom* das *commodities*, foram ainda impulsionados pela confiança dos investidores na economia do Brasil após consecutivas quedas nos indicadores de risco do país. Como reflexo da diversificação da pauta de exportações minerais e da

³⁷ Brasil, Rússia, Índia e China.

ampliação da relação do setor com outros blocos de comércio internacional (em particular o asiático), a balança comercial da mineração passa a apresentar superávits crescentes;

- Em 2009, a desaceleração da economia global – motivada pela crise financeira internacional – ameaçou reverter a tendência de crescimento do setor, o que foi rapidamente anulado já no ano seguinte. Parte da volta do crescimento se deu pela política de estímulo do governo chinês, que colocou em prática, na época, um pacote econômico de investimentos em infraestrutura que atingiram US\$ 500 bilhões³⁸, o que movimentou o setor minerador em diversos países; e
- Depois de 2012, em linha com a queda nos preços das *commodities* minerais e com a desaceleração da economia chinesa, a PMB volta a cair, atingindo em 2014 nível próximo ao verificado em 2010.

Embora o valor da produção mineral tenha caído nos últimos anos, o volume produzido e exportado pelo Brasil não necessariamente caiu. Isso pode ser constatado, por exemplo, pela produção de minério de ferro, principal mineral da pauta de exportação brasileira. O Gráfico 4 mostra a produção trimestral de minério de ferro das cinco maiores mineradoras com atuação no Brasil (Vale, Samarco, MMX, CSN e Usiminas). Apesar da clara sazonalidade na extração deste mineral³⁹, percebe-se que a produção anual total das referidas companhias vem se mantendo relativamente constante desde 2010.

³⁸ Disponível em < <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/500801-origem-causas-e-impacto-da-crise>>. Acesso em 05/10/2015.

³⁹ A produção de minério de ferro no Brasil é menor no primeiro trimestre do ano por conta do período de chuvas no hemisfério sul.

Gráfico 4. Produção de minério de ferro (em mil toneladas)

Fonte: Vale, Samarco, MMX, CSN e Usiminas. Elaboração do autor.

O *boom* vivenciado pela indústria de mineração brasileira na década passada foi um dos propulsores do interesse do Governo Federal e dos principais estados produtores em rever o atual marco regulatório da mineração, conforme será tratado a partir do próximo capítulo.

2 A MUDANÇA NO CÓDIGO DE MINERAÇÃO

Em 2007, a Petrobras – mais importante empresa estatal brasileira – anunciou a descoberta de uma nova e promissora reserva de petróleo e gás natural na chamada camada pré-sal do litoral brasileiro. Este anúncio deu início a uma série de discussões de cunho acadêmico, político e operacional sobre possíveis modificações no marco regulatório do setor de petróleo no Brasil. Desde então, o Congresso Nacional aprovou uma legislação específica para estas áreas, com alterações significativas em relação às regras de partilha da riqueza e de operação dos campos de exploração⁴⁰.

Por certo, a elevada riqueza vislumbrada a partir das imensas reservas previstas no pré-sal motivou o Poder Concedente a rever o marco regulatório de exploração de petróleo e gás no país, com o intuito de garantir que tais riquezas seriam devidamente apropriadas pelo Poder Público e, conseqüentemente, pela sociedade. Neste cenário, e tendo em vista os crescentes ganhos da indústria de mineração nacional com o *boom* das *commodities* (vide Capítulo 1), as discussões acabaram naturalmente se estendendo para todo o setor mineral. É praticamente consenso que a atividade de extração mineral no Brasil se encontra carente de um marco regulatório sólido, que norteie as relações entre governo e setor privado. Tendo em vista a característica finita dos recursos minerais na natureza, a lógica econômica subjacente à exploração mineral é idêntica a dos recursos petrolíferos.

Ainda durante o segundo mandato do ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva (2007 – 2010), o Governo Federal já anunciava a intenção de reformular o marco regulatório do setor mineral, objetivando, principalmente, elevar a remuneração dos municípios produtores com a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais). A mesma promessa fez parte do plano de governo defendido pela então candidata à presidência Dilma Rousseff (PT). Eleita no final de 2010, a presidente disse que até julho de 2011 enviaria ao Congresso o

⁴⁰ O núcleo de tais alterações consiste em substituir o regime de concessões (em vigor desde 1997, nos termos da Lei nº 9478/97) pelos contratos de partilha, segundo os quais a União se mantém proprietária do recurso extraído, remunerando a empresa produtora de acordo com o volume produzido. Ademais, criou-se um Fundo Social, destinado a canalizar as rendas petroleiras para projetos de combate à pobreza e desenvolvimento da educação, da cultura, da ciência e tecnologia e da sustentabilidade ambiental.

Projeto de Lei para o novo código do setor, o que só aconteceu em junho de 2013, sendo que o Projeto ainda tramita no Congresso Nacional.

Em junho de 2012, o então governador de Minas Gerais⁴¹ e outras lideranças políticas do Estado lançaram uma campanha popular com o intuito de pressionar o Governo Federal e o Congresso a discutirem a elevação das alíquotas vigentes sobre o chamado *royalty* da mineração⁴². Em agosto de 2012, o ministro de Minas e Energia⁴³ admitiu que os pedidos de novas licenças de mineração estavam sendo barrados à espera da definição do novo marco regulatório⁴⁴. No mês seguinte, a presidente vetou uma emenda à MP 563 (incluída pelo senador paraense Flexa Ribeiro, PSDB) que alterava as regras de cálculo da CFEM⁴⁵, o que aumentaria a arrecadação pública com a produção do setor⁴⁶. A presidente foi criticada por lideranças políticas do Pará e técnicos do Governo de Minas Gerais calcularam que o orçamento do Estado perdeu cerca de R\$ 300 milhões anuais com o veto⁴⁷.

É fácil entender a ansiedade e a pressão política dos governantes e congressistas dos estados e municípios de Minas Gerais e Pará. Eles serão os maiores beneficiados com o aumento das alíquotas da CFEM⁴⁸, pois ocupam posição de destaque entre os produtores de minério do país. O Gráfico 5 compara a arrecadação desses estados com os valores de CFEM arrecadados no resto do Brasil desde 2002.

⁴¹ Antonio Anastasia (PSDB).

⁴² Disponível em <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br>>. Acesso em 26/11/2013.

⁴³ Edison Lobão.

⁴⁴ O próprio ministério calculava que cerca de cinco mil alvarás estavam pendentes de deliberação do Poder Público, conforme publicado no jornal Valor Econômico de 31/08/2012.

⁴⁵ A emenda estabelecia que os cálculos do valor devido fossem feitos de acordo com as cotações internacionais dos minérios e não nos valores de venda declarados pelas empresas. A assessoria da presidente alegou que a matéria deveria ser melhor discutida no âmbito da aprovação do novo Código de Mineração.

⁴⁶ Publicado pelo jornal Correio Braziliense, em 19/09/2012.

⁴⁷ Disponível em <http://www.em.com.br/app/noticia/politica/2012/09/19/interna_politica,318300/dilma-veta-r-300-milhoes-em-royalties-para-minas.shtml>. Acesso em 26/11/2013.

⁴⁸ Atualmente, 88% da CFEM é destinada para os estados e municípios produtores.

Gráfico 5. Arrecadação da CFEM por UF (em R\$ milhões)

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Elaboração do autor.

Minas Gerais e Pará se mantêm em destaque mesmo quando comparamos a arrecadação de CFEM per capita dos estados brasileiros, mas neste caso com Pará na liderança, conforme mostra a Figura 1.

Figura 2. Arrecadação da CFEM per capita por UF¹

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Elaboração do autor.

¹ Quanto mais escura a UF maior a proporção de CFEM per capita arrecadada.

Apesar da arrecadação com a CFEM ter crescido consideravelmente durante o período de *boom* das *commodities* (vide Gráfico 5), a pressão de estados e municípios produtores de minério para o aumento das alíquotas de cálculo da compensação financeira se intensificou nos últimos anos e foi ainda reforçada com a reforma da regulação do setor petrolífero. Para atender essa e outras demandas, conforme mencionado anteriormente, em junho de 2013 o Governo Federal enviou ao Congresso o Projeto de Lei nº 5807/2013⁴⁹, que visa estabelecer novas regras para a extração mineral no Brasil. Tendo em vista os objetivos desta tese, as próximas seções apresentam e comparam o atual marco regulatório e o proposto pelo Governo Federal.

2.1 O Atual Marco Regulatório

O atual marco regulatório da indústria de mineração foi formulado por etapas. Os aspectos ligados à outorga e fiscalização das concessões foram introduzidos pelo Decreto-Lei nº 227 de 1967, conhecido como Código de Mineração. Já o regime tributário foi introduzido pela Constituição Federal de 1988. Até então, a tributação vigente sobre o setor abrangia o IUM (Imposto Único Sobre Minerais)⁵⁰, como principal tributo, e o IRPJ (Imposto de Renda de Pessoas Jurídicas). Com a promulgação da Constituição de 1988, o IUM foi extinto e a produção mineral passou a ser tributada pelo ICMS e pela CFEM⁵¹. O primeiro de competência estadual e o segundo com o intuito de assegurar aos municípios e estados produtores, bem como a órgãos da administração direta da União, participação na renda econômica gerada pela exploração dos recursos minerais (Braz, 2009b).

⁴⁹ Disponível em <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=581696>>. Acesso em 13/10/2015.

⁵⁰ O IUM se caracterizava como um *royalty* e incidia uma única vez sobre uma das seguintes operações: extração, tratamento, circulação, distribuição, exportação ou consumo de substâncias minerais do país.

⁵¹ Regulamentada pela Lei nº 7.990 de 28/12/1989.

Ficou definido que a compensação financeira instituída com a CFEM seria de no máximo 3% do valor do faturamento líquido resultante da venda do produto mineral⁵², configurando a CFEM como um *royalty ad valorem*⁵³. As alíquotas estabelecidas foram:

- 3% para minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio;
- 2% para ferro, fertilizante, carvão e demais substâncias;
- 1% para ouro⁵⁴; e
- 0,2% para pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres.

De acordo com a regulação vigente, os recursos arrecadados com a compensação são destinados da seguinte forma⁵⁵:

- 65% para o município onde foi extraída a substância mineral;
- 23% para o respectivo estado; e
- 12% para órgãos da União, como DNPM e IBAMA⁵⁶.

Tendo em vista o objetivo de compensar a sociedade pela extração de recursos naturais não renováveis, os montantes obtidos com a CFEM não podem ser aplicados pelos estados e municípios beneficiados em pagamentos de dívida ou no quadro permanente de pessoal. A ideia é que as respectivas receitas sejam aplicadas em projetos que, direta ou indiretamente, revertam os recursos em prol da comunidade local afetada, na forma de melhorias da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde, da educação ou afins⁵⁷, também com o intuito de beneficiar, mesmo que indiretamente, gerações futuras que não terão acesso aos recursos minerais exauridos.

As reservas minerais disponíveis no solo brasileiro são bens da união, sendo a outorga e o controle de tais recursos atribuições federais. O acesso ao subsolo é democratizado, com certa prioridade de outorga para pessoas físicas. A legislação vigente divide a exploração

⁵² Obtida após a última etapa do processo de beneficiamento, antes de sua transformação industrial.

⁵³ O *royalty ad valorem* é calculado como uma porcentagem do valor do produto mineral.

⁵⁴ Quando extraído por empresas mineradoras, pois os garimpeiros estão isentos.

⁵⁵ Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em 27/12/2013.

⁵⁶ Departamento Nacional de Produção Mineral e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

⁵⁷ Disponível em <<http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Cfem.php>>. Acesso em 03/10/2015.

econômica da mineração em duas etapas: a primeira de pesquisa, para descoberta e avaliação do recurso mineral; e a segunda de lavra, englobando a produção e a comercialização dos minérios. A outorga de cada etapa é um processo separado. Primeiro o agente deve requerer autorização para a pesquisa em determinada área e posteriormente a concessão para a lavra.

A estrutura institucional responsável pela regulamentação e controle dos agentes do setor é composta pelo MME (Ministério de Minas e Energia), o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) e a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais⁵⁸). Não há um órgão interministerial responsável pela elaboração das políticas e diretrizes nacionais para o setor, sendo esta uma atribuição direta do MME junto ao Poder Executivo Federal.

2.2 O Novo Código de Mineração

De acordo com Braz (2009a), há certo consenso entre os diversos agentes do setor de que o regime regulatório e tributário vigente no Brasil necessita de reforma e aperfeiçoamentos, com o intuito de torná-lo mais simples e racional. As grandes divergências residem em quais aspectos e de que forma a regulação deve ser alterada.

Em documento divulgado no seu site⁵⁹, o Ministério de Minas e Energia elenca as razões que o levam ao diagnóstico da necessidade de mudança do marco legal da mineração:

- “*Legislação atual burocrática, focada no procedimento de outorga como instrumento de gestão*”. Segundo o MME, o Decreto-Lei nº 227/1967 estabelece um sistema de normalização, outorga e fiscalização baseado em procedimentos burocráticos e centralizadores;
- “*Poder concedente com poucos instrumentos de intervenção*”;

⁵⁸ Também conhecido como Serviço Geológico do Brasil. Disponível em < <http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em 27/12/2013.

⁵⁹ Disponível em <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/noticias/SGM_Apres_Novo_Marco_Regulatorio_da_Mineraacao.pdf>. Acesso em 27/13/2012.

- *“Acesso aos títulos sem observar qualificação técnica”*. O MME considera que a outorga da concessão é um *“ato vinculado”*, onde os direitos são obtidos pelo cumprimento de requisitos burocráticos, sem que o Poder Concedente possa exercer seu julgamento pela conveniência técnica e pelo interesse da sociedade;
- *“Permite artifícios jurídicos para manter títulos inoperantes”*. Os empreendimentos minerários estão sujeitos a pedidos legais de adiamento por parte dos concessionários, o que, segundo o MME, por vezes não refletem os interesses do país;
- *“Baixo custo financeiro para requerimento e manutenção (retenção) do título”*. Ao permitirem artifícios jurídicos para manutenção de títulos inoperantes, as regras atuais, associadas ao baixo custo financeiro para requerimento, manutenção e retenção do título, resultam em extensas áreas de concessão improdutivas; e
- *“Não oferece instrumentos para solucionar conflitos entre interesses públicos e privados”*. O MME ainda alerta para a ausência de instrumentos que permitam a gestão pública eficiente do aproveitamento dos recursos minerais.

A partir deste diagnóstico, o MME relaciona os objetivos do novo modelo regulatório:

- *“Fortalecer a ação do Estado no processo regulatório (soberania sobre os recursos minerais)”*;
- *“Estimular a maximização do aproveitamento das jazidas, a prevenção da saúde e a segurança das minas e o controle ambiental até o encerramento da atividade de mineração”*;
- *“Atrair investimentos para o setor mineral e contribuir para a elevação da competitividade das empresas de mineração”*;
- *“Fomentar a agregação de valor na cadeia produtiva mineral”*;
- *“Promover a mineração formal”*; e
- *“Contribuir para o desenvolvimento sustentável”*.

Embora os itens acima mostrem que o MME preferiu não declarar de forma explícita o interesse do Governo em também aumentar a arrecadação pública com a exploração mineral,

o Projeto de Lei que acabou sendo enviado pelo Poder Executivo ao Congresso Nacional deixou isso claro nos seus itens referentes à taxa extra, à alíquota da CFEM e à base de cálculo do tributo, todos com elevado potencial de aumento da arrecadação – conforme será discutido nos próximos capítulos desta tese. A própria Presidente Dilma Rousseff destacou este ponto no seu discurso durante a solenidade que marcou o lançamento do Projeto de Lei⁶⁰:

“A CFEM a partir de agora incidirá sobre a receita bruta das empresas mineradoras tendo alíquota de até 4%. Isso dará um incremento importante para o orçamento dos estados e municípios que convivem com a atividade mineraria. A mudança na regra de cálculo permitirá praticamente dobrar a arrecadação proveniente dessa atividade.”

A Tabela 1 resume e compara os principais pontos do Projeto com a atual regulação.

Tabela 1. Principais pontos da proposta do Poder Executivo Federal para o novo Código de Mineração

Tema	Como é...	Proposta...
Jazidas	Quem faz primeiro o pedido ganha o alvará.	As áreas para exploração passarão por licitação.
Taxa extra	Não existe cobrança de taxa extra.	Será cobrada de quem explorar áreas estratégicas.
Prazos	Não há prazos.	Outorga para pesquisa e exploração com prazo determinado.
Investimento	Não há exigências do Poder Concedente.	Contratos irão prever investimento mínimo.
Alíquota da CFEM	De 0,2% a 3%.	Até 4% (a cobrança sobre cada minério será decidida, posteriormente, em decreto)
Base de cálculo	Faturamento líquido (desconto de tributos, transporte e seguros).	Receita bruta deduzidos os impostos.
Quanto à competência institucional dos órgãos do Governo Federal...		
Formulação da política setorial	Competência do MME.	Passa a ser competência do Conselho Nacional de Política Mineral ⁶¹ .

⁶⁰ Disponível em <<http://www2.planalto.gov.br/imprensa/discurso/discurso-da-presidenta-da-republica-dilma-rousseff-durante-cerimonia-lancamento-do-marco-regulatorio-da-mineracao-brasilia-df>>. Acesso em 04/07/2013.

⁶¹ Órgão interministerial de assessoramento do Presidente da República, para formulação e implementação da política mineral nacional.

Poder concedente	Competência do MME para concessões e do DNPM para autorizações.	Passa a ser competência exclusiva do MME.
Regulação e fiscalização	Competência do DNPM.	Será criada uma Agência Reguladora para este fim.
Arrecadação da CFEM	Competência do DNPM.	Passa a ser competência da nova Agência Reguladora.

Fonte: Projeto de Lei nº 5807/2013 e Ministério de Minas e Energia. Elaboração do autor.

Na mesma solenidade mencionada acima, a Presidente da República salientou também que o objetivo da nova legislação é *“criar um marco legal favorável aos negócios, aos investimentos produtivos, fortalecendo um novo ciclo de desenvolvimento de nosso país, mas tudo isso com ganhos para a sociedade, para os trabalhadores e para o meio ambiente”*. De fato, a literatura sobre a exploração de recursos naturais não renováveis destaca que um marco regulatório eficiente e bem estruturado deve garantir (Hartman, 1992):

- Uma participação adequada da sociedade na renda econômica da atividade, como compensação financeira pela exploração de recursos naturais;
- A preservação do meio ambiente na qual a atividade está inserida; e
- A competitividade tanto dentro da indústria (como forma de promover menores preços e maior eficiência produtiva) quanto do produto nacional no mercado internacional.

Entretanto, sob quaisquer destes aspectos, a proposta do Governo Federal tem suscitado críticas. Malerba et al. (2012), por exemplo, destacam que os conflitos socioambientais alavancados pelo setor extrativo mineral tendem a se acirrar ainda mais com a promulgação do novo Código Mineral e a consequente expansão das atividades. Para os autores, a reforma que está sendo anunciada pretende, basicamente, intensificar a exploração mineral no país, aumentar a participação do Estado nos resultados econômicos e verticalizar o setor, faltando ainda ser amplamente discutida a criação de limites à expansão da mineração (por exemplo, em terras indígenas) e a mitigação dos impactos ambientais da atividade.

Já Bustamante (2014) alerta que, mantida a redação original do Projeto de Lei nº 5.807/2013, o efeito sobre o investimento na mineração será o inverso do pretendido pelo Governo, dado que o aumento na cobrança da CFEM (tanto pela maior alíquota, quanto pela mudança na base de cálculo) irá fechar os empreendimentos minerais cujos custos já estão próximos às cotações dos minérios. O autor destaca ainda que a concessão precedida de licitação pública

significa o fim do direito de prioridade das empresas que prospectarem novas reservas minerais⁶², gerando desestímulo a esta atividade e prejudicando o setor pela ausência de descobertas de novas jazidas⁶³.

Em resumo, segundo a maioria dos críticos do Projeto de Lei que tramita no Congresso, além das preocupações socioambientais, se o aumento dos *royalties* da mineração não ocorrer no bojo de uma reforma tributária mais ampla, a alíquota e a base de cálculo adotadas podem inflar demasiadamente o custo de extração de alguns minérios no Brasil, prejudicando sua inserção no mercado internacional tanto por aumentar o preço do produto brasileiro quanto por, conseqüentemente, desestimular investimentos produtivos no país.

2.3 Participação do Estado na Renda vs Competitividade

Dado o iminente aumento na tributação incidente sobre a extração mineral e o risco de que isto seja prejudicial à indústria nacional, esta seção busca comparar os custos tributários vigentes no Brasil com os que vigoram em outros países mineradores.

Conforme mencionado anteriormente, a reforma do Marco Regulatório da indústria de mineração está fortemente embasada em um movimento político de aumento da arrecadação pública com as rendas geradas pela extração mineral e, em boa medida, este movimento se fortaleceu com a recente reforma na regulação do setor petrolífero. Uma comparação simples das alíquotas de royalties cobradas das empresas produtoras de petróleo e gás natural com as alíquotas cobradas das empresas mineradoras evidencia uma das fontes do descontentamento dos municípios mineradores. Enquanto a alíquota de royalty sobre a exploração mineral varia atualmente entre 0,2% e 3% da receita líquida, a alíquota sobre a produção de petróleo e gás

⁶² Tal direito é adotado pela legislação de vários países mineradores importantes no cenário mundial, como Austrália, Canadá, México, Chile e Peru.

⁶³ Tendo em vista que os recursos minerais são esgotáveis, novas minas devem ser constantemente descobertas para repor as reservas exauridas.

varia entre 5% e 10% da receita bruta⁶⁴. Além disso, há cobrança de participações especiais sobre os campos de petróleo mais produtivos, o que não ocorre com as jazidas de minério.

Embora esta disparidade reforce o coro político por mudanças na CFEM, as diferentes características do mercado e da produção de cada setor tornam tal comparação inadequada. Neste sentido, uma visão mais apurada do espaço para mudanças nos royalties minerais e do patamar adequado para tais alíquotas depende de uma comparação com a regulação vigente na indústria de mineração de outros países com produção semelhante à brasileira. Isto não só porque esta comparação seria feita entre indústrias com produção semelhante, mas principalmente por que seria feita considerando empresas que concorrem no mesmo mercado internacional.

2.3.1. *Royalties* minerais no Brasil e no mundo

Lima (2007) faz uma análise comparativa entre a compensação financeira pela exploração mineral cobrada no Brasil e em outras três regiões do mundo, considerando sete tipos de minérios. O autor conclui que, de maneira geral, o Brasil apresenta alíquotas de *royalty* inferiores às dos outros países e é o único país que utiliza como base de cálculo o “faturamento líquido”.

O conceito de “faturamento líquido” aplicado como base de cálculo para a compensação financeira no Brasil⁶⁵ refere-se ao faturamento bruto da companhia mineradora menos as despesas com tributos, transporte e seguro. Entretanto, Lima (2007) destaca que este conceito tem sido mal interpretado e aplicado. Embora os custos operacionais não devam ser considerados despesas dedutíveis da base de cálculo da CFEM, segundo o autor, devido a uma falta de clareza da Lei nº 7.990 e do Decreto nº 1 (de 11/01/1991)⁶⁶, custos com esteiras, pás carregadeiras e caminhões fora da estrada para transporte do minério até as unidades de pré-processamento costumam ser deduzidos, o que deprime a arrecadação com *royalties* no Brasil. O estudo de Lima (2007) estima que o Estado de Minas Gerais, por exemplo, arrecada cerca de 60% do valor da CFEM que deveria ser arrecadado caso as deduções do faturamento bruto fossem apenas as corretas. Este é um dos aspectos que está diretamente ligado ao atual

⁶⁴ Fonte: Agência Nacional do Petróleo (ANP). Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 04/07/2013.

⁶⁵ Introduzido pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

⁶⁶ Decreto que regulamentou o pagamento da CFEM.

vazio regulatório que se pretende atacar com o novo Código da Mineração, mas que traz consigo um *trade-off* que precisa ser analisado com maior atenção, conforme será feito no Capítulo 4 desta tese.

A Tabela 2 resume os dados comparados por Lima (2007):

Tabela 2. Alíquotas e base de cálculo para cobrança de *royalties* pela exploração mineral

	Oeste Australiano	China	Indonésia	Brasil
Cobre	5% sobre valor "na mina" ¹	2% sobre faturamento bruto	4% sobre faturamento bruto	2% sobre faturamento líquido
Bauxita	7,5% sobre faturamento bruto	2% a 4% sobre faturamento bruto	3,25% sobre faturamento bruto	3% sobre faturamento líquido
Diamante	7,5% sobre valor "na mina"	4% sobre faturamento bruto	6,5% sobre faturamento bruto	0,2% sobre faturamento líquido
Ouro	1,25% sobre valor "na mina"	4% sobre faturamento bruto	3,75% sobre faturamento bruto	1% sobre faturamento líquido
Minério de ferro	5% a 7,5% sobre valor "na mina"	2% sobre faturamento bruto	3% sobre faturamento bruto	2% sobre faturamento líquido
Magnesita	5% sobre valor "na mina"	4% a 20% sobre faturamento bruto	n.d.	2% sobre faturamento líquido
Zinco	5% sobre valor "na mina"	n.d.	n.d.	2% sobre faturamento líquido

¹ Valor “na mina” refere-se a um percentual sobre o valor bruto da venda do minério e representa uma base de cálculo maior que o “faturamento líquido” comumente aplicado no Brasil.

Fonte: Lima (2007). Elaboração do autor.

Quanto aos *royalties* cobrados em outras regiões do mundo, Otto et al. (2006) fazem um levantamento extenso das principais características encontradas:

- **África:** na maioria das nações existe cobrança de compensação financeira. As alíquotas de *royalty ad valorem* pesquisadas variam entre 0% e 12%, dependendo do país e do bem mineral;
- **Ásia e Pacífico:** há cobrança de compensação financeira em todos os países estudados. Os *royalties ad valorem* têm alíquotas variando entre 2% e 3% para metais

básicos e o preço de referência considerado para a base de cálculo é o preço de mercado;

- **América Latina:** há cobrança de *royalty ad valorem* na maioria dos países, com diversas regras para alíquotas e base de cálculos; e
- **América do Norte:** no Canadá, a maioria das jurisdições estabelece como base de cálculo os lucros ou receita líquida e as alíquotas variam por jurisdição e minério. Nos EUA, a tributação sobre a atividade mineradora é bastante complexa, variando conforme a propriedade da terra (federal, estadual ou indígena). O Governo Federal não cobra *royalties* nas terras de sua propriedade, já nas terras dos estados a cobrança é comum.

Embora haja bastante informação disponível sobre os métodos de cálculo dos *royalties* e impostos minerais pelo mundo, a grande diversidade de critérios existentes dificulta sobremaneira a realização de análises comparativas. Há diferenças não apenas nas bases de cálculo e alíquotas, mas também na forma de separação dos produtos minerais, nas faixas de aplicação dos impostos, na metodologia de cobrança dos valores devidos, na forma de abatimento dos impostos devidos (tanto por conta do uso do minério na indústria local, quanto por causa do porte da empresa mineradora), na jurisdição da cobrança de cada imposto, etc. Apesar das dificuldades, a Tabela 3 exhibe mais algumas alíquotas de *royalties* aplicadas pelo mundo e que permitem certa comparação com o Brasil.

Tabela 3. Cobrança de *royalties* em outras regiões do mundo

Minério			
País			
	Região	Alíquota	
Bauxita			
	Austrália		
	Victoria	2,75%	Royalty ad valorem
	Western Australia	7,5%	Royalty ad valorem
	South Australia	3,5%	Royalty ad valorem
	Índia	0,35%	Sobre o preço de venda
Cobre			
	Austrália		
	Victoria	2,75%	Royalty ad valorem
	New South Wales	4%	Royalty ad valorem
	South Australia	3,5%	Royalty ad valorem
	Chile	4% - 20% ¹	Sobre as vendas líquidas anuais
	Índia	3,2%	Sobre o preço de venda
Minério de ferro			
	Austrália		
	Victoria	2,75%	Royalty ad valorem
	New South Wales	4%	Royalty ad valorem
	South Australia	3,5%	Royalty ad valorem
	Chile	6%	Sobre o valor líquido da venda
Manganês			
	Índia	1% - 3% ²	Sobre o preço de venda
Barita			
	Índia	5%	Sobre o preço de venda
Rocha Fosfática			
	Índia	5% - 11% ³	Sobre o preço de venda

¹ Alíquota varia conforme o valor do cobre, fixado pela *Comisión Chilena del Cobre*.

² Alíquota varia conforme a concentração do minério.

³ Alíquota varia conforme o P₂O₅ do minério.

Fonte: MinterEllison (Austrália), Decreto Ley nº 824 (Chile), Ministry of Mines – Government of India (Índia). Elaboração do autor.

Em linhas gerais, do que é possível comparar em termos da cobrança de uma compensação financeira pela exploração de recursos minerais, de fato as alíquotas da CFEM no Brasil estão abaixo do nível praticado em outras regiões do mundo. De certa forma, os resultados apresentados até aqui reforçam a visão de que no bojo da criação do novo Código de Mineração há espaço para um aumento das alíquotas da CFEM.

Por outro lado, quando os críticos a esta ideia alertam para a perda de competitividade do minério brasileiro no exterior, eles se referem não apenas à cobrança de *royalties*, mas a toda carga tributária incidente sobre a atividade de mineração. O ponto central deste argumento é

que a carga tributária no Brasil já é bastante elevada e um aumento das alíquotas da CFEM pode tornar o custo de extração de minério no Brasil um impeditivo para a venda do produto no mercado internacional e, conseqüentemente, para novos investimentos produtivos no país.

Assim, uma avaliação adequada deste argumento exige uma análise comparativa não apenas dos *royalties* minerais cobrados pelo mundo, mas de toda carga tributária que recai sobre as empresas mineradoras que concorrem no mercado mundial de minérios.

2.3.2. Carga tributária sobre a mineração no Brasil e no mundo

Braz (2009a) fez um levantamento dos tributos incidentes sobre as atividades de mineração no Brasil. A Tabela 4 resume sua pesquisa, indicando quando há tratamento diferenciado para a exportação.

Tabela 4. Carga tributária incidente sobre a mineração

Tributo ou encargo	Mercado interno	Exportação
IRPJ	15% sobre o lucro real mais adicional de 10% sobre a parcela que exceder R\$ 20.000,00 mensais	
CSLL	9% sobre lucro líquido antes da provisão para o IRPJ	
PIS/Pasep (não cumulativo)	1,65% sobre o total das receitas auferidas	Não incide
Cofins (não cumulativo)	7,6% sobre o total das receitas auferidas	Não incide
IOF	Varia conforme a operação	
ICMS	17% ou 18% nas operações internas; 7% ou 12% nas operações interestaduais	Não incide
INSS	20% do total das remunerações pagas	
FGTS	8% das remunerações pagas	
Salário-Educação	2,5% dos salários mais adicionais	
Seguro de Acidentes	3% dos salários mais adicionais	
Gratificação de natal	1 salário adicional por trabalhador	
Adicional de férias	1/3 do salário	
Multa (dispensa s/ justa causa)	40% do saldo da conta do FGTS	

CFEM	0,2% a 3%, dependendo do minério
Participação do superficiário	50% da CFEM
Taxa anual por hectare	R\$ 1,90/há; R\$ 2,87 na renovação do Alvará

Fonte: Braz (2009a).

Reconhecidamente, a carga tributária sobre atividades produtivas no Brasil é bastante elevada, e isto não é diferente para a mineração. Entretanto, análises comparativas com a carga incidente sobre a mineração no Brasil e em outros países são complexas, tanto ou até mais do que as comparações vistas anteriormente para os *royalties*. Não é possível, por exemplo, simplesmente comparar a carga tributária total incidente sobre o setor em cada país, pois os dados disponíveis no Brasil e no exterior são agregados, o que não permite a comparação de setores específicos como a mineração.

Diante dessa dificuldade, Braz (2009a) faz uma comparação qualitativa dos regimes tributários vigentes sobre a indústria de extração mineral. O autor observa que, em linhas gerais, não há a adoção de regimes especiais para a mineração tanto no Brasil quanto em outros países. O que ocorre, adicionalmente aos encargos de incidência geral, é a adoção de encargos específicos para o setor (normalmente chamados de *royalties*). Como visto anteriormente, estes encargos específicos variam de região para região⁶⁷, conforme o tipo de mineral, a escala de produção, as deduções permitidas e a metodologia de cálculo. Já quanto aos encargos de incidência geral, o autor afirma que existem similaridades tributárias no contexto mundial, e destaca seis pontos em comum no regime tributário de grandes países produtores de minério, inclusive o Brasil:

- i. Incidência do regime tributário geral sobre a mineração;
- ii. Incidência de imposto de renda;
- iii. Incidência de imposto sobre o valor adicionado ou sobre o consumo, com isenção para as exportações;
- iv. Incidência de imposto de importação;
- v. Incidência de imposto sobre a propriedade; e
- vi. Incidência de imposto ou encargo específico sobre a mineração.

⁶⁷ As vezes até mesmo entre regiões do mesmo país.

Com base nestas informações, Braz (2009a) conclui que em termos qualitativos o sistema tributário sobre a atividade de mineração no Brasil está alinhado com o resto do mundo, mas destaca que o grande número de contribuições sociais pode diferenciar significativamente o modelo brasileiro.

Com respeito a comparações quantitativas, alguns estudos buscam driblar as restrições impostas pela indisponibilidade de dados através de uma metodologia que utiliza o mesmo modelo de projeto de mineração aplicado a diferentes regimes tributários. Ou seja, ao invés de comparar a carga tributária real de diferentes países, comparam-se os resultados de um determinado projeto hipotético de mineração quando se aplica sobre ele a tributação específica de cada país, mantendo todas as demais variáveis constantes. Este método exige um conhecimento detalhado dos regimes tributários dos países analisados⁶⁸, o que faz com que existam poucos estudos que o adotem, mesmo para análises de outras indústrias.

Usando esta metodologia, Mackenzie (1998) analisou a competitividade dos sistemas tributários de dez países da América do Sul. O autor aplicou os regimes tributários desses países sobre a riqueza potencial de 57 jazidas de metais básicos e preciosos localizadas no Chile. Antes de considerar a tributação, a taxa de retorno média dos projetos era de 25%. Depois da tributação, a taxa média de retorno do Brasil caiu para 22%, o que deixou o país em segundo lugar entre os dez países analisados. O Brasil ainda ficou com a mais baixa carga tributária efetiva do projeto, 39%. Mackenzie (1998) também comparou os resultados com os proporcionados pela aplicação da mesma metodologia em quatro estados australianos e quatro províncias canadenses. A carga tributária efetiva do projeto no Brasil foi inferior a de todos esses estados e províncias, sendo que todos ficaram acima de 50%.

Outro estudo com metodologia similar foi implementado por Albavera et al (1998). Neste caso, os autores analisaram os investimentos em mineração na América Latina durante a década de 90. Foram comparados dois projetos hipotéticos⁶⁹, um de cobre e outro de ouro, sobre os quais foram aplicadas as tributações vigentes em 23 países. Os resultados encontrados para as taxas internas de retorno, dada a tributação de cada país, estão expostos na Tabela 5.

⁶⁸ Não apenas nas espécies de tributos, mas também nos detalhes de sua aplicação.

⁶⁹ Formulados pelo *Institute for Global Resources Policy and Management*, da *Colorado School of Mines* dos EUA.

**Tabela 5. Taxa interna de retorno
após incidência da carga tributária**

Projeto de extração de ouro		Projeto de extração de cobre	
País	Taxa de retorno (%)	País	Taxa de retorno (%)
1 Chile	21,0%	1 Chile	16,8%
2 Argentina	18,1%	2 México	15,3%
3 Filipinas	16,9%	3 Argentina	15,1%
4 México	16,6%	4 Etiópia	15,1%
5 Peru	16,0%	5 Indonésia	14,5%
6 Indonésia	15,8%	6 Groelândia	13,9%
7 Suécia	15,8%	7 África do Sul	13,8%
8 África do Sul	15,8%	8 Suécia	13,8%
9 Groelândia	15,5%	9 Bolívia	13,7%
10 Namíbia	14,9%	10 Peru	13,2%
11 Brasil	14,7%	11 Gana	12,7%
12 Etiópia	14,2%	12 Papua-Nova Guiné	12,7%
13 Gana	14,0%	13 Brasil	12,2%
14 Bolívia	13,7%	14 Namíbia	12,2%
15 Papua-Nova Guiné	13,6%	15 Filipinas	12,1%
16 Austrália	12,3%	16 Austrália	11,8%
17 Canadá	11,7%	17 Estados Unidos	11,8%
18 Tanzânia	10,1%	18 Canadá	11,2%
19 Cazaquistão	10,0%	19 Tanzânia	9,8%
20 Estados Unidos	9,9%	20 Cazaquistão	9,5%
21 Índia	7,9%	21 Índia	8,6%
22 China	-3,2%	22 China	4,7%
23 Usbequistão	-10,0%	23 Usbequistão	4,5%

Fonte: Albavera et al. (1998). Elaboração do autor.

Tanto os resultados encontrados por Mackenzie (1998) quanto por Albavera et al (1998) indicam que a carga tributária brasileira incidente sobre as atividades da indústria de mineração não é elevada e está em linha com o nível mundial, podendo até mesmo haver espaço para elevações da CFEM. Por outro lado, é preciso considerar que estes são estudos antigos, adotam um arcabouço tributário da década de 90. De lá para cá, muita coisa pode ter sido alterada na carga tributaria de todos estes países.

Em período mais recente, a Ernst&Young (2008) realizou uma análise comparativa dos principais tributos e contribuições incidentes sobre as atividades de mineração pelo mundo. Considerou-se como modelo uma empresa cuja receita era totalmente oriunda da extração de minérios. No estudo foram construídos 4.848 cenários tomando como variáveis o país (21 no total), o tipo de mineral (12 no total), o faturamento (0,1, 0,5, 1 ou 2 bilhões de dólares), a margem de lucro (20, 30 ou 40%) e a proporção de vendas entre o mercado interno e o

externo (101 diferentes proporções). Para cada um dos cenários, a Ernst&Young (2008) apresentou um ranking com a posição do Brasil em termos do tamanho da sua carga tributária (da maior para a menor) e exibiu os rankings referentes aos cenários que adotam como premissas uma margem de lucro de 30%, exportações conforme observadas nos dados reais do Brasil e faturamento simulado conforme o produto mineral⁷⁰. A Tabela 6 resume a carga tributária e a posição do Brasil no ranking de cada produto mineral, dados os cenários exibidos.

Tabela 6. Carga tributária no Brasil

Minério	Carga tributária	Posição no ranking
Bauxita	35,1%	2º
Carvão Mineral	40,1%	2º
Caulim	15,4%	2º
Cobre	26,9%	1º
Fosfato	40,1%	1º
Potássio	41,6%	1º
Manganês	24,1%	2º
Minério de ferro	19,7%	3º
Níquel	31,5%	1º
Ouro	17,9%	2º
Rochas ornamentais	31,0%	1º
Zinco	40,1%	1º

Fonte: Ernst&Young (2008). Elaboração do autor.

Diante destes resultados, os autores concluem que o Brasil se apresenta, invariavelmente, como uma das 3 maiores cargas tributárias do mundo no setor e que esta situação só melhora de forma significativa na medida em que a maior parte da produção é destinada à exportação, pois neste caso ocorre a desoneração dos impostos sobre o valor agregado. O estudo destaca também que os resultados da carga tributária brasileira seriam substancialmente elevados se fossem considerados ainda o alto custo trabalhista vigente no país e os custos adicionais gerados à indústria por conta da gestão de um excesso de tributos e obrigações tributárias acessórias existentes na legislação local.

Os resultados encontrados em Ernst&Young (2008) são divergentes daqueles encontrados por Mackenzie (1998) e por Albavera et al (1998), pois indicam que a carga tributária brasileira para muitos dos produtos minerais já é bastante elevada e que o espaço para aumentos adicionais da CFEM pode ser limitado. Entretanto, uma análise detalhada deste estudo foi

⁷⁰ Foram considerados como impostos a CFEM, a Participação do Proprietário do Solo, o Imposto de Renda, o ICMS, o PIS e o COFINS.

conduzida por um Grupo de Trabalho instituído pela Portaria nº 220 do Ministério de Minas e Energia (MME) e um relatório com comentários sobre o estudo (SGM, 2008) foi publicado pelo MME. De acordo com este relatório, foram encontrados problemas metodológicos tanto nos tributos e encargos simulados, quanto nas alíquotas adotadas para o cálculo da carga tributária de outros países, o que, segundo a conclusão do Grupo de Trabalho, inviabiliza a adoção dos resultados como parâmetro de comparação.

Uma metodologia completamente distinta das anteriores é adotada pelo Fraser Institute⁷¹, que anualmente publica uma pesquisa realizada junto a empresas que atuam no setor minerador pelo mundo, o *Survey of Mining Companies*⁷². Desde 1997, o Fraser Institute busca mensurar de que modo as políticas governamentais e o potencial mineral afetam as decisões das empresas de realizar novos investimentos produtivos, avaliando a competitividade e a atratividade de diferentes regiões produtoras de minério no mundo. O objetivo é que os resultados da pesquisa sintetizem a opinião de executivos e gerentes de exploração, apresentados na forma de índices.

As versões 2013 e 2014 da pesquisa⁷³ contaram com a resposta de, respectivamente, 690 e 485 executivos do setor⁷⁴. Tais respostas pertencem a 112 diferentes regiões/jurisdições em 2013 e 122 em 2014⁷⁵. Cerca de 50% dos respondentes são presidentes ou vice-presidentes em suas companhias. Dos índices formulados a partir das respostas recebidas, vale destacar os dois seguintes:

- *Policy Perception Index (PPI)* – índice de percepção da política governamental que avalia a atratividade das políticas governamentais locais (incluindo tributação) sobre a exploração mineral; e
- *Investment Attractiveness Index* – índice de atratividade do investimento produtivo que pondera em 40% a percepção da política governamental (PPI) e 60% o potencial mineral da região na visão dos entrevistados.

⁷¹ Instituto canadense independente, com pesquisas nas áreas de políticas públicas e educação. Vide <<http://www.fraserinstitute.org>>.

⁷² A pesquisa abrange empresas de exploração, desenvolvimento e outras atividades afins à mineração. Disponível em <<http://www.fraserinstitute.org>>. Acesso em 24/09/2015.

⁷³ Publicadas, respectivamente, no primeiro semestre de 2014 e 2015.

⁷⁴ A pesquisa foi distribuída para mais de 4.000 profissionais.

⁷⁵ Com exceção da Antártica, foram avaliadas regiões em todos os continentes do Globo, incluindo diferentes jurisdições subnacionais presentes no Canadá, Austrália, Estados Unidos e Argentina.

Quanto ao PPI, que varia entre 0 e 100, o resultado do Brasil em 2013 foi 39,1 e em 2014 33,0. Com estes resultados, o país ficou na 65ª posição em 2013 e na 87ª posição em 2014 entre as regiões avaliadas⁷⁶.

**Tabela 7. Resultados do Brasil
no *Policy Perception Index***

<i>Score</i>					<i>Posição no ranking / Regiões avaliadas</i>				
2014	2013	2012/ 2013	2011/ 2012	2010/ 2011	2014	2013	2012/ 2013	2011/ 2012	2010/ 2011
33,0	39,1	38,2	43,3	43,2	87/122	65/112	61/96	57/93	49/79

Fonte: Fraser Institute. Elaboração do autor.

A Tabela 7 mostra que os resultados do Brasil caíram de forma um pouco mais significativa no último ano, embora já houvesse certa tendência de queda nos anos anteriores. Em 2013, o melhor resultado foi obtido pela Suécia (95,2) e o pior pelo Quirguistão (5,3). Já em 2014, o melhor resultado foi obtido pela Irlanda (96,0) e o pior por Honduras (4,3).

Quanto à atratividade do investimento (*Investment Attractiveness Index*), que também varia entre 0 e 100, o resultado do Brasil em 2013 foi 55,8 e em 2014 foi 58,5. Com estes valores, o país ficou na 51ª posição em 2013 e na 52ª posição em 2014 entre as regiões avaliadas.

**Tabela 8. Resultados do Brasil
no *Investment Attractiveness Index***

<i>Score</i>					<i>Posição no ranking / Regiões avaliadas</i>				
2014	2013	2012/ 2013	2011/ 2012	2010/ 2011	2014	2013	2012/ 2013	2011/ 2012	2010/ 2011
58,5	55,8	53,9	65,7	68,9	52/122	51/112	44/96	33/93	27/79

Fonte: Fraser Institute. Elaboração do autor.

Embora o *score* do Brasil em 2014 tenha melhorado em relação aos dois anos anteriores, quando avaliamos sua posição no *ranking*, o aumento das regiões pesquisadas tem empurrado o Brasil para baixo. Em 2013, o melhor resultado foi obtido pelo Oeste Australiano (85,3) e o pior pelo Uruguai (15,2). Já em 2014, o melhor resultado foi obtido pela Finlândia (83,8) e o pior pela Malásia (14,1).

⁷⁶ Como alguns países possuem regras regionais diferenciadas de mineração (jurisdições), o Fraser Institute analisa “regiões mineradoras” que não necessariamente compreendem um país todo.

Especificamente sobre o regime tributário, a pesquisa do Fraser Institute referente a 2013 questiona se este pode ser um dos fatores de dissuasão do investimento. Considerando o *ranking* das 112 regiões, ordenadas do menor para o maior poder de dissuasão do regime tributário, o Brasil ficou na 63ª posição. Cerca de 50% dos entrevistados identificaram que o regime tributário brasileiro poderia ser um empecilho ao investimento, mas quase 40% classificaram este empecilho como de “leve intensidade”. Em nenhuma das respostas foi dito que um investimento no Brasil não seria realizado em razão da carga tributária vigente. A região com melhor desempenho no *ranking* foi New Brunswick⁷⁷, no Canadá, e com o pior foi Chubut⁷⁸, na Argentina.

Na pesquisa de 2014, o questionamento sobre o regime tributário foi apresentado de maneira um pouco diferente. O Fraser Institute perguntou aos entrevistados se o regime tributário vigente na região encorajava o investimento ou, ao menos, não dissuadia o mesmo. No *ranking* que ordenou as 122 regiões de acordo com o maior percentual de respostas que indicavam o regime tributário como um fator benéfico ao investimento, o Brasil ficou na 105ª posição. Cerca de 30% dos entrevistados responderam favoravelmente o questionamento, sendo que menos de 10% acha que o regime tributário brasileiro encoraja o investimento (os demais acham apenas que ele não detém investimentos). O melhor desempenho neste *ranking* foi da Irlanda⁷⁹ e o pior da Bolívia⁸⁰.

Por fim, vale destacar os resultados do Fraser Institute para a infraestrutura local como um empecilho ao investimento. Isto porque boa parte dos críticos ao aumento da CFEM argumenta que a indústria nacional já possui baixa competitividade no mercado mundial também por conta da custosa infraestrutura disponível no país.

Neste quesito, em 2013, a posição do Brasil no ranking foi 75ª, sendo que mais de 60% dos entrevistados disse que a infraestrutura nacional era um fator de dissuasão do investimento. Entretanto, mais de 50% enxergava neste fator apenas um leve empecilho e nenhum

⁷⁷ Apenas 15% dos entrevistados disseram que o regime tributário pode ser um leve empecilho para o investimento.

⁷⁸ Quase 95% dos entrevistados veem o regime tributário como um empecilho ao investimento e mais de 10% identificou esta como a razão para não investir.

⁷⁹ Mais de 90% enxergam o regime tributário local como benéfico ao investimento, ou seja, estimula ou, ao menos, não desencoraja o investimento.

⁸⁰ Cerca de 5% enxergam o regime tributário local como benéfico ao investimento, ou seja, estimula ou, ao menos, não desencoraja o investimento.

entrevistado destacou a infraestrutura como a razão para não investir. As regiões com melhor desempenho foram Irlanda e França⁸¹ e com o pior foi Myanmar⁸², na Ásia.

Em 2014, como no caso do regime tributário, o questionamento foi se a qualidade da infraestrutura encoraja ou, ao menos, não desestimula investimentos. No *ranking* das regiões avaliadas, o Brasil ficou na 76ª posição. Novamente, mais de 60% dos entrevistados disse que a qualidade da infraestrutura brasileira era um problema para o investimento em mineração. A região com o melhor desempenho foi Minnesota (EUA)⁸³ e as piores foram Mongólia, Sudão, Sudão do Sul, República Centro-Africana e Ilhas Salomão⁸⁴.

Em termos gerais, é possível dizer que os resultados associados à competitividade do regime tributário brasileiro encontrados pelo Fraser Institute não são tão ruins quanto os apontados pela Ernst&Young (2008), mas são piores do que indicaram Mackenzie (1998) e Albavera et al. (1998). Em 2013 e 2014 a visão sobre o Brasil parece ter piorado entre os agentes do setor. No entanto, é importante considerar que essas pesquisas foram feitas quando os mesmos agentes já conheciam a proposta do Governo para a reforma no marco regulatório brasileiro e a pressão no Congresso pelo aumento na carga tributária, o que pode ter influenciado suas respostas.

O fato é que a elevação da CFEM não pode ser completamente refutada pelos estudos e comparações existentes, mas seus efeitos indiretos (e indesejáveis) devem ser analisados com critérios objetivos para evitar que as novas regras de produção mineral inviabilizem a extração de reservas do país – ao fazer com que a relação risco/retorno desestime o investimento – ou gerem recursos mal administrados pelos governos locais. Neste sentido, os próximos capítulos desta tese buscam mensurar potenciais impactos do aumento da CFEM e analisar critérios específicos da nova regulação associados à tentativa de aumento da arrecadação pública.

⁸¹ Nenhum dos entrevistados disse que a infraestrutura poderia ser um empecilho ao investimento.

⁸² Todos os entrevistados disseram que a infraestrutura poderia ser um empecilho ao investimento e quase 10% identificou esta como a razão para não investir.

⁸³ Quase metade dos entrevistados disse que a infraestrutura local estimula o investimento e todos os demais disseram que, ao menos, ela não desestimula o investimento.

⁸⁴ Nenhum entrevistado respondeu que a infraestrutura disponível se quer não desestimula o investimento.

3 POTENCIAIS IMPACTOS DO AUMENTO DA CFEM

Conforme visto no capítulo anterior, um dos pilares do novo Código de Mineração que tramita no Congresso Nacional refere-se ao aumento da arrecadação pública com a extração mineral. Entretanto, a despeito do empenho do Governo em aumentar a cobrança da CFEM (pela mudança na base de cálculo do *royalty*, pelo aumento das alíquotas e também pela cobrança de taxas extras), há quem coloque em dúvida o benefício desta política, alertando para o risco de que uma maior carga tributária sobre a atividade pode minar a competitividade do minério brasileiro no mercado mundial e gerar efeitos indesejados sobre investimento e produção⁸⁵. De acordo com esse argumento, se a elevação dos *royalties* não ocorrer no bojo de uma reforma tributária, as novas regras podem inflar demasiadamente o custo de extração de alguns minérios no Brasil, prejudicando sua inserção nos mercados estrangeiros e, consequentemente, arriscando até uma variação líquida negativa na arrecadação pública.

Diante dessas incertezas, o objetivo deste capítulo é mensurar os principais impactos de curto e longo prazo da nova CFEM sobre a economia nacional e sobre as economias dos dois principais estados produtores de minério no país, Minas Gerais e Pará⁸⁶. Para isso adota-se um modelo de equilíbrio geral computável inter-regional com simulações de estática comparativa, ou seja, dado um equilíbrio inicial da economia, programa-se um choque em alguma variável exógena (no caso em tela, no percentual de carga tributária) e o modelo reproduz o novo equilíbrio, apresentando como resultado a variação líquida de cada variável que o compõe.

Com esse objetivo, o presente capítulo está dividido em duas seções. Na primeira são analisadas as inter-relações da atividade de mineração com os demais setores da economia nacional, buscando subsidiar a calibragem do modelo que será adotado na seção seguinte, onde efetivamente serão mensurados os principais impactos de curto e longo prazo da nova CFEM.

⁸⁵ Vide, por exemplo, Bustamante (2014).

⁸⁶ Vide Capítulo 2.

3.1 Inter-relações da atividade de mineração com os demais setores da economia

Inicialmente, para calibrar as inter-relações setoriais e regionais do modelo de equilíbrio geral – através do estudo de como impactos na indústria de mineração podem se alastrar pela economia via efeitos de transbordamento – foram implementadas ferramentas de análise de insumo-produto em uma matriz inter-regional do Brasil. A Matriz de insumo-produto foi construída a partir da metodologia desenvolvida por Guilhoto e Sesso Filho (2005), com dados das Contas Nacionais do Brasil referentes ao ano de 2008 e disponibilizados pelo IBGE⁸⁷.

Dividida em três regiões (Minas Gerais, Pará e Resto do Brasil), a matriz aqui explorada está subdividida em 56 setores para cada região, descritos na Tabela 9, sendo que os setores de interesse neste trabalho são os de número 4 e 5, respectivamente, “Minério de Ferro” e “Outros da Indústria Extrativa”.

Tabela 9. Setores que compõem a Matriz de Insumo-Produto de cada região

Setores	Setores
1 Agricultura, silvicultura, exploração florestal	29 Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos
2 Pecuária e pesca	30 Eletrodomésticos
3 Petróleo e gás natural	31 Máquinas para escritório e equipamentos de informática
4 Minério de ferro	32 Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
5 Outros da indústria extrativa	33 Material eletrônico e equipamentos de comunicações
6 Alimentos e Bebidas	34 Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico
7 Produtos do fumo	35 Automóveis, camionetas e utilitários
8 Têxteis	36 Caminhões e ônibus
9 Artigos do vestuário e acessórios	37 Peças e acessórios para veículos automotores
10 Artefatos de couro e calçados	38 Outros equipamentos de transporte
11 Produtos de madeira - exclusive móveis	39 Móveis e produtos das indústrias diversas
12 Celulose e produtos de papel	40 Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana
13 Jornais, revistas, discos	41 Construção
14 Refino de petróleo e coque	42 Comércio
15 Álcool	43 Transporte, armazenagem e correio
16 Produtos químicos	44 Serviços de informação
17 Fabricação de resina e elastômeros	45 Intermediação financeira e seguros
18 Produtos farmacêuticos	46 Serviços imobiliários e aluguel
19 Defensivos agrícolas	47 Serviços de manutenção e reparação
20 Perfumaria, higiene e limpeza	48 Serviços de alojamento e alimentação

⁸⁷ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

21	Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	49	Serviços prestados às empresas
22	Produtos e preparados químicos diversos	50	Educação mercantil
23	Artigos de borracha e plástico	51	Saúde mercantil
24	Cimento	52	Serviços prestados às famílias e associativas
25	Outros produtos de minerais não-metálicos	53	Serviços domésticos
26	Fabricação de aço e derivados	54	Educação pública
27	Metalurgia de metais não-ferrosos	55	Saúde pública
28	Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	56	Administração pública e seguridade social

Fonte: Contas Nacionais do Brasil. Elaboração do autor.

De acordo com as Contas Nacionais em análise, a produção da indústria de minério de ferro no Brasil está principalmente concentrada no Estado de Minas Gerais (MG), com 46,9% da produção total, sendo que outros 22,8% da produção foram realizados no Estado do Pará (PA). Ou seja, somente 30,3% da produção de minério de ferro nacional ocorreram nas outras 25 unidades da Federação. Já nas demais indústrias extrativas a concentração não é tão grande. Neste caso, apenas 31,8% da produção ocorreu em MG ou PA, contra 68,2% do resto do Brasil (RBR). Ao se analisar o setor de mineração como um todo (soma do Minério de Ferro e das Demais Extrativas), 56,4% da produção está concentrada em MG e PA, enquanto os outros 43,6% se espalham pelo Brasil⁸⁸.

Tabela 10. Participação das regiões na produção

Região	Setor	Participação na produção do setor	Participação na produção da região	Participação na produção do país
MG	Minério de Ferro	46,9%	3,4%	0,3%
	Demais Extrativas	17,1%	0,7%	0,1%
	Setor de Mineração	36,4%	4,1%	0,4%
PA	Minério de Ferro	22,8%	9,0%	0,2%
	Demais Extrativas	14,8%	3,2%	0,1%
	Setor de Mineração	20,0%	12,1%	0,2%
RBR	Minério de Ferro	30,3%	0,2%	0,2%
	Demais Extrativas	68,2%	0,3%	0,3%
	Setor de Mineração	43,6%	0,5%	0,5%

Fonte: Contas Nacionais do Brasil. Elaboração do autor.

Embora o PA tenha uma participação menor na indústria de mineração quando comparado a MG e o RBR, a importância deste setor na sua economia é significativamente maior do que a importância relativa verificada nas demais regiões. Enquanto a produção mineral no PA representa 12,1% da produção total do Estado, em MG representa 4,1% e no RBR apenas

⁸⁸ Todas as outras unidades da Federação também apresentam algum valor de produção para esta indústria, mas nenhuma delas com significativo destaque.

0,5%. Ou seja, além de produzirem mais minerais, as economias de MG e do RBR são significativamente maiores do que a economia paraense nos demais setores.

Neste sentido, uma afirmação ainda mais contundente pode ser feita para a produção dos demais minérios. Embora o PA produza apenas 14,8% da produção nacional desta indústria, ele participa em quase 60% das suas exportações, indicando que a produção paraense é mais voltada para exportação do que a produção de MG e do RBR, que possuem participação na exportação bem menor do que sua participação na produção total.

Tabela 11. Participação das regiões na exportação

Região	Setor	Participação na exportação do setor	Participação na exportação da região	Participação na exportação do país
MG	Minério de Ferro	42,7%	23,7%	2,7%
	Demais Extrativas	9,7%	0,8%	0,1%
	Setor de Mineração	38,6%	24,5%	2,8%
PA	Minério de Ferro	23,5%	31,7%	1,5%
	Demais Extrativas	58,9%	11,4%	0,5%
	Setor de Mineração	27,9%	43,2%	2,0%
RBR	Minério de Ferro	33,8%	2,6%	2,2%
	Demais Extrativas	31,4%	0,3%	0,3%
	Setor de Mineração	33,5%	2,9%	2,5%

Fonte: Constas Nacionais do Brasil. Elaboração do autor.

Outra questão interessante da tabela acima é notar que as participações na exportação encontradas nas duas últimas colunas (dentro da região e do país) são maiores que as respectivas participações encontradas na produção (Tabela 10). Ou seja, isto indica que se trata de um setor com forte vocação para exportação, principalmente no caso do minério de ferro, conforme já era de se esperar.

Complementando as informações das duas tabelas anteriores, a tabela abaixo descreve o destino dado à produção de cada setor em cada uma das três regiões. Cerca de 57% da produção mineral de MG é exportada para fora do Brasil. No caso do PA este percentual sobe para 75,5% e no caso do RBR cai para 41,5%. O minério de ferro, que representa mais de 60% da produção total do setor de mineração, apresenta os maiores volumes exportados⁸⁹.

⁸⁹ Cerca de 87% da exportação total do setor de minerações é de minério de ferro.

Tabela 12. Destino da produção das regiões

Região	Setor	Produção exportada	Produção enviada para outras regiões	Produção enviada para a própria região
MG	Minério de Ferro	66,5%	11,8%	21,7%
	Demais Extrativas	11,0%	42,4%	46,7%
	Setor de Mineração	57,3%	16,9%	25,8%
PA	Minério de Ferro	75,0%	12,9%	12,1%
	Demais Extrativas	76,8%	21,2%	1,9%
	Setor de Mineração	75,5%	15,1%	9,5%
RBR	Minério de Ferro	81,6%	0,4%	18,0%
	Demais Extrativas	8,9%	8,6%	82,5%
	Setor de Mineração	41,5%	4,9%	53,5%

Fonte: Constas Nacionais do Brasil. Elaboração do autor.

Ao contrário do PA, boa parte da produção de Minas Gerais é vendida para indústrias dentro da própria região, sobretudo no que se referem as demais indústrias extrativas. Enquanto 25,8% da produção total mineira ficam dentro do estado, apenas 9,5% da produção paraense é negociada internamente.

A partir dos dados de origem e destino de produção e insumos, a modelagem de insumo-produto, inicialmente desenvolvida por Wassily Leontief em 1936⁹⁰, permite que sejam verificadas as relações intersetoriais de uma economia, elencando a importância de setores específicos no que diz respeito à produção total, emprego, arrecadação tributária, renda, etc. Algumas das ferramentas de análise de insumo-produto disponíveis são:

- Multiplicadores de produção, emprego, valor adicionado, importação e impostos;
- Índices de ligação do setor com os demais setores; e
- Matriz de intensidade.

3.1.1. Multiplicadores

Miller e Blair (2009) mostram que o modelo básico desenvolvido por Leontief é dado por:

$$AX + Y = X \quad (3.1)$$

⁹⁰ Com o intuito de estudar as relações interindustriais, ou seja, as relações de origem e destino de bens e serviços (Miller e Blair, 2009).

Onde:

X e Y são vetores coluna de ordem $n \times 1$, respectivamente, da produção total e da demanda final; e

A representa a matriz dos coeficientes técnicos diretos, ou seja, fornece o impacto direto causado pelo aumento na demanda final.

Desta forma, temos que:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (3.2)$$

A equação acima expressa, a partir de alterações na demanda final, o nível de produção total necessária para satisfazê-la, ou seja:

$(I - A)^{-1}$, também representada por B , é a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos ou a matriz inversa de Leontief, que agrupa informações que possibilitam identificar o impacto total de uma variação unitária na demanda final sobre todo o sistema produtivo.

Já em um sistema inter-regional de insumo-produto (aqui formado por três regiões), a matriz de coeficientes técnicos representa as relações setoriais, regionais e inter-regionais da economia. Os fluxos monetários intra-regionais são apresentados em A^{LL} e A^{MM} e os inter-regionais em A^{ML} e A^{LM} , portanto, L e M representam diferentes regiões da economia em análise.

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Desta forma, os coeficientes intra-regionais são definidos por:

$$a_{ij}^{LL} = \frac{A_{ij}^{LL}}{X_j^L} \quad (3.4)$$

Onde:

a_{ij}^{LL} representa as transações setoriais dentro da região L , ou seja, quanto o setor j da região L compra do setor i da região L .

Essa mesma ideia é válida para a região M . Já os coeficientes inter-regionais, que representam quanto o setor j da região L compra do setor i da região M , são definidos por⁹¹:

$$a_{ij}^{ML} = \frac{A_{ij}^{ML}}{X_j^L} \quad (3.5)$$

Por meio da matriz $B = (I - A)^{-1}$ é possível se obter os multiplicadores de produção, que indicam o quanto é gerado de valor monetário em toda a economia para cada R\$ 1 de aumento na produção do setor em análise.

$$MP_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (3.6)$$

Onde:

MP_j é o multiplicador de produção do setor j ; e

b_{ij} é um elemento da matriz inversa de Leontief, relacionando o setor i com o setor j .

O Gráfico 6 compara os multiplicadores de produção gerados para os 56 setores das três regiões em análise, destacando os multiplicadores do setor de minério de ferro e das demais indústrias extrativas. A linha vertical define a localização que torna os multiplicadores de um mesmo setor iguais entre as regiões analisadas no gráfico.

⁹¹ A mesma ideia é válida para representar a quantidade que o setor j da região M compra do setor i da região L .

Gráfico 6. Multiplicadores de produção

Elaboração do autor.

Em termos gerais, podemos dizer que:

- i. Nas três regiões os multiplicadores das demais indústrias extrativas são superiores aos multiplicadores da indústria de minério de ferro, o que significa que impactos positivos ou negativos na produção destas indústrias têm efeitos maiores na economia nacional do que os efeitos gerados por impactos na produção de minério de ferro;
- ii. Os multiplicadores das indústrias de mineração não estão entre os maiores da economia nacional em nenhuma das três regiões⁹², ficando com valores sempre abaixo de 2;
- iii. Os multiplicadores da indústria de mineração do PA são inferiores aos multiplicadores da indústria mineira e da indústria do RBR; e
- iv. Quando se compara MG e RBR, os multiplicadores das demais indústrias extrativas são bem parecidos, enquanto o multiplicador de minério de ferro é um pouco superior.

⁹² Os maiores multiplicadores são encontrados nas indústrias de refino de petróleo, produção de alimentos e bebidas e produção de automóveis, utilitário, caminhões e ônibus.

Estes resultados indicam que mudanças na regulação e tributação do setor extrativo mineral podem ter efeitos mais alastrados pela economia nacional se impactarem as demais indústrias extrativas de MG e do RBR do que se impactarem, por exemplo, a indústria de minério de ferro do PA.

A matriz inversa de Leontief (B) também nos permite calcular o impacto direto e indireto de cada setor na geração de empregos, impostos, valor adicionado, importações ou qualquer outra variável. A partir da equação (3.2), temos:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y \quad (3.7)$$

$$\Delta V = \hat{v} \Delta X \quad (3.8)$$

$$\hat{v} = \frac{V_i}{X_i} \quad (3.9)$$

Onde:

ΔV é um vetor ($n \times 1$) que representa o impacto de alguma mudança exógena sobre alguma variável específica (empregos, impostos, etc.); e

$\hat{v}$ é uma matriz diagonal com os valores dos coeficientes da variável em questão, obtida dividindo-se, para cada setor, o valor utilizado dessa variável (V_i) pelo total da produção do setor.

Os coeficientes da matriz inversa de Leontief (b_{ij}), associados aos valores de V_i , produzem os chamados “geradores”, que medem o impacto total, direto e indireto, sobre a variável de interesse do pesquisador para cada unidade monetária produzida para a demanda final.

$$GV_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} V_i \quad (3.10)$$

A divisão dos geradores GV_j pelo seu respectivo coeficiente direto resulta nos multiplicadores, que indicam quanto é criado, direta e indiretamente, de empregos, impostos,

valor adicionado e importações para cada unidade diretamente originada desses itens⁹³. O multiplicador do i -ésimo setor é dado então por:

$$MV_i = \frac{GV_i}{V_i} \quad (3.11)$$

A Tabela 13 resume os multiplicadores encontrados para os setores de minério de ferro e demais indústrias extrativas nas três regiões em análise, destacando suas respectivas posições no *ranking* de maiores multiplicadores. Para cada variável, foi elaborado um único *ranking* com os 56 setores das três regiões, portanto, com 168 setores.

Tabela 13. Multiplicadores de emprego, impostos, valor adicionado e importação

Variável	Região	Minério de Ferro		Outras Indústrias Extrativas	
		Multiplicador	Posição no ranking	Multiplicador	Posição no ranking
Emprego	MG	8,302	29 ^o	2,067	93 ^o
	PA	9,989	20 ^o	2,442	82 ^o
	RBR	6,955	34 ^o	1,932	96 ^o
Impostos	MG	1,954	61 ^o	1,859	90 ^o
	PA	2,002	51 ^o	1,830	97 ^o
	RBR	1,537	161 ^o	1,727	121 ^o
Valor Adicionado	MG	1,661	108 ^o	1,989	86 ^o
	PA	1,354	148 ^o	1,635	115 ^o
	RBR	1,512	128 ^o	1,991	85 ^o
Importação	MG	2,415	72 ^o	1,993	117 ^o
	PA	2,032	110 ^o	1,618	157 ^o
	RBR	2,032	111 ^o	1,770	150 ^o

Elaboração do autor.

Em termos gerais, podemos dizer que:

- i. Cada emprego gerado na indústria de minério de ferro gera muito mais empregos diretos e indiretos no restante da economia do que cada emprego gerado nas outras indústrias extrativas, e este efeito é maior no PA;
- ii. Com exceção da região do resto do Brasil, cada real de imposto gerado na produção de minério de ferro gera mais impostos diretos e indiretos no restante da economia do que

⁹³ Por exemplo, o multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos adicionais criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado.

cada real de imposto gerado nas outras indústrias extrativas, embora a diferença entre os multiplicadores seja pequena;

- iii. No que se refere ao valor adicionado, as outras indústrias extrativas aparecem com multiplicadores maiores que os multiplicadores das indústrias de minério de ferro. No entanto, nenhum multiplicador se mostrou significativamente elevado, ou seja, cada real de valor adicionado na mineração não gera muitos outros reais de valor adicionado direto ou indireto; e
- iv. Por fim, os multiplicadores de importação são maiores na indústria de minério de ferro, embora as posições no *ranking* nacional não sejam de grande destaque. Em outras palavras, há muitos outros setores que geram mais importação para cada real importado pelo respectivo setor. Esses resultados, associados aos resultados da Tabela 11, ajudam a explicar o habitual protagonismo da indústria de mineração nos superávits da balança comercial brasileira⁹⁴.

Embora os impactos da mineração no restante da economia pareçam ocorrer principalmente via multiplicação de empregos – onde cada trabalhador adicionado ou subtraído da indústria pode aumentar ou reduzir de forma significativa o número de trabalhadores em outros setores da economia – é importante ter em mente que a extração mineral não é propriamente uma atividade intensiva em mão-de-obra. Para cada R\$ 1 milhão produzido pelas outras indústrias extrativas, entre 10,7 e 6,7 trabalhadores são empregados na indústria. Já a extração de minério de ferro emprega apenas entre 1,1 e 0,7 trabalhadores para cada R\$ 1 milhão por ela produzido. A título de comparação, estes valores estão acima de 54 trabalhadores na indústria de serviços de manutenção, 48 trabalhadores na indústria de artigos para vestuário e 39 trabalhadores na agricultura, silvicultura e exploração florestal⁹⁵.

3.1.2. Índices de ligação

Utilizando o modelo básico de Leontief, definido anteriormente, é possível avaliar, numa visão intra-regional, a interdependência setorial de cada região através de índices que sintetizam as ligações da indústria em análise para trás (o quanto um setor demanda de outro

⁹⁴ Trata-se, por um lado, de um setor altamente exportador, mas cujo processo produtivo gera pouca importação.

⁹⁵ Fonte: Contas Nacionais do Brasil – IBGE, 2008.

setor) e para frente (o quanto um determinado setor é demandado pelos outros), tal como desenvolvido por Rasmussen (1956) e Hirschman (1958)⁹⁶.

A partir da matriz inversa de Leontief (B), definimos:

b_{ij} como um elemento de B ;

B^* como a média de todos os elementos de B ; e

B_{*j} e B_{i*} como as somas, respectivamente, das colunas e das linhas de B .

Assim, o índice de ligações para trás (U_j) é dado por:

$$U_j = [B_{*j} / n] / B^* \quad (3.12)$$

Como se trata de uma medida normalizada, um resultado do índice de ligação para trás superior à unidade significa que uma mudança unitária na demanda final de determinado setor gera efeitos acima da média na economia. O Gráfico 7 compara os índices de ligação de Rasmussen-Hirschmann para trás (gerados para os 56 setores das três regiões em análise), destacando os multiplicadores do setor de minério de ferro e das demais extrativas.

⁹⁶ Uma análise metodológica desses índices pode ser encontrada em Guilhoto et al. (2010).

**Gráfico 7. Índices de ligação
Rasmussen-Hirschmann para trás**

Elaboração do autor.

Os resultados acima permitem as seguintes conclusões:

- i. Nas três regiões os índices de ligação para trás das demais indústrias extrativas são superiores aos índices da indústria de minério de ferro, o que significa que a demanda de outros setores da economia nacional é mais impactada pela produção das demais indústrias extrativas do que pela produção de minério de ferro;
- ii. Os índices de ligação para trás das indústrias de mineração não estão entre os maiores da economia nacional em nenhuma das três regiões, ficando sempre abaixo ou muito próximo de 1⁹⁷;
- iii. Os índices de ligação para trás da indústria de mineração do PA são inferiores aos índices da indústria mineira e da indústria do RBR; e

⁹⁷ Devido à metodologia de construção dos índices de ligação, o valor do índice igual a 1 significa que o setor está exatamente na média dos setores da economia.

- iv. Quando se compara MG e RBR, o índice de ligação das demais indústrias extrativas é bem parecido, enquanto o índice mineiro de minério de ferro é um pouco superior.

Estes resultados reforçam as conclusões dos multiplicadores de produção ao indicarem que uma mudança unitária na demanda final das demais indústrias extrativas de MG e do RBR pode ter efeitos mais alaistrados pela economia nacional do que uma mudança, por exemplo, na demanda final da indústria de minério de ferro do PA.

Considerando a matriz inversa de Ghosh dada por $G = (I - F)^{-1}$, onde cada elemento f_{ij} da matriz F representa a parcela de insumos produzidos pelo setor i e vendida ao setor j ⁹⁸, define-se:

G^* como sendo a média de todos os elementos de G ; e

G_{i*} como a soma de uma linha típica de G

Assim, o índice de ligação para frente (U_i) é dado por:

$$U_i = [G_{i*} / n] / G^* \quad (3.13)$$

De forma análoga ao índice de ligação para trás, um índice de ligação para frente superior à unidade indica que uma mudança unitária na demanda final de todos os setores da economia gera um efeito acima da média em um determinado setor. O Gráfico 8 compara os índices de ligação de Rasmussen-Hirschmann para frente (gerados para os 56 setores das três regiões em análise), destacando os índices do setor de minério de ferro (MF) e das demais extrativas (DE).

⁹⁸ Para detalhes da proposição de Ghosh, consulte Miller e Blair (2009).

Gráfico 8. Índices de ligação Rasmussen-Hirschmann para frente

Elaboração do autor.

Os resultados acima indicam que:

- i. Nas três regiões os índices de ligação para frente das demais indústrias extrativas são superiores aos índices da indústria de minério de ferro, o que significa que os primeiros são muito mais demandados por outros setores da economia nacional. Este resultado está em linha com os dados de exportação de cada indústria apresentados anteriormente (Tabela 11), pois ao exportar maior parte da sua produção a indústria de minério de ferro deixa de ser demandada por outros setores da economia nacional;
- ii. Os índices de ligação para frente das demais indústrias extrativas estão entre os maiores da economia em MG e no RBR, embora não sejam tão elevados no PA, onde fica próximo de 1. Já os índices do minério de ferro estão na média em MG e abaixo dela no PA e no RBR; e
- iii. á em termos específicos, podemos dizer que os índices de ligação para frente da indústria de mineração do PA são inferiores aos índices da indústria mineira e da

indústria do RBR. Na comparação entre MG e RBR os índices são levemente superiores em MG.

Segundo Guilhoto (2011), a grande crítica que se faz aos índices de Rasmussen-Hirschman é que eles consideram apenas a relação entre cada setor e os demais setores da economia, não considerando os diferentes níveis de produção existente em cada um dos setores econômicos. Já os chamados índices puros de ligação levam em conta o valor da produção dos setores. Guilhoto (2011) alerta que no cálculo destes índices “*tanto as interações inter quanto as intrasetoriais são levadas em conta, como também a relevância do setor do ponto de vista do volume absoluto*”. Desta forma, os setores indicados como os mais importantes dentro da economia são, em geral, aqueles que unem grande interação e expressiva produção.

De acordo com Miller e Blair (2009), os índices puros de ligação para trás representam o impacto do valor da produção total de um dado setor sobre o resto da economia, livre da demanda de insumos próprios e dos retornos do resto da economia para o setor. Por outro lado, os índices puros de ligação para frente revelam o impacto do valor da produção total do resto da economia sobre um dado setor. Por fim, os índices puros totais de ligação são calculados somando-se os dois índices anteriores, expressos em valores correntes.

O cálculo dos índices puros de ligação se dá a partir de uma matriz A de coeficientes técnicos:

$$A = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{bmatrix} = A_j + A_r \quad (3.14)$$

Onde:

A_{jj} e A_{rr} são matrizes dos insumos diretos destinados, respectivamente, ao setor j e originados dentro do próprio setor e destinados ao resto da economia (r) e originados dentro do próprio resto da economia; e

A_{rj} e A_{jr} representam matrizes dos insumos que o setor j adquiri do resto da economia e vice-versa.

A partir de A , estima-se o seguinte modelo:

$$B = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} B_{jj} & B_{jr} \\ B_{rj} & B_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_{jj} & 0 \\ 0 & \Delta_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_j & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I & A_{jr}\Delta_r \\ A_{rj}\Delta_j & I \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Onde:

$$\Delta_j = (I - A_{jj})^{-1}$$

$$\Delta_r = (I - A_{rr})^{-1}$$

$$\Delta_{jj} = (I - \Delta_j A_{jr} \Delta_r A_{rj})^{-1}$$

$$\Delta_{rr} = (I - \Delta_j A_{rj} \Delta_j A_{jr})^{-1}$$

Assim, o índice puro de ligação para trás (PBL) e o índice puro de ligação para frente (PFL) passam a ser definidos da seguinte forma:

$$PBL = \Delta_r A_{rj} \Delta_j Y_j \quad (3.16)$$

$$PFL = \Delta_j A_{jr} \Delta_r Y_r \quad (3.17)$$

Já o índice puro total das ligações (PTL) é dado pela soma de PBL e PFL:

$$PTL = PBL + PFL \quad (3.18)$$

Todos os índices puros mencionados acima têm suas versões normalizadas que são expressas por:

$$PBLN_i = PBL_i / \left(\sum_{i=1}^n PBL_i / n \right) \quad (3.19)$$

$$PFLN_i = PFL_i / \left(\sum_{i=1}^n PFL_i / n \right) \quad (3.20)$$

$$PTLN_i = PTL_i / \left(\sum_{i=1}^n PTL_i / n \right) \quad (3.21)$$

Devido à grande amplitude dos resultados encontrados, os índices de ligação puro normalizados são apresentados a seguir através de tabela, e não gráficos. Vale relembrar que os índices puros levam em consideração o tamanho de cada setor na economia, medido pelo nível de produção, o que gera resultados um pouco diferentes dos encontrados nos índices de Rasmussen-Hirschmann.

Tabela 14. Índices de ligação puro normalizados

			Minério de Ferro	Demais Extrativas
Para Trás	MG	Índice	0,604497269	0,041776104
		Posição Região	8º	44º
		Posição Nacional	50º	116º
	PA	Índice	0,246301541	0,114159924
		Posição Região	4º	11º
		Posição Nacional	74º	95º
	RBR	Índice	0,383189453	0,211186431
		Posição Região	49º	53º
		Posição Nacional	62º	78º
Para Frente	MG	Índice	0,452319221	0,230726514
		Posição Região	14º	20º
		Posição Nacional	54º	62º
	PA	Índice	0,112255821	0,082887002
		Posição Região	9º	13º
		Posição Nacional	84º	94º
	RBR	Índice	0,192579136	0,857684317
		Posição Região	46º	32º
		Posição Nacional	70º	38º
Total	MG	Índice	0,52851343	0,136120707
		Posição Região	11º	31º
		Posição Nacional	60º	94º
	PA	Índice	0,179371333	0,098545079
		Posição Região	4º	11º
		Posição Nacional	85º	101º
	RBR	Índice	0,288016044	0,533988516
		Posição Região	49º	55º
		Posição Nacional	75º	59º

Elaboração do autor.

No que se refere ao setor de minério de ferro, a tabela acima mostra que:

- i. Os índices de ligação são sempre maiores em MG e menores no PA, embora estejam todos abaixo de 1;
- ii. Os índices de ligação para trás são superiores aos índices de ligação para frente, o que significa que mudanças na produção de minério de ferro impactam mais a demanda dos demais setores da economia do que mudanças na produção dos demais setores impactam a demanda por minério de ferro; e

- iii. Considerando a posição do setor dentro da sua região, o setor de minério de ferro atinge maior destaque no PA e menor no RBR.

No que se refere ao setor das demais indústrias extrativas, a tabela acima nos mostra que:

- i. Os índices de ligação são sempre maiores no RBR, mas menor em MG na ligação para trás e menor no PA na ligação para frente;
- ii. Em todos os casos os índices também estão abaixo de 1⁹⁹;
- iii. Os índices de ligação para trás são inferiores aos índices de ligação para frente em MG e no RBR, acontecendo o contrário apenas no PA; e
- iv. Considerando a posição do setor dentro da sua região, as demais indústrias extrativas atingem maior destaque no PA e menor no RBR.

Os resultados até aqui evidenciam que, em linhas gerais, por ter maior vocação para exportação, o setor de minério de ferro é menos atrelado ao resto da economia nacional do que as demais indústrias extrativas. Ou seja, impactos gerados pelo novo Código de Mineração têm maior probabilidade de se alastrarem pela economia brasileira através das demais indústrias extrativas do que através da produção de minério de ferro. Por outro lado, é importante salientar que o minério de ferro está mais exposto à competição internacional, o que pode ser lesivo caso a indústria perca competitividade devido ao aumento da carga tributária.

Na questão regional, também por conta da sua vocação para a exportação, a indústria paraense parece ser a que menos afeta a economia nacional, embora o Pará se apresente como o estado proporcionalmente mais dependente da indústria de mineração.

Com o intuito de obtermos uma visão melhor sobre quais setores da economia nacional são de fato mais afetados por mudanças na regulação mineral, a subseção seguinte apresenta uma breve análise baseada na matriz de intensidade da economia nacional.

⁹⁹ Devido à metodologia de construção dos índices normalizados, o valor do índice igual a 1 significa que o setor está exatamente na média dos demais setores da economia.

3.1.3. Matriz de intensidade

De acordo com Sonis *et al.* (1997) e Sonis e Hewings (1999), a Matriz Intensidade possibilita a comparação da importância relativa de várias estruturas econômicas, em diferentes regiões. A análise visual, por meio de gráficos tridimensionais, traz a noção de intensidade associada à matriz. Considere as relações:

$$M_c(B) = [B_{*1} B_{*2} \dots B_{*n}] \quad (3.22)$$

$$M_l(B) = \begin{bmatrix} B_{1*} \\ B_{2*} \\ \vdots \\ B_{n*} \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

Os elementos do primeiro vetor representam a soma de uma coluna da matriz inversa de Leontief, enquanto o segundo vetor representa a soma de uma linha dessa matriz. A matriz de intensidade (M) é dada por:

$$M = \frac{1}{b_{**}} M_l M_c = [m_{ij}] \quad (3.24)$$

Onde:

b_{**} representa a soma de todos os elementos da matriz inversa de Leontief.

Desta forma, tem-se um instrumento adicional que permite a combinação das informações descritas até aqui e a definição sobre os setores nos quais os índices de ligação (para frente e para trás) da indústria de mineração são mais fortes.

O Gráfico 9 apresenta uma visualização tridimensional da matriz de intensidade, onde os números nos eixos do plano representam os números correspondentes aos setores (vide Tabela 9) e os números no eixo vertical a intensidade das ligações do setor. O eixo da esquerda relaciona os setores de acordo com suas ligações para frente e, portanto, o eixo da direita relaciona os setores de acordo com suas ligações para trás.

Gráfico 9. Matriz de intensidade

Elaboração do autor.

A matriz acima nos permite mais uma vez constatar que:

- i. Os índices de ligação das demais indústrias extrativas são superiores aos índices da indústria de minério de ferro (com exceção do minério de ferro mineiro em relação às demais extrativas do PA);
- ii. As demais indústrias extrativas de MG e do RBR se destacam em relação às demais indústrias de mineração de qualquer região, sobre tudo nas ligações para frente (visualizadas no eixo da esquerda);
- iii. A indústria de minério de ferro do PA é a que possui as menores ligações para frente e para trás.

A matriz de intensidade também nos permite relacionar os setores com quem a indústria de mineração possui as maiores ligações para frente e para trás:

Tabela 15. Principais ligações da mineração

Ligações para frente	Ligações para trás
Alimentos e Bebidas	Defensivos agrícolas
Automóveis, camionetas e utilitários	Fabricação de resina e elastômeros
Caminhões e ônibus	Outros da indústria extrativa
Defensivos agrícolas	Petróleo e gás natural
Fabricação de resina e elastômeros	Produtos químicos
Refino de petróleo e coque	Produtos e preparados químicos diversos
Elaboração do autor.	

Em resumo, o estudo das inter-relações da atividade de mineração com os demais setores da economia mostrou, de maneira geral, que quanto maior a parcela da produção destinada à exportação menor tende a ser o impacto da atividade mineradora sobre o resto da economia. Isto ocorre, por exemplo, com a indústria de minério de ferro e com a região do Pará, que possuem maior vocação para exportação. A indústria de mineração não se revelou entre os maiores setores da economia nacional em relação as suas ligações como ofertante e demandante de outras indústrias nacionais (com exceção do índice de ligação para frente das demais indústrias de mineração), mas mostrou forte influência em importantes indústrias de base da matriz de produção nacional.

Os resultados dos multiplicadores de produção e das inter-relações setoriais apontadas acima serão usados para simular os choques de aumento na cobrança da CFEM propostos na seção seguinte, com o intuito de estimar os reais impactos que a economia nacional pode sofrer com uma nova carga tributária sobre a indústria de extração mineral.

3.2 Simulação dos impactos do aumento da CFEM

Conforme mencionado anteriormente, para simular os potenciais impactos do aumento na carga tributária associada à CFEM adotou-se um modelo de equilíbrio geral computável inter-regional com simulações de estática comparativa, construído com base na estrutura teórica do modelo B-MARIA (Haddad, 1999) e desenvolvido pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) a partir do modelo B-MARIA-27 (Haddad, 2004).

O modelo desenvolvido pela FIPE contém mais de 480 mil equações em sua forma estrutural e foi criado para análises econômicas de políticas públicas. O comportamento dos agentes é modelado a nível regional, permitindo variações na estrutura das economias locais em relação à economia nacional. São considerados três blocos principais de equações determinando relações de oferta e demanda e condições de equilíbrio dos mercados. Adicionalmente, diversas agregações regionais e nacionais são definidas, como, por exemplo, emprego agregado, índices de preços e saldos comerciais. Funções de produção combinadas em três níveis e demanda de consumo das famílias também são pré-definidas. No caso das firmas, é adotada a hipótese de combinação em proporção fixa no uso dos insumos intermediários e fatores primários no primeiro nível, enquanto no segundo nível há a possibilidade de substituição entre o insumo de origem doméstica e importada, de um lado, e entre trabalho e capital, de outro. No terceiro nível um agregado do conjunto dos insumos intermediários é formado pela combinação de insumos de diferentes origens (Domingues e Haddad, 2003).

Adota-se uma especificação de elasticidade-preço de substituição constante (CES) e as soluções do modelo são obtidas através de uma abordagem *bottom-up*, ou seja, resultados nacionais são gerados a partir da agregação de resultados regionais. Para cada região, o modelo contempla 56 setores produtivos (dados pela Tabela 9), 110 produtos e uma família representativa, além dos governos regionais e federal e um setor externo que pode comercializar com todos os agentes. Dois fatores primários são usados no processo de produção local (capital e trabalho), de acordo com as dotações de cada região¹⁰⁰.

O modelo ainda inclui de forma explícita alguns importantes elementos dos sistemas inter-regionais, respeitando a estrutura presente na matriz de insumo-produto explorada anteriormente:

- Fluxos inter-regionais de bens e serviços;
- Custos de transporte separados por pares de origem e destino;
- Movimento inter-regional de fatores primários;
- Regionalização das transações do setor público; e

¹⁰⁰ Para mais informações a respeito da estrutura teórica e computacional dos modelos de equilíbrio geral computável da família B-MARIA veja – além de Haddad (1999) e Haddad (2004) – Haddad *et al.* (2008), Polenske (2002) e Azzoni (2001).

- Segmentação regional do mercado de trabalho.

3.2.1. Fechamento de curto e longo prazo

A modelagem de equilíbrio geral pode ser utilizada para simulações de estática comparativa com fechamentos de curto e longo prazo¹⁰¹. A principal diferença em cada exercício diz respeito ao tratamento empregado na abordagem microeconômica do ajustamento do estoque de capital e do funcionamento do mercado de trabalho.

No curto prazo, há imobilidade intersetorial e inter-regional do capital; além disso, a população regional, a oferta de trabalho e o salário real são fixos, com diferenciais de salários regionais constantes. Desta forma, variações na demanda por trabalho são atendidas via variações na taxa de desemprego, ao invés de gerar impactos sobre o salário real. Já a imobilidade inter-regional do trabalho no curto prazo supõe que a migração é uma decisão de longo prazo, enquanto os diferenciais nominais de salário constantes refletem a segmentação geográfica da força de trabalho. Do lado da demanda, as empresas não podem reavaliar decisões de investimento no curto prazo, portanto estes gastos são exógenos. Já o consumo da família segue sua renda disponível e os gastos dos governos são fixos¹⁰². Por fim, as variáveis de choque tecnológico são exógenas, dado que o modelo em tela não apresenta nenhuma teoria de crescimento endógeno.

No longo prazo, capital e trabalho podem se mover intersetorialmente e inter-regionalmente. As principais diferenças em relação ao curto prazo estão exatamente na configuração do mercado de trabalho e da acumulação de capital. O emprego agregado é determinado pelo crescimento da população, pelas taxas de participação na força de trabalho e pela taxa natural de desemprego. A distribuição espacial e setorial deste emprego é totalmente determinada endogenamente, ou seja, o trabalhador é atraído para os setores mais competitivos nas regiões mais favorecidas. Da mesma forma, o capital é deslocado para os setores mais atrativos, mantendo as taxas de retorno em seus níveis iniciais.

¹⁰¹ Para mais informações sobre fechamentos em modelos de equilíbrio geral computável ver Dixon e Parmenter (1996).

¹⁰² O déficit do governo pode ser definido exogenamente, permitindo a alteração dos gastos do governo.

Dado que o modelo trabalha com preços relativos, a taxa de câmbio foi definida como numerário, o que garante a não existência de políticas cambiais, definidas de forma endógena ou exógena, para se obter alguma meta de superávit ou inflação.

3.2.2. Choques

A escolha de realizar simulações através de um modelo de equilíbrio geral se deu pela possibilidade de testar os impactos, sobre as economias regionais, de diferentes mudanças na carga tributária incidente sobre a indústria de mineração, dado o iminente aumento da cobrança de *royalties* no Brasil. Para isso, foram estimados três cenários:

- **Cenário 1:** elevação de 1% na arrecadação tributária total incidente sobre a extração de minérios;
- **Cenário 2:** elevação de 3% na arrecadação tributária total incidente sobre a extração de minérios; e
- **Cenário 3:** elevação de 6% na arrecadação tributária total incidente sobre a extração de minérios.

Dado que a CFEM é apenas uma rubrica da carga tributária sobre a exploração mineral (vide seção 2.3.2), um determinado aumento percentual na tributação total do setor representa uma elevação proporcionalmente superior nas alíquotas da CFEM. Entretanto, a opção pelos cenários de aumento na carga tributária total, ao invés de um aumento apenas nos *royalties*, se deu por uma limitação do modelo adotado. Isto porque, apesar de discriminar a tributação incidente sobre cada setor em cada região, o modelo em tela não abre esta tributação em diferentes rubricas (por exemplo, IRPJ, ICMS, CFEM, etc.).

Antes de dar os choques no modelo, mas após sua implementação e calibragem¹⁰³, recomenda-se um teste para averiguar possíveis erros computacionais e de balanceamento do banco de dados. Dada a estrutura teórica presente (homogêneo de grau zero para alterações no numerário), um teste de homogeneidade pode ser implementado aplicando-se um choque de 1% no numerário do modelo para o seu fechamento de curto prazo. O resultado esperado é

¹⁰³ Sobre calibragem de modelos de equilíbrio geral computável ver Haddad (1999), Dixon e Parmenter (1996) e Dixon *et al.* (1992).

um aumento de 1% em todas as variáveis nominais, sem que as variáveis reais se alterem, e o modelo aqui utilizado correspondeu a esta expectativa.

Após realizado o teste e verificada a adequação do modelo, os choques foram implementados com o intuito de refletir a seguinte cadeia de fenômenos:

- i. Há um aumento na carga tributária incidente sobre a indústria de mineração, conforme o cenário escolhido;
- ii. A variação na arrecadação tributária do governo se deve ao aumento da cobrança de royalties sobre a exploração mineral, dado que todos os demais tributos permaneceram constantes;
- iii. Esta nova arrecadação destina-se: 65% para o município onde foi extraída a substância mineral; 23% para o respectivo estado; e 12% para órgãos da União¹⁰⁴;
- iv. A nova arrecadação dos municípios e estados produtores é gasta com investimentos dentro da própria região, devido exatamente ao seu propósito de compensação financeira à sociedade por conta da extração mineral¹⁰⁵; e
- v. Esta injeção de recursos se espalha pela economia conforme os fluxos de comércio da região.

No limite, o objetivo das simulações aqui implementadas é mensurar os resultados do item ‘v’, a partir do evento ocorrido em ‘a’, *vis-à-vis* as potenciais perdas oriundas da menor atividade na indústria de mineração, dado o aumento do seu custo de produção. Entretanto, como a estrutura das equações do modelo não segue exatamente a lógica descrita nos itens acima, os choques que refletem esta sequência foram, na prática, implementados de forma diferente.

Como o modelo adotado não distribui os gastos do governo com a nova arrecadação, necessariamente, através de investimentos dentro da economia local, primeiramente era preciso mensurar quanto um aumento percentual na arrecadação tributária iria gerar de

¹⁰⁴ Vide capítulo 2.

¹⁰⁵ Dada a arbitrariedade da escolha de quais deveriam ser os setores da economia regional contemplados com estes investimentos, considerou-se que os novos gastos do governo, apesar de ocorrerem dentro da economia local, seriam repartidos de acordo com a distribuição que já ocorria antes do aumento na arrecadação.

recursos a mais em reais para o governo. Com este intuito, adotou-se o seguinte procedimento¹⁰⁶:

- i. Foi dado um choque de aumento na arrecadação tributária do governo sobre a produção de quatro dos 110 produtos existentes no banco de dados, sendo eles, minério de ferro, carvão mineral, minerais metálicos não-ferrosos e minerais não-metálicos¹⁰⁷; e
- ii. A partir do choque anterior, foi calculada a variação, em reais, na arrecadação tributária de cada região, referente à produção destes produtos¹⁰⁸.

Dado o aumento verificado na arrecadação tributária, era preciso mensurar quanto isto representava dos gastos dos governos regionais na sua própria economia regional. Para isso, adotou-se o seguinte procedimento¹⁰⁹:

- i. Para cada região, foi aplicado o percentual de 88% sobre o valor da variação na arrecadação do governo, referente ao montante da CFEM que é destinado aos municípios e estados produtores¹¹⁰;
- ii. Foram levantados os valores, em reais, referentes aos gastos de cada governo regional dentro da sua própria região, antes do choque na carga tributária; e
- iii. Para cada região, foi calculada a razão entre os valores encontrados nos itens 'i' e 'ii', com o intuito de mensurar quanto, em termos percentuais, o aumento da arrecadação tributária representava no gasto do governo dentro da sua região.

A partir destes resultados, é possível saber qual deve ser o choque no gasto de cada governo regional dentro da sua região com o intuito de refletir o gasto exato dos recursos oriundos do

¹⁰⁶ Esta sequência foi implementada para cada par cenário-fechamento, considerando os três cenários existentes e os dois tipos de fechamento (curto e longo prazo).

¹⁰⁷ A opção pelo choque na tributação sobre a produção destes quatro produtos ao invés do choque direto na tributação de um setor específico ocorreu por dois motivos: (i) não há na base de dados utilizada no modelo um setor que contemple apenas empresas de exploração mineral sujeitas ao pagamento da CFEM; e (ii) devido à configuração do banco de dados, aparecem vários setores que produzem estes quatro produtos, sendo que sobre a produção de cada um deles pode incidir a CFEM.

¹⁰⁸ Calculado através do valor da arrecadação depois do choque menos o valor da arrecadação antes do choque.

¹⁰⁹ Mais uma vez, esta sequência foi implementada para cada par cenário-fechamento, considerando os três cenários existentes e os dois tipos de fechamento (curto e longo prazo).

¹¹⁰ Vide capítulo 2.

aumento na arrecadação tributária, por conta da mudança na CFEM¹¹¹. Assim, identifica-se como e em qual proporção devem ser os choques para que reflitam a sequência lógica originalmente pretendida. Portanto, desfeitas as simulações anteriores e voltando ao modelo original, os choques implementados foram os descritos na Tabela 16.

Tabela 16. Choques implementados

	Fechamento	Aumento na carga tributária	Aumento nos gastos do governo regional		
			MG	PA	RBR
Cenário 1	Curto prazo	1%	0,82%	2,99%	0,10%
	Longo Prazo	1%	0,82%	2,99%	0,10%
Cenário 2	Curto prazo	3%	2,42%	8,87%	0,29%
	Longo Prazo	3%	2,40%	8,77%	0,29%
Cenário 3	Curto prazo	6%	4,74%	17,36%	0,58%
	Longo Prazo	6%	4,69%	17,16%	0,57%

Elaboração do autor.

Os principais resultados das simulações são apresentados a seguir.

3.2.3. Resultados

Inicialmente, é importante lembrar que o modelo de equilíbrio geral computável faz simulações de estática comparativa, ou seja, dado um equilíbrio inicial da economia, os choques elencados na tabela anterior são aplicados e o modelo reproduz o novo equilíbrio, apresentando como resultado a variação líquida de cada variável endógena. Desta forma, não há uma referência explícita à dinâmica imposta na economia até que se chegue ao novo equilíbrio. Esta questão é relevante porque nas simulações realizadas aqui duas forças contrárias parecem atuar sobre os mercados. Para ilustrar este ponto, a figura abaixo exhibe as relações causais esperadas para as economias regionais produtoras de minério após um choque na alíquota da CFEM.

¹¹¹ Vale destacar que não há problemas de duplicidade neste choque por conta de eventuais aumentos endógenos nos gastos do governo devido ao choque de aumento na arrecadação, pois, conforme visto na subseção anterior, os gastos do governo são fixos e mudanças neste sentido dependem de alterações exógenas nos próprios gastos ou no déficit do governo.

Figura 3. Relações causais esperadas após o aumento da CFEM

Elaboração do autor.

Portanto, espera-se que o aumento da CFEM gere três impactos diretos: (i) aumento da arrecadação do governo; (ii) redução do investimento das companhias mineradoras (dada a menor atratividade do negócio); e (iii) redução da competitividade do minério brasileiro no mercado internacional (dado o aumento do custo de produção), o que reforça a queda do investimento. O interessante a se notar são os efeitos contrários gerados na sequência. Enquanto o aumento da arrecadação e dos gastos do governo aquece a demanda interna, gerando elevação de renda e preços, a redução do investimento esfria a demanda interna, gerando diminuição de renda e preços.

Sendo esta a verdadeira dinâmica advinda do choque na CFEM, os resultados encontrados a partir das simulações devem mostrar o efeito líquido destas forças. Se o impacto do maior gasto público for superior, encontraremos um aumento da atividade econômica. Já se o impacto do menor investimento for superior, o resultado será o contrário. Vale relembrar que o principal argumento dos críticos ao aumento da CFEM baseia-se justamente na redução da competitividade do setor no mercado mundial, o que pode levar, de acordo com os empresários e em linha com a dinâmica da figura acima, a uma queda na renda da economia regional.

A Tabela 17 exhibe alguns resultados macroeconômicos de curto e longo prazo referentes à economia nacional nos três cenários simulados. Com exceção da taxa de desemprego, cujo resultado é exibido em termos de aumento ou queda de pontos percentuais, os demais resultados são apresentados em variação percentual.

Tabela 17. Resultados macroeconômicos nacionais (em variação %)

Variáveis	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
PIB Real	0,0118	0,0343	0,0676	0,6423	1,9738	4,2252
Consumo Real das Famílias	0,0018	0,0043	0,0092	1,6137	5,0163	10,9234
Índice de preços ao consumidor	0,0142	0,0378	0,0797	2,4618	8,0583	19,2572
Taxa de Desemprego (mudança em p.p.)	-0,0264	-0,0769	-0,1521	0,0000	0,0000	0,0000
Nível da Dívida/PIB	-0,0001	-0,0002	-0,0004	-0,0045	-0,0139	-0,0300
Arrecadação com Impostos Indiretos	0,1672	0,4927	0,9725	2,3189	7,4955	17,5432
Superávit da Balança Comercial (%PIB)	-0,0046	-0,0133	-0,0271	-0,3620	-1,0904	-2,2395

Elaboração do autor.

PIB, consumo das famílias, índice de preços e arrecadação com impostos aumentaram em todas as situações, com efeitos superiores no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM. No curto prazo, a taxa de desemprego caiu, mas no longo prazo, devido à perfeita mobilidade dos trabalhadores¹¹², ela retorna ao seu equilíbrio original. Já a relação dívida/PIB caiu em todas as situações, devido ao aumento tanto da arrecadação pública quanto do próprio PIB. Por fim, a queda nas exportações de minério e produtos derivados gerou maior redução do superávit da balança comercial quanto maior foi o aumento na carga tributária incidente sobre a extração mineral.

Os números acima sugerem que no âmbito nacional o efeito do aquecimento na atividade econômica gerado pelo aumento dos gastos públicos supera o efeito da queda na atividade da indústria de mineração.

No âmbito regional, conforme era de se esperar, devido à importância dos minérios na pauta de exportação brasileira, o volume de exportações caiu em todas as regiões e esta queda é maior quanto maior for o choque na CFEM. Entretanto, vale notar que a queda observada nas exportações é maior em Minas Gerais e no Pará do que no resto do país no curto prazo, mas é menor no longo prazo. Este fenômeno provavelmente está relacionado ao efeito do aumento do custo do minério nas outras indústrias nacionais que usam esta matéria prima (vide Tabela 15). No longo prazo, o encarecimento do minério eleva o custo de produção de outras indústrias pelo Brasil, prejudicando suas exportações.

¹¹² Vide seção 3.2.1.

Tabela 18. Volume de exportação (em variação %)

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	-0,0838	-0,2499	-0,5035	-1,6907	-5,3098	-11,7273
Pará	-0,3101	-0,9111	-1,8420	-1,7022	-5,5632	-12,4263
Resto do Brasil	-0,0342	-0,0988	-0,2000	-1,7671	-5,5923	-12,4936

Elaboração do autor.

Devido ao aquecimento da demanda interna, por conta do maior gasto público, as importações aumentaram em todas as regiões e foram tão maiores quanto maior foi o choque na CFEM. Por um fenômeno similar ao ocorrido com as exportações, ou seja, o contágio de outros setores da economia, o aumento da importação foi superior em Minas e no Pará no curto prazo, mas superior no resto do Brasil no longo prazo.

Tabela 19. Volume de importação (em variação %)

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	0,0272	0,0783	0,1558	1,6578	5,3959	12,7823
Pará	0,0871	0,2489	0,5475	1,9001	6,2134	14,6890
Resto do Brasil	0,0093	0,0255	0,0538	1,9384	6,2740	14,7187

Elaboração do autor.

Vale destacar ainda que, devido à abordagem *bottom-up* do modelo, os resultados encontrados para as exportações e importações regionais estão em linha com os resultados encontrados para o superávit da balança comercial nacional.

Esta mesma sintonia é verificada no PIB real regional. Tal como o resultado nacional, a produção regional cresceu em todas as situações, com efeitos superiores no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM. Mais uma vez devido ao efeito contágio de outros setores da economia, o PIB cresceu mais em Minas e no Pará no curto prazo e mais no resto do Brasil no longo prazo.

Tabela 20. PIB Real (em variação %)

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	0,0534	0,1570	0,3052	0,3694	1,1430	2,4835
Pará	0,1867	0,5600	1,1075	0,6120	2,0091	4,3673
Resto do Brasil	0,0076	0,0218	0,0433	0,6702	2,0589	4,4037

Elaboração do autor.

O consumo real das famílias cresceu em Minas Gerais e no Pará, outra vez com efeitos superiores no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM. Entretanto, a despeito do crescimento do consumo no longo prazo (superior até ao verificado nas demais regiões), o resto do Brasil apresentou leve retração do consumo real no curto prazo. Este resultado pode estar lastreado no menor aumento proporcional nos gastos dos governos do resto do Brasil, fazendo com que no curto prazo a queda na atividade e no investimento se sobreponha.

Tabela 21. Consumo real das famílias (em variação %)

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	0,0666	0,1964	0,3834	1,3986	4,3506	9,4862
Pará	0,2364	0,6968	1,3937	1,5994	5,0268	11,0379
Resto do Brasil	-0,0052	-0,0165	-0,0313	1,6370	5,0886	11,0797

Elaboração do autor.

Com o aquecimento da demanda interna e a queda no superávit comercial (que impacta a taxa de câmbio nominal), os índices de preço aumentaram em todas as situações, com efeitos superiores no Pará, no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM.

Tabela 22. Índice de preços ao consumidor (em variação %)

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	0,0247	0,0690	0,1404	2,5569	8,3568	19,9216
Pará	0,0759	0,2377	0,5239	2,6651	8,6716	20,7758
Resto do Brasil	0,0131	0,0344	0,0731	2,4515	8,0261	19,1857

Elaboração do autor.

Por sua vez, tal como no cenário nacional, a taxa de desemprego caiu no curto prazo em todas as regiões. No longo prazo, a perfeita mobilidade da mão-de-obra leva o desemprego de volta ao seu equilíbrio inicial.

**Tabela 23. Taxa de desemprego
(resultado em mudança nos pontos percentuais)**

Região	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minas Gerais	-0,1090	-0,3216	-0,6291	0,0000	0,0000	0,0000
Pará	-0,3759	-1,1599	-2,2798	0,0000	0,0000	0,0000
Resto do Brasil	-0,0162	-0,0466	-0,0930	0,0000	0,0000	0,0000

Elaboração do autor.

A tabela abaixo exhibe alguns outros resultados regionais referentes aos estados de Minas Gerais e Pará. Conforme era esperado após os resultados acima, o consumo das famílias relativo ao consumo nacional cresceu no curto prazo, mas caiu no longo prazo.

Ainda em linha com o esperado, a renda dos fatores primários (capital e trabalho), o consumo e o investimento do governo e suas receitas com impostos sobre intermediários, investimentos e consumo cresceram em todas as situações, com efeitos superiores no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM. Entretanto, a receita com impostos sobre as exportações cresceu mais no curto do que no longo prazo. Este fenômeno está claramente ligado ao fato de que a indústria de mineração precisa de um tempo para responder ao choque na CFEM. No curto prazo, quando os investimentos já estão definidos e os contratos ainda estão em vigor, os produtores de minério são mais inelásticos ao aumento da carga tributária.

Por fim, vale destacar o maior aumento da arrecadação do governo com impostos sobre intermediários e exportadores, exatamente onde estão situadas as mineradoras. Em resumo, os resultados regionais sugerem que o efeito do aquecimento na atividade econômica gerado pelo aumento dos gastos públicos supera o efeito da queda na atividade da indústria de mineração.

Tabela 24. Outros resultados regionais (em variação %)

Variáveis	Minas Gerais					
	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Razão do Consumo Regional/Nacional	0,0649	0,1922	0,3742	-0,2116	-0,6339	-1,2956
Renda dos Fatores Primários	0,1243	0,3627	0,7142	2,9956	9,6477	22,4392
Consumo do Governo Regional	0,5500	1,6226	3,1994	2,9872	9,6427	22,4879
Investimento do Governo	0,0256	0,0736	0,1488	2,1759	7,0016	16,2638
Receita Impostos Indiretos	0,3552	1,0521	2,0776	2,5700	8,2863	19,2966
Receita Impostos Ind. s/ Intermediários	0,6330	1,8789	3,7100	2,0222	6,4168	14,5088
Receita Impostos Ind. s/ Investimento	0,0191	0,0547	0,1108	1,9385	6,2235	14,3989
Receita Impostos Ind. s/ Consumo	0,0881	0,2567	0,5068	3,3564	10,9512	26,0439
Receita Impostos Ind. s/ Exportação	3,2753	9,6228	18,6569	2,2077	6,1239	10,3989

Variáveis	Pará					
	Curto Prazo			Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Razão do Consumo Regional/Nacional	0,2377	0,7039	1,3704	-0,2340	-0,7010	-1,4328
Renda dos Fatores Primários	0,4552	1,3283	2,6156	3,3129	10,6695	24,8157
Consumo do Governo Regional	2,0142	5,9423	11,7170	3,3036	10,6639	24,8696
Investimento do Governo	0,0938	0,2695	0,5449	2,4063	7,7431	17,9863
Receita Impostos Indiretos	1,3008	3,8530	7,6087	2,8422	9,1639	21,3403
Receita Impostos Ind. s/ Intermediários	2,3182	6,8810	13,5869	2,2364	7,0964	16,0454
Receita Impostos Ind. s/ Investimento	0,0699	0,2003	0,4058	2,1438	6,8826	15,9239
Receita Impostos Ind. s/ Consumo	0,3226	0,9401	1,8560	3,7119	12,1110	28,8022
Receita Impostos Ind. s/ Exportação	11,9949	35,2410	68,3260	2,4415	6,7725	11,5002

Elaboração do autor.

Há ainda dois resultados específicos da indústria de mineração que valem ser exibidos. Conforme destaque na seção 3.1, para representar esta indústria, foram selecionados no banco de dados os setores de “Minério de ferro” (que possui apenas empresas que recolhem a CFEM) e de “Outras da Indústria Extrativa” (que possui algumas empresas, a menor parte, que não recolhem a CFEM por serem isentas).

Tabela 25. Emprego na indústria (em variação %)

Setor	Curto Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minério de Ferro	-1,0722	-3,1790	-6,2630
Outras Extrativas	-0,4935	-1,4538	-2,8450
Médio dos demais setores	0,0128	0,0379	0,0723
Mínimo dos demais setores	-0,1451	-0,4261	-0,8376

Setor	Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minério de Ferro	-3,2252	-9,7340	-20,0943
Outras Extrativas	-2,3632	-7,1831	-15,0526
Médio dos demais setores	-0,2950	-0,9130	-1,9775
Mínimo dos demais setores	-2,1293	-6,5492	-14,0158

Elaboração do autor.

É interessante notar que a queda do emprego na indústria de minério de ferro foi sempre superior. Por conta do aquecimento da demanda interna, a média do emprego nas demais indústrias (ou seja, desconsiderando as indústrias extrativas) cresceu no curto prazo, embora tenha revertido esta tendência no longo prazo. Vale destacar ainda que a queda do emprego nas indústrias extrativas (Minério de Ferro e Outras Extrativas) foi superior a maior queda verificada entre todas as demais indústrias (Mínimo dos demais setores), tanto no curto quanto no longo prazo. Entretanto, as indústrias com maior queda no emprego, excetuando-se as extrativas, foram as indústrias de “Fabricação de aço e derivados”, “Metalurgia de metais não-ferrosos” e “Outros equipamentos de transporte”, todas claramente ligadas à cadeia produtiva que inclui as indústrias extrativas.

Quanto ao nível de atividade, houve queda na indústria extrativa mineral em todas as situações, com efeitos superiores no minério de ferro, no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação da CFEM.

Tabela 26. Nível de atividade na indústria (em variação %)

Setor	Curto Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minério de Ferro	-0,1549	-0,4677	-0,9471
Outras Extrativas	-0,1423	-0,4221	-0,8346
Médio dos demais setores	0,0142	0,0418	0,0811
Mínimo dos demais setores	-0,0468	-0,1378	-0,2719

Setor	Longo Prazo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Minério de Ferro	-0,8851	-2,8417	-6,4672
Outras Extrativas	-0,7481	-2,3966	-5,4603
Médio dos demais setores	0,2926	0,8698	1,7524
Mínimo dos demais setores	-1,4443	-4,5196	-9,9414

Elaboração do autor.

No curto prazo, a maior queda verificada na atividade das demais indústrias não selecionadas foi sempre inferior às quedas verificadas nas indústrias extrativas selecionadas. Entretanto, isto não ocorreu no longo prazo. Neste caso, as maiores quedas na atividade ocorreram, mais uma vez, em indústrias ligadas à atividade de mineração, como “Fabricação de aço e derivados”, “Metalurgia de metais não-ferrosos”, “Peças e acessórios para veículos automotores” e “Outros equipamentos de transporte”. Por fim, devido ao aquecimento da economia interna, houve aumento na atividade média das indústrias não selecionadas em todas as situações, com efeitos superiores no longo prazo.

3.2.4. Algumas considerações

Em linhas gerais, as simulações propostas aqui para o aumento da arrecadação tributária com a atividade de mineração mostraram que, apesar da queda no investimento e na produção da indústria extrativa mineral, o aumento dos gastos públicos regionais aqueceu as economias locais, gerando renda e elevação de preços. Os efeitos tendem a ser superiores no longo prazo e nos cenários com maior choque na arrecadação pública.

Do ponto de vista regional, o Estado do Pará – segundo maior estado produtor de minério no país, mas como uma economia bem menos diversificada do que a economia de Minas Gerais (maior estado produtor) e, portanto, mais dependente da indústria extrativa mineral – sofre

sempre impactos maiores do que os verificados na economia mineira, para o bem e para o mal.

No que se refere à indústria, a produção de minério de ferro parece sofrer mais do que a média da produção de outros minerais em termos de queda no investimento e na atividade. Mas outras indústrias dependentes de minerais como insumos básicos (por exemplo, produção de aço e metalurgia) também são fortemente impactadas.

Em termos de efeitos líquidos, os resultados das simulações enfraquecem o argumento dos críticos ao aumento da CFEM que defendem que uma elevação na carga tributária sobre o setor pode minar a competitividade do produto nacional e prejudicar as economias locais.

Entretanto, esses resultados precisam ser considerados com uma série de ressalvas. No contexto amplo dos modelos de equilíbrio geral computável, por exemplo, ao se tratar de um modelo de estática comparativa, uma série de condicionantes (ou outros choques) é considerada constante, fazendo com que os agentes estejam imunes a outros incentivos não modelados e que podem atuar em conjunto com o choque implementado. Além disso, questões como concorrência e mobilidade de fatores imperfeita, racionamentos, incerteza e racionalidade limitada são sempre fragilidades dos resultados encontrados neste tipo de modelagem. Já no contexto específico do estudo em tela, além do fato óbvio de que as condições de mercado mudam ao longo do tempo, duas questões específicas sobre o novo código de mineração merecem atenção por potencialmente alterarem os resultados da simulação acima:

- i. O Projeto de Lei que estabelece o novo Código de Mineração pretende alterar a base de cálculo da CFEM do atual faturamento líquido das mineradoras para o seu faturamento bruto. Esta alteração, no entanto, tende a mudar o comportamento das companhias mineradoras que atuam no Brasil, alterando suas escolhas ligadas à produção e ao investimento e, conseqüentemente, influenciando o equilíbrio ótimo da exploração mineral; e
- ii. Os choques de arrecadação implementados neste capítulo consideram que os governos beneficiados com o aumento da CFEM irão manter constantes suas políticas fiscais anteriores, ou seja, sem modificar seu comportamento fiscal diante dos novos recursos à disposição. Embora não se possa garantir o contrário, sem que o novo Código de

Mineração defina parâmetros para a aplicação dos novos recursos, é difícil a princípio assegurar qual será o comportamento dos governantes locais.

Neste sentido, os próximos capítulos desta tese buscam estudar aspectos do comportamento das empresas mineradoras e dos governos de regiões produtoras de minérios relacionados aos dois itens acima, com o intuito de gerar conhecimento e, potencialmente, sugestões regulatórias que tornem o novo arcabouço de regras da mineração mais eficiente no seu propósito de promover investimento e arrecadação pública.

4 OS PROBLEMAS NA BASE DE CÁLCULO DA CFEM

Conforme visto no Capítulo 2, um aspecto importante da proposta para o novo Código da Mineração refere-se à base de cálculo da CFEM. De acordo com o Projeto de Lei que tramita no Congresso Nacional, o Governo Federal propõe que a alíquota da CFEM passe a incidir sobre o faturamento bruto das mineradoras, ao invés do faturamento líquido de despesas com tributos, transporte e seguro, como ocorre atualmente.

Por prever o cômputo da CFEM sobre uma base de cálculo maior, esta mudança é vista como um dos pilares do aumento da arrecadação pública com a compensação, o que a coloca no centro do debate, lado a lado com a própria elevação das alíquotas. No entanto, a mudança na base de cálculo não afeta apenas a arrecadação pública e, consequentemente, a carga tributária incidente sobre o setor. Alterações deste tipo podem mexer com as decisões dos agentes do mercado, muito além de apenas fazê-los desistir da produção, pois mudam as condições de maximização do lucro das mineradoras e, consequentemente, alteram suas escolhas ligadas à produção e ao investimento, o que influencia o equilíbrio ótimo da exploração mineral.

Para investigar essas possibilidades, o objetivo deste capítulo é modelar os efeitos de diferentes arranjos na base de cálculo da CFEM e, a partir dos resultados desta etapa, propor sugestões ao novo Marco Regulatório da Mineração.

4.1 Características desejáveis da compensação financeira

É importante lembrar que a CFEM é definida como uma compensação financeira pela exploração privada de recursos minerais que são propriedades da União, portanto, públicos. Considerando tratar-se de um recurso natural não renovável, há algumas características

desejáveis para tais compensações. Por isso, antes de explorarmos os diferentes arranjos pretendidos, é oportuno nos debruçarmos sobre tais características.

Em linha com Osmundsen (1995), as diferentes formas de compensação da renda mineral não renovável podem ser classificadas como condicionais ou incondicionais.

- A **compensação incondicional** é aquele que possui valor pré-definido e independente do resultado que o produtor obteve com a exploração do recurso natural. Exemplo dessa modalidade são os Bônus de Assinatura pagos pelas empresas vencedoras dos leilões de blocos para exploração de petróleo (Brasil e Postali, 2013); e
- A **compensação condicional** ocorre em função do resultado obtido pelo produtor, tal como os pagamentos de *royalties* pela exploração mineral¹¹³.

A diferença entre esses dois modelos pode ser vista sob a ótica da divisão de riscos entre poder público e investidor privado. Quanto mais incondicional for a compensação maior o risco do investidor, já que ele pode obter um retorno que não remunera o valor pago ao governo, ou mesmo obter um retorno negativo do investimento e ainda assim ter que arcar com a compensação. Em contrapartida, o risco do poder público nesta situação será mínimo, pois seu ganho não será incerto e estará pré-definido qualquer que seja o resultado da exploração. No sentido oposto, um esquema de compensação condicional atribuirá risco ao poder público, pois tornará sua remuneração incerta e associada ao retorno obtido pelo investidor. Consequentemente, do ponto de vista do minerador, a compensação condicional diminui seu risco, pois quanto pior o resultado da exploração menos ele terá que compensar ao governo.

Tendo em vista se tratar de recursos naturais presentes no subsolo, onde a lucratividade econômica da mina muitas vezes só é de fato conhecida durante a exploração, o aspecto do risco associado ao retorno econômico da atividade passa a ser crucial na tomada de decisão dos agentes envolvidos, sejam eles públicos ou privados.

No entanto, qualquer compensação financeira de recursos naturais não precisa ser totalmente incondicional ou condicional ao resultado da exploração. Por exemplo, uma compensação auferida com base no faturamento bruto da companhia é menos condicional do que com base

¹¹³ Vale ressaltar que a diferença entre condicional e incondicional se refere somente ao vínculo do valor a ser pago ao governo com o resultado da exploração e não à temporalidade do pagamento (antes, durante ou depois da exploração do recurso).

no faturamento líquido, dado que, no primeiro caso, embora o investidor esteja “protegido” quanto à incerteza da receita, não estará quanto à incerteza sobre o custo da exploração. Na mesma linha, a compensação com base no faturamento líquido será tão mais condicional quanto maior a quantidade de componentes do custo da empresa abatidos do seu faturamento, até o limite onde a situação condicional pura é atingida pela compensação que incide diretamente sobre o lucro líquido do investidor.

Braz (2009b) destaca três como as principais formas de *royalties* da extração mineral: os específicos, os *ad valorem* e os impostos mineiros:

- O **royalty específico** consiste no pagamento de uma quantia fixa por cada reserva explorada, portanto, trata-se de uma compensação incondicional;
- O **royalty ad valorem** é calculado como uma porcentagem do valor do produto mineral, ou seja, representa um mecanismo com maior nível de condicionalidade ao atrelar a compensação ao faturamento do minerador, mas não, necessariamente, ao seu custo; e
- O **imposto mineiro** é baseado no lucro da exploração, considerando as receitas e certos custos (embora ignorem o retorno do capital), guardando certa similaridade com o imposto de renda e elevado nível de condicionalidade.

Embora as compensações incondicionais representem menor incerteza para a arrecadação pública, o governo tem total interesse no sucesso dos projetos de exploração, já que isso resulta em maior renda para a sociedade no médio e longo prazo. Por isso, não necessariamente a escolha ótima sob a ótica pública é empurrar todo o risco para o investidor privado. Diante de um risco muito elevado, os agentes privados podem escolher não tocar o projeto de exploração, ou tocá-lo em menor escala, e assim recursos naturais que poderiam gerar renda pública e privada deixam de ser eficientemente explorados.

Em linha com Postali (2002), um arranjo de compensação ótimo deve ser neutro, ou seja, não deve interferir nas decisões de alocação dos investimentos produtivos. No caso dos recursos minerais, a neutralidade está associada à não-distorção do grau de risco percebido pelo minerador, de modo que a carga tributária não deve tornar inviável um investimento outrora lucrativo. Por outro lado, o poder público objetiva maximizar a compensação obtida com a

exploração. Desta forma, o arranjo escolhido deve atender a dois objetivos: (i) otimizar o nível de investimento privado; e (ii) maximizar a arrecadação pública.

A questão então passa a ser: qual é o modelo de compensação mais adequado para cumprir os objetivos de otimização do investimento e de maximização da arrecadação? A resposta para esta questão deve necessariamente levar em conta que, por vezes, o grau de sensibilidade ao risco dos investidores e o direito do governo de usufruir das rendas minerais são conflitantes. Por outro lado, em boa medida, os objetivos acima são convergentes no longo prazo. Uma alocação eficiente de recursos potencializa a renda do minerador e, conseqüentemente, aumenta sua capacidade contributiva. Colocado de outra forma, um arranjo tributário que obstrui investimentos (normalmente realizados caso não houvesse a intervenção) ou que incentiva um nível exagerado deles (desperdiçando recursos produtivos), reduz a renda gerada pela atividade e o potencial arrecadatário global do poder público.

Além da neutralidade, Postali (2002) destaca a estabilidade e a operacionalidade das regras de cálculo dos *royalties* como características desejáveis para que o arranjo obtenha êxito nos seus propósitos de investimento e arrecadação:

- A **estabilidade** das “regras do jogo” dá maior segurança ao investidor em projetos de médio e longo prazo, mitigando o risco político de alterações unilaterais na carga tributária incidente sobre a atividade. Assim, o investidor reduz a taxa de desconto aplicada para avaliar o valor presente líquido do projeto de exploração, aumentando a probabilidade de o empreendimento ser considerado viável e a disposição do minerador em aceitar maior participação do poder público na renda da extração.
- Já a **operacionalidade** garante que o poder público conseguirá, de fato, implementar a compensação tal como definida, tendo em vista que alguns arranjos tributários podem dificultar a operação ou administração do tributo por exigir um conjunto complexo de informações ou práticas. Isto tende a encarecer ou mesmo inviabilizar a gestão tributária do contribuinte e/ou do arrecadador.

Com base nos conceitos acima, as próximas seções apresentam e analisam alguns modelos teóricos que contemplam diferentes arranjos para a base de cálculo da compensação financeira pela exploração mineral, com vista a investigar seus impactos sobre as decisões de investimento e produção da indústria e sobre a arrecadação do setor público.

4.2 Um modelo de compensação na exploração mineral

Baseada nos modelos de Osmundsen (1995 e 1998), esta seção objetiva caracterizar as condições que determinam a escolha do volume de produção das mineradoras, através do problema de maximização enfrentado por elas e considerando diferentes cenários para o arranjo da compensação financeira, com o intuito de melhor avaliar a proposta do novo Código de Mineração e sugerir arranjos alternativos.

Definiremos que o objetivo da companhia mineradora é maximizar o valor presente líquido (VPL) do seu investimento durante todo o período de concessão da reserva mineral, considerando que:

$q(t)$ é a quantidade produzida de minério em função do tempo (t , variando de 0 até T);

p é o preço do produto no mercado internacional (ou uma função deste preço); e

$C(q,r)$ é o custo de produção em função da quantidade produzida e do tamanho da reserva mineral (r);

A função custo possui as seguintes características: (i) o custo cresce com o aumento da produção; (ii) o custo de extração é menor conforme a reserva disponível for maior; e, portanto, (iii) conforme a reserva for se exaurindo ao longo do tempo, os custos de extração tendem a crescer em virtude do efeito da depleção. Estas hipóteses são matematicamente descritas abaixo:

$$C_q = \frac{\partial C(q,r)}{\partial q} > 0 \quad (4.1)$$

$$C_r = \frac{\partial C(q,r)}{\partial r} < 0 \quad (4.2)$$

$$\lim_{r \rightarrow 0} C(q,r) = \infty \quad (4.3)$$

4.2.1. Condição de equilíbrio sem compensação financeira

Diante da importância da neutralidade no arranjo da compensação, é útil inicialmente que se investiguem as condições de escolha da produção mineral quando não há pagamento de compensação financeira, pois neste caso podemos caracterizar as condições do investimento produtivo ótimo, ou seja, a condição de equilíbrio que gera o esforço economicamente eficiente de exploração da reserva mineral, tendo em vista que a racionalidade dos mineradores e seu maior conhecimento sobre aspectos técnicos e mercadológicos da exploração devem garantir a eficiência do investimento quando não há intervenção tributária.

Sob este arranjo, o problema enfrentado pela mineradora é:

$$\max_{q,\theta} VPL = \int_0^T [pq(t) - C(q,r) - I(\theta)]e^{-it} dt \quad (4.4)$$

$$s. a. \frac{dr}{dt} = \theta - q \quad (4.5)$$

Onde:

$I(\theta)$ é o investimento exploratório¹¹⁴ necessário para novas descobertas, tal que $I'(\theta) > 0$ e $I''(\theta) > 0$;

θ representa o montante de minérios descobertos; e

i é a taxa de desconto¹¹⁵ aplicada pela mineradora no cômputo do valor presente líquido do projeto.

Portanto, a restrição dada pela equação (4.5) mostra que as reservas conhecidas (r) se exaurem conforme a extração dos recursos (q) se aproxima do total descoberto¹¹⁶.

O hamiltoniano do problema do minerador será¹¹⁷:

$$H = pq(t) - C(q,r) - I(\theta) + \lambda(\theta - q) \quad (4.6)$$

¹¹⁴ O Projeto de Lei do novo Marco Regulatório da mineração já prevê exigência de investimento mínimo das mineradoras.

¹¹⁵ Taxa de juros do mercado mais prêmio de risco.

¹¹⁶ Restrição típica dos modelos de recursos naturais exauríveis (Osmundsen, 1995 e 1998).

¹¹⁷ Para mais sobre a resolução deste problema através do operador hamiltoniano veja Chiang (1992, Cap. 7).

Portanto, no seu máximo teremos¹¹⁸:

$$\frac{\partial H}{\partial q} = p - C_q - \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = p - C_q \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \theta} = -I_\theta + \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = I_\theta \quad (4.8)$$

Desta forma, a condição de ótimo da produção e do investimento do minerador será tal que respeite a igualdade:

$$p = C_q + I_\theta \quad (4.9)$$

Ou seja, o minerador irá escolher q e θ de tal forma que a soma do seu custo marginal e do seu investimento marginal seja igual ao preço do minério. Este resultado representa a condição de equilíbrio típica de uma economia concorrencial, na qual o preço deve se igualar aos custos marginais. Tendo em vista o desejo inicial por um arranjo neutro de compensação financeira, o resultado de (4.9) passa a ser o *benchmark* dos modelos a seguir.

4.2.2. Condição de equilíbrio com compensação sobre o faturamento bruto

Será considerada agora uma compensação financeira calculada com base no valor bruto da produção, através da alíquota definida como $\tau \in (0,1)$. Vale lembrar que é este o arranjo pretendido para a CFEM pelo novo Código de Mineração (vide seção 2.2).

Neste caso, a alíquota (τ) incide apenas sobre a receita do minerador ($pq(t)$), que resolve o seguinte problema:

$$\max_{q,\theta} VPL = \int_0^T [(1 - \tau)pq(t) - C(q, r) - I(\theta)]e^{-it} dt \quad (4.10)$$

$$s. a. \quad \frac{dr}{dt} = \theta - q \quad (4.11)$$

Agora, o hamiltoniano do problema será:

$$H = (1 - \tau)pq(t) - C(q, r) - I(\theta) + \lambda(\theta - q) \quad (4.12)$$

¹¹⁸ Neste problema, λ representa o valor-sombra do recurso, ou seja, a renda decorrente da sua exauribilidade (Hotelling, 1931).

Assim, pelo princípio do máximo será obtido:

$$\frac{\partial H}{\partial q} = (1 - \tau)p - C_q - \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = (1 - \tau)p - C_q \quad (4.13)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \theta} = -I_\theta + \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = I_\theta \quad (4.14)$$

Portanto, seguindo a mesma lógica anterior, no ponto de máximo a condição de equilíbrio será dada por:

$$p = \frac{C_q + I_\theta}{1 - \tau} \quad (4.15)$$

O resultado acima, quando comparado com a equação (4.9), expõe a não neutralidade do arranjo que calcula a compensação financeira pelo faturamento bruto do minerador. Neste caso, cria-se uma distorção em relação ao equilíbrio ótimo e esta distorção é representada pelo fator $\frac{1}{1 - \tau}$. Portanto, quanto maior for o valor de τ , maior será o fator de distorção.

Além disso, a equação (4.15) também mostra que τ tem uma relação negativa com a quantidade produzida e o valor investido. Reescrevendo (4.15) como $(1 - \tau)p = C_q + I_\theta$ é possível observar que o aumento de τ deve, necessariamente, provocar um ajuste para baixo em C_q ou I_θ , garantindo a manutenção do equilíbrio da equação. No entanto, de acordo com as propriedades das funções $C(q, r)$ e $I(\theta)$, vistas anteriormente, um ajuste para baixo em C_q ou I_θ só é obtido pela redução da quantidade produzida ou do investimento.

Um exemplo alternativo da influência direta da alíquota de compensação financeira (τ) sobre a produção ótima (q) de um minerador pode ser construído através de um exercício de estática comparativa pelo uso do *Teorema da Função Implícita*¹¹⁹. Para isso, é preciso definir uma forma funcional para o custo do minerador. A literatura econômica sobre o comportamento do custo de mineração em relação à quantidade produzida normalmente adota funções exponenciais generalizadas¹²⁰ do tipo¹²¹:

$$C(q) = Aq^\alpha \quad (4.16)$$

¹¹⁹ Chiang (1992).

¹²⁰ Comumente chamadas também de função do tipo *Cobb-Douglas*.

¹²¹ Para simplificar o exemplo, a relação entre o custo e o tamanho da reserva mineral (r) foi omitida.

Onde:

A é uma constante positiva; e

α é o coeficiente de escala.

Haldi (1967), O'Hara (1980), Mular (1982), Young (1992), Pereira e Suslick (2003) e Crowson (2003) são exemplos de estudos que adotam esta forma funcional ou variações próximas a ela, como a log-linear.

Desta forma, tem-se que:

$$C_q = \alpha A q^{\alpha-1} \quad (4.17)$$

A hipótese de que o custo cresce com o aumento da produção ($C_q > 0$), conforme descreve a equação (4.1), garante que $\alpha > 0$. Além disso, pelas características da indústria de mineração, é possível afirmar que $\alpha > 1$, pois caso fosse menor ou igual a um isso implicaria uma função de custo com retornos crescentes ou constantes de escala, o que não faz sentido no setor mineral pelo próprio efeito depleção dado por (4.3).

Das equações (4.15) e (4.17) é possível extrair que:

$$\alpha A q^{\alpha-1} + (\tau - 1)p = -I_\theta \quad (4.18)$$

Supondo que τ não tem influência no investimento¹²² e considerando $q = f(\tau)$, a derivada dos dois lados da equação (4.18) em relação à alíquota do tributo gera:

$$(\alpha^2 - \alpha) A q^{\alpha-2} \frac{\partial q}{\partial \tau} + p = 0 \quad (4.19)$$

E, portanto, a variação da produção em relação à τ é dada por:

$$\frac{\partial q}{\partial \tau} = \frac{-p}{(\alpha^2 - \alpha) A q^{\alpha-2}} < 0 \quad (4.20)$$

Tendo em vista que $\alpha > 1$, a equação (4.20) mostra que um aumento na alíquota da compensação financeira terá o efeito de reduzir a produção do minerador e, consequentemente, obstruir investimento produtivo.

¹²² Conforme visto em (4.15), isso não necessariamente é verdade.

Desta forma, a mudança de base de cálculo proposta para a CFEM no novo Código de Mineração não respeitará o princípio da neutralidade, reduzindo a produção e/ou o investimento da indústria. Esse resultado reforça a crítica de Bustamante (2014), que prevê que, sob a proposta atual para a regulação do setor mineral¹²³, alguns empreendimentos minerais cujos custos já estão próximos às cotações dos minérios devem fechar.

Por fim, vale destacar que não se pode ver essa queda na produção como uma forma do mercado internalizar eventuais externalidades negativas geradas pela extração mineral¹²⁴, pois a redução em tela será definida pela ótica privada, ou seja, sem que os mineradores levem em consideração qualquer custo social da atividade.

4.2.3. Condição de equilíbrio com compensação sobre o lucro líquido

Será considerado agora um caso extremo de compensação financeira condicional, na qual sua base de cálculo é o lucro líquido da exploração mineral.

Neste caso, a alíquota (τ) incide sobre a receita, o custo e o investimento do minerador, que resolve o seguinte problema:

$$\max_{q,\theta} VPL = \int_0^T (1 - \tau)[pq(t) - C(q, r) - I(\theta)]e^{-it} dt \quad (4.21)$$

$$s. a. \frac{dr}{dt} = \theta - q \quad (4.22)$$

O hamiltoniano será:

$$H = (1 - \tau)[pq(t) - C(q, r) - I(\theta)] + \lambda(\theta - q) \quad (4.23)$$

Assim, pelo princípio do máximo teremos:

$$\frac{\partial H}{\partial q} = (1 - \tau)[p - C_q] - \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = (1 - \tau)[p - C_q] \quad (4.24)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \theta} = -(1 - \tau)I_\theta + \lambda = 0 \Rightarrow \lambda = (1 - \tau)I_\theta \quad (4.25)$$

¹²³ Vide seção 2.2.

¹²⁴ Conforme destacado na seção 1.2.

Logo, no ponto de máximo, a condição de equilíbrio será dada por:

$$p = C_q + I_\theta \quad (4.26)$$

Repare que o resultado acima é equivalente à condição de equilíbrio sem compensação financeira, verificada em (4.9). Assim, podemos concluir que a tributação sobre o lucro líquido não gera distorções na escolha do minerador, ou seja, ela respeita o princípio da neutralidade. Este resultado está alinhado com o fato de que sob este arranjo há elevado compartilhamento de risco entre poder público e investidor privado, mitigando o risco do minerador e eliminando a sensibilidade do seu investimento produtivo à alíquota da compensação.

Os resultados em (4.15) e (4.26) também indicam que o novo Código de Mineração está caminhando no sentido errado ao propor a mudança da base de cálculo da CFEM do faturamento líquido para o faturamento bruto. Isto porque esta mudança representaria uma CFEM menos condicional, portanto, menos neutra e com elevado potencial de distorcer o investimento produtivo do setor, o que pode inclusive reduzir a arrecadação pública no longo prazo¹²⁵.

No entanto, antes de sugerir uma CFEM com base no lucro ou no faturamento líquido das mineradoras, precisamos considerar outra característica desejável para o arranjo: o princípio da operacionalidade. Conforme visto na seção 4.1, para que a arrecadação com a compensação financeira seja eficiente é preciso também que ela seja factível de ser colocada em prática.

Em linhas gerais, o problema com a operacionalidade de arranjos que preveem a consideração de maior número de fatores do custo de produção na base de cálculo, tornando-o mais condicional, reside na assimetria de informação existente entre regulador e minerador. Quanto maior a condicionalidade do arranjo, maior é a exigência de um conjunto de informações sobre a operação da mina que quase sempre estão indisponíveis de forma confiável para o regulador. À medida que a exploração da mina avança, o minerador acumulará maior conhecimento a respeito do potencial das reservas do que o poder público e, naturalmente, conhecerá muito melhor a dinâmica de seus custos, gerando assimetria de informação entre as partes.

¹²⁵ Vide seção 4.1.

Ao mesmo tempo, existe um conflito de interesses entre os envolvidos. Enquanto o governo deseja que os custos registrados na base de cálculo sejam baixos para aumentar o valor devido a título de compensação, a empresa mineradora não possui o mesmo incentivo. E o problema não ocorre só quando a empresa repassa ao governo informações erradas sobre os seus custos. Conforme argumenta Postali (2002), uma firma eficiente, com custos baixos, sempre possui a capacidade de mimetizar uma firma ineficiente, de modo que o regulador não tem condições de avaliar se os custos reportados se devem a baixa qualidade da reserva mineral ou se o minerador não está operando de forma adequada.

Conforme relatado anteriormente, Lima (2007) mostra que o atual cômputo do faturamento líquido de despesas com tributos, transportes e seguros para o cálculo da CFEM no Brasil, sob as regras atuais, já expõe a dificuldade da assimetria de informação entre governo e companhias mineradoras, que embutem na conta custos que não deveriam ser deduzidos da base de cálculo. Esse problema prejudica a operacionalidade da compensação financeira e é agravado de acordo com o número de itens e com a natureza dos custos abatidos¹²⁶. Como sempre haverá risco de manipulação pela companhia mineradora, com o intuito de minimizar a compensação a pagar, a arrecadação pública será sensível a um comportamento estratégico do minerador, o que reduz consideravelmente a eficiência do arranjo.

Do exposto até aqui se conclui que o poder público se depara com um *trade-off* entre neutralidade e operacionalidade. Por um lado, a compensação financeira com base no resultado líquido da exploração garante a neutralidade do tributo, fazendo com que o nível de investimento e produção do minerador seja o mesmo que ele escolheria se não houvesse a compensação. Por outro lado, a assimetria de informação compromete a operacionalidade do arranjo. Já a compensação sobre a receita bruta, proposta para o novo Código de Mineração, é operacionalmente mais fácil por depender apenas de informações do faturamento da atividade, mas ela distorce as escolhas ótimas de investimento e produção, conforme visto na seção 4.2.2.

Com base neste *trade-off*, a próxima seção explora como arranjo alternativo uma opção intermediária aos casos extremos de condicionalidade e incondicionalidade vistos acima, na qual busca-se respeitar o princípio de neutralidade, mas corrigindo o problema de assimetria de informação que prejudica a operacionalidade.

¹²⁶ Talvez apenas custos com tributação não sejam um problema, pois neste caso o governo pode conferir a informação da empresa com o que de fato foi recolhido.

4.3 Um modelo de compensação financeira sob assimetria de informação

Osmundsen (1998) analisa a questão da assimetria de informação entre regulador e regulado no setor de exploração de petróleo, propondo um modelo que supõe que a firma detém informações privadas sobre algum parâmetro do custo de produção. A seguir, esse modelo é adaptado ao problema da compensação financeira na exploração mineral – onde o parâmetro sob informação privada se refere ao valor da reserva mineral (r) – com o intuito de se investigar uma resposta ao *trade-off* exposto na seção anterior.

Inicialmente, serão adotadas as seguintes hipóteses:

- O projeto de extração mineral é dividido em dois períodos, $t = 1, 2$;
- A mineradora possui melhor conhecimento sobre suas reservas desde o primeiro período (r_1), enquanto o poder concedente só possui uma estimativa de acordo com uma função de distribuição de probabilidade $f(r_1)$, onde $r_1 \in [\underline{r}_1, \bar{r}_1]$, impedindo que ele conheça o real custo do minerador.

Em cada período, o estoque remanescente na jazida dependerá do nível de extração anterior, de forma que:

$$r_2 = r_1 - q_1 \quad (4.27)$$

Sobre a função custo, temos as seguintes hipóteses:

$$C_r = \frac{\partial C(q_t, r_t)}{\partial r_t} < 0 \quad (4.28)$$

$$C_{rq} = \frac{\partial^2 C(q_t, r_t)}{\partial r_t \partial q_t} < 0 \quad (4.29)$$

$$C_{qq} = \frac{\partial^2 C(q_t, r_t)}{\partial q_t^2} > 0 \quad (4.30)$$

$$C_{rr} = \frac{\partial^2 C(q_t, r_t)}{\partial r_t^2} > 0 \quad (4.31)$$

$$\lim_{\sum_t q_t \rightarrow r_t} \sum C(q_t, r_t) = \infty \quad (4.32)$$

A derivada (4.28) é equivalente à (4.2) e mostra que o custo de extração é menor conforme a reserva mineral disponível na mina for maior. Analogamente, a derivada (4.29) indica que o custo marginal é crescente conforme a mina se esgota. A derivada (4.30) refere-se à convexidade do custo em cada período, indicando ser lucrativo distribuir a produção entre os dois períodos. Já a derivada (4.31) representa o efeito cruzado dinâmico segundo o qual a taxa de redução dos custos decorrentes de estoques adicionais é decrescente. Por fim, a equação (4.32) é decorrência de (4.28) e refere-se às propriedades assintóticas do custo, o qual tende a crescer ao infinito conforme ocorre a exaustão da mina.

O objetivo básico da regulação governamental é maximizar a função de bem-estar social representada pela equação:

$$W_t(r_t) = (1 + \lambda)S_t(r_t) + (1 - \mu)\Pi_t(r_t) \quad (4.33)$$

Onde:

S_t representa o total de benefícios governamentais decorrente da extração de minério;

Π_t representa a renda obtida pela companhia mineradora;

μ , na versão original de Osmundsen (1998), representava apenas a parcela correspondente à participação estrangeira na atividade, mas aqui representa também a perda social ocasionada pela externalidade negativa gerada pelo minerador ao maximizar seu lucro¹²⁷; e

$(1 + \lambda)$ representa o custo-sombra dos fundos públicos. Dito de outra forma, as receitas resultantes da mineração permitem ao governo reduzir o impacto distorcivo da tributação de outros setores, devido a uma redução no peso morto desses mercados. Assim, o ganho de receita deve ser multiplicado pelo custo-sombra dos fundos públicos, supostamente exógeno (Laffont e Tirole, 1993).

¹²⁷ Em linha com os riscos socioambientais relacionados à atividade de extração mineral, conforme destacado na seção 1.2.

A renda da companhia mineradora é dada por:

$$\Pi_t = p_t q_t - C(q_t, r_t) - S_t \quad (4.34)$$

Substituindo a equação acima na função de bem-estar temos:

$$W_t = (1 + \lambda)(p_t q_t - C(q_t, r_t)) - (\mu + \lambda)\Pi_t \quad (4.35)$$

Portanto, o bem-estar total é dado por duas parcelas: (i) o bem-estar que seria obtido se o poder público abocanhasse toda a renda da atividade de mineração; e (ii) a perda social decorrente do fato de mineradoras privadas se apropriarem de parte dos benefícios.

Os valores presentes do benefício governamental e do lucro da mineradora são dados, respectivamente, por:

$$S_t \equiv S_1 + \delta S_2 \quad (4.36)$$

$$\Pi_t \equiv \Pi_1 + \delta \Pi_2 \quad (4.37)$$

Onde:

δ representa a taxa de desconto entre os períodos 1 e 2.

Com o intuito de que a companhia mineradora revele seu nível de reservas, o órgão regulador do mercado deve oferecer à companhia um *menu* de contratos onde a mesma escolha q_1 , q_2 e S . Para encontrar o *menu* ideal, o regulador deve usar como critério a maximização do bem-estar social. Por isso, lembrando que o poder público possui apenas uma estimativa de r_1 e incorporando (4.36) e (4.37) em (4.35), temos:

$$W = \int_{\underline{r}_1}^{\bar{r}_1} \{ (1 + \lambda)[p_1 q_1(r_1) - C(q_1(r_1), r_1) + \delta(p_2 q_2(r_1) - C(q_2(r_1), r_2))] - (\lambda + \mu)\Pi(r_1) \} f(r_1) dr_1 \quad (4.38)$$

O objetivo do governo será encontrar o máximo de (4.38) com relação a $q_1(r_1)$, $q_2(r_1)$ e $S(r_1)$, sujeito às seguintes restrições:

$$q_1 + q_2 \leq r_1 \quad (4.39)$$

$$\Pi(r_1) \equiv \Pi(r_1, r_1) \geq 0 \text{ para } \forall r_1 \in [\underline{r}_1, \bar{r}_1] \quad (4.40)$$

$$\Pi(r_1) \geq \Pi(\hat{r}_1, r_1) \text{ para } \forall \hat{r}_1, r_1 \in [\underline{r}_1, \bar{r}_1] \quad (4.41)$$

A restrição (4.39) está ligada à exauribilidade da mina e é tipicamente adotada em modelos de recursos naturais não-renováveis. Já as duas restrições seguintes são clássicas do problema agente-principal¹²⁸: (4.40) é a chamada “*restrição de participação*”, indicando que o minerador só irá participar do esquema de incentivos se conseguir obter benefícios líquidos; e (4.41) é a “*restrição de compatibilidade de incentivos*”, que garante que o minerador só estará disposto a revelar seu verdadeiro nível de reserva (r_1) se essa for a estratégia mais lucrativa em relação à revelação de qualquer outro valor $\hat{r}_1 < r_1$.

A solução do problema envolve os procedimentos usuais do modelo agente-principal¹²⁹. Partindo da equação (4.34), sabe-se que:

$$\begin{aligned} \Pi(r_1, \hat{r}_1) \equiv \Pi_1(r_1, \hat{r}_1) + \delta \Pi_2(r_1, \hat{r}_1) &= p_1 q_1(\hat{r}_1) - C(q_1(\hat{r}_1), r_1) + \delta p_2 q_2(\hat{r}_1) - \\ &\delta C(q_2(\hat{r}_1), r_2) - S(\hat{r}_1) \end{aligned} \quad (4.42)$$

Derivando essa equação com relação a r_1 , tem-se que¹³⁰:

$$\Pi'(r_1) = -\frac{\partial C(q_1(r_1), r_1)}{\partial r_1} - \delta \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2} \quad (4.43)$$

Portanto, a renda da companhia mineradora é crescente com relação ao nível de reservas, dadas as hipóteses formuladas sobre a função custo. Para que o problema apresente solução, é preciso supor também que quanto maior o nível de reserva, maior a quantidade extraída¹³¹:

$$\frac{dq_1(r_1)}{dr_1} \geq 0 \quad (4.44)$$

$$\frac{dq_2(r_1)}{dr_1} \geq 0 \quad (4.45)$$

No entanto, o minerador pode não se sentir estimulado a reportar o verdadeiro tamanho da reserva da mina, preferindo desempenhar o papel de uma firma ineficiente. Desta forma, ele declara um nível de reservas $\underline{r}_1 < r_1$, com o intuito de reduzir a base de arrecadação da

¹²⁸ Para uma explanação completa das restrições do modelo agente-principal ver Guesnerie e Laffont (1984).

¹²⁹ Para uma explanação completa de tais procedimentos ver Guesnerie e Laffont (1984).

¹³⁰ Osmundsen (1998) mostra que essa é uma condição de ótimo para a firma revelar seu verdadeiro parâmetro. Para isso, no caso em tela, basta verificar as condições de ótimo do lucro da firma com respeito a r_1 e a $\hat{r}_1$ e igualá-las entre si.

¹³¹ No caso da indústria de mineração, essa hipótese não parece ser forte. Na literatura em geral, ela é conhecida como “*condição de monotonicidade*”, ou seja, a escolha da produção da firma deve ser não-decrescente em relação ao parâmetro a ser revelado, no caso, o nível de reserva (Fudenberg e Tirole, p. 260, 1993).

compensação financeira (tendo em vista que o tributo é calculado sobre o faturamento líquido).

Integrando a equação (4.43) do nível mínimo de reservas até o nível verdadeiro, tem-se que:

$$\Pi(r_1) = \int_{r_1}^{r_1} \Pi'(r_1) dr_1 = \int_{r_1}^{r_1} \left\{ -\frac{\partial C(q_1(r_1), r_1)}{\partial r_1} - \delta \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2} \right\} dr_1 \quad (4.46)$$

Onde:

$\Pi(r_1)$ representa a “renda de informação” obtida pela companhia mineradora ao revelar um nível de reservas inferior ao verdadeiro ou, analogamente, um nível de custos superior ao verdadeiro¹³².

Ao invés de revelar a verdadeira reserva e produzir de acordo com ela, a mineradora pode preferir revelar um nível $r_1 - dr_1$, de modo que se houverem dois tipos de mineradoras (r_1 e $r_1 - dr_1$) a diferença de renda entre ambas será igual à vantagem de custos da primeira em relação à segunda, em termos de valor presente. Ou seja, uma das mineradoras irá se apropriar do diferencial de custos por declarar um estoque de recursos inferior ao verdadeiro.

O poder público, por sua vez, irá arrecadar a renda do recurso menos a renda de informação, ou seja:

$$S(r_1) = p_1 q_1(r_1) - C(q_1(r_1), r_1) + \delta(p_2 q_2(r_1) - C(q_2(r_1), r_2)) - \Pi(r_1) \quad (4.47)$$

As condições necessárias para que (4.38) seja máximo com relação ao nível de extração são:

$$\frac{\partial W}{\partial q_1} = \int_{r_1}^{\bar{r}_1} \left\{ (1 + \lambda) \left[p_1 - \frac{\partial C(q_1(r_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2} \right] - (\lambda + \mu) \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_1} \right\} f(r_1) dr_1 = 0 \quad (4.48)$$

$$\frac{\partial W}{\partial q_2} = \int_{r_1}^{\bar{r}_1} \left\{ (1 + \lambda) \delta \left[p_2 - \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial q_2} \right] - (\lambda + \mu) \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_2} \right\} f(r_1) dr_1 = 0 \quad (4.49)$$

Onde, dadas as hipóteses (4.28) – (4.32), tem-se que:

$$\frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_1} = - \int_{r_1}^{r_1} \left(\frac{\partial^2 C(q_1(r_1), r_1)}{\partial r_1 \partial q_1} - \frac{\partial^2 C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2^2} \right) dr_1 > 0 \quad (4.50)$$

¹³² Para melhor definição sobre “renda de informação” na exploração de recursos naturais não renováveis com assimetria de informação veja Brasil e Postali (2014).

$$\frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_2} = - \int_{\underline{r}_1}^{r_1} \delta \frac{\partial^2 C(q_2(r_1), r_2)}{\partial' r_2 \partial q_2} dr_1 > 0 \quad (4.51)$$

Rearranjando as condições de primeira ordem, pode-se resumi-las da seguinte forma:

$$p_1 - \frac{\partial C(q_1(r_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2} = \frac{(\lambda + \mu)}{(1 + \lambda)} \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_1} \quad (4.52)$$

$$p_2 - \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial q_2} = \frac{(\lambda + \mu)}{(1 + \lambda)} \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_2} \quad (4.53)$$

Se as rendas de informação auferidas pela companhia mineradora fossem iguais a zero, ou seja, se não houvesse assimetria de informação, (4.52) e (4.53) representariam as condições usuais de igualdade entre preço e custo marginal¹³³. Entretanto, sob assimetria de informação em ambos os períodos, haverá uma diferença entre preço e custo marginal, formada pelo “custo marginal da informação”. Desta forma, para que o poder público aumente a extração de renda da companhia mineradora, é necessário reduzir o nível de extração para todos os tipos de mineradoras com $r_1 < \bar{r}_1$. Quando o regulador reduz o nível de extração, uma mineradora do tipo r_1 acha menos favorável simular um tipo $r_1 - dr_1$, de modo que será necessário menor renda para revelar sua informação¹³⁴.

Postali (2002), ao analisar a regulação brasileira sobre a indústria de exploração do petróleo, conclui que o resultado de Osmundsen (1998) acima é subótimo, ao levar o regulador a escolher um nível de extração menor que aquele que seria escolhido na situação de um arranjo neutro. Para o autor, o regulador se depara com um *trade-off* entre: (i) capturar o máximo possível de renda de informação das mineradoras; ou (ii) maximizar o valor da produção. No entanto, esta visão não parece se adequar perfeitamente ao caso da indústria de mineração. Por todos os motivos elencados na seção 1.2, a atividade de extração mineral é vista como mais invasiva às comunidades que a cercam do que a indústria de hidrocarbonetos. Os riscos socioambientais associados à escavação mineral são significativamente mais elevados que os riscos da perfuração petrolífera, fazendo com que a economia mineral gere custos sociais maiores associados com suas externalidades negativas.

Neste sentido, reduzir a produção da indústria parece mais preocupante para o setor petrolífero do que para o setor mineral. Ou seja, se para capturar a máxima parcela de renda é preciso que

¹³³ Note que o custo marginal incorpora o efeito-estoque, caracterizado pela derivada da função custo com relação ao nível de reservas.

¹³⁴ Isso significa que a restrição de participação $\Pi(r_1) \equiv \Pi(r_1, r_1) \geq 0$ para $\forall r_1 \in [\underline{r}_1, \bar{r}_1]$ (4.40) é relaxada (Osmundsen, 1998)

o regulador distorça para baixo a produção, esta distorção pode gerar um resultado ainda ótimo do ponto de vista social se levadas em consideração as externalidades negativas geradas pela indústria. Além disso, em linha com o discutido na seção 4.2.3 e relatado por Lima (2007), sob assimetria de informação, a compensação financeira gerada no arranjo neutro – cuja produção e o investimento do minerador não são impactados – não irá propiciar ao governo a maximização da compensação financeira. Para atingir tal objetivo, o regulador deve necessariamente diminuir o volume de minério produzido, o que pode ser pensado sob a ótica de internalização das externalidades da indústria, tendo em vista que desta vez a redução na produção será definida sob a ótica pública e não privada¹³⁵.

A razão econômica para a necessidade de distorcer para baixo a produção com o intuito de que o investidor revele seu verdadeiro parâmetro é que as propriedades dinâmicas da função custo implicam que os custos marginais de extração (diretos, causados pelo efeito-estoque) são decrescentes em r_1 , de modo que um minerador do tipo r_1 tem um custo marginal menor que um produtor do tipo $r_1 - dr_1$. A restrição da produção, dessa forma, reduz essa vantagem de custos, pois a renda de informação varia diretamente com a quantidade de minério extraído. Além disso, as equações (4.50) e (4.51) mostram que deve ocorrer uma redução maior no primeiro período, quando a magnitude da renda de informação é maior.

A questão que surge a partir de então é como implementar uma compensação financeira que alcance os objetivos de distorcer para baixo o nível de extração, de modo a permitir ao poder público abocanhar fatia maior da renda e internalizar, ao menos parte, das externalidades negativas geradas pela indústria. Para isso, deve-se derivar um mecanismo direto de revelação, com a companhia mineradora produzindo de acordo com (4.52) e (4.53), e pagando benefício ao estado conforme (4.47). A compensação deve ser função de uma variável observável, como $q = (q_1, q_2)$. Define-se $S = (\hat{r}_1, q)$ como sendo a arrecadação de rendas em função do nível declarado de reservas e da quantidade extraída. Como essa função é côncava¹³⁶, ela pode ser expressa pela família de seus planos tangentes. Fazendo uma expansão de Taylor de primeira ordem¹³⁷ em torno de S^* e q^* ¹³⁸ encontra-se:

$$S(\hat{r}_1, q) - S^*(\hat{r}_1) = \nabla S(q^*)(q - q^*) \quad (4.54)$$

¹³⁵ Para um arcabouço teórico completo sobre a internalização de externalidades negativas através da redução da produção (ou do aumento do custo do produtor) veja Vircusi et al. (2001).

¹³⁶ Osmundsen (1998) mostra que a função S é estritamente côncava, dada a convexidade da função custo.

¹³⁷ Para mais sobre expansão de Taylor como solução de equações integrais veja Kanwal e Liu (1989).

¹³⁸ S^* representa a receita determinada pelo mecanismo ótimo e q^* representa a quantidade determinada pelo mesmo mecanismo.

Onde:

$$\nabla S(q^*) = \left(\frac{\partial S(q_1, q_2)}{\partial q_1} \frac{\partial S(q_1, q_2)}{\partial q_2} \right) \quad (4.55)$$

Substituindo os valores de acordo com a derivada de (4.47), tem-se:

$$\begin{aligned} S(\hat{r}_1, q_1, q_2) = S^*(\hat{r}_1) + \left(p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \right) (q_1 - q_1^*(\hat{r}_1)) + \\ \delta \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) (q_2 - q_2^*(\hat{r}_1)) \end{aligned} \quad (4.56)$$

Essa equação permite a conclusão de que a política de distorção para baixo dos níveis de extração mineral pode ser implementada por meio da adoção de um *royalty* específico combinado com o *royalty ad valorem*¹³⁹, segundo a equação:

$$S(\hat{r}_1, q_1, q_2) = \alpha(\hat{r}_1) + \beta_1(\hat{r}_1)q_1 + \beta_2(\hat{r}_1)q_2 \quad (4.57)$$

Onde:

$$\begin{aligned} \alpha(\hat{r}_1) = \\ S^*(\hat{r}_1) - \left(p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \right) q_1^*(\hat{r}_1) - \delta \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) q_2^*(\hat{r}_1) \end{aligned} \quad (4.58)$$

$$\beta_1(\hat{r}_1) = p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \quad (4.59)$$

$$\beta_2(\hat{r}_1) = \delta \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) \quad (4.60)$$

Portanto, o mecanismo ótimo de revelação requer a utilização de um *menu* linear de contratos, na forma de um pagamento fixo mais um tributo *ad valorem*, dado pelos seguintes parâmetros:

$$H = \{q_1(\hat{r}_1), q_2(\hat{r}_1), S(\hat{r}_1)\} \quad (4.61)$$

O *menu* acima deve ser apresentado antes do início da produção e não deve ser alterado no período seguinte, devido à correlação temporal da função custo.

¹³⁹ Vide seção 4.1.

Vale destacar que essa conclusão difere da conclusão clássica de Laffont e Tirole (1993), para quem o regulador deve oferecer um *menu* linear em cada período. Entretanto, no caso de recursos não-renováveis, não pode haver uma sequência temporal de contratos, devido à dinâmica dos custos da extração mineral.

Em resumo, a racionalidade econômica da solução de *menu* é a seguinte:

- A companhia mineradora poderá escolher entre um leque de opções composto por baixo *royalty* específico e elevados *royalties ad valorem*, ou vice-versa;
- Uma mineradora com baixo nível de reservas escolherá um contrato com *royalty* específico reduzido, mais interessante do que pagar um valor fixo elevado, dado que a companhia corre o risco de prejuízos no futuro; e
- Uma mineradora com alto nível de reservas pode até se sentir tentada a pagar um *royalty* específico reduzido, mas perceberá que seu estoque permite elevados níveis de produção, tornando o pagamento fixo pouco importante, diante da possibilidade de pagar baixos *royalties ad valorem* no futuro e, com isso, aumentar seu lucro. Dessa forma, ela escolherá um contrato composto por alto *royalty* específico e *royalties ad valorem* menores.

Com esse mecanismo, o regulador será capaz de inferir o verdadeiro tipo de depósito mineral que o minerador dispõe, a partir da distorção do nível de extração ótimo do ponto de vista privado. É possível demonstrar matematicamente que esse arranjo induz a revelação $\hat{r}_1 = r_1$ e a extração dada por (q_1^*, q_2^*) ¹⁴⁰. A equação para o valor presente do lucro da companhia mineradora será:

$$\Pi(r_1) = p_1 q_1(\hat{r}_1) - C(q_1(\hat{r}_1), r_1) + \delta(p_2 q_2(\hat{r}_1) - C(q_2(\hat{r}_1), r_2)) - S(\hat{r}_1, q_1, q_2) \quad (4.62)$$

Sendo que $S(\hat{r}_1, q_1, q_2)$ é dado pela equação (4.56). As condições de primeira ordem para o lucro máximo são:

$$\frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_1} = \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_2} = \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial \hat{r}_1} = 0 \quad (4.63)$$

¹⁴⁰ Que no caso da indústria de mineração pode ser a produção ótima do ponto de vista social, pois haverá um nível de extração mineral menor do que na situação com simetria de informação, mas uma arrecadação pública maior.

Ou seja:

$$\frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_1} = p_1 - \frac{\partial C(q_1(r_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial r_2} - \left(p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \right) = 0 \quad (4.64)$$

$$\frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial q_2} = p_2 - \frac{\partial C(q_2(r_1), r_2)}{\partial q_2} - \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) = 0 \quad (4.65)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial \hat{r}_1} = & -\frac{dS^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} + \left(p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \right) \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} + \left(\frac{\partial^2 C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1^2} + \right. \\ & \delta \frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2^2} \left. \right) \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} (q_1 - q_1^*(\hat{r}_1)) + \delta \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) \frac{dq_2^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} + \\ & \delta \left[\frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2^2} \frac{dq_2^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} - \frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2 \partial r_2} \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} \right] (q_2 - q_2^*(\hat{r}_1)) = 0 \end{aligned} \quad (4.66)$$

Da equação (4.62) podemos derivar:

$$\frac{dS^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} = \left(p_1 - \frac{\partial C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1} + \delta \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2} \right) \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} + \delta \left(p_2 - \frac{\partial C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2} \right) \frac{dq_2^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} \quad (4.67)$$

Substituindo em (4.66) $C_q = \frac{\partial C(q, r)}{\partial q} > 0$ (4.1, temos:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi(r_1)}{\partial \hat{r}_1} = & \left(\frac{\partial^2 C(q_1^*(\hat{r}_1), r_1)}{\partial q_1^2} + \delta \frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial r_2^2} \right) \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} (q_1 - q_1^*(\hat{r}_1)) + \delta \left[\frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2^2} \frac{dq_2^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} - \right. \\ & \left. \frac{\partial^2 C(q_2^*(\hat{r}_1), r_2^*)}{\partial q_2 \partial r_2} \frac{dq_1^*(\hat{r}_1)}{d\hat{r}_1} \right] (q_2 - q_2^*(\hat{r}_1)) = 0 \end{aligned} \quad (4.68)$$

Desse modo, verifica-se diretamente que $\{\hat{r}_1, q_1, q_2\} = \{r_1, q_1^*(r_1), q_2^*(r_1)\}$ soluciona o sistema (4.63).

Em linhas gerais, os resultados do modelo acima nos permitem entender o motivo pelo qual *royalties ad valorem* são tão amplamente usados na regulação econômica de bens naturais não-renováveis. Mecanismos de compensação *ad valorem* podem ser usados como um instrumento de revelação na forma de um *menu* linear de contratos, com o intuito de inferir uma informação oculta sobre algum parâmetro do custo do explorador dos recursos naturais. Assim, o esquema tributário composto pela predominância do imposto *ad valorem* é dotado

de um elevado grau de credibilidade na indústria da mineração¹⁴¹, evitando que o minerador se aproprie indevidamente de rendas que pertenceriam ao poder público.

Com base no que foi exposto até aqui, a próxima subseção traz uma nova sugestão para o arranjo de cálculo e cobrança da CFEM no âmbito do novo Código de Mineração. Essa sugestão também envolve aspectos da alocação das reservas minerais entre as companhias mineradoras.

4.4 Nova sugestão para o arranjo da CFEM

Seguindo os preceitos dos modelos apresentados nas seções 4.2 e 4.3, há, de fato, um conflito entre os objetivos de otimizar o nível de investimento privado e maximizar a arrecadação pública, propostos na seção 4.1. Uma adaptação de Osmundsen (1998) nos mostra que o melhor caminho para superar esse conflito, tendo como objetivo principal maximizar o bem-estar social, é oferecer aos investidores privados um *menu* linear de contratos onde o minerador opta pelo nível de *royalties* específicos e *ad valorem* com o qual ele irá contribuir.

No entanto, obviamente, o conflito de interesses entre poder concedente e investidor privado ainda não foi superado. Por um lado, o governo deseja oferecer um *menu* de contratos que garanta a maximização da sua função de bem-estar, por outro, o minerador deseja maximizar seu lucro minimizando a compensação financeira paga através dos *royalties* definidos neste *menu*. Ou seja, há ainda uma pergunta que não foi respondida por Osmundsen (1998) e que precisa ser superada: como o regulador deve estabelecer os parâmetros dos contratos oferecidos aos investidores privados?

A resposta para esta pergunta deve necessariamente levar em conta a assimetria de informação que persiste entre os agentes envolvidos. Conforme visto anteriormente, o governo só conhecerá a informação privada do investidor quando ele fizer a opção pelo contrato. Por isso, o *menu* oferecido pelo regulador deve ser tal que leve o minerador a

¹⁴¹ Para um resumo de países e regiões que adotam *royalty ad valorem* na regulação da indústria de mineração vide seção 2.3.1 desta tese.

escolher valores de *royalties* específicos e *ad valorem* que por um lado garantam o maior nível de investimento produtivo possível¹⁴² e por outro maximizem a arrecadação pública.

Para atender a esses objetivos sem conhecer previamente as condições de produção do minerador, o poder concedente deve estimular uma concorrência entre os investidores privados interessados na reserva mineral, levando-os a revelar o máximo de sua disposição a pagar *royalties*. A melhor ferramenta até hoje preconizada pela literatura econômica para atender os requisitos acima e atingir os objetivos propostos são os leilões de concessão.

A teoria dos leilões é um ramo da teoria microeconômica que vem ganhando espaço desde meados do século passado. Atualmente, uma vasta literatura teórica pode orientar os estudos empíricos sobre o tema. McAfee e McMillan (1987) definem leilão como uma ferramenta explícita de formação de preço, na qual um ofertante busca extrair a totalidade do preço de reserva de um demandante, em um contexto de assimetria de informação. Segundo Wolfstetter (1999), leilões são mecanismos de comercialização, cuja principal característica é estabelecer uma dinâmica de transação capaz de conduzir com rapidez a formação de preços de um bem de valor desconhecido. Neste sentido, Brasil (2009) mostra que o mecanismo de leilão estabelece um jogo entre leiloeiro e licitantes e entre os próprios licitantes, onde o primeiro visa extrair a maior renda de informação disponível e os demais objetivam ganhar o leilão com o lance mais longe possível de seus respectivos preços de reserva. Assim, quanto mais intensa for a concorrência entre os licitantes, mais eficiente será o leiloeiro.

Para o caso em tela, o bem leiloado seria a reserva mineral e o preço do bem seriam os valores correspondentes aos *royalties* específicos e *ad valorem* oferecidos pelas mineradoras. É importante lembrar que o Projeto de Lei para o novo Código de Mineração que tramita no Congresso Nacional já prevê a inclusão de um processo de licitação das jazidas minerais, o que não acontece sob as regras atuais, onde quem faz o primeiro pedido para a exploração de determinada reserva ganha o alvará¹⁴³. Quando o Governo Federal lançou sua proposta para o novo marco regulatório do setor, em 2013, diversos veículos de imprensa, ouvindo membros do Poder Executivo Federal, noticiaram a intenção do Governo de leiloar áreas com grande potencial de extração mineral, em linha com o que já era feito na indústria de petróleo¹⁴⁴.

¹⁴² Lembre-se que pela solução de *menu* a produção do minerador será naturalmente menor do que a produção ótima sem compensação financeira.

¹⁴³ Vide Tabela 1.

¹⁴⁴ Exemplos estão disponíveis em: < <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/06/1296699-marco-da-mineracao-preve-leiloes-para-grandes-e-pequenas-empresas.shtml>>; e <<http://www.cprm.gov.br/imprensa/Site/pdf/Clipping/clipping%2021.1-06-2013.pdf>>. Acesso em 17/10/2015.

Neste sentido, a subseção a seguir descreve as diretrizes gerais sugeridas para estes leilões com base no conhecimento acumulado ao longo dos temas tratados até aqui¹⁴⁵.

4.4.1. Proposta de regras gerais dos leilões

Conforme o modelo desenvolvido na seção 4.3, a melhor forma para o Governo Federal maximizar sua função de bem-estar social é cobrar a CFEM sob duas formas: (i) através de um *royalty* específico, que representa o pagamento de um valor fixo, incondicional aos resultados da exploração da mina; e (ii) através de um *royalty ad valorem*, que representa uma participação percentual do governo no faturamento bruto do minerador. Com este intuito, após a definição de uma área com potencial econômico para a extração de um determinado minério, sugere-se a seguinte estratégia para os referidos leilões¹⁴⁶:

- i. Leiloa-se a concessão da área para a prospecção e extração de minérios por tempo pré-determinado onde o lance de cada licitante é composto por dois aspectos: (i) o valor oferecido como *royalty* específico e que deve ser pago após conhecido o vencedor do leilão¹⁴⁷; e (ii) o percentual correspondente à alíquota do *royalty ad valorem* que irá incidir sobre o faturamento bruto do minerador.
- ii. O vencedor do leilão será definido pelo maior valor presente líquido dentre os fluxos de compensações financeiras ofertadas pelos mineradores licitantes, considerando o valor fixo do *royalty* específico e o fluxo futuro de compensações esperadas pela incidência da alíquota de *royalty ad valorem* sobre a projeção de extração de minério da reserva durante o prazo da concessão.

A projeção citada no item acima deve ser feita pelo próprio Poder Concedente¹⁴⁸ e disponibilizada com antecedência a todos os licitantes habilitados para o leilão. Esta projeção

¹⁴⁵ Obviamente, detalhes específicos sobre a condução destes leilões precisarão ser oportunamente discutidos pelos diversos atores envolvidos na formulação dessa política.

¹⁴⁶ Em alguma medida, a sugestão aqui descrita segue passos já adotados pelo Governo Federal no leilão do Campo de Libra na maior reserva de petróleo conhecida do Brasil (camada pré-sal), em 2013. No entanto, na opinião deste autor, questões como necessidade de conteúdo nacional e obrigação de participação de empresa estatal no consórcio vencedor da licitação não devem se aplicar aos leilões de jazidas minerais.

¹⁴⁷ Tal como ocorre, por exemplo, com o Bônus de Assinatura nos leilões de petróleo no Brasil (vide Brasil, 2009).

¹⁴⁸ Através do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) ou mesmo da nova agência reguladora que se pretende criar no âmbito do novo Código de Mineração (vide Tabela 1).

deve servir apenas como um auxílio às decisões do regulador (entre elas, a decisão sobre o vencedor do leilão) e como uma fonte de socialização das informações básicas conhecidas a respeito da reserva mineral, não havendo qualquer compromisso futuro com base na referida projeção. Até mesmo porque os investidores privados interessados na reserva mineral devem realizar suas próprias análises do potencial econômico da jazida, considerando, sobretudo, suas respectivas tecnologias de produção para que possam fazer a escolha mais adequada na hora de formular seus lances e dividi-los entre *royalty* específico e *ad valorem*, tal como preconizam os resultados do modelo apresentado na seção 4.3.

A efetiva implementação do leilão depende ainda, naturalmente, de uma série de decisões a respeito de outros aspectos envolvidos na regulação do setor, como, por exemplo, a forma que o Governo irá definir as áreas que serão licitadas, as regras para habilitar as empresas que concorrerão em cada leilão, a prospecção de novos campos ricos em minério¹⁴⁹, etc. Todos esses aspectos precisarão ser objeto de estudos específicos e envolvem, em maior ou menor grau, questões que estão além das ciências econômicas. Por isso, não serão diretamente tratados nessa tese, embora também não pareçam representar qualquer empecilho à política aqui sugerida.

Depois de discutidas e tratadas as questões relacionadas ao novo arranjo de arrecadação da CFEM, outro aspecto econômico importante da nova regulação do setor mineral – e que já foi salientado ao final do Capítulo 3 – refere-se às normas para o uso das receitas públicas provenientes da CFEM pelos estados e municípios que serão beneficiados. Tendo em vista tratar-se de um tema importante para o sucesso de longo prazo do novo Código de Mineração, o Capítulo 5 estima os principais impactos da CFEM sobre a política fiscal dos municípios contemplados e traz sugestões sobre o tema.

¹⁴⁹ Atualmente, parte importante dessa prospecção é feita pelas próprias companhias mineradoras que, ao encontrarem uma reserva com potencial econômico de extração apenas solicitavam ao Poder Público o alvará de exploração da área. Com os leilões, as companhias terão que concorrer pela área com outros investidores, o que desestimulará a prospecção inicial espontânea e obrigará o Governo a assumir integralmente esse papel.

5 O IMPACTO DA CFEM NA POLÍTICA FISCAL DOS MUNICÍPIOS

O Capítulo 2 mostrou que um dos principais objetivos do Governo Federal com as mudanças pretendidas no marco regulatório da mineração é o aumento da compensação financeira paga aos municípios diretamente impactados pela extração de minérios. Tendo em vista esta estratégia, um dos questionamentos que surgem – derivado da literatura do uso da renda de recursos naturais exauríveis – refere-se ao destino que será dado a esses recursos pelos municípios contemplados. Isto porque a política fiscal destas localidades pode potencializar ou mesmo naufragar a política nacional de extração dos recursos naturais do solo brasileiro.

Conforme salientado na seção 3.2.4, sem que o novo Código de Mineração defina parâmetros claros para a aplicação da nova compensação financeira, é difícil a princípio assegurar qual será o comportamento dos gestores públicos diante do novo orçamento à disposição. Embora a regra atual preveja que os recursos da CFEM não sejam aplicados em despesas de custeio, mas sim em questões ligadas à infraestrutura, qualidade ambiental, saúde ou educação local¹⁵⁰, não é difícil para os governantes locais reordenarem suas políticas fiscais de acordo com suas conveniências. Isto pode ocorrer, por exemplo, devido a uma redução do esforço fiscal da prefeitura – tanto no que se refere ao controle dos seus gastos quanto ao controle da sua arrecadação junto aos munícipes – com o intuito de melhorar a popularidade dos atuais administradores públicos.

O grande problema é que como os recursos minerais não são renováveis, mais cedo ou mais tarde as receitas da CFEM naturalmente se esgotarão. Isto impõe aos municípios contemplados com a compensação um conflito intergeracional, dado o uso dos recursos naturais pela geração atual em detrimento das gerações futuras. A dificuldade de satisfazer as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades é colocada por Sachs (2008) como um problema de Desenvolvimento Sustentável. De acordo com o autor, o Desenvolvimento Sustentável impõe a necessidade ética da solidariedade intergeracional, garantindo a sustentabilidade social, ambiental e econômica das gerações presentes e futuras. Nesta linha, Solow (1974) propõe que a justiça e

¹⁵⁰ Vide seção 2.1.

a equidade intergeracional no uso de recursos naturais sejam obtidas através de um consumo per capita constante (ou crescente) ao longo do tempo. O autor defende a extração dos recursos naturais, desde que a renda desta atividade seja reinvestida em alternativas de geração de renda não exauríveis, garantindo a continuidade de recursos para as gerações vindouras. No caso brasileiro, Costa (2012) mostra que há uma tendência das instituições nacionais de não respeitar os princípios da justiça intergeracional no processo de destinação das receitas públicas auferidas com recursos naturais exauríveis.

Há vasta literatura discutindo como reinvestir a renda de recursos não renováveis para garantir recursos futuros. Conforme destaca Enriquez (2006), uma alternativa sempre lembrada é a criação de Fundos de Riqueza Soberanos (FRS) que busquem rentabilidade equivalente às rendas dos recursos naturais. Como mostram Lopes (2013) e Caparica (2010), diversos países ricos em recursos naturais exauríveis usam este mecanismo para garantir certa estabilidade intergeracional nas suas riquezas. De todo modo, qualquer que seja a alternativa adotada, o fato é que se deve fugir do cenário onde a renda é imediatamente consumida pela geração atual.

Voltando ao caso em tela, se os municípios contemplados com a CFEM, mesmo que não possam aplicar estes recursos em suas despesas de custeio¹⁵¹, simplesmente transferi-los aos seus contribuintes, estarão ferindo o princípio da equidade intergeracional e dificultando o desenvolvimento sustentável de longo prazo da comunidade. Conforme mencionado anteriormente, essa transferência pode ocorrer através de um baixo esforço de arrecadação da prefeitura junto aos seus contribuintes. Visto sob outra perspectiva, este baixo esforço fiscal significa que o município contemplado com a CFEM está transferindo esta renda aos seus contribuintes, dado que eles estão arcando com uma carga menor de impostos. Por tudo isso, rendimentos relativos à exploração de recursos naturais sempre despertam discussões sobre seus impactos nas finanças públicas e no esforço fiscal das localidades contempladas.

As diferentes formas como os gestores dos municípios reagem ao aporte de novos recursos fornecem uma perspectiva de como tais recursos estão sendo de fato aplicados. Há, por exemplo, evidências na literatura de que transferências de renda para municípios elevam alíquotas de impostos locais distorcivos e agravam problemas de risco moral, gerando excesso de gastos e insuficiência de coleta de tributos¹⁵². No Brasil, Ribeiro e Shikida (2000), Cossio

¹⁵¹ Como folha de pagamento ou compra de bens não duráveis.

¹⁵² Sanguinetti e Tommasi (2004), Smart (2007 e 1998).

(1998) e Shah (1994) indicam haver uma relação inversa entre esforço tributário próprio dos municípios e rendas recebidas da União e dos estados¹⁵³. Com relação às rendas provenientes especificamente da exploração de recursos naturais, há trabalhos que se concentram nos *royalties* do petróleo, como Serra (2007 e 2003) e Leal e Serra (2002) que mostram evidências mistas no efeito da renda petrolífera sobre o desenvolvimento econômico e social local. Já Carnicelli e Postali (2012) e Postali e Rocha (2009) indicam que as rendas do petróleo reduzem o esforço fiscal dos municípios, embora aumentem o seu orçamento de investimento.

Considerando que não existem trabalhos neste sentido que abordem especificamente as rendas geradas pela mineração e a oportunidade que o debate do novo Código de Mineração oferece para que sejam discutidas políticas de aplicação e uso das rendas minerais no longo prazo, o objetivo deste capítulo é estimar potenciais impactos da nova CFEM sobre a política fiscal dos municípios contemplados, buscando contribuições às questões em tela.

5.1 A busca por um contrafactual através de um *propensity score weighting* espacial

Um problema comum a quase todos os trabalhos de estimação econômica empírica refere-se à busca de contrafactuais que permitam inferir de forma confiável o efeito de uma variável econômica sobre a outra. No caso em tela, estamos interessados no efeito da arrecadação da CFEM sobre outras variáveis relacionadas às finanças públicas dos municípios, mas para isso é necessário saber como se comportariam as finanças destas localidades caso não recebessem a compensação financeira. Só desta forma podemos inferir com boa segurança o efeito puro da CFEM. Por isso, o objetivo desta seção é construir um contrafactual para os municípios produtores de minério.

Dado que os municípios mineradores estão distribuídos por todo o país e apresentam elevado grau de heterogeneidade entre si, a melhor forma de avaliar o efeito da CFEM seria encontrar

¹⁵³ As receitas provenientes da União e dos estados incluem as rendas da mineração, pois estas são arrecadas pela União e transferidas aos municípios.

municípios idênticos a cada um, mas não mineradores. Entretanto, como não existem municípios idênticos, tal alternativa se torna impossível. Para driblar esta dificuldade, a opção adotada foi o uso da estratégia de *propensity score*, introduzida por Rosenbaum e Rubin (1983) e que objetiva construir um contrafactual a partir de uma combinação das características observáveis dos municípios que os tornam mais ou menos propensos a produzir minério. Para isso, em linha com a nomenclatura comum de pesquisas experimentais, a metodologia de *propensity score* denomina os municípios contemplados com a renda mineral como “tratados” e os não contemplados como “controles”.

Seja D_i uma *dummy* identificando a que grupo pertence o município i . Assim, $D_i = 1$ se o município i pertence ao grupo de tratamento e $D_i = 0$ caso pertença ao grupo de controle. Os municípios não têm a mesma probabilidade de pertencerem a um ou outro grupo, pois diversas características – como clima, solo, uso da terra, etc. – podem influenciar de formas diferentes esta probabilidade. Quando tais características forem observáveis, serão chamadas de X_i . Desta forma, o objetivo final da estratégia é estimar:

$$E[(Y_0, Y_1)|D = 1, X] = E[(Y_1|D = 1, X) - (Y_0|D = 1, X)] \quad (5.1)$$

Onde:

Y é a variável de interesse do estudo, sendo Y_0 o vetor de valores encontrados para os indivíduos do grupo de controle e Y_1 o vetor de valores encontrados para os indivíduos do grupo de tratamento; e

$$(Y_0, Y_1) \perp D|X.$$

Neste caso, o contrafactual – dado por $E(Y_0|D = 1, X)$ – é aproximado pelo resultado médio do grupo de não tratados, $E(Y_0|D = 0, X)$. Para isso, calcula-se a probabilidade de um município i qualquer ser tratado, seja ele efetivamente do grupo de tratamento ou não, dados os valores das suas covariadas em X_i . Essa probabilidade é denominada *propensity score* (Heckman, Ichimura e Todd, 1998):

$$P(X_i) = \Pr(D_i = 1|X_i) \quad (5.2)$$

Para o caso em tela, o *propensity score* refere-se à probabilidade de um município brasileiro receber a CFEM dadas suas características observáveis. A estimação de $P(X_i)$ é feita por meio de um modelo *probit* ou *logit* tradicional. Assim, municípios com *propensity score*

similares são agrupados de modo que o resultado é condicionalmente independente do fato do município ter ou não recebido a compensação financeira. Tendo em vista que o recebimento da CFEM está condicionado à extração de minérios e que a presença de reservas minerais no município (condição *sine qua non* para a extração) está relacionada às condições geológicas da localidade, as variáveis pertencentes à X_i foram definidas como:

- Composição do solo (construída pelo cruzamento espacial de informações do IBGE sobre a composição do solo brasileiro e informações sobre o perímetro dos municípios);
- Componentes geológicos presentes no solo (definidos pelo cruzamento espacial de informações do IBGE sobre os principais componentes geológicos presentes no solo brasileiro e informações sobre o perímetro dos municípios);
- Temperatura média nas quatro estações do ano;
- Volume médio de chuvas nas quatro estações do ano¹⁵⁴;
- Altitude;
- Densidade populacional;
- Percentual de área rural e urbana; e
- Unidade da Federação¹⁵⁵.

Como a maioria dos dados disponíveis para estas categorias são invariantes ao longo do tempo (ao menos em nível de municípios) e como alguns deles estão disponíveis apenas para 2010 (como a população municipal, obtida pelo o último censo realizado pelo IBGE), foi estimado um modelo *logit* em *cross section* para o ano de 2010, onde os indivíduos são os municípios e a variável dependente é a *dummy* referente ao recebimento da CFEM, designando os municípios tratados e controles.

¹⁵⁴ Como mostra o Gráfico 4, o volume de chuvas tem forte impacto sobre a extração de minérios, o que tende a impactar a viabilidade econômica de uma mina.

¹⁵⁵ Captada através de *dummies* que indicam o estado onde o município está localizado, com o intuito de captar efeitos relacionados, por exemplo, à qualidade da infraestrutura na região ou a políticas estaduais de incentivo à mineração.

De acordo com os dados disponíveis no Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro – SICONFI, disponibilizado pelo Tesouro Nacional, em 2010 foram beneficiados com transferências de CFEM 1.507 municípios. Outros 3.881 municípios declararam não ter recebido qualquer valor de CFEM e os demais não preencheram as informações do SICONFI. A Figura 4 mostra o mapa do Brasil destacando na cor escura os 1.507 municípios beneficiados pela CFEM.

Figura 4. Mapas com os municípios beneficiados com CFEM em 2010

Elaboração do autor.

Embora seja nítido que exista o recebimento da CFEM em todas as regiões do território nacional, é possível perceber no mapa áreas com o agrupamento de vários municípios tratados e outras áreas com o agrupamento de vários municípios não tratados.

Esse forte componente espacial associado às jazidas de minério pode não ter relação apenas com a geografia e o clima dos municípios, conforme captado pelas variáveis listadas em X_i . Além de outros aspectos não captados pelas covariadas acima e ligados, direta ou indiretamente, ao clima e à geografia da região, a localização da mina pode estar relacionada também com questões ligadas à infraestrutura disponível ao minerador, à presença de outras mineradoras na região (o que, por exemplo, aumenta a expectativa sobre a qualidade do solo), aos dados de prospecção mineral disponíveis na época em que se decidiu pela exploração da reserva, etc. Embora tudo isso seja difícil de ser controlado por variáveis específicas, a

conjunção desses e outros fatores espaciais pode criar o que se conhece na literatura econômica como correlação espacial dos dados. Em outras palavras, conforme explora e demonstra Elhorst (2014), a localização espacial de um indivíduo em uma amostra pode ajudar a explicar a localização dos demais indivíduos na mesma amostra. Neste sentido, para o caso em tela, a localização de um município minerador pode ajudar a explicar a localização dos demais municípios mineradores e, portanto, o georreferenciamento de todos esses municípios pode aumentar o poder explicativo das covariadas que estimam $P(X_i)$. Esta possibilidade é devidamente analisada e tratada na seção seguinte.

5.1.1. Análise e tratamento da dependência espacial dos dados

Para testar a dependência espacial dos dados referentes ao *probit* estimado com as variáveis X_i acima e definir o melhor modelo espacial para tratar essa dependência, adaptou-se as recomendações feitas por Florax et al. (2003), originalmente pensadas para modelos lineares.

Inicialmente, são gerados os resíduos do modelo não espacial com o intuito de testar a correlação espacial dos mesmos.

$$y = X'\beta + e \quad (5.3)$$

Onde:

y é o vetor de *dummies* de CFEM que assumem valores 0 ou 1; e

e é o vetor de resíduos que serão testados.

A ideia é a seguinte: se as variáveis listadas em X_i forem suficientes para controlar a dependência espacial entre os municípios tratados e não tratados, os resíduos do modelo (5.3) não irão apresentar correlação espacial. No entanto, o teste exige a definição da matriz de pesos espaciais (W), que representa a estrutura espacial na qual ocorre a interação socioeconômica de interesse entre os indivíduos. Ou seja, a matriz W define como se distribui espacialmente os indivíduos cuja variável em análise – no caso, os resíduos de (5.3) – está correlacionada (vide Almeida, 2012). Para o estudo em tela foram escolhidas seis diferentes opções para a matriz W : as cinco primeiras consideram os k vizinhos mais próximos do município em análise, sendo k igual a 50, 40, 30, 20 ou 10; já a sexta opção considera todos

os municípios que fazem fronteira com o município em análise, conhecida também como matriz *queen* com um grau de contiguidade.

A Figura 5 compara os mapas de cluster das *dummies* de CFEM (portanto, sem o tratamento das covariadas listadas em X_i) e dos resíduos do modelo não espacial (portanto, após o tratamento das covariadas listadas em X_i). Os municípios em vermelho escuro representam localidades com alto valor da variável cujos vizinhos também possuem alto valor na respectiva variável e os municípios em azul escuro representam localidades com baixo valor da variável cujos vizinhos também possuem baixo valor na respectiva variável (sempre respeitando o critério de vizinhança dado pela matriz W)¹⁵⁶. Como os mapas das seis matrizes W s seguem padrões semelhantes, por economia, a Figura 5 apresenta somente os casos extremos dados pelas matrizes *queen* e com os 50 vizinhos mais próximos.

¹⁵⁶ A cor azul clara indica que o município tem baixo valor de resíduo, mas possui vizinho com alto valor, e a cor vermelha clara indica o contrário.

Figura 5. Mapas de clusters da correlação espacial das *dummies* de CFEM e dos resíduos

Elaboração do autor.

Embora os mapas mostrem que ao controlarmos os municípios tratados e não tratados pelas variáveis em X_i a presença de *clusters* – e a consequente dependência espacial – diminui (principalmente quando consideramos matrizes W s com mais vizinhos), não está claro que a dependência espacial deixou de ser significativa, pois alguns *clusters* parecem persistir.

Para resolver esta questão, pode ser adotada a estatística I de Moran, apresentada por Almeida (2012) como uma medida de autocorrelação espacial global, calculada por:

$$I = \frac{n}{\sum W} \left(\frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \right), \text{ para } i \neq j \quad (5.4)$$

Onde:

n representa o número de observações;

w_{ij} representa o elemento na matriz de vizinhança para o par i e j ;

$\sum W$ representa a soma dos ponderadores da matriz de vizinhança

y_i representa o valor do atributo em análise para o indivíduo i ; e

$\bar{y}$ representa a média do valor do atributo em análise para todos os indivíduos;

Tal como em um indicador de correlação tradicional, um valor $I > 0$ indica correlação espacial positiva e um valor $I < 0$ indica correlação espacial negativa. A Tabela 27 apresenta as estatísticas I de Moran para os resíduos do modelo não espacial e os p-valores associados aos testes de pseudo-significância¹⁵⁷. A hipótese nula do teste assume a independência espacial, ou seja, $I = 0$. Portanto, os p-valores apresentados abaixo rejeitam a hipótese nula e indicam que há dependência espacial entre os municípios tratados e não tratados, mesmo após controlados pelas variáveis em X_i .

Tabela 27. Teste I de Moran sobre os resíduos

Matriz W	I de Moran	Pseudo p-valor ¹	Média	Desv. Padrão
<i>Queen</i>	0,0755	0,001000	-0,0005	0,0082
k = 10	0,0635	0,001000	0,0000	0,0058
k = 20	0,0490	0,001000	0,0000	0,0041
k = 30	0,0382	0,001000	-0,0003	0,0033
k = 40	0,0330	0,001000	-0,0001	0,0028
k = 50	0,0299	0,001000	-0,0003	0,0026

¹ Obtido com 999 permutações.
Elaboração do autor.

O próximo passo é definir qual é o melhor modelo espacial para controlar a correlação acima. Inicialmente, testa-se a simples defasagem espacial das variáveis em X . Em termos práticos, define-se que a probabilidade de tratamento do município i depende não apenas dos valores

¹⁵⁷ É o teste mais comum para averiguar a validade estatística do I de Moran calculado. Neste teste são geradas diferentes permutações dos valores de atributos associados às regiões, sendo que cada permutação produz um novo arranjo espacial onde os valores estão redistribuídos entre as áreas. Como apenas um dos arranjos corresponde à situação observada, pode-se construir uma distribuição empírica de I . Se o valor do I de Moran computado originalmente corresponder a um “extremo” da distribuição simulada, então este valor possui significância estatística.

das variáveis explicativas do próprio município (X_i), mas também dos valores das variáveis explicativas dos municípios vizinhos:

$$P(X, WX) = \Pr(D = 1|X, WX) \quad (5.5)$$

Onde:

$P(X, WX)$ é o vetor de *propensity score* dos municípios; e

WX é a matriz de covariadas X pré-multiplicada pela matriz espacial W .

Neste caso, o *propensity score* também é estimado por um modelo *logit* tradicional e seus resíduos são novamente testados. Ou seja, se a inclusão das covariadas WX na estimação do *propensity score* resolver a dependência espacial dos resíduos, o modelo estará escolhido.

A Tabela 28 apresenta as novas estatísticas I de Moran para os resíduos do modelo com as covariadas espacialmente defasadas e os p-valores associados aos testes de pseudo-significância. Novamente os testes para todas as matrizes W rejeitaram a hipótese nula, indicando que a dependência espacial entre os municípios tratados e não tratados permanece mesmo após a defasagem espacial das covariadas.

Tabela 28. Teste I de Moran sobre os resíduos com defasagem espacial das covariadas

Matriz W	I de Moran	Pseudo p-valor ¹	Média	Desv. Padrão
<i>Queen</i>	0,0824	0,001000	0,0000	0,0082
k = 10	0,0620	0,001000	-0,0002	0,0056
k = 20	0,0502	0,001000	0,0000	0,0042
k = 30	0,0407	0,001000	-0,0002	0,0033
k = 40	0,0353	0,001000	-0,0002	0,0029
k = 50	0,0320	0,001000	-0,0002	0,0025

¹ Obtido com 999 permutações.
Elaboração do autor.

Ainda com base na estratégia de Florax et al. (2003), é preciso agora investigar se a dependência espacial advém de um processo de: (i) autocorrelação espacial, devido a presença de defasagem espacial na variável dependente; ou (ii) correlação espacial dos resíduos, devido a um processo de defasagem espacial nos resíduos.

No primeiro caso temos o *Spatial Lag Model*, o que significa dizer que a probabilidade de tratamento do município i dependente dos municípios vizinhos serem ou não tratados. O modelo é especificado da seguinte forma:

$$y = \rho W y + X' \beta + e \quad (5.6)$$

$$e \sim N(0, \sigma^2 V) \quad (5.7)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & v_n \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Onde:

ρ é o parâmetro que capta o efeito da autocorrelação espacial; e

v_i são parâmetros a serem estimados que captam a heterocedasticidade do modelo.

No segundo caso temos o *Spatial AR Error Model*, o que significa dizer que a probabilidade de tratamento do município i dependente das variáveis não observadas dos municípios vizinhos. O modelo é especificado da seguinte forma:

$$y = X' \beta + u \quad (5.9)$$

$$u = \lambda W u + e \quad (5.10)$$

$$e \sim N(0, \sigma^2 V) \quad (5.11)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & v_n \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

Onde:

λ é o parâmetro que capta o efeito da correlação espacial dos resíduos.

A escolha entre os modelos acima depende agora do teste de ρ e λ . Em linha com Anselin (1988) e com Burrridge (1980), os parâmetros foram testados através de testes LM¹⁵⁸ dados por:

¹⁵⁸ Lagrange Multiplier Test.

$$LM_{\rho} = \frac{(\hat{e}'Wy/\hat{\sigma}^2)^2}{nJ} \quad (5.13)$$

$$LM_{\lambda} = \frac{(\hat{e}'W\hat{e}/\hat{\sigma}^2)^2}{T} \quad (5.14)$$

Onde:

$$J = \frac{1}{n\hat{\sigma}^2} \left[(WX\hat{\beta})'(I - X(X'X)^{-1}X')(WX\hat{\beta}) + T\hat{\sigma}^2 \right]; \text{ e}$$

T é o traço da matriz $((W' + W)W)$

A Tabela 29 exibe os valores encontrados para os LMs e seus respectivos p-valores. Os resultados indicam que ρ e λ são estatisticamente significativos, corroborando mais uma vez com a presença de dependência espacial nos dados, mas inviabilizando a escolha do modelo mais adequado.

Tabela 29. Testes LM

Matriz W	Teste	LM	P-Valor
<i>Queen</i>	LM ρ	216,6517	0,0000
	LM λ	212,3121	0,0000
$k = 10$	LM ρ	49,3646	0,0000
	LM λ	85,7670	0,0000
$k = 20$	LM ρ	36,9047	0,0000
	LM λ	124,4266	0,0000
$k = 30$	LM ρ	95,4581	0,0000
	LM λ	110,2485	0,0000
$k = 40$	LM ρ	93,6822	0,0000
	LM λ	128,2106	0,0000
$k = 50$	LM ρ	104,6911	0,0000
	LM λ	132,6105	0,0000

Elaboração do autor.

Diante da significância estatística de ρ e λ , Anselin e Florax (1995b) e Anselin et al. (1996) mostram que o teste conhecido como LM robusto tem maior poder para apontar a alternativa mais adequada. Isto porque o teste robusto é projetado para trabalhar melhor quando o modelo é mal especificado, ou seja, o teste para defasagem espacial na variável dependente considera a possível presença de correlação espacial dos resíduos, já o teste para correlação espacial dos resíduos considera o contrário. Assim, Florax et al. (2003) sugere que a simples

comparação dos valores obtidos para os testes robustos, comprovada a significância de ρ e λ no teste anterior, é suficiente para apontar o modelo espacial mais adequado.

Os LMs robustos são dados por:

$$LM_{\rho}^{Robust} = \frac{(\hat{e}'Wy - \hat{e}'W\hat{e}/\hat{\sigma}^2)^2}{nJ - T} \quad (5.15)$$

$$LM_{\lambda}^{Robust} = \frac{(\hat{e}'W\hat{e}/\hat{\sigma}^2 - T(nJ)^{-1}\hat{e}'Wy/\hat{\sigma}^2)^2}{T[1 - T(nJ)]^{-1}} \quad (5.16)$$

A Tabela 30 exibe os valores LMs calculados para cada matriz de vizinhança W e o modelo espacial respectivamente escolhido.

Tabela 30. Testes LM Robustos

Matriz W	Teste	LM	Modelo Escolhido
<i>Queen</i>	LM ρ	4,6605	<i>Lag</i>
	LM λ	0,3209	
$k = 10$	LM ρ	1,4273	<i>AR Error</i>
	LM λ	37,8297	
$k = 20$	LM ρ	8,3055	<i>AR Error</i>
	LM λ	95,8274	
$k = 30$	LM ρ	3,0912	<i>AR Error</i>
	LM λ	17,8816	
$k = 40$	LM ρ	0,0168	<i>AR Error</i>
	LM λ	34,5452	
$k = 50$	LM ρ	0,0634	<i>AR Error</i>
	LM λ	27,9828	

Elaboração do autor.

Portanto, o modelo *Spatial Lag Model*, dado por (5.6) – (5.8), deve ser usado quando a matriz W for do tipo *Queen* e o modelo *Spatial AR Error Model*, dado por (5.9) – (5.12), deve ser usado para as demais matrizes W .

No entanto, quando há heterogeneidade espacial a ser controlada entre os indivíduos, os modelos *probit* e *logit* convencionais, calculados por máxima verossimilhança, não são adequados. Por construção, os erros dos modelos espaciais não lineares são heterocedásticos e, portanto, estimativas baseadas na hipótese de homocedasticidade são inconsistentes (Wooldridge, 2002, p. 470). Além disso, tal como especificados acima, os modelos espaciais apresentam muito mais parâmetros para estimar do que graus de liberdade. Para solucionar

esses problemas, LeSage (1999 e 2000) desenvolveu estimativas bayesianas de modelos *probit* em *cross section* com defasagem espacial na variável dependente ou nos resíduos, empregando métodos de Monte Carlo baseados em Cadeias de Markov (MCMC)¹⁵⁹.

Em linha com as rotinas de Lesage (1999) e seguindo correções indicadas em Chagas, Toneto e Azzoni (2012), os modelos selecionados acima foram rodados e os respectivos *propensity scores* estimados. A Tabela 31 apresenta um breve resumo estatístico dos *propensity scores* obtidos, considerando inclusive o modelo sem a defasagem espacial.

Tabela 31. Sumário estatístico dos *propensity scores* estimados

	Não Espacial	Queen	k = 10	k = 20	k = 30	k = 40	k = 50
Mínimo	0,048	0,005	0,038	0,044	0,044	0,039	0,041
Máximo	0,945	0,956	0,951	0,958	0,931	0,926	0,925
Média	0,280	0,272	0,275	0,274	0,275	0,275	0,275
Mediana	0,258	0,243	0,258	0,256	0,260	0,264	0,265

Número de observações = 5.388.

Elaboração do autor.

Por fim, o Gráfico 10 apresenta a distribuição de frequência dos *propensity scores* estimados, considerando no eixo vertical a frequência com que cada valor de probabilidade do eixo horizontal aparece nos resultados. Embora os *propensity scores* sejam sensíveis ao modelo estimado, o comportamento dos resultados dos diferentes modelos é bastante parecido.

¹⁵⁹ A ideia deste método de Monte Carlo é caracterizar a distribuição conjunta dos parâmetros de interesse e gerar uma amostra da distribuição (aleatória), calculando as estatísticas a partir dessa amostra (Chagas, Toneto e Azzoni, 2012). Com um número grande de sorteios as estatísticas podem se aproximar dos parâmetros populacionais, sendo que Franzese Jr. e Hays (2009) sugerem a realização de 5.000 a 10.000 sorteios, descartando-se os primeiros 1.000, pois os sorteios iniciais são feitos com base numa estimativa inicial.

Gráfico 10. Distribuição de frequências dos *propensity scores*

Elaboração do autor.

Após tratada a dependência espacial e computados os *propensity scores*, é possível agora estimar os impactos da CFEM sobre as políticas fiscais dos municípios, o que será feito através da técnica do estimador duplo robusto de *propensity score weighting*.

5.1.2. Estimador duplo robusto de *propensity score weighting*

Os *propensity scores* estimados acima permitem a redução de um vetor de covariadas (X_i) em uma única variável ($P(X_i)$). Desta forma, pode-se criar um suporte comum para os municípios analisados, refinando a comparação entre eles. Dehejia e Wahba (1999) mostram que a criação de um suporte comum através do *propensity score* permite uma estimação eficiente dos verdadeiros parâmetros de interesse. O ganho em relação a estimações tradicionais é garantir que cada indivíduo (município) tratado seja comparável a similares que pertençam ao grupo de controle, resolvendo assim a dificuldade do contrafactual.

O suporte comum é gerado através da ponderação das variáveis que serão usadas para estimar os efeitos da CFEM pelo *propensity score*, o que explica a referência ao estimador de

propensity score weighting. Desde que um dos modelos esteja bem especificado (ou o modelo que estima o *propensity score* ou o modelo que estima a relação entre as variáveis de interesse), Imbens e Wooldriddge (2009) mostram que a ponderação das variáveis explicativas evita potenciais fontes de viés de variável omitida, seja qual for o modelo paramétrico adotado, introduzindo uma robustez adicional tanto pela eliminação da correlação entre as covariadas omitidas quanto pela redução da correlação entre as variáveis omitidas e incluídas. Por isso, Bang e Robin (2005) definem este como um estimador “duplamente robusto”, que produz estimações consistentes quando ao menos um dos estágios da estimação é especificado corretamente.

Para Heckman, Lalonde e Smith (1999), uma condição importante para o uso do *propensity score* é a existência do referido suporte comum, ou seja, a existência de unidades em ambos os grupos (tratamento e controle) para cada característica observável para a qual se deseja comparar os indivíduos. Neste sentido, Sloczyński e Wooldridge (2014) mostram que a condição $0 < P(X_i) < 1$ assegura que para cada indivíduo tratado exista outro indivíduo não tratado com valores similares de X_i . Além disso, com o intuito de eliminar viés potencial e melhorar a comparabilidade entre os grupos de tratamento e controle, Galiani et al. (2005) sugerem a adoção de um procedimento no qual os limites do suporte comum são reduzidos. A ideia é que:

- i. Para a definição do limite inferior do suporte comum são excluídas as observações cujos *scores* são inferiores ao *propensity score* do indivíduo do grupo de tratamento situado no primeiro percentil da distribuição deste grupo; e
- ii. Para a definição do limite superior do suporte comum são excluídas as observações cujos *scores* são superiores ao *propensity score* do indivíduo do grupo de controle situado no 99º percentil da distribuição deste grupo.

Tendo em vista as fragilidades do *propensity score weighting* expostas em Dehejia e Wahba (1999), a razão para o procedimento acima é garantir que haja uma massa de indivíduos comparáveis, já que observações com *propensity score* muito alto ou muito baixo carecem de um número razoável de indivíduos que sirvam de contrafactual apropriados.

O Gráfico 11 apresenta a mesma distribuição de frequência dos *propensity scores* vista no Gráfico 10, mas desta vez separando-os em grupo de tratamento (1.507 observações em azul) e controle (3.881 observações em vermelho).

Gráfico 11. Distribuição de frequências dos *propensity scores* por grupo

Elaboração do autor.

Os resultados acima mostram que os *propensity scores* do grupo de controle estão mais acumulados em um nível de probabilidade (eixo horizontal) menor que os *propensity scores* do grupo de tratamento. Além disso, é fácil visualizar que existe um volume significativamente maior de municípios com baixo *propensity score* no grupo de controle, evidenciando a relevância do procedimento proposto por Galiani et al. (2005).

De acordo com Bang e Robin (2005), dependendo do tipo de ponderação adotada para as variáveis explicativas, é possível identificarmos dois efeitos: (i) o efeito médio do tratamento sobre os tratados (conhecido como ATT¹⁶⁰) ou; (ii) o efeito médio do tratamento (conhecido como ATE¹⁶¹). Desta forma, o estimador duplo robusto de *propensity score weighting* nos permite estimar o efeito da CFEM sobre os municípios que já recebem a compensação e o possível efeito desta renda sobre todos os municípios.

Em linha com Imbens e Wooldridge (2009), as ponderações para ATE e ATT são dadas por:

$$X_{ATE} = \begin{cases} \frac{X_i}{P(D=1|X)} & \text{se } D = 1 \\ \frac{X_i}{1-P(D=1|X)} & \text{se } D = 0 \end{cases} \quad (5.17)$$

¹⁶⁰ Average Treatment Effect for the Treated.

¹⁶¹ Average Treatment Effect.

$$X_{ATT} = \begin{cases} \frac{X_i}{\sum_{D_i=1} P(D=1|X)} & \text{se } D = 1 \\ \frac{P(D=1|X)}{1-P(D=1|X)} \frac{1-\sum_{D_i=1} P(D=1|X)}{\sum_{D_i=1} P(D=1|X)} \frac{X_i}{1-\sum_{D_i=1} P(D=1|X)} & \text{se } D = 0 \end{cases} \quad (5.18)$$

Após o uso de (5.17) e (5.18) para ponderar as variáveis explicativas e a implementação do procedimento de Galiani et al. (2005) para reduzir as extremidades do suporte comum, o efeito da CFEM sobre a política fiscal dos municípios brasileiros pode ser identificado a partir de alguns modelos paramétricos tradicionais. Entretanto, a necessidade de controle da dependência espacial dos municípios contemplados com a CFEM, apresentada na seção anterior, nos impõe algumas limitações.

Conforme mencionado anteriormente, os *propensity scores* em tela foram estimados em um *cross section* para o ano de 2010. Isto ocorreu não somente porque as variáveis explicativas que se mostraram relevantes para estimar o *propensity score* são invariantes no tempo ou estão disponíveis, em nível municipal, em observações únicas no período em análise, mas também porque – devido à necessidade de controle espacial – existem limitações técnicas nos procedimentos de estimação de modelos não lineares com defasagem espacial. Na prática, não existe na literatura metodologia confiável para estimar um modelo *probit* ou *logit* com controle espacial e dados em painel. Por tudo isso, cada município da amostra foi agraciado com apenas um valor de $P(X_i)$, invariante no tempo.

Isto impõe limitações ao uso de alguns modelos em painel no segundo estágio, pois estimadores cuja variação do mesmo indivíduo no tempo (conhecida como variação *within*) é relevante perdem eficiência em favor de estimadores cuja variação entre indivíduos (variação *between*) é relevante. Neste sentido, os estimadores clássicos de efeitos fixos (cuja variação *within* é essencial) e efeitos aleatórios (que representa uma ponderação entre *within* e *between*)¹⁶² não respondem bem aos dados em tela.

No entanto, é importante destacar que a variação *within* não parece relevante para os *propensity scores* estimados. Isto porque, conforme já foi destacado, a probabilidade de um município receber a CFEM não pode mudar muito ao longo do tempo, dado que as características que o tornam pretendente da compensação estão muito mais ligadas à localização do município do que a qualquer outro fator. Se, por um lado, o montante recebido de CFEM por um município varia entre anos próximos (devido a diversas contingências de

¹⁶² Vide Wooldridge (2002, cap.10).

mercado que alteram o volume produzido de minério nas minas locais), por outro, a probabilidade de haver produção e, conseqüentemente, CFEM tende a ser constante nestes mesmos anos próximos.

De qualquer forma, com o intuito de mitigar a perda de informação sobre a evolução temporal das variáveis incluídas no segundo estágio da estimação, foram adotados modelos que avaliam os municípios brasileiros entre 2010 e 2012. O uso de dados referentes a 2011 e 2012 se mostrou relevante porque o impacto da compensação financeira sobre a política fiscal do município pode não ser contemporâneo, ou seja, a CFEM recebida hoje pode mudar o comportamento do município no ano seguinte. Por outro lado, não foram adotados dados referentes a 2013 e 2014, pois: (i) não há informações disponíveis sobre o PIB municipal neste período e esta variável se mostrou bastante significativa em quase todos os modelos estimados; e (ii) a maior parte das informações sobre as finanças públicas municipais foi obtida no SICONFI e um grande número de municípios ainda não detalhou suas informações contábeis referentes a esses dois anos¹⁶³.

Com o intuito de considerar todos os aspectos abordados até aqui, os modelos estimados no segundo estágio adotaram quatro diferentes estimadores:

- i. Inicialmente foi implementado o estimador de efeitos absorvidos, que Blackwell (2005) mostra ser uma alternativa ao estimador de efeitos fixos¹⁶⁴, onde os indivíduos são agrupados de acordo com características invariantes no tempo e no tamanho da amostra, com o intuito de se considerar o efeito fixo destas características. De acordo com McCaffrey et al. (2012), neste estimador, as variáveis dependentes e independentes são recalculadas para se obter média zero dentro dos grupos pré-determinados, quando então a média global de cada variável é adicionada na regressão e a variável dependente ajustada é regredida contra as variáveis independentes ajustadas. Em termos gerais, a ideia é que o modelo estime os parâmetros de interesse considerando a variação entre os indivíduos (*between*), mas sem descartar por completo a variação do indivíduo (obtida pelo cômputo das médias);

¹⁶³ Embora o prazo legal para que o Tesouro Nacional consolide as informações financeiras municipais referentes ao exercício de cada ano se encerre no dia 30 de junho do ano subsequente, muitos municípios enviam seus dados ao Tesouro muito depois deste prazo. Disponível em < <http://tesouro.fazenda.gov.br/contas-anuais>>. Acesso em 24/10/2015.

¹⁶⁴ Se a variável cujos efeitos absorvidos como fixos no tempo for a variável que designa os indivíduos da amostra, os resultados obtidos serão equivalentes aos resultados do estimador de efeito fixo.

- ii. Em seguida, adotou-se o próprio estimador *between* de dados em painel, onde a regressão é feita sob a média das variáveis no tempo, como se essas constituíssem uma *cross section* (Baum, 2006, cap. 9);
- iii. Na sequência, o estimador de *Pooled OLS (pols)* foi adotado. Ou seja, os dados dos diferentes anos foram empilhados como se formassem uma única *cross section*. Neste caso, seguindo a recomendação de Wooldridge (2002, cap. 6), foram incluídas entre os regressores variáveis criadas pela interação entre as variáveis independentes e as *dummies* de tempo. Desta forma, o modelo pode considerar efeitos no tempo que impactam de formas diferentes os indivíduos da amostra.
- iv. Por fim, seguindo o ano de estimação dos *propensity scores*, o estimador de *OLS* foi aplicado sobre os dados em *cross section* para o ano de 2010 (Wooldridge, 2002, cap. 6).

A partir dos modelos acima, foram estimados diferentes impactos da CFEM sobre as políticas fiscais dos municípios e os resultados encontrados são apresentados na seção seguinte.

5.2 Estimação dos efeitos da CFEM

5.2.1. Esforço fiscal dos municípios

Conforme discutido no início deste capítulo, um dos efeitos possíveis das transferências de renda da União e dos estados para os municípios é a redução do esforço fiscal dessas localidades. Tendo em vista a ‘fácil’ entrada de recursos nos cofres públicos da prefeitura, o governante municipal pode simplesmente reduzir o seu esforço de arrecadação junto aos munícipes, por julgar que tal esforço e a consequente indisposição criada junto aos eleitores locais não valem a pena. Essa menor força arrecadatória pode se dar por diversas vias, entre elas, pela redução na fiscalização e cobrança dos munícipes inadimplentes, pela defasagem das alíquotas e dos valores de impostos municipais ou pela falta de controle e atualização do

cadastro de novos imóveis, empresas e municípios enquadrados nas regras de pagamento de tributos.

Na prática, o menor esforço fiscal empreendido pela prefeitura representa uma transferência de renda aos contribuintes beneficiados com esta situação, pois, ao não pagarem seus encargos, eles naturalmente gozarão de maior renda disponível. Desta forma, tendo em vista que o esforço de arrecadação da CFEM é feito pela União e que estes recursos chegam às prefeituras via transferências intergovernamentais, caso essa compensação financeira gere menor esforço fiscal municipal, é como se os contribuintes locais beneficiados estivessem sendo diretamente agraciados com os recursos da CFEM.

Em linha com o destacado anteriormente, um dos problemas com a situação acima é que os recursos da CFEM deixam de ser devidamente investidos em projetos que perpetuem (ou mesmo prolonguem) o ganho obtido com a renda mineral. Isto, por si só, gera um conflito intergeracional, dado que a extração dos minerais pela geração atual não irá beneficiar as gerações futuras, que não terão acesso aos recursos exauridos. Além disso, a redução do esforço fiscal beneficia diretamente apenas os municípios que de alguma forma passaram a pagar ao governo local um montante inferior ao que pagariam na situação de esforço fiscal pleno, o que provavelmente não representa a distribuição ótima desses recursos, seja por um critério de distribuição social, equitativo ou de acordo com os residentes diretamente impactados pela atividade de mineração.

Em um trabalho que mostra a redução do esforço fiscal dos municípios brasileiros beneficiados com os royalties do petróleo, Carnicelli e Postali (2012) recomendam que a estimação do esforço fiscal municipal seja feita pela arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). A opção por esta variável se deve ao fato de que, além de ser um imposto de atribuição municipal, se trata de um imposto menos sensível a ciclos econômicos, como, por exemplo, o Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN)¹⁶⁵. Ademais, o IPTU é calculado com base no registro do imóvel (ao invés do valor de mercado do imóvel) e sua arrecadação depende de alíquotas definidas pelo poder local, sendo que os instrumentos de fiscalização e administração também são definidos pelo município. Desta forma, variações na arrecadação de IPTU podem ser atribuídas a dois fatores: (i) uma variação na população, o que exige adequações nos terrenos e edificações do município (base de arrecadação); e (ii) uma mudança no esforço fiscal do poder municipal, pois diante de uma mesma base

¹⁶⁵ Outro imposto de atribuição municipal no Brasil.

arrecadatória, mudanças na receita de IPTU só são obtidas através de políticas voltadas para fiscalizações, isenções e mudanças de alíquotas.

Os efeitos do primeiro dos dois fatores acima podem ser controlados por estimações que adotem o IPTU per capita, além de controles sobre a densidade populacional, restando variações do IPTU apenas oriundas do esforço fiscal.

A Tabela 32 mostra os resultados encontrados para o efeito do tratamento (ATE) da CFEM sobre o IPTU, considerando os quatro estimadores elencados na seção anterior. Antes de analisar os resultados, entretanto, vale destacar alguns aspectos da estrutura da tabela, tendo em vista inclusive que as demais tabelas de resultados, apresentadas na sequência, seguem o mesmo padrão. Os pontos a destacar são:

- Por economia e dado que os coeficientes encontrados variam muito pouco, foram expostos apenas os resultados considerando: (i) os *propensity scores* estimados sem defasagem espacial (Não espacial); (ii) com defasagem espacial dada pela matriz de vizinhança com um grau de contiguidade (*Queen*); (iii) com defasagem espacial dada pela matriz de vizinhança que considera os 20 vizinhos mais próximos ($k=20$); e (iv) com defasagem espacial dada pela matriz de vizinhança que considera os 50 vizinhos mais próximos ($k=50$);
- Todas as variáveis estão em logaritmo natural e, sempre que fizer sentido, são per capita;
- As variáveis com o “d” na frente representam *dummies* de controle, que foram incluídas na especificação do modelo conforme indica o termo “sim”;
- O termo “X*d_Ano” representa a inclusão de variáveis que são o resultado da interação entre as variáveis explicativas e as *dummies* de ano, conforme mencionado na seção anterior; e
- A diferença no número de observações entre as estimações que usam vetores de *propensity scores* diferentes se deve ao resultado do procedimento de redução dos limites do suporte comum, visto na seção 5.1.2.

Sobre os resultados gerais da Tabela 32, os coeficientes estimados estão bem comportados em relação ao que seria esperado pela teoria econômica. A renda municipal, dada pelo PIB

Municipal per capita, tem forte impacto positivo na arrecadação de IPTU. Já as transferências intergovernamentais (líquidas de CFEM) apresentam impacto negativo, em linha com a presença de certa redução do esforço fiscal.

**Tabela 32. Efeito da CFEM
sobre a arrecadação de IPTU – ATE**

Variável	Não Espacial					Queen				
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>		<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	
CFEM	-0.11040 ***	-0.05146 ***	-0.03745 ***	-0.06728 ***		-0.07270 ***	0.00960	0.01628	-0.00865	
Trans. União	-0.06934 ***	-0.06351 ***	-0.06581 ***	-0.07405 ***		-0.04727 ***	-0.03771 ***	-0.03983 ***	-0.04573 ***	
Trans. UF	-0.05117 ***	-0.06048 ***	-0.04482 **	-0.03253		-0.04688 ***	-0.06421 ***	-0.04574 **	-0.03996 **	
PIB Munic.	0.29663 ***	0.35357 ***	0.31229 ***	0.31942 ***		0.21282 ***	0.26430 ***	0.22734 ***	0.23230 ***	
População	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.00000		0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	
d_Ano	sim	sim	sim			sim	sim	sim		
d_UF	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	
d_Região		sim	sim	sim			sim	sim	sim	
X*d_Ano			sim					sim		
n. obs.	14791	14791	14791	5061		14657	14657	14657	5015	

Variável	k = 20					k = 50				
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>		<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	
CFEM	-0.12118 ***	-0.07606 ***	-0.05936 ***	-0.0868 ***		-0.12543 ***	-0.09691 ***	-0.07891 ***	-0.10622 ***	
Trans. União	-0.07153 ***	-0.06803 ***	-0.06894 ***	-0.0759 ***		-0.07370 ***	-0.07109 ***	-0.07408 ***	-0.07998 ***	
Trans. UF	-0.04895 ***	-0.05611 ***	-0.03510 **	-0.0282		-0.04897 ***	-0.05578 ***	-0.03599 **	-0.02769	
PIB Munic.	0.30605 ***	0.36351 ***	0.31406 ***	0.3201 ***		0.32338 ***	0.38201 ***	0.35933 ***	0.34010 ***	
População	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.0000		0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.00000	
d_Ano	sim	sim	sim			sim	sim	sim		
d_UF	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	
d_Região		sim	sim	sim			sim	sim	sim	
X*d_Ano			sim					sim		
n. obs.	14829	14829	14829	5076		14899	14899	14899	5099	

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

No que se refere a variável de interesse, a CFEM se mostra quase sempre significativa e com impacto negativo sobre a arrecadação de IPTU. Este resultado está em linha com a previsão de que os municípios beneficiados com a CFEM reduzem seu esforço próprio de arrecadação, devido à abundância de recursos “fáceis”.

Conforme visto na seção 5.1.2, além do efeito médio do tratamento (ATE), é possível computarmos também o efeito médio do tratamento sobre os tratados. Ou seja, se a Tabela 32 mostra o efeito médio da CFEM sobre a arrecadação de IPTU dos municípios brasileiros, a Tabela 33 mostra o efeito médio da CFEM sobre a arrecadação de IPTU dos municípios que são contemplados com a compensação financeira.

**Tabela 33. Efeito da CFEM
sobre a arrecadação de IPTU – ATT**

Variável	Não Espacial					Queen				
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>		<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	
CFEM	-0.05376 ***	-0.05101 ***	-0.04670 ***	-0.05878 **		-0.04805 ***	-0.01175	-0.00747	-0.02587	
Trans. União	-0.00065 ***	-0.00100 ***	-0.00088 ***	-0.00105 ***		-0.00041 ***	-0.00087 ***	-0.00088 ***	-0.00099 ***	
Trans. UF	-0.00012	-0.00017	-0.00028	0.00016		-0.00019 *	-0.00033 ***	0.00006	0.00012	
PIB Munic.	0.00213 ***	0.00236 ***	0.02045 ***	0.00181 ***		0.00208 ***	0.00248 ***	0.00636 **	0.00181 ***	
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***		0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	
d_Ano	sim	sim	sim			sim	sim	sim		
d_UF	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	
d_Região		sim	sim	sim			sim	sim	sim	
X*d_Ano			sim					sim		
n. obs.	14791	14791	14791	5061		14657	14657	14657	5015	

Variável	k = 20					k = 50				
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>		<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	
CFEM	-0.05612 ***	-0.05404 ***	-0.05310 ***	-0.06243 ***		-0.05462 ***	-0.05884 ***	-0.05601 ***	-0.06764 ***	
Trans. União	-0.00066 ***	-0.00103 ***	-0.00079 ***	-0.00109 ***		-0.00067 ***	-0.00106 ***	-0.00080 ***	-0.00110 ***	
Trans. UF	-0.00018	-0.00021 *	-0.00035 *	0.00015		-0.00017	-0.00019 *	0.00005	0.00015	
PIB Munic.	0.00219 ***	0.00246 ***	0.02509 ***	0.00186 ***		0.00220 ***	0.00247 ***	0.02879 ***	0.00187 ***	
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***		0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	
d_Ano	sim	sim	sim			sim	sim	sim		
d_UF	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	
d_Região		sim	sim	sim			sim	sim	sim	
X*d_Ano			sim					sim		
n. obs.	14829	14829	14829	5076		14899	14899	14899	5099	

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Mais uma vez, os resultados indicam que a CFEM impacta negativamente a arrecadação de IPTU dos municípios, corroborando a queda no esforço fiscal mesmo quando o efeito é medido somente sobre os municípios mineradores.

Com o intuito de aprofundar a investigação e testar se a queda no esforço fiscal se abate sobre toda a arrecadação tributária dos municípios que recebem a CFEM, a Tabela 34 apresenta os resultados da estimação do efeito tratamento (ATE) da CFEM sobre a arrecadação tributária total dos municípios¹⁶⁶.

¹⁶⁶ A arrecadação tributária se refere à arrecadação com todos os impostos municipais, excluindo qualquer outra receita, como transferências, ganhos de capital, etc.

**Tabela 34. Efeito da CFEM sobre
a arrecadação tributária do município – ATE**

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.03628 ***	0.04041 ***	0.04364 ***	0.02674 *	0.05266 ***	0.07341 ***	0.07271 ***	0.06353 ***
Trans. União	-0.06854 ***	-0.06986 ***	-0.06330 ***	-0.06880 ***	-0.05262 ***	-0.05074 ***	-0.04581 ***	-0.04920 ***
Trans. UF	-0.00960	-0.01786 **	-0.01308	-0.00976	-0.01396 **	-0.02519 ***	-0.02083 **	-0.01632
PIB Munic.	0.23436 ***	0.26624 ***	0.24379 ***	0.24445 ***	0.18463 ***	0.21642 ***	0.19099 ***	0.19040 ***
População	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.00000	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.02794 ***	0.02898 ***	0.03302 ***	0.01727	0.02149 ***	0.01154	0.01748 *	0.00051
Trans. União	-0.07120 ***	-0.07202 ***	-0.06568 ***	-0.07020 ***	-0.07689 ***	-0.07902 ***	-0.08161 ***	-0.07575 ***
Trans. UF	-0.00787	-0.01780 **	-0.01337	-0.00743	-0.00144	-0.01025	-0.01084	-0.00407
PIB Munic.	0.24097 ***	0.27416 ***	0.24402 ***	0.24436 ***	0.25580 ***	0.28316 ***	0.26832 ***	0.25949 ***
População	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.00000	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000	0.00000
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Ao contrário do IPTU, quando consideramos toda a arrecadação tributária do município os resultados não corroboram a existência de queda no esforço fiscal. Na verdade, a CFEM se mostra, em geral, significativa e com sinal positivo, ou seja, seu efeito sobre a arrecadação tributária é positivo. Embora seja o oposto do verificado para o IPTU, este resultado é totalmente intuitivo. Em linha com a sugestão de Carnicelli e Postali (2012), os demais tributos arrecadados pelos municípios não servem para auferir esforço fiscal, pois em sua grande maioria estão ligados à atividade econômica da localidade. Neste sentido, tendo em vista que a CFEM é um *royalty ad valorem* sobre um faturamento muito maior presente na extração mineral do município, é razoável esperar que a CFEM esteja relacionada com a renda dos munícipes e que ao mesmo tempo em que a CFEM cresça a renda que circula na economia local também cresça, o que naturalmente impacta a arrecadação tributária de forma positiva, tal como ocorre com o PIB municipal exposto na Tabela 34.

Olhando a mesma relação entre CFEM e arrecadação tributária, a Tabela 35 expõe os resultados para o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT).

Tabela 35. Efeito da CFEM sobre a arrecadação tributária do município – ATT

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.08929 ***	0.10816 ***	0.10350 ***	0.08123 ***	0.09088 ***	0.12605 ***	0.11893 ***	0.09744 ***
Trans. União	-0.00062 ***	-0.00099 ***	-0.00080 ***	-0.00085 ***	-0.00053 ***	-0.00090 ***	-0.00075 ***	-0.00080 ***
Trans. UF	0.00014 **	0.00024 ***	0.00018	0.00013 *	0.00008	0.00011	0.00003	0.00006
PIB Munic.	0.00169 ***	0.00180 ***	0.00167 ***	0.00169 ***	0.00168 ***	0.00190 ***	0.00172 ***	0.00174 ***
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.09024 ***	0.11359 ***	0.10875 ***	0.08642 ***	0.09144 ***	0.11060 ***	0.10650 ***	0.08387 ***
Trans. União	-0.00053 ***	-0.00098 ***	-0.00088 ***	-0.00085 ***	-0.00050 ***	-0.00100 ***	-0.00089 ***	-0.00087 ***
Trans. UF	0.00008	0.00020 **	0.00013	0.00011	0.00010	0.00021 ***	0.00008	0.00013 *
PIB Munic.	0.00171 ***	0.00187 ***	0.00171 ***	0.00173 ***	0.00171 ***	0.00189 ***	0.00180 ***	0.00174 ***
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Os resultados acima apresentaram o mesmo tipo de relação entre CFEM e arrecadação tributária, embora desta vez com coeficientes maiores do que os vistos na Tabela 34.

Um aspecto que chama a atenção na Tabela 35 é a relação estimada entre transferências estaduais para os municípios e arrecadação tributária. Ao contrário do visto na Tabela 34, o coeficiente de transferências estaduais ficou positivo, embora muitas vezes não significativo, sugerindo não haver grande relação entre essas variáveis.

5.2.2. Emprego no setor público

Outro impacto da CFEM sobre as finanças públicas dos municípios pode ocorrer via contratação no setor público. O advento da riqueza mineral pode tornar os gestores públicos locais mais afeitos a contratações de empregados para a máquina pública. Diversos e conhecidos são os benefícios políticos desta conduta de expansão do emprego, que embora possa ocorrer apenas via aumento de salários, tende a ser mais significativa em termos de

retorno político quando ocorre via aumento do número de empregados, ao abranger maior número de municípios beneficiados.

Em linha com essa possibilidade, a Tabela 36 exibe os resultados da estimação do efeito tratamento (ATE) da CFEM sobre o número de empregados per capita no setor público municipal, obtido de acordo com dados da Relação Anual de Informações (RAIS) do Ministério do Trabalho.

Tabela 36. Efeito da CFEM sobre o emprego no setor público municipal – ATE

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07172 ***	0.03032 ***	0.02450 ***	0.02904 ***	0.05845 ***	0.01153	0.00912 *	0.01416
Receita Corr.	0.01308 ***	0.00693 ***	0.00699 ***	0.00605 ***	0.00721 ***	0.00293 *	0.00228	0.00037
PIB Munic.	-0.02124 ***	-0.03357 ***	-0.02739 ***	-0.02814 ***	-0.00363	-0.01017 **	-0.01459 ***	-0.00312
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 **	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07257 ***	0.03315 ***	0.02763 ***	0.03105 ***	0.07440 ***	0.04030 ***	0.03330 ***	0.03846 ***
Receita Corr.	0.01321 ***	0.00732 ***	0.00599 **	0.00480 *	0.01477 ***	0.00895 ***	0.00782 ***	0.00650 **
PIB Munic.	-0.02107 ***	-0.03545 ***	-0.03890 ***	-0.02549 ***	-0.02377 ***	-0.04479 ***	-0.04700 ***	-0.03522 ***
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 *	0.00000 **
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Os resultados acima evidenciam que, de fato, ser beneficiário da CFEM leva o município a aumentar o emprego no setor público. Neste ponto, vale destacar que qualquer argumento no sentido de que os resultados acima refletem que a atividade de mineração exige maior número de empregados no setor público – por conta da infraestrutura pública necessária para atender a atividade – é pouco razoável, basicamente, por dois motivos: (i) a regulação da indústria mineral (em todos os seus aspectos) e a gestão da arrecadação pública com a CFEM são competências federais; e (ii) embora a extração mineral possa atrair um grande fluxo de pessoas, direta e indiretamente, ligadas à atividade, o que exige do poder público municipal a

oferta de infraestrutura básica¹⁶⁷, os dados de emprego da Tabela 36 são per capita, ou seja, já estão controlados para mudanças no fluxo de pessoas.

Os demais coeficientes da Tabela 36 mostram que o emprego no setor público cresce com a receita corrente do município, o que era esperado, mas cai com a renda municipal medida pelo PIB. Uma explicação para este último resultado pode ser oferecida por dois caminhos complementares: (i) municípios mais ricos tendem a enfrentar maior densidade populacional, o que torna a relação servidor público por munícipe menor; e (ii) municípios mais ricos são mais desenvolvidos e diminuem a possibilidade dos gestores públicos exagerarem na contratação de pessoal, devido às próprias instituições locais que controlam essa prática.

A Tabela 37 exibe os resultados estimados para a mesma relação entre CFEM e emprego no setor público municipal, mas agora considerando o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT).

Tabela 37. Efeito da CFEM sobre o emprego no setor público municipal – ATT

Variável	Não Espacial					Queen				
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>		<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	
CFEM	0.07189 ***	0.09053 ***	0.07613 ***	0.08348 ***		0.06696 ***	0.06817 ***	0.05753 ***	0.06191 ***	
Receita Corr.	0.00024 ***	0.00018 ***	0.00015 ***	0.00013 ***		0.00004 *	0.00014 ***	0.00014 ***	0.00010 ***	
PIB Munic.	-0.00016 ***	-0.00011 **	-0.00007	-0.00001		-0.00003	-0.00007	-0.00005	0.00000	
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***		0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	
d_Ano	sim	sim	sim			sim	sim	sim		
d_UF	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	
d_Região		sim	sim	sim			sim	sim	sim	
X*d_Ano			sim					sim		
n. obs.	14791	14791	14791	5061		14657	14657	14657	5015	

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07099 ***	0.08812 ***	0.07461 ***	0.08217 ***	0.07452 ***	0.09586 ***	0.08067 ***	0.08944 ***
Receita Corr.	0.00023 ***	0.00018 ***	0.00015 ***	0.00013 ***	0.00034 ***	0.00021 ***	0.00017 ***	0.00015 ***
PIB Munic.	-0.00016 ***	-0.00010 *	-0.00006	0.00000	-0.00025 ***	-0.00014 **	-0.00020 ***	-0.00003
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Os resultados acima em quase nada diferem dos resultados analisados na Tabela 36, a não ser pelo fato de que agora todos os modelos com a matriz *queen* apresentam coeficientes significativos para a CFEM.

¹⁶⁷ Como hospitais, escolas, pavimentação de ruas, saneamento básico, etc.

Tendo em vista que o poder executivo do município, mais precisamente o prefeito, é quem tem o maior poder de contratação de trabalhadores para o setor público e, consequentemente, tende a ser o maior beneficiado desta política, um refinamento da estimação anterior pode ser obtido ao analisarmos o impacto da CFEM sobre o emprego no poder executivo municipal, ou seja, considerando somente os trabalhadores diretamente contratados sob a responsabilidade do prefeito (o que exclui, por exemplo, empregados do poder legislativo e de autarquias). A Tabela 38 apresenta esses resultados para o efeito ATE.

Tabela 38. Efeito da CFEM sobre o emprego no poder executivo municipal – ATE

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07222 ***	0.03052 ***	0.02415 ***	0.02898 **	0.05784 ***	0.01018	0.00745	0.01345
Receita Corr.	0.01464 ***	0.00852 ***	0.00909 ***	0.00809 ***	0.00847 ***	0.00424 **	0.00315	0.00187
PIB Munic.	-0.02609 ***	-0.03928 ***	-0.03061 ***	-0.03492 ***	-0.00701 **	-0.01416 ***	-0.01793 ***	-0.00802
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 **	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07334 ***	0.03367 ***	0.02764 ***	0.03114 ***	0.07316 ***	0.03972 ***	0.0325 ***	0.03781 ***
Receita Corr.	0.01487 ***	0.00906 ***	0.00806 ***	0.00677 **	0.01522 ***	0.00954 ***	0.0086 ***	0.00719 ***
PIB Munic.	-0.02631 ***	-0.04165 ***	-0.04447 ***	-0.03209 ***	-0.02551 ***	-0.04661 ***	-0.0483 ***	-0.03715 ***
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 **	0.00000 **	0.00000 ***	0.00000 ***	0.0000 *	0.00000 **
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Os resultados acima corroboram fortemente os resultados encontrados para o setor público como um todo, indicando mais uma vez que os municípios beneficiários da CFEM tendem a aumentar os postos de trabalho no poder público, aumentando a relação funcionário público/municípe.

A Tabela 39 exibe os resultados estimados para a mesma relação entre CFEM e emprego no poder executivo municipal, mas agora considerando o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT).

Tabela 39. Efeito da CFEM sobre o emprego no poder executivo municipal – ATT

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07142 ***	0.08902 ***	0.07509 ***	0.08235 ***	0.06610 ***	0.06580 ***	0.05578 ***	0.05984 ***
Receita Corr.	0.00024 ***	0.00019 ***	0.00016 ***	0.00014 ***	0.00003 *	0.00015 ***	0.00016 ***	0.00011 ***
PIB Munic.	-0.00017 ***	-0.00013 **	-0.00009	-0.00002	-0.00004	-0.00008	-0.00007	-0.00001
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
CFEM	0.07056 ***	0.08658 ***	0.07349 ***	0.08107 ***	0.07275 ***	0.09344 ***	0.07875 ***	0.08745 ***
Receita Corr.	0.00022 ***	0.00019 ***	0.00016 ***	0.00014 ***	0.00034 ***	0.00021 ***	0.00017 ***	0.00015 ***
PIB Munic.	-0.00017 ***	-0.00012 **	-0.00009	-0.00002	-0.00024 ***	-0.00014 **	-0.00020 ***	-0.00003
População	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***	0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

Mais uma vez, os resultados acima estão em linha com os demais resultados encontrados anteriormente.

5.2.3. Efeito *flypaper*

Uma quantidade significativa de estudos empíricos já mostrou que transferências intergovernamentais, cujo objetivo normalmente é reduzir desigualdades econômicas regionais, causam expansões nos gastos públicos dos governos locais beneficiados acima do ganho de renda que efetivamente geram para a população local. Na literatura econômica, esse fenômeno é conhecido como efeito *flypaper*, representando a ideia de que as transferências intergovernamentais tendem a se perder antes de atingir seu objetivo final, que é chegar às mãos dos munícipes, pois os recursos costumam ser usados pelos governantes locais para expandir seus próprios gastos (Wycoff, 1991).

Para os municípios brasileiros, o efeito *flypaper* sobre as transferências intergovernamentais já foi encontrado, por exemplo, por Cossio e Carvalho (2001) e por Mattos et al. (2011). Na

presente tese, no entanto, o interesse é testar este efeito com relação específica à transferência de CFEM, estimando seu impacto sobre os gastos públicos correntes dos municípios.

Antes da análise dos resultados, é importante destacar que a literatura clássica de *flypaper effect* estuda o impacto das transferências intergovernamentais alegando que na situação ótima as despesas dos governos locais não poderiam aumentar proporcionalmente mais que a renda dos municípios, tendo em vista que as transferências deveriam primeiro chegar aos contribuintes – por exemplo, via redução de impostos – e só depois, consequentemente, aumentar as despesas públicas locais pelo aumento da demanda por bens públicos dos próprios municípios. Para o caso da CFEM, isso significaria dizer que a prefeitura deveria repassar aos seus contribuintes os recursos da compensação mineral, o que contradiz muito do que já foi discutido aqui sobre como tais recursos devem ser aplicados. Por outro lado, embora a política ótima não seja repassar a CFEM diretamente aos municípios, não se deseja também que estes recursos aumentem as despesas correntes do setor público, pois desta forma, tanto o conflito intergeracional quanto a compensação da população atingida pela atividade de mineração não serão devidamente tratados. Vale lembrar que as próprias regras atuais de CFEM preveem que os recursos da compensação não sejam aplicados nos gastos correntes dos governos locais (vide seção 2.1), o que, na prática, não inviabiliza que o sejam.

Para estimar o possível efeito *flypaper* da CFEM sobre as despesas correntes dos governos municipais (que incluem despesas com pessoal, encargos sociais, juros e encargos da dívida pública, pensões, indenizações, etc.)¹⁶⁸ adotou-se uma especificação sugerida em Cossio e Carvalho (2001), onde o efeito da CFEM é comparado com o efeito da renda dos municípios pela participação da CFEM nesta renda:

$$Part.CFEM = \frac{CFEM}{CFEM + PIB\ Munic.} \quad (5.19)$$

A ideia é a seguinte: se o coeficiente da variável “*Part. CFEM*” for significativo e maior que o coeficiente da renda municipal na determinação dos gastos públicos correntes, estará identificado o efeito *flypaper*, pois, nestas circunstâncias, as despesas correntes do setor público local respondem em maior proporção às transferências da CFEM do que à demanda por bens públicos gerada pelo aumento de renda dos municípios.

¹⁶⁸ Fonte SICONFI / Secretaria do Tesouro Nacional.

A Tabela 40 apresenta os resultados da estimação considerando o efeito tratamento (ATE), ou seja, o efeito da participação da CFEM na renda do município sobre as despesas correntes do setor público de todos os municípios da amostra. Vale lembrar que todas as variáveis estão em logaritmo natural, o que permite a comparação direta dos coeficientes estimados.

Tabela 40. Efeito da CFEM sobre as despesas correntes do setor público municipal – ATE

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
Part. CFEM	0.40756 ***	0.12316 **	0.10963 ***	0.14714 ***	0.38536 ***	0.08019 *	0.07636 **	0.11952 **
PIB Munic.	0.03285 ***	0.02109 ***	0.01807 ***	0.01631 ***	0.03399 ***	0.02585 ***	0.02210 ***	0.02068 ***
Transf.	-0.00266 ***	-0.00814 ***	-0.00659 ***	-0.00616 ***	-0.00474 ***	-0.00837 ***	-0.00684 ***	-0.00656 ***
População	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00003 ***	-0.00003 ***	-0.00003 ***	-0.00003 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
Part. CFEM	0.39801 ***	0.12416 **	0.10973 ***	0.14959 ***	0.38755 ***	0.13128 ***	0.11569 ***	0.15106 ***
PIB Munic.	0.03545 ***	0.02167 ***	0.02182 ***	0.01701 ***	0.04234 ***	0.02320 ***	0.02022 ***	0.01816 ***
Transf.	-0.00296 ***	-0.00838 ***	-0.00684 ***	-0.00643 ***	-0.00356 ***	-0.00939 ***	-0.00750 ***	-0.00702 ***
População	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00002 ***	-0.00003 ***	-0.00003 ***	-0.00003 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

A significância estatística e a magnitude dos coeficientes associados à CFEM indicam a presença do efeito *flypaper*, revelando que os municípios costumam assumir maiores gastos correntes conforme a participação da CFEM na renda local aumenta.

Destaca-se ainda, que os coeficientes estimados para as demais transferências intergovernamentais se mostrou consistentemente negativo e significativo, indicando que, controlado pelo efeito tratamento da CFEM, os municípios não apresentam efeito *flypaper* para as demais transferências. No entanto, isso não significa que os achados pelos demais autores que estimaram esse efeito para o Brasil não se sustentam, exatamente porque o controle pelo efeito tratamento da CFEM nunca foi testado antes.

Seguindo o padrão do que foi feito até aqui, a Tabela 41 apresenta os coeficientes estimados para o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT).

Tabela 41. Efeito da CFEM sobre as despesas correntes do setor público municipal – ATT

Variável	Não Espacial				Queen			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
Part. CFEM	0.43339 ***	0.62714 ***	0.52440 ***	0.58717 ***	0.42492 ***	0.48419 ***	0.41069 ***	0.46572 ***
PIB Munic.	0.00000	0.00009 **	0.00007	0.00006	0.00008 **	0.00010 **	0.00009 *	0.00007
Transf.	0.00024 ***	0.00008 ***	0.00007 ***	0.00008 ***	0.00002	0.00005 ***	0.00004 **	0.00005 **
População	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14791	14791	14791	5061	14657	14657	14657	5015

Variável	k = 20				k = 50			
	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>	<i>absorb</i>	<i>between</i>	<i>pols</i>	<i>ols</i>
Part. CFEM	0.42631 ***	0.63581 ***	0.53488 ***	0.59795 ***	0.42962 ***	0.64987 ***	0.54579 ***	0.61194 ***
PIB Munic.	-0.00004	0.00008 **	0.00002	0.00006	-0.00009 ***	0.00007 *	0.00006	0.00005
Transf.	0.00028 ***	0.00009 ***	0.00007 ***	0.00008 ***	0.00038 ***	0.00010 ***	0.00008 ***	0.00009 ***
População	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***	-0.00000 ***
d_Ano	sim	sim	sim		sim	sim	sim	
d_UF	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
d_Região		sim	sim	sim		sim	sim	sim
X*d_Ano			sim				sim	
n. obs.	14829	14829	14829	5076	14899	14899	14899	5099

Obs.: ***, ** e * representam significância em, respectivamente, 1%, 5% e 10%.

Elaboração do autor.

O efeito tratamento sobre os tratados apresentou, no geral, coeficientes maiores do que os verificados no ATE, reforçando a tese do efeito *flypaper* e indicando que parte dos recursos da CFEM é aplicada nas despesas públicas correntes dos municípios.

Tendo em vista os achados desta seção, a próxima seção apresenta algumas sugestões de regras regulatórias sobre os recursos da CFEM que serão futuramente transferidos aos municípios no âmbito do novo Código de Mineração.

5.3 Nova sugestão para a gestão dos recursos da CFEM

Os resultados encontrados na seção anterior indicam que, em geral, as rendas da CFEM: (i) diminuem o esforço de arrecadação própria dos municípios, o que caracteriza uma transferência direta desses recursos aos contribuintes contemplados com a redução do esforço fiscal; (ii) aumentam a contratação de pessoal no setor público, elevando a relação servidor

público/munícipe e o custo da máquina pública; e (iii) em linha com o efeito anterior, provocam uma expansão dos gastos públicos correntes significativamente maior do que aquela resultante de aumentos da renda per capita dos contribuintes.

Entretanto, tendo em vista a característica de compensação financeira devido às externalidades negativas causadas pela atividade de extração mineral e a necessidade de garantir às gerações futuras o retorno dos recursos naturais exauríveis, nenhum dos resultados acima é desejável sob a ótica do bem-estar social. Desta forma, a discussão do novo Código de Mineração se apresenta como uma boa oportunidade para que regras mais rígidas a respeito de como os municípios contemplados com a CFEM devem administrar esses recursos sejam definidas.

As circunstâncias atuais sugerem que a simples previsão de que os gestores públicos municipais não podem gastar os recursos da CFEM com despesas correntes não é suficiente para que os objetivos pretendidos pelo regulador sejam atingidos. Isto ocorre simplesmente porque é fácil para os administradores das finanças públicas municipais rearranjarem suas contas da forma que desejarem, ou seja, o dinheiro da CFEM, na prática, não é “carimbado”, pois mesmo que ele seja usado, por exemplo, para investimentos em saúde, outros recursos que seriam destinados para tal podem ser realocados.

Este problema impõe um novo desafio aos reguladores. Por um lado, não parece razoável que o Governo Federal intervenha em toda a gestão das finanças públicas dos municípios, pois são os próprios munícipes – e, consequentemente, os gestores públicos locais eleitos por eles – que devem saber das necessidades locais. Por outro, os objetivos da CFEM parecem estar sendo distorcidos pela gestão pública descentralizada dos seus recursos.

Com base nestes dois aspectos, sugere-se que a linha geral da regulação a respeito dos recursos arrecadados com a CFEM, no âmbito do novo Código da Mineração, seja a criação de um Fundo de Riqueza Soberano (FRS) para a aplicação dos recursos da CFEM, em linha com muitos fundos soberanos existentes pelo mundo que auxiliam a gestão de rendas públicas advindas de recursos naturais exauríveis¹⁶⁹. Neste sentido, os ensinamentos coletados até aqui permitem algumas sugestões sobre regras gerais que devem nortear a gestão do fundo indicado acima, sendo elas:

¹⁶⁹ Veja, por exemplo, Lopes (2013) e Caparica (2010).

- A União, os estados e os municípios devem ser cotistas do FRS de acordo com o direito que possuem sobre os recursos totais da CFEM arrecadados pela União;
- Os cotistas do fundo podem resgatar regularmente o rendimento real das suas respectivas aplicações, preservando no FRS o capital principal aplicado e garantindo certa perpetuidade aos recursos;
- As regras no fundo não precisam prever como os recursos resgatados no âmbito do item anterior devem ser gastos pelas localidades beneficiadas, deixando essa atribuição para os cidadãos locais e seus respectivos representantes;
- O resgate pelos cotistas de valores referentes ao capital principal só pode ocorrer sob circunstâncias especiais definidas no regulamento do fundo e que atendam uma de duas situações: (i) a necessidade de recursos para reparar danos causados diretamente pela atividade de extração mineral na referida localidade (como, por exemplo, uma contaminação ambiental por resíduos minerais)¹⁷⁰ ; ou (ii) a necessidade de recursos emergenciais para a reparação de danos causados, por exemplo, por catástrofes naturais;
- A gestão do fundo deve ocorrer no âmbito federal – de forma transparente e independente, tal como regem as melhores práticas de gestão de recursos de terceiros – e a definição sobre a liberação de recursos relativos ao item anterior também; e
- No início de sua constituição, o fundo pode receber apenas parte dos recursos auferidos com a CFEM, sendo esta parcela progressivamente elevada com o intuito de que estados e municípios readéquem suas finanças públicas ao novo cenário.

A ideia principal é que, sob este novo arranjo, os preceitos fundamentais da compensação financeira pela extração mineral sejam melhor garantidos, sem que a União, ou qualquer outra esfera de poder, precise intervir diretamente nas decisões de gestão financeira das localidades beneficiadas. Além disso, como ocorre em outros países que o adotam, um FRS tem a vantagem de reduzir oscilações bruscas na economia local devido a ciclos econômicos associados aos preços de mercado dos recursos naturais. Com a aplicação dos recursos da CFEM no fundo, momentos de *boom* nos preços dos minerais não irão inundar as economias locais com “fáceis” recursos financeiros, assim como momentos de depressão nos preços não

¹⁷⁰ Novamente, o episódio ocorrido no município de Mariana passa a ser um exemplo emblemático.

irão enxugar demasiadamente os mesmos recursos, evitando inclusive problemas associados à chamada Doença Holandeses.

Obviamente, conforme o patrimônio total do fundo evoluir e as condições econômicas da indústria de mineração mudarem, as regras gerais do FRS em questão devem ser revistas para que reflitam as necessidade do novo ambiente econômico e social das localidades beneficiadas.

Por fim, vale destacar ainda que, ao contrário do que se discute sobre os *royalties* do petróleo, não parece razoável que a compensação financeira advinda da mineração seja partilhada com estados e municípios que não são produtores de minério. Conforme destacado na seção 4.3, a atividade de mineração é muita mais invasiva para a localidade onde ela ocorre do que a extração de gás natural e petróleo. Assim, os recursos da CFEM têm um caráter de compensação maior que os *royalties* do petróleo, que podem ser mais facilmente classificados como uma participação do Estado na renda. Desta forma, é mais difícil justificar, ao menos economicamente, que os recursos da CFEM sejam destinados a localidades que não convivem com a atividade de extração mineral.

6 CONCLUSÃO

Em junho de 2013, o Governo Federal enviou ao Congresso Nacional uma proposta para o novo marco regulatória da mineração. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, essa proposta visa: (i) fortalecer a soberania do Estado sobre os recursos minerais; (ii) maximizar o aproveitamento das jazidas, mitigando os riscos socioambientais da atividade; (iii) atrair investimentos e elevar a competitividade das empresas brasileiras; (iv) contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria nacional; e (v) aumentar a arrecadação pública com os *royalties* minerais.

No entanto, de acordo com os críticos da proposta do Governo, se o aumento dos *royalties* da mineração não ocorrer no bojo de uma reforma tributária mais ampla, a alíquota e a base de cálculo adotadas podem inflar demasiadamente o custo de extração de alguns minérios no Brasil, prejudicando sua inserção no mercado internacional tanto por aumentar o preço do produto brasileiro quanto por, conseqüentemente, desestimular investimentos produtivos no país.

De fato, no Projeto de Lei em tramitação, questões como a cobrança de taxa extra sobre as jazidas mais rentáveis, o aumento das alíquotas da CFEM e a mudança na base de cálculo da compensação financeira tendem, tudo mais constante, a aumentar significativamente a arrecadação do setor público. No entanto, o problema é que, como sempre, não existem quaisquer garantias de que tudo mais ficará constante e as possíveis conseqüências diretas e indiretas do novo marco regulatório podem ser danosas sobre alguns aspectos.

Por isso, o objetivo desta tese foi realizar uma análise econômica sobre a compensação financeira pela exploração dos recursos minerais no âmbito do novo Código de Mineração do Brasil. Para isso, o presente estudo foi dividido em seis capítulos, e as principais conclusões e sugestões estão expostas a seguir.

Tendo em vista a possibilidade de efeitos deletérios da nova CFEM sobre o investimento e a produção do setor mineral, foram simulados os potenciais impactos do aumento na carga tributária incidente sobre a indústria de mineração através de um modelo de equilíbrio geral

computável, considerando os efeitos sobre a economia nacional e sobre os estados de Minas Gerais e Pará. Os resultados apontam que, apesar da queda no investimento e na produção da indústria mineral, o aumento dos gastos públicos regionais deve aquecer as economias locais, gerando renda e elevação de preços. Entretanto, o modelo adotado na simulação não considera que: (i) a mudança na base de cálculo da CFEM pode mudar o comportamento dos mineradores; e (ii) os novos recursos da CFEM podem alterar a política fiscal dos governos contemplados.

Para avaliar a primeira possibilidade, foram adotados modelos teóricos desenvolvidos por Osmundsem (1998) que permitem a análise dos impactos de diferentes arranjos para a base de cálculo da CFEM. Os resultados indicam que o novo arcabouço regulatório está caminhando no sentido contrário da neutralidade do arranjo tributário, o que, a princípio, não é desejável. No entanto, tendo em vista que a assimetria de informação entre investidor privado e regulador também gera perdas ao poder público, sugere-se um arranjo alternativo para a CFEM, no qual o Governo Federal maximiza sua função de bem-estar social cobrando a compensação financeira sob duas formas: (i) através de um *royalty* específico, que representa o pagamento de um valor fixo, incondicional aos resultados da exploração da mina; e (ii) através de um *royalty ad valorem*, que representa uma participação percentual do governo no faturamento bruto do minerador. Neste sentido, após a definição de uma área com potencial econômico para a extração de um determinado minério, sugere-se a seguinte estratégia:

- i. Leiloa-se a concessão da área para a prospecção e extração de minérios por tempo pré-determinado onde o lance de cada licitante é composto por dois aspectos: (i) o valor oferecido como *royalty* específico e que deve ser pago após conhecido o vencedor do leilão; e (ii) o percentual correspondente à alíquota do *royalty ad valorem* que irá incidir sobre o faturamento bruto do minerador.
- ii. O vencedor do leilão será definido pelo maior valor presente líquido dentre os fluxos de compensações financeiras ofertadas pelos mineradores licitantes, considerando o valor fixo do *royalty* específico e o fluxo futuro de compensações esperadas pela incidência da alíquota de *royalty ad valorem* sobre a projeção de extração de minério da reserva durante o prazo da concessão.

Depois de discutidas e tratadas as questões relacionadas ao novo arranjo de arrecadação da CFEM, passou-se a analisar as normas para o uso das receitas públicas provenientes da compensação financeira pelos estados e municípios beneficiados. Para isso, foram estimados diversos modelos econométricos elaborados com base em um *propensity score weighting* espacial. Foram testados os efeitos da CFEM sobre o esforço fiscal dos municípios, sobre a contratação de empregados no setor público e sobre os gastos públicos correntes das prefeituras.

Os resultados indicaram que, em geral, as rendas da CFEM: (i) diminuem o esforço de arrecadação própria dos municípios, o que caracteriza uma transferência direta desses recursos aos contribuintes contemplados com a redução do esforço fiscal; (ii) aumentam a contratação de pessoal no setor público, elevando a relação servidor público/munícipe e o custo da máquina pública; e (iii) em linha com o efeito anterior, provocam uma expansão dos gastos públicos correntes significativamente maior do que aquela resultante de aumentos da renda per capita dos contribuintes, o chamado efeito *flypaper*.

Tendo em vista que nenhum dos resultados acima é desejável sob a ótica do bem-estar social, sugere-se que a linha geral da regulação a respeito dos recursos arrecadados com a CFEM, no âmbito do novo Código da Mineração, seja a criação de um Fundo de Riqueza Soberano (FRS) para a aplicação dos recursos da CFEM. Neste sentido, algumas sugestões sobre regras gerais que devem nortear a gestão do fundo são:

- A União, os estados e os municípios devem ser cotistas do FRS de acordo com o direito que possuem sobre os recursos totais da CFEM arrecadados pela União;
- Os cotistas do fundo podem resgatar regularmente o rendimento real das suas respectivas aplicações, preservando no FRS o capital principal aplicado e garantindo certa perpetuidade aos recursos;
- As regras no fundo não precisam prever como os recursos resgatados no âmbito do item anterior devem ser gastos pelas localidades beneficiadas, deixando essa atribuição para os cidadãos locais e seus respectivos representantes;
- O resgate pelos cotistas de valores referentes ao capital principal só pode ocorrer sob circunstâncias especiais definidas no regulamento do fundo e que atendam uma de duas situações: (i) a necessidade de recursos para reparar danos causados diretamente

pela atividade de extração mineral na referida localidade (como, por exemplo, uma contaminação ambiental por resíduos minerais); ou (ii) a necessidade de recursos emergenciais para a reparação de danos causados, por exemplo, por catástrofes naturais;

- A gestão do fundo deve ocorrer no âmbito federal – de forma transparente e independente, tal como regem as melhores práticas de gestão de recursos de terceiros – e a definição sobre a liberação de recursos relativos ao item anterior também; e
- No início de sua constituição, o fundo pode receber apenas parte dos recursos auferidos com a CFEM, sendo esta parcela progressivamente elevada com o intuito de que estados e municípios readéquem suas finanças públicas ao novo cenário.

A ideia principal é que, sob este novo arranjo, os preceitos fundamentais da compensação financeira pela extração mineral sejam melhor garantidos, sem que a União, ou qualquer outra esfera de poder, precise intervir diretamente nas decisões de gestão financeira das localidades beneficiadas.

Por fim, é importante destacar que a presente tese certamente não eliminou todos os aspectos que devem ser analisados no âmbito do novo Código da Mineração. Por exemplo, estudos que analisem com profundidade as sugestões de políticas dadas neste trabalho podem contribuir para uma definição mais clara e específica tanto das regras do leilão de concessão das jazidas minerais (que definirão os *royalties* cobrados do minerador) quanto do sistema de aplicação e resgate do Fundo Soberano para gestão dos recursos públicos da CFEM.

REFERÊNCIAS

ALBAVERA, F. S. et al. “Panorama minero de América Latina: la inversión en la década de los noventa”. **Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Serie Medio Ambiente y Desarrollo 11)**. Santiago: CEPAL, 1998.

ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas: Editora Alínea, 2012.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Kluwer: Dordrecht, 1988.

ANSELIN, L.; FLORAX, R. J. G. M. “Small Sample Properties of Tests for Spatial Dependence in Regression Models: some further results”. In: ANSELIN, L.; FLORAX, R. J. G. M. (Eds.). **New Directions in Spatial Econometrics**. Berlin: Springer, 1995.

ANSELIN, L.; BERA, A.; FLORAX, R. J. G. M.; YOON, M. “Simple Diagnostic Tests for Spatial Dependence”. **Regional Science and Urban Economics**. V. 26, p. 77-104, 1996.

AZZONI, C. R. “Book Review – Regional Inequality and Structural Changes: lessons from the Brazilian experience”. **Papers in Regional Science**. 83(2), 2001.

BANG, H.; ROBIN, J. M. “Doubly Robust Estimation in Missing Data and Causal Inference”. **Models, Biometrics**, V. 61, p. 962-972, 2005.

BARRETO, M. L. (Ed.). **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BAUM, C. F. **An Introduction to Modern Econometrics Using Stata**. Texas: Satata Press, 2006.

BELISÁRIO, A. C. V. “A Natureza Jurídica da Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais – CFEM”. Em SOUZA, M. M. G. (coord.). **A Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais – CFEM**. Belo Horizonte: Del Rey, 2011.

BLACKWELL, J. L. “Estimation and Testing of Fixed-Effect Panel-Data Systems”. **Stata Journal**. V. 5, p. 202-207, 2005.

BRASIL, E. U. R. “Renda de Informação nos Leilões de Exploração de Petróleo no Brasil: uma estimação não-paramétrica com assimetria entre os agentes”. Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da FEA/USP. São Paulo, 2009.

BRASIL, E. U. R.; POSTALI, F. A. S. “Assimetrias entre os Competidores nos Leilões da ANP”. **Economia Aplicada**. V. 17, n. 3, pp. 215-241, 2013.

BRASIL, E. U. R.; POSTALI, F. A. S. “Informational Rents in Oil and Gas Concession Auctions in Brazil”. **Energy Economics**. V. 46, pp. 93-101, 2014.

BRAZ, E. “Aspectos Tributários da Mineração Brasileira: cenário evolutivo da situação tributária da mineração no Brasil e análise comparativa com países mineradores selecionados”. **Relatório Técnico 07, entregue ao Ministério de Minas e Energia e ao Banco Mundial como parte do estudo para elaboração do Plano Duodecenal (2010 – 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. 2009a.

BRAZ, E. “Aspectos Tributários da Mineração Brasileira: análise comparativa de royalties”. **Relatório Técnico 09, entregue ao Ministério de Minas e Energia e ao Banco Mundial como parte do estudo para elaboração do Plano Duodecenal (2010 – 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. 2009b.

BORREGAARD, N.; DUFEY, A. “Environmental Effects of Foreign Investment versus Domestic Investment in the Mining Sector in Latin-America”. **OECD Global Forum on International Investment: Lessons to be Learned from the Mining Sector**, February 2002.

BURRIDGE, P. “On the Cliff-Ord Test for Spatial Correlation”. **Journal of the Royal Statistical Society**. B. 42, p. 107-108, 1980.

BUSTAMANTE, L. A. C. “Qual a Finalidade do Projeto de Lei de Novo Código de Mineração?”. Disponível em <<http://www.brasil-economia-governo.org.br/?p=2203>>. 2014. Acesso em 25/jul/2014.

CAMPBELL, B. “Regulation & Legitimacy in the Mining Industry in Africa: Where does Canada Stand?”. **Review of African Political Economy**. nº 117, p. 367-385, 2008.

CAPARICA, R. F. C. “O Papel dos Fundos Soberanos na Economia Mundial”. Dissertação apresentada ao Mestrado em Finanças e Economia Empresarial da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2010.

CARNICELLI, L.; POSTALI, F. A. S. “Rendas do Petróleo e Tributos Locais: uma análise de propensity score”. **Anais do XL Encontro Nacional de Economia - ANPEC**. Porto de Galinhas, 2012.

CHAGAS, A. L. S.; TONETO, R.; AZZONI, C. R. “A Spatial Propensity Score Matching Evaluation of the Social Impacts of Sugarcane Growing on Municipalities in Brazil”. **International Regional Science Review**. V. 35(1), p. 48-69, 2012.

CHIANG, A. **Elements of Dynamic Optimization**. New York: McGraw-Hill Inc., 1992.

COELHO, P.; TEIXEIRA, J. P.; GONÇALVES, O. N. B. S. M. “Mining Activities: Health Impacts”. In Nriagu, O. (ed.). **Encyclopedia of Environmental Health**. Burlington: Elsevier, p. 788-802, 2011.

COSSIO, F. A. B. “Disparidades Interregionais, Capacidade de Obtenção de Recursos Tributários, Esforço Fiscal e Gasto Público no Federalismo Brasileiro”. **XX Prêmio BNDES de Dissertações de Mestrado**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998.

COSSIO, F. A. B.; CARVALHO, L. M. “Os Efeitos Expansivos das Transferências Intergovernamentais e Transbordamentos Espaciais de Despesas Públicas: evidências para os municípios brasileiros – 1996”. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. V. 31, n. 1, p. 75-124, 2001.

COSTA, A. J. D.; Souza-Santos, E. R. “Exploração das Reservas Petrolíferas do Pré-sal, Papel da Petrobras e os Novos Marcos Regulatórios”. **Revista Economia & Tecnologia**. Ano 5, Vol. 19, 2009.

COSTA, H. K. M. “O Princípio da Justiça Intra e Intergeracional como Elemento na Destinação das Rendas de Hidrocarbonetos: temática energética crítica na análise institucional brasileira”. 2012. 346 f. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CROWSON, P. “Mine Size and the Structure of Costs”. **Resources Policy**. 29(1), pp. 15-36, 2003.

DEHEJIA, R. H.; WAHBA, S. “Casual Effects in Nonexperimental Studies: reevaluating the evaluation of training programs”. **Journal of the American Statistical Association**. V. 94(448), p. 1053-1062, 1999.

DIXON, P. B. *et al.* **Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics**. (Advanced Textbooks in Economics 32) Amsterdam: North-Holland, 1992.

DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R. “Computable General Equilibrium Modeling for Policy Analysis and Forecasting”. In AMMAN, H. M.; KENDRICK, D. A.; RUST, J. (Ed.). **Handbook of Computational Economics**. Amsterdam: Elsevier. V.1, p. 3-85, 1996.

DNPM. “Informe Mineral: 2º/2012”. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Brasília, 2013.

DNPM. “Informe Mineral: 2º/2013”. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Brasília, 2014.

DNPM. “Informe Mineral: 2º/2014”. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Brasília, 2015.

DOMINGUES, E. P.; HADDAD, E. A. “Política Tributária e Re-localização”. **Revista Brasileira de Economia**. V. 57(4), p. 849-871, 2003.

ELEGANT, S. “Where the Coal is Stained with Blood”. **Time**. Mar. 02, 2007.

ELHORST, J. P. **Spatial Econometrics: from Cross-Sectional Data to Spatial Panels**. Groningen: Springer, 2014.

ENRIQUEZ, M. A. R. S. “Equidade Intergeracional na Partilha dos Benefícios dos Recursos Minerais: a alternativa dos Fundos de Mineração”. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**. Vol. 5, p. 61-73, 2006.

ERNST&YOUNG. “Práticas Tributárias Internacionais: indústria de mineração”. **Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM**, 2008. Disponível em <<http://www.ibram.org.br>>. Acesso em 28/12/2012.

FELTON, R. “Rocks and hard places”. **Metal Powder Report**. Vol. 62, nº 5, p. 3, 2007.

FLORAX, R. J. G. M.; FOLMER, H.; REY, S. J. “Specification Searches in Spatial Econometrics: the relevance of Hendry’s methodology”. **Regional Science and Urban Economics**. V. 33, p. 557 – 579, 2003.

FRANZESE JR., R. J.; HAYS, J. C. “The Spatial Probit Model of Interdependent Binary Outcomes: estimation, interpretation and presentation”. Annual Meeting of the Public Choice Society, 2009.

FUDENBERG, D.; TIROLE, E. J. **Game Theory**. Cambridge: MIT Press, 1993.

GALIANI, S.; GERTLER, P.; SCHARGRODSKY, E. “Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality”. **Journal of Political Economy**. V. 113, n. 1, p. 83-120, 2005.

GUESNERIE, R.; LAFFONT, J. J. “A Complete Solution to a Class of Principal-Agent Problems with an Application to the Control of a Self-Managed Firm”. **Journal of Public Economics**. V. 25, p. 329-369, 1984.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. “Estimação da Matriz Insumo-Produto a partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais”. **Economia Aplicada**. Vol. 9, n. 2, pp. 277-299, 2005.

GUILHOTO, J. J. M. et al. **Matriz de Insumo-Produto do Nordeste e Estados: Metodologia e Resultados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010.

GUILHOTO, J. J. M. **Análise de Insumo-Produto: Teoria, Fundamentos e Aplicações**. Livro em elaboração. Departamento de Economia – FEA/USP. Versão revisada 2, 2011.

HADDAD, E. A. **Regional Inequality and Structural Changes: lessons from the Brazilian experience**. Aldershot: Ashgate, 1999.

HADDAD, E. A. “Interregional Computable General Equilibrium Models”. In HEWINGS, G. J. D.; SONIS, M. (Ed.). **Reassessment of Regional Science Theories**. Berlin: Springer-Verlag, 2004.

HADDAD, E. A.; PEROBELLI, F. S.; DOMINGUES, E. P.; AGUIAR, M. R. “Avaliação dos Impactos Econômicos das Políticas de Infraestrutura de Transportes no Brasil: uma aplicação a duas rodovias federais em Minas Gerais”. **Cadernos BDMG**. n. 16, p. 29-72, 2008.

HALDI, J. “Economies of Scale in Industrial Plants”. **The Journal of Political Economy**. V. 75, n. 4, part. 1, pp. 373-385, 1967.

HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992.

HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J. M. **Introductory Mining Engineering**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. "Matching as an Econometric Evaluation Estimator: evidence from evaluating a job training programme". **Review of Economic Studies**. Vol. 65, n. 2, p. 261-294, 1998.

HECKMAN, J. J.; LALONDE, R.; SMITH, J. "The Economics and Econometrics of Active Labor Market Programs". In: ASHENFELTER, O.; CARD, D. (eds.). **Handbook of Labor Economics**. Vol. 3. Amsterdam: Elsevier Science. p. 1865-2097, 1999

HEISS, A. G.; OEGGL, K. "Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria)". **Vegetation History and Archaeobotany**. 17, 2008: 211–221.

HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

HOTELLING, H. "The Economics of Exhaustible Resources". **Journal of Political Economy**. P. 137-175, 1931.

IMBENS, G. W.; WOOLDRIDGE, J. M. "Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation". **Journal of Economic Literature**. V. 47:1, p. 5-86, 2009.

KANWAL, R. P.; LIU, K. C. "A Taylor Expansion Approach for Solving Integral Equations". **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**. V. 20, Issue 3, p. 411-414, 1989.

LAFFONT, J. J.; TIROLE, E. J. **A Theory of Incentives in Procurement and Regulation**. Cambridge: The MIT Press, 1993.

LARMER, B. "The Real Price of Gold". **National Geographic**. January 2009.

LEAL, J. A. A.; SERRA, R. V. "Notas sobre os Fundamentos Econômicos da Distribuição Espacial dos Royalties Petrolíferos no Brasil". **Anais do XXX Encontro Nacional de Economia - ANPEC**. Nova Friburgo, 2002.

LESAGE, J. P. “Spatial Econometrics”. Disponível em <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/LeSage/spatial/wbook.pdf>>. Mimeo, 1999.

LESAGE, J. P. “Bayesian Estimation of Limited Dependent Variable Spatial Autoregressive Models”. **Geographical Analysis**. V. 32(1), p. 19-35, 2000.

LIMA, P. C. R. “A Compensação Financeira pela Exploração Mineral no Brasil e no Mundo”. **Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**, 2007. Disponível em <<http://bd.camara.gov.br>>. Acesso em 21/07/2013.

LOPES, R. T. R. “Mineração e Desenvolvimento: uma análise da maldição dos recursos naturais para os estados brasileiros”. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da FCLAR/UNESP. Araraquara, 2013.

MACDONALD, A. **Industry in Transition: A Profile of the North American Mining Sector**. Winnipeg: IISD, 2002.

MACKENZIE, B. W. “Competitive Mining Tax Positions in South America”. **Third International Gold Symposium**. Lima, 1998.

MALERBA, J. (org.); MILANEZ, B.; WANDERLEY, L. J. **Novo Marco Legal da Mineração no Brasil: para quê? Para quem?** Rio de Janeiro: Editora Fase, 2012.

MATTOS, E.; ROCHA, F.; ARVATE, P. “Flypaper Effect Revisited: evidence for tax collection efficiency in Brazilian municipalities”. **Estudos Econômicos**. V. 41, n. 2, 2011.

MCAFEE, R. P.; MCMILLAN, J. “Auctions and Bidding”. **Journal of Economic Literature**. Vol. XXV, p. 699 – 738, 1987.

MCCAFFREY, D. F.; MIHALY, K.; LOCKWOOD, J. R.; SASS, T. R. “A Review of Stata Commands for Fixed-Effects Estimation in Normal Linear Models”. **Stata Journal**. V. 12, p. 406-432, 2012.

MILLER, C. (ed.) **Atlas of US and Canadian Environmental History**. New York: Routledge, 2003.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2009.

MULAR, A. L. **Mine and Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimates**. Special Volume, 25. Ottawa: Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1982.

O'HARA, T. A. "Quick Guides to the Evaluation of Ore Bodies". **CIM Bulletin**. 1980.

OSMUNDSEN, P. "Taxation of Petroleum Companies Possessing Private Information". **Resource and Energy Economics**. V. 17, n. 4, p. 357-377, 1995.

OSMUNDSEN, P. "Dynamic Taxation of Non-renewable Natural Resources under Asymmetric Information about Reserves". **Canadian Journal of Economics**. V. 31, n. 4, p. 933-951, 1998.

OTTO, J.; et al. **Mining Royalties: a global study of their impact on investors, government, and civil society**. Washington: The World Bank, 2006.

PEREIRA, W. C.; SUSLICK, S. B. "Modelo de Previsão do Custo de Mineração pelo Sistema de Curvas de Aprendizado". **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 56(2): 139-143, 2003.

PETERSON, J. S.; KOVALCHIK, P. G.; MATETIC, R. J. "Sound Power Level Study of a Roof Bolter". **Transactions of Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.** n° 320, p. 171-177, 2006.

POLENSKE, K. R. (2002). "Book Review – Regional Inequality and Structural Changes: lessons from the Brazilian experience". **Journal of Regional Science**. 42(2), 2002.

POSTALI, F. A. S. **Renda Mineral, Divisão de Riscos e Benefícios Governamentais na Exploração de Petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

POSTALI, F. A. S.; ROCHA, F. “Resource Windfalls, Fiscal Effort and Public Spending: evidence from Brazilian municipalities”. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia - ANPEC**. Foz do Iguaçu, 2009.

RASMUSSEN, P. N. **Studies in inter-sectoral relations**. Amsterdam: North Holland, 1956.

RIBEIRO, E. P.; SHIKIDA, C. D. “Existe Trade-off entre Receitas Próprias e Transferências? O Caso dos Municípios Brasileiros”. **Anais do IX Encontro de Economia Mineira**. Diamantina, 2000.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. “The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Casual Effects”. **Biometrika**. V. 70, p. 41-55, 1983.

SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SANGUINETTI, P.; TOMMASI, M. “Intergovernmental Transfers and Fiscal Behavior Insurance versus Aggregate Discipline”. **Journal of International Economics**. V. 62, p. 149-170, 2004.

SERRA, R. V. “O Sequestro das Rendas Petrolíferas pelo Poder Local: a gênese das quase sortudas regiões produtoras”. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais - ANPUR**. V. 9, p. 101-114, 2007.

SERRA, R. V. “Desdobramento Espacial da Exploração e Produção de Petróleo no Brasil: em busca de um nexo para a distribuição dos royalties entre os municípios”. **X ENANPUR**. Belo Horizonte, 2003.

SGM. “Comentários ao Estudo ‘*Práticas Tributárias Internacionais da Indústria de Mineração*’ da Consultoria Ernst&Young / IBRAM”. **Relatório do Grupo de Trabalho – Portaria 220 MME/SGM**. Brasília: SGM, 2008.

SHAH, A. "The Reform of Intergovernmental Fiscal Relations in Developing and Emerging Market Economies". **Policy and Research Series**. The World Bank, n° 23, 1994.

SHAW, I. **The Oxford History of Ancient Egypt**. New York: Oxford University Press, 2000.

SLOCZYŃSKI, T.; WOOLDRIDGE, J. M. "A General Double Robustness Result for Estimating Average Treatment Effects". Discussion Paper n° 8.084, 2014.

SMART, M. "Taxation and Deadweight Loss in a System of Intergovernmental Transfers". **Canadian Journal of Economics**. V. 31, p. 189-206, 1998.

SMART, M. "Raising Taxes Through Equalization". **Canadian Journal of Economics**. V. 40, p. 1188-1212, 2007.

SOLOW, R. M. "The Economics of Resources or the Resources of Economics". **The American Economic Review**. Vol. 64, n. 2, 1974.

SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D. "Economic Landscapes: Multiplier Product Matrix Analysis for Multiregional Input-Output Systems". **Hitotsubashi Journal of Economics**. V. 40, n. 1, p. 59-74, 1999.

SONIS, M.; HEWINGS, G. J. D.; GUO, J. "Input-Output Multiplier Product Matrix". **University of Illinois: Regional Economics Applications Laboratory**. Discussion Paper, 1997.

SWAZILAND NATURAL TRUST COMMISSION. "Cultural Resources – Malolotja Archaeology, Lion Cavern". **Retrieved**, 2007.

SWENSON; J. J.; CARTER, C. E.; DOMECH, J. C.; DELGADO, C. I. "Gold Mining in the Peruvian Amazon: Global Prices, Deforestation, and Mercury Imports". **PLoS ONE**. n. 6(4), 2011.

VISCUSI, W. K.; VERNON, J. M.; HARRINGTON JR., J. E. **Economics of Regulation and Antitrust**. Massachusetts: MIT Press, 3^a ed., 2001.

YOUNG, D. “Cost Specification and Firm Behaviour in a Hotelling Model of Resource Extraction”. **The Canadian Journal of Economics**. Vol. 25, n. 1, pp. 41-59, 1992.

WOLFSTETTER, E. **Topics in Microeconomics: Industrial Organization, Auctions, and Incentives**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Cambridge: MIT Press, 2002.

WRIGHT, C.; RWABIZAMBUGA, A. “Institutional Pressures, Corporate Reputation, and Voluntary Codes of Conduct: an examination of the Equator Principles”. **Business and Society Review**. Vol. 111, n° 1, p. 89-117, 2006.

WYCOFF, G. “A Bureaucratic Theory of Flypaper Effects”. **Journal of Urban Economics**. V. 30, p. 293-310, 1991.